

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : de Biologie Moléculaire et
Cellulaire



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: البيولوجيا الجزيئية والخلوية

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Sciences de
La Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques

Option : Toxicologie Fondamentale et Appliquée

Thème

Evaluation des teneurs en ETM dans le lait de vache de
la région de Jijel

Membres de Jury

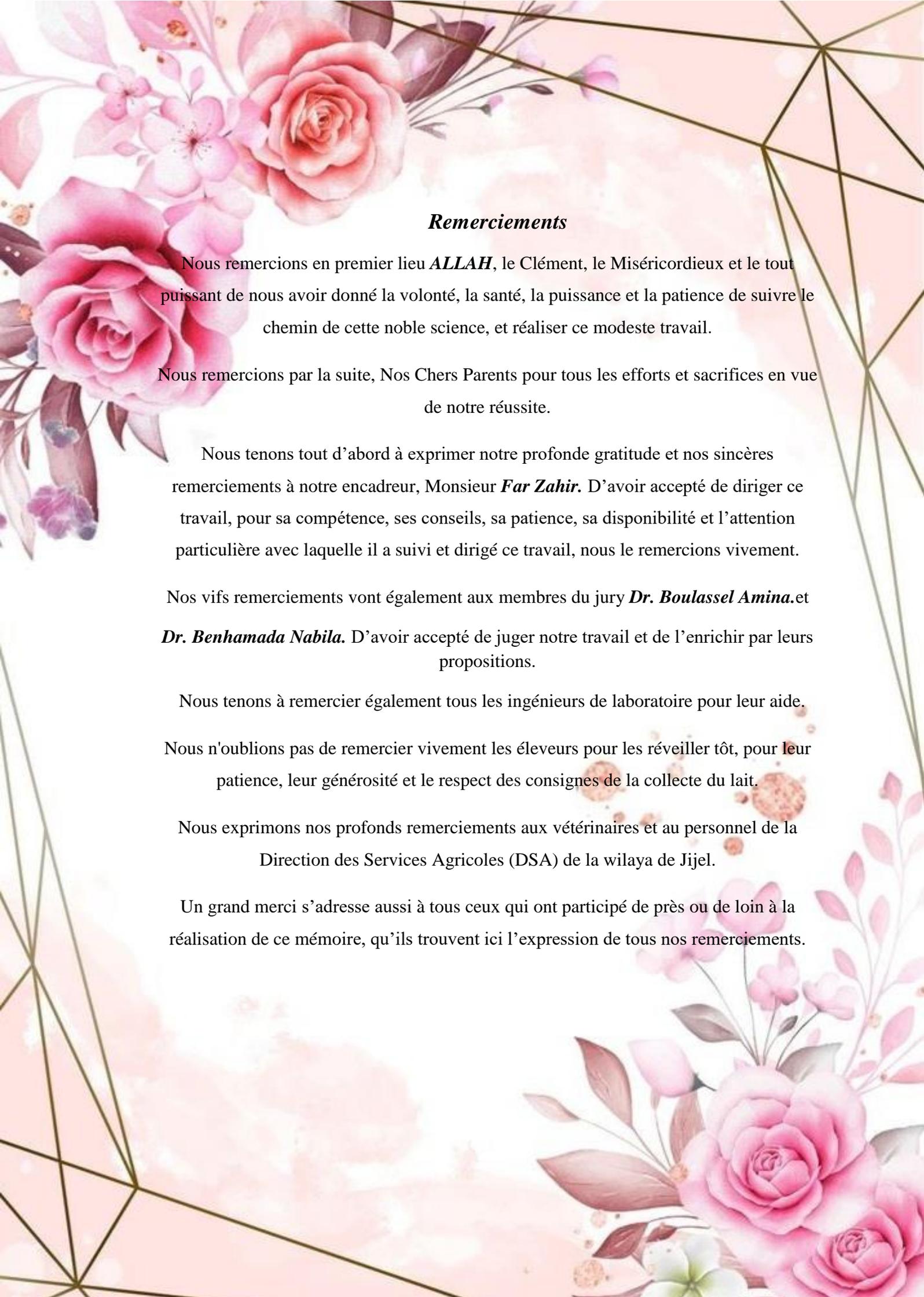
Président : Dr. Amina Boulassel
Examinateur : Dr. Nabila Benhamada
Encadrant : Dr. Zahir Far

Présenté par

Traki Bouchalma
Asma Zerimeche

Année Universitaire 2022-2023

Numéro d'ordre (bibliothèque) :



Remerciements

Nous remercions en premier lieu **ALLAH**, le Clément, le Miséricordieux et le tout puissant de nous avoir donné la volonté, la santé, la puissance et la patience de suivre le chemin de cette noble science, et réaliser ce modeste travail.

Nous remercions par la suite, Nos Chers Parents pour tous les efforts et sacrifices en vue de notre réussite.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur, Monsieur **Far Zahir**. D'avoir accepté de diriger ce travail, pour sa compétence, ses conseils, sa patience, sa disponibilité et l'attention particulière avec laquelle il a suivi et dirigé ce travail, nous le remercions vivement.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury **Dr. Boulassel Amina**. et **Dr. Benhamada Nabila**. D'avoir accepté de juger notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous tenons à remercier également tous les ingénieurs de laboratoire pour leur aide.

Nous n'oublions pas de remercier vivement les éleveurs pour les réveiller tôt, pour leur patience, leur générosité et le respect des consignes de la collecte du lait.

Nous exprimons nos profonds remerciements aux vétérinaires et au personnel de la Direction des Services Agricoles (DSA) de la wilaya de Jijel.

Un grand merci s'adresse aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici l'expression de tous nos remerciements.



Dédicaces

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir donné du courage et de la patience pour accomplir ce travail.

Je dédie cet humble travail à tous ceux que j'aime, en particulier :

À ma chère mère,

Qui a été à la fois ma mère, mon père, et mon soutien à chaque instant. Les mots ne sauraient exprimer toute ma reconnaissance et mon amour envers vous. Vous m'avez comblé d'amour, et je vous remercie pour les sacrifices, le soutien, l'affection, la patience et la confiance que vous m'avez toujours témoignée. Merci d'avoir été à mes côtés dans les moments difficiles.

Je vous aime, Mama, et que Dieu vous garde pour moi.

A ma meilleure sœur,

Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude et mes chaleureux remerciements pour tout ce que vous m'avez apporté au fil des années. Vous êtes bien plus qu'une simple sœur pour moi, vous êtes une amie proche et une compagne fidèle dans cette aventure qu'est la vie. Je vous souhaite un bonheur durable et un succès continu dans votre vie, et que vous puissiez réaliser tous vos rêves en atteignant les sommets les plus hauts.

A ma copine et ma collègue au travail *Asma* je suis extrêmement reconnaissante de t'avoir à mes côtés dans ma carrière estudiantine. Je te souhaite un bonheur constant et un grand succès dans ta vie.

A toutes *mes copines* et *mes cousines* elles se reconnaîtront une par une.

A tous *mes collègues* et *ma promotion* de toxicologie fondamentale et appliquée 2022-2023.



Traki



Dédicaces

Je dédie ce mémoire à mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues années d'études. En signe de reconnaissance, qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études.

A l'homme, à ton âme pure comme je souhaitais que tu sois avec moi pendant ma remise des diplômes et que tu te réjouisses avec moi, mais le destin a voulu te prendre

La partie la plus précieuse de mon âme,

Mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon
Cher père **Abd El Waheb.**

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse, mon adorable
mère **Sabiha.**

A mes sœurs et mes frères qui n'ont pas cessée de me conseiller, m'encourager et me soutenir tout au long de mes études,

A toute ma famille et toute personne qui porte le nom **Zerimeche,**

Et A toutes mes amies de la promotion de 2^{ème} année master toxicologie fondamentale et appliqué, toute personne qui occupe une place dans mon cœur.

*Et surtout **Ranya, Fardous, Zohra, Safia, Nadjah, Hala, Naziha...***

A tous les profs et les responsables de l'université de Jijel, particulièrement le département de **BMC,**

Merci pour leurs amours et leurs encouragements,

Sans oublier mon binôme **Traki** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.



Asma

Table des matières

Remerciements

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lait de vache

1. Définition 2

2. Composition du lait 2

 2.1. Eau 2

 2.2. Glucides 2

 2.3. Lipides 2

 2.4. Protéines 2

 2.5. Vitamines 3

 2.6. Enzymes 3

 2.7. Minéraux (macroéléments) 3

 2.8. Oligo-élément 4

3. Propriétés physico-chimiques du lait 4

4. Caractéristiques organoleptiques du lait 4

5. Propriétés microbiologiques du lait 5

7. Hygiène et prophylaxie de la production du lait 5

Chapitre II : Les contaminants de lait

1. Sources de contamination du lait de vache 6

 1.1. Contamination du lait au stade de la production 7

 1.2. Contamination du lait par l’animal 6

 1.3. Contamination au cours du transport 6

 1.4. Contamination au cours de la traite 6

2. La nature de contaminants ou composants indésirables 7

 2.1. Antibiotiques 7

 2.2. Pesticides 7

 2.3. Rradioéléments 8

 2.4. Produits chimiques 8

 2.5. Microbes 8

2.6. Elément traces métallique..... 8

Chapitre III : Les Eléments traces métallique

3. Eléments traces métallique (ETM)..... 9

3.1. Définition des ETM 9

3.2. Classification biologique des ETM 9

3.2.1. Métaux essentiels..... 9

3.2.2. Métaux toxiques 10

3.3. Les sources des ETM..... 10

3.4. Caractéristiques des ETM..... 11

3.4.1. Cadmium 11

3.4.2. Plomb..... 12

3.4.3. Zinc 13

3.4.4. Cuivre 14

3.4.5. Mercure..... 15

3.5. Effet toxique des ETM sur la santé animale..... 16

3.6. Transformation du lait et transfert des ETM..... 16

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude 17

1.1. Situation géographique 17

1.2. Caractéristiques physiques 17

1.2.1. Relief et géographie..... 17

1.2.2. Conditions climatiques 18

4. Objectifs et méthodologie 19

4.1. Objectifs..... 19

4.2. Méthodologie..... 19

4.2.1. Enquête épidémiologique 20

4.2.2. Echantillonnage 20

4.2.3. Choix des fermes étudiées 21

4.2.4. Choix des vaches laitières..... 21

4.2.4.1. Caractéristiques des races étudiées..... 22

4.2.5. Prélèvement du lait 23

4.2.5.1. Transport et conservation de l'échantillon 23

4.3. Analyses physico-chimiques du lait 23

4.3.1. Détermination de l'acidité..... 24

4.3.2. Détermination de la densité	24
4.3.3. Détermination de la matière azoté (La méthode Kjeldahl).....	25
4.4. Le dosage des ETM dans le lait.....	27
4.4.1. Préparation des échantillons pour le dosage.....	27
4.4.2. Méthodes de l'extraction des ETM	27
4.5. Dosage des ETM par Spectroscopie d'Absorption Atomique.....	28
4.6 Principe de la Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA).....	28
4.7. Analyses Statistiques	29

Chapitre II: Résultat et discussion

1. Analyses physicochimiques	30
1.1. Caractéristiques physicochimiques du lait de vache dans les fermes d'étude.....	30
1.2. Variation des paramètres physicochimiques selon la race bovine	31
1.3. Variation des paramètres physicochimiques selon l'âge de l'animal (effet de l'âge)	32
2. Concentrations des ETM dans le lait de vaches	33
2.1. Concentrations du Plomb (Pb) dans le lait	34
2.1.1 Variation des concentrations du plomb (Pb) selon le site de contamination.....	35
2.1.2. Variation des Concentrations du Plomb (Pb) selon la race bovine	36
2.1.3. Variation des concentrations du plomb (pb) selon l'âge des vaches.....	36
2.2. Concentrations du cadmium (Cd) dans le lait	37
2.2.1. Variation des concentrations du cadmium (cd) selon le site de contamination.....	38
2.2.2. Variation des Concentrations du Cadmium (Cd) selon la race bovine.....	38
2.2.3. Variation des concentrations du cadmium (Cd) selon l'âge des vaches.....	39
2.3. Concentrations du zinc (Zn) dans le lait.....	39
2.3.1. Variation des concentrations du zinc(Zn) selon le site de contamination	40
2.3.2. Variation des Concentrations du Zinc (Zn) selon la race bovine	40
2.3.3. Variation des concentrations du zinc (Zn) selon l'âge des vaches.....	41
Conclusion.....	42
Références bibliographiques	44
Annexes	

Liste des abréviations

°C : degré Celsius.

°D : degré Dornic.

μ : symbole micro (millionième).

μg / 100ml : microgramme par cent millilitre.

μg / l : microgramme par litre.

AFRICAVER : Société Africaine Du Verre.

As: arsenic.

C: croisée.

Ca: calcium.

Cd: cadmium.

Cl: chlore.

Co: cobalt.

CO₂ : le dioxyde de carbone.

Cr : chrome.

Cu : cuivre.

DES : Direction des services de l'environnement de la wilaya de Jijel.

DSA : Direction des services agricole de la wilaya de Jijel.

DSA : Direction des services agricoles.

ENL : entreprise de liège.

ETM : éléments traces métalliques.

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Fe : fer.

H : Holstein.

h: heure.

H₂SO₄ : acide sulfurique.

Ha : hectare.

HCL : acide chlorhydrique.

Hg : mercure.

M : montbéliarde.

m³/j : mètre cube par jour.

Max : maximum.

MG : matière grasse.

mm/an : millimètre par année.

Mn : manganèse.

Mo : molybdène.

MS : matière sèche.

N /9 : quantité de matière de sodium est de 9 mol.

N : nombre.

n° : numéro.

Na : sodium.

Ni : nickel.

NKO3: nitrate de potassium.

ONM : Organisation Nationale Météorologique.

P : phosphore.

Pb : plomb.

PFC : composés perfluorés.

Ppm : partie par million.

RFB : retardateurs de flamme bromés.

SAA : spectrophotomètre d'absorption atomique.

SIJICO : unité de conserverie des légumes et fruit.

SPSS : logiciel utilisé pour l'analyse statistique (statistical package for the social sciences).

T/J : tonne par jour.

TAJ : la tannerie de Jijel.

TB : taux de matière grasse.

TP : taux protéique.

UFC / ml : unité formant colonie par millilitre.

Vit : vitamine.

Zn : zinc.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait.....	3
Tableau 02 : Composition minérale du lait de vache.....	3
Tableau 03 : Teneurs moyennes en certains oligoéléments du lait de vache en µg/l	4
Tableau 04: Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels.....	10
Tableau 05: Propriétés chimiques du cadmium	10
Tableau 06: Propriétés chimiques du plomb.....	10
Tableau 07: Propriétés chimiques du zinc	10
Tableau 08: Propriétés chimiques du cuivre	10
Tableau 09 : L'Humidité de la wilaya de Jijel.....	19
Tableau 10 : Répartition des sites de prélèvements.....	20
Tableau 11 : les sites des fermes	21
Tableau 12 : Caractéristiques physicochimiques du lait cru de vaches	30
Tableau 13 : Concentrations du plomb (Pb), de cadmium (Cd) et du zinc (Zn) dans les échantillons de lait (en mg/kg).....	33

Liste de figures

Figure 01 : classification périodique des éléments traces métallique	9
Figure 02 : Cycle simplifié des éléments traces métalliques depuis les émissions jusqu'à l'exposition humaine.....	10
Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Jijel.....	17
Figure 04 : Température et précipitation moyenne de la wilaya de Jijel	19
Figure 05 : La race Montbéliarde (2023).....	22
Figure 06 : La race Prim'Holstein (2023).....	22
Figure 07 : la race croisée (2023).	23
Figure 08 : Matériel de prélèvement et de transport du lait (glacière et flacons de lait) (Photo originale, 2023)	23
Figure 09 : Mesure de la densité.	25
Figure 10 : Minéralisation et distillation.....	27
Figure 11 : Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme.	28
Figure 12.1 : Histogramme relatif à l'acidité du lait selon la race.....	31
Figure 12.2 : Histogramme relatif à la densité du lait selon la race.....	31
Figure 12.3 : Histogramme relatif à la teneur en protéines du lait selon la race	31
Figure 12 : Histogrammes des paramètres physicochimiques du lait selon la race.....	31
Figure 13.1: Histogramme relatif à l'acidité du lait selon l'âge.	32
Figure 13.2 : Histogramme relatif à la densité du lait selon l'âge.	32
Figure 13.3 : Histogramme relatif à la teneur en protéines du lait selon l'âge	32
Figure 13 : Histogrammes des paramètres physicochimiques du lait selon l'âge.	32
Figure 14 : Histogrammes des valeurs moyennes des teneurs des trois (03) ETM dans lait.	33
Figure 15 : Histogrammes de la teneur en Pb dans le lait issu de différents sites de contamination.....	35
Figure 16: Histogrammes de la teneur en Pb dans le lait selon la race bovine.....	36
Figure 17 : Histogrammes de la teneur en pb dans le lait selon l'âge des vaches.	37
Figure 18 : Histogrammes de la teneur en Cd dans le lait issu des différents sites de contamination.....	38
Figure 19 : Histogrammes de la teneur en Cd dans le lait selon les races bovines.....	38
Figure 20 : Histogrammes de la teneur en Cd dans le lait selon l'âge des vaches.....	39
Figure 21 : Histogrammes de la teneur en Zn dans le lait issu de différents sites de contamination.....	40
Figure 22 : Histogrammes de la teneur en Zn dans le lait selon les races bovines.	41
Figure 23 : Histogrammes de la teneur en Zn dans le lait selon l'âge des vaches.....	41

Introduction



L'Algérie est le premier consommateur de lait au Maghreb avec une consommation moyenne de 147 l/habitant/an en 2015 (**Abdelli et al., 2021**). Il occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens en raison de sa qualité nutritionnelle (protéines de bonne qualité, glucides, lipides, éléments minéraux et vitamines) et sa valeur énergétique (700Kcal/l) (**Debouz et Guerguer, 2014**).

Cependant, la qualité nutritionnelle de ce produit universel qui constitue un aliment de base dans le modèle de consommation humaine au monde, peut être influencée par plusieurs facteurs tels que la race, le stade de lactation, la saison, l'alimentation ou les conditions de traite. Il est important de noter que la qualité nutritionnelle de ce produit universel peut également être altérée par la contamination, notamment par des agents pathogènes, des résidus chimiques ou des polluants environnementaux, ce qui peut avoir un impact sur sa sécurité alimentaire (**Abdelaziz et al., 2013**).

Les métaux lourds comme le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) sont parmi les éléments qui peuvent influencer la qualité du lait. Ce sont des polluants possibles de l'environnement et de la santé humaine. Ils peuvent causer des problèmes de consommation et des effets toxiques même à des niveaux relativement faibles. Leur accumulation vitale dans la chaîne alimentaire peut avoir un impact négatif voire même très dangereux sur tous les organismes vivants et sur l'être humain en particulier (**Coroian et al., 2017**).

L'un des principaux problèmes des métaux lourds est leur capacité à se bioaccumuler. Ils représentent, de ce fait, une source de préoccupation majeure pour la sécurité alimentaire (**Pilarczyk et al., 2013**). Une exposition à long terme à ces métaux peut entraîner des problèmes de santé tels que des troubles neurologiques, des lésions rénales, hépatiques et du système immunitaire, ainsi que des effets nuisibles sur le développement des enfants (**Debouz et Guerguer, 2014**).

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la qualité physicochimique du lait cru collecté auprès des éleveurs de la région de Jijel, ainsi que la détermination des concentrations en plomb (Pb), en cadmium (Cd) et en zinc (Zn) dans le lait cru des vaches.

Cette étude comprend deux grandes parties : la première partie est consacrée à une recherche bibliographique sur la contamination du lait et les produits laitiers par les métaux lourds. La deuxième partie de ce travail rapporte la méthodologie mise en œuvre, les résultats obtenus et leur discussion et enfin une conclusion.

Première partie :

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Généralités sur le lait

1. Définitions

Selon le congrès international pour la répression des fraudes alimentaires, tenu à Genève en 1908, « Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum » (**Pougheon et Goursaud, 2001**).

Le lait est un liquide blanc et opaque, d'une saveur douce et d'un pH proche de la neutralité, sécrété par les glandes mammaires des femelles mammifères après la naissance de leur petit. Sa fonction naturelle est de fournir une alimentation exclusive aux jeunes mammifères pendant la période critique de leur croissance rapide après la naissance, lorsque d'autres aliments ne peuvent pas leur être substitués. La composition complexe du lait répond à cette fonction (**Alais, 1984**).

2. Composition du lait

Le lait est essentiellement composé de l'eau (87 %), du lactose (4,8 %), des protéines (3,5 %) de minéraux et oligo-éléments (0,5 % dont 120 mg de calcium/100 g de lait), des vitamines et des lipides dont les teneurs varient entre 0,5 et 3,5 % en fonction du type de lait (**Vignola, 2002**).

2.1. Eau

L'eau est le constituant le plus important du lait, en proportion. La présence d'un dipôle et de doublets d'électrons libres lui confère un caractère polaire. Ce caractère polaire est ce qui lui permet de former une solution vraie avec les substances polaires telles que les glucides, les minéraux, et une solution colloïdale avec les protéines hydrophiles du sérum (**Vignola, 2002**).

2.2. Glucides

Le lactose, glucide essentiel du lait, favorise l'absorption du calcium contenu dans cet aliment. Un litre de lait, qu'il soit entier ou écrémé, apporte 50 g de lactose (**Courtet Leymarios, 2010**).

2.3. Lipides

La matière grasse est sous forme de globule gras en émulsion dans la phase aqueuse du lait. Le lait de vache contient naturellement entre 3,6% et 4,5 % de matière grasse. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acides gras insaturés (**Debry, 2001**).

2.4. Protéines

Les protéines constituent environ 95% des matières azotées dans le lait, composées principalement d'acides aminés. Environ 5% de l'azote total du lait est non protéique, comprenant notamment de l'urée. Les protéines du lait se répartissent en 80% de caséines, 19% d'albumines et

globulines, et 1% d'enzymes. La teneur totale en matières azotées du lait avoisine les 35 g/l (Ghaoues, 2011).

2.5. Vitamines

Les vitamines peuvent être classées en deux catégories : les vitamines hydrosolubles (B, C et H) et les vitamines liposolubles (A, D, E et K) associées à la matière grasse du lait (Debry, 2001).

Tableau 01 : Teneur moyenne des principales vitamines du lait (Vignola, 2002).

Vitamines		Teneur moyenne (µg/100ml)
Vitamines hydrosolubles	Vit. B1	45
	Vit. B2	175
	Vit. B3	90
	Vit. B5	350
	Vit. B6	50
	Vit. B9	5,5
	Vit. B12	0,45
	Vit. C	2mg/100ml
	Vit. H	3,5
Vitamines liposolubles	Vit. A	40
	Vit. D	2,4
	Vit. E	100
	Vit. K	5

2.6. Enzymes

Le lait contient environ 60 enzymes principales dont 20 sont des constituants natifs. Une grande partie se trouve dans la membrane des globules gras, mais le lait contient également de plusieurs cellules qui produisent des enzymes (Pougheon, 2001).

2.7. Minéraux (macroéléments)

Le lait contient de nombreux minéraux différents. Les plus importants sont le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium, qui sont des cations, ainsi que le phosphate et le chlorure, qui sont des anions. Ils représentent entre 0,6% et 0,9% du lait (Gaucheron, 2004).

Tableau 02 : Composition minérale du lait de vache (Jeantet et al., 2007).

Eléments minéraux	Concentration (mg.kg-1)
Calcium	1043 – 1283
Magnésium	97 – 146
Phosphate inorganique	1805 – 2185
Citrate	1323 – 2079
Sodium	391 – 644
Potassium	1212 – 1681
Chlorure	772 – 1207

2.8. Oligo-éléments

Le lait contient deux catégories des oligo-éléments (**Noblet, 2012**) :

- Les oligo-éléments indispensables en teneurs moyennes pour le nutriment tels que le zinc(Zn), le fer(Fe), le cuivre(Cu), le fluor(F), l'iode(I)et le molybdène(Mo).
- Les oligo-éléments non indispensables tels que le rubidium, le strontium, le brome et le titane.

Les teneurs en oligo-éléments peuvent être variables selon les conditions environnementales.

Tableau 03 : Teneurs moyennes en certains oligoéléments du lait de vache en µg/l
(**Baudin,2021**)

Eléments indispensables	Teneurs moyennes	Eléments non indispensables	Teneurs moyennes
Zinc	3800	Rubidium	2500
Fer	460	Strontium	300
Cuivre	150	Brome	300
Fluor	120	Titane	200
Iode	80		
Molybdène	50		

3. Propriétés physico-chimiques du lait

Le pH du lait frais se situe entre 6,6 et 6,8, influençant la solubilité des protéines et la stabilité du lait. Une acidité élevée abaisse le pH. (**Kouamé-Sina et al., 2010**).

La densité du lait à 15°C varie entre 1,028 et 1,035, affectée par ses composants. Par exemple, la crème a une densité de 0,996, tandis que le lait écrémé a 1,036 (**Labioui et al., 2008**).

Le lait présente une acidité naturelle entre 0,13% et 0,17% d'équivalent d'acide lactique due à divers composants, dont des protéines et des acides organiques (**Siboukeur et Siboukeur,2012**).

Le point de congélation du lait est en moyenne de -0,555°C, légèrement inférieur à celui de l'eau. Une valeur plus élevée peut indiquer une dilution du lait (**Amiot et al., 2002**).

Le point d'ébullition du lait est légèrement supérieur à celui de l'eau, environ 100,5°C, influencé par les solides solubilisés. Cette propriété est utile dans la concentration du lait. (**Vignola, 2002**).

4. Caractéristiques organoleptiques du lait

Le lait est de couleur blanche due en grande partie à la matière grasse et aux pigments de carotène (**Fredot, 2005**).

L'odeur du lait est principalement liée à sa teneur en graisse et peut varier en fonction de l'environnement de traite, de l'alimentation des vaches et de la conservation du lait (**Vierling, 2003**).

Le lait frais a un goût délicieux, mais il peut être légèrement différent après chauffage ou en raison de l'alimentation des vaches. Il peut également devenir salé en cas de rétention ou de mammite, et l'amertume peut se développer en raison de certaines bactéries (**Amadou et al., 2019**).

La viscosité du lait dépend principalement de la matière grasse et de la caséine, et elle est importante pour la perception de la qualité du lait par les consommateurs (**Rheotes, 2010**).

5. Propriétés microbiologiques du lait

La propriété microbiologique du lait se divise en deux grandes catégories : la flore indigène et la flore contaminants.

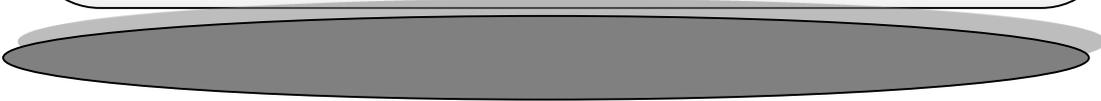
Lorsque le lait est obtenu de manière aseptique à partir d'animaux sains, il devrait contenir moins de 5000 UFC/ml. La flore indigène comprend les micro-organismes présents naturellement dans le lait, initialement presque stérile. Les genres principaux sont généralement des micro-organismes mésophiles (**Guiraud, 2003**). En revanche, la flore contaminant, qui comprend les micro-organismes ajoutés au lait du processus de collecte à la consommation, se subdivise en flore d'altération, pouvant altérer la qualité du lait, et en flore pathogène, pouvant causer des problèmes de santé chez les consommateurs (**Leyral et Vierling 2007**).

7. Hygiène et prophylaxie de la production du lait

L'hygiène et la prophylaxie sont essentielles pour garantir une production de lait de qualité. Cela implique le maintien de la propreté des installations et des vaches, une alimentation équilibrée, un suivi vétérinaire pour prévenir les maladies, la gestion des mammites, et une traite hygiénique. En appliquant ces pratiques, les producteurs de lait peuvent assurer la santé des vaches et la qualité du lait (**Belkheir et al., 2015**).

Chapitre II

Les contaminants de lait



1. Sources de contamination du lait de vache

1.1. Contamination à l'échelle de l'animal

La gestion de la qualité dans les élevages laitiers devient de plus en plus importante dans les différents domaines de la santé animale, du bien-être des animaux et de la sécurité alimentaire. La surveillance des animaux et des conditions d'élevage peut être étendue à l'identification et à la gestion des risques. Le système d'analyse et de maîtrise des risques est utile en tant que stratégie d'exploitation pour contrôler le produit et le processus de production (Lievaert et al., 2005).

Le lait peut être contaminé par diverses sources. Si les animaux en lactation consomment des aliments ou de l'eau contenant des produits chimiques, le lait qu'ils produisent peut-être contaminé. De plus, un contrôle inadéquat des équipements, de l'environnement et des installations de stockage peut également entraîner une contamination. Lors de la traite, le lait peut également être contaminé par des bactéries telles qu'*Escherichia coli* s'il entre en contact avec des matières fécales. Il est important donc de maintenir de bonnes pratiques d'hygiène (Ghazi et Niar, 2011).

1.2. Contamination à l'échelle de la traite

Les trayons soient un réservoir potentiel majeur pour les groupes microbiens. Les groupes lactiques prédominent sur cette surface et leur niveau est en moyenne 100 fois plus élevé que les groupes microbiens d'altération. La charge microbienne de la surface des trayons varie en fonction de la saison et des conditions de logement des animaux. En hiver, les litières de type "paille" sont associées à des niveaux de flore plus élevés sur la surface des trayons. Le matériel de traite présente une faible diversité de groupes microbiens et des niveaux relativement faibles. L'air ambiant du lieu de traite est un réservoir intermédiaire pour les groupes microbiens, avec un rapport entre flore d'intérêt et flore d'altération. Cependant, en hiver, il y a un niveau significativement plus élevé de moisissures dans les échantillons d'air (Lemire, 2007).

1.3. Contamination à l'échelle du transport

Les moyens de collecte et de transport du lait (camion-citerne réfrigérés) doivent respecter un certain nombre de réglementations légales pour assurer la livraison d'un lait de haute qualité, notamment en maintenant la température froide du lait pour prévenir la prolifération des micro-organismes. Ce processus est considéré comme un traitement de stabilisation. Tout changement de qualité dû à une mauvaise réfrigération pendant le transport peut avoir un impact négatif sur la qualité du lait et entraîner des pertes économiques importantes (Anouni et al., 2022).

1.4. Contamination à l'échelle au stade de la production

Dans l'industrie laitière, les contaminants bactériens peuvent persister sur les surfaces des équipements en raison de la formation de spores et de *biofilms*. Ceux-ci peuvent contribuer à des problèmes de contamination croisée qui peuvent affecter la qualité des produits transformés et limiter leur durée de conservation. Cela est particulièrement pertinent pour le lait pasteurisé, qui subit un traitement thermique modéré qui n'affecte pas les spores bactériennes (Ameur et al., 2012).

Les bactéries sporulées couramment rencontrées dans l'industrie laitière appartiennent au genre *Bacillus* et aux genres apparentés. Ce problème est encore compliqué dans les pays où le lait pasteurisé est produit à partir de poudre de lait importée initialement contaminée par des spores bactériennes. Des études ont montré que des souches mésophiles du groupe *Bacillus cereus* et des souches thermophiles du genre *Geobacillus* peuvent former des biofilms sur les équipements laitiers. Ces biofilms résistent au nettoyage et peuvent être une source chronique de contamination pour le lait pasteurisé (Malek, 2019).

2. La nature de contaminants ou composants indésirables

2.1. Les antibiotiques

Les antibiotiques sont souvent utilisés en élevage bovin pour lutter contre diverses maladies et améliorer le rendement des productions. Cependant, leur mauvaise utilisation peut conduire à la présence de résidus d'antibiotiques dans le lait et les autres denrées d'origine animale, ce qui peut poser des risques pour la santé des consommateurs et le développement de bactéries résistantes aux antibiotiques (Mensah et al., 2014).

2.2. Les pesticides

Les pesticides sont couramment utilisés dans le monde entier pour accroître la production agricole, mais leurs résidus peuvent entraîner une contamination de l'environnement et des problèmes de santé pour l'homme. Les vaches peuvent absorber ces pesticides par le biais de leur alimentation, ce qui conduit à la présence de pesticides dans le lait (Kouadio et al., 2014).

Les pesticides sont conçus pour neutraliser les parasites, mais ils peuvent également affecter des êtres vivants, y compris les humains. La contamination du lait et des produits laitiers par des résidus de pesticides est un problème majeur pour les producteurs, les consommateurs et les gouvernements en raison des risques potentiels. Les résidus de pesticides peuvent s'accumuler dans les graisses corporelles, y compris dans le lait maternel, et ont été associés à des problèmes cardiaques, à des perturbations endocriniennes et à des cancers. Il est important de surveiller et de

contrôler la présence de résidus de pesticides dans le lait frais et les produits laitiers (**Bedi et al., 2013**).

2.3. Les radioéléments

Certains éléments radioactifs se désintègrent rapidement, tandis que d'autres peuvent persister plus longtemps. Ces radionucléides peuvent pénétrer dans l'environnement à la suite d'événements tels que des essais d'armes ou des accidents de réacteurs nucléaires. Ils peuvent finir par contaminer les sources d'alimentation, y compris le lait. Les principaux radionucléides présents dans le lait sont le strontium-90, le strontium-89, le césium-137, l'iode-131, le baryum-140 et le potassium-40 (**Guy et al., 2002**).

2.4. Produits chimiques

Des produits chimiques potentiellement nocifs tels que les retardateurs de flamme bromés (RFB) et les composés perfluorés (PFC) sont utilisés dans diverses applications pour réduire l'inflammabilité et améliorer la durabilité. Toutefois, leur impact sur la santé humaine suscite des inquiétudes en raison de leur présence dans l'environnement, de leur accumulation dans les tissus humains et de leur toxicité. Les nouveau-nés sont particulièrement vulnérables à l'exposition aux produits chimiques surtout par l'ingestion de lait maternel (**Roosens et al., 2010**).

2.5. Les microbes

Les microbes sont considérés comme des composants indésirables du lait. Ils peuvent altérer la qualité et la sécurité du lait et de ses dérivés. C'est pourquoi il est essentiel de prendre des mesures pour contrôler et réduire la présence de microbes dans le lait, notamment par des pratiques d'hygiène rigoureuses et des procédés de pasteurisation pour éliminer les bactéries nocives et garantir la sécurité alimentaire (**Fusco et al., 2020**).

2.6. Élément traces métallique

Les éléments traces métalliques sont des contaminants persistants dans l'environnement et peuvent présenter des risques pour la santé humaine. Les processus industriels et agricoles peuvent entraîner une concentration accrue de ces métaux dans l'air, l'eau et le sol, qui peuvent être absorbés par les plantes ou les animaux et se retrouver dans la chaîne alimentaire. La présence des métaux lourds dans les produits laitiers peut être due à l'exposition de la vache en lactation à la pollution de l'environnement ou à la consommation d'aliments et d'eau contaminés. De plus, le lait cru peut être exposé à une contamination lors de sa fabrication (**Salah et al., 2013**).

Chapitre III

Les Eléments traces métallique

3. Eléments traces métallique (ETM)

3.1. Définitions

Par ce terme générique « d'éléments traces métalliques » on désigne des métaux et métalloïdes réputés toxiques et dont la teneur moyenne dans les sols est inférieure à 1g.kg-1 (Gouzy et Ducos, 2008). Les éléments tracés sont un groupe de métaux et de métalloïdes ayant une densité atomique supérieure à 6 g/ cm³. Des éléments tels que le cadmium, le cuivre, le fer, le plomb et le zinc sont souvent associés à des problèmes de pollution et de toxicité. Un problème majeur avec les métaux est leur capacité à se bioaccumuler (Pilarczyk et al., 2013).

Le terme "métaux lourds" est souvent utilisé pour désigner les métaux et les métalloïdes associés à la pollution de l'environnement et à la toxicité. Le terme a été défini de différentes manières, principalement en termes de densité, de masse atomique relative et de numéro atomique. Une définition plus complète du terme "métaux lourds" est proposée comme étant des métaux naturels ayant un numéro atomique supérieur à 20 et une densité élémentaire supérieure à 5 g/cm³. Selon cette définition, 51 éléments peuvent être appelés "métaux lourds", à l'exclusion de l'arsenic (As) et du sélénium (Se) (Ali et Khan, 2018).

Tableau Périodique des Éléments

1 H Hydrogène 1.008																	2 He Hélium 4.003
3 Li Lithium 6.941	4 Be Béryllium 9.012											5 B Bore 10.811	6 C Carbone 12.011	7 N Azote 14.007	8 O Oxygène 15.999	9 F Fluor 18.998	10 Ne Néon 20.180
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnésium 24.305											13 Al Aluminium 26.982	14 Si Silicium 28.086	15 P Phosphore 30.974	16 S Soufre 32.066	17 Cl Chlore 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titane 47.867	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chrome 51.996	25 Mn Manganèse 54.938	26 Fe Fer 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Cuivre 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.631	33 As Arsenic 74.922	34 Se Sélénium 78.971	35 Br Brome 79.904	36 Kr Krypton 83.796
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdène 95.95	43 Tc Technétium 98.907	44 Ru Ruthénium 101.07	45 Rh Rhodium 102.906	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Argent 107.868	48 Cd Cadmium 112.414	49 In Indium 114.818	50 Sn Étain 118.711	51 Sb Antimoine 121.760	52 Te Tellure 127.6	53 I Iode 126.904	54 Xe Xénon 131.294
55 Cs Césium 132.905	56 Ba Baryum 137.328	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantale 180.948	74 W Tungstène 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.217	78 Pt Platine 195.085	79 Au Or 196.967	80 Hg Mercure 200.592	81 Tl Thallium 204.383	82 Pb Plomb 207.2	83 Bi Bismuth 208.980	84 Po Polonium [209]	85 At Astate [209]	86 Rn Radon [222]
87 Fr Francium 223.020	88 Ra Radium 226.025	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [269]	109 Mt Meitnerium [278]	110 Ds Darmstadtium [281]	111 Rg Roentgenium [289]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [286]	114 Fl Flerovium [289]	115 Mc Moscovium [289]	116 Lv Livermorium [293]	117 Ts Tennessé [294]	118 Og Oganesson [294]
57 La Lanthane 138.905	58 Ce Cérium 140.116	59 Pr Praséodyme 140.908	60 Nd Néodyme 144.243	61 Pm Prométhium 144.913	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.964	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.925	66 Dy Dysprosium 162.500	67 Ho Holmium 164.930	68 Er Erbium 167.259	69 Tm Thulium 168.934	70 Yb Ytterbium 173.055	71 Lu Lutécium 174.967			
89 Ac Actinium 227.028	90 Th Thorium 232.038	91 Pa Protactinium 231.036	92 U Uranium 238.029	93 Np Neptunium 237.048	94 Pu Plutonium 244.064	95 Am Américium 243.061	96 Cm Curium 247.070	97 Bk Berkélium 247.070	98 Cf Californium 251.080	99 Es Einsteinium [254]	100 Fm Fermium 257.095	101 Md Moscovium 258.1	102 No Nobélium 259.101	103 Lr Lawrencium [262]			

Figure 01 : classification périodique des éléments traces métallique (Scerri et Eric,2012).

3.2. Classification biologique des ETM

3.2.1. Métaux essentiels

Les minéraux essentiels jouent un rôle important dans le maintien d'une physiologie saine dans le corps humain. Cependant, la présence excessive de ces métaux essentiels peut entraîner des dommages cellulaires, conduisant finalement à des maladies graves potentiellement mortelles. Les métaux essentiels tels que le cobalt (Co), le fer (Fe), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le zinc (Zn) et le sélénium (Se) sont des suppléments fondamentaux essentiels à plusieurs fins physiologiques et biochimiques (Ahmed et al., 2020).

3.2.2. Métaux toxiques

Les métaux toxiques sont des métaux naturels qui ne peuvent pas être décomposés ou éliminés et qui sont nocifs pour l'homme. Certains métaux toxiques tels que Cuivre (Cu), Zinc (Zn), Cobalt (Co), Nickel (Ni), Fer (Fe), Chrome (Cr), Magnésium (Mn), Iode (I) et Sélénium (Se), sont considérés comme des micronutriments et jouent un rôle important dans les fonctions métaboliques et physiologiques à certaines concentrations. D'autres métaux toxiques tels que Cadmium (Cd), Arsenic (As), silver (Ag), mercure (Hg) et Plomb (Pb), ne présentent aucun avantage biologique et sont plutôt nocifs. À des concentrations élevées, ces éléments peuvent polluer l'environnement et avoir des effets négatifs sur la santé des humains, des plantes et des animaux, provoquant des cancers, des troubles urinaires, des maladies cardiovasculaires, une neurotoxique et le diabète (Okerefor et al., 2020).

Tableau 04 : Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels (Chibane et Djennad, 2019).

Eléments essentiels majeurs	Oligo-éléments Essentiels	Eléments « essentiels » en ultra trace	Eléments non essentiels
Calcium	Fer	Lithium	Plomb
Phosphore	Cuivre	Fluor	Cadmium
Potassium	Zinc	Aluminium	Mercure
Soufre	Iode	Étain	
Magnésium	Chrome		
Chlore	Nickel		
Sodium	Silicone		

3.3. Les sources des ETM

Les sources des ETM peuvent être naturelles ou anthropiques. Les ETM peuvent être trouvés sous différentes formes chimiques et peuvent être adsorbés dans les sols, les sédiments et les milieux aquatiques. Ils entrent dans la chaîne alimentaire où ils sont bio-amplifiés et/ou bio-accumulés. L'ingestion de ces ETM peut perturber les fonctions métaboliques essentielles à l'homme (Chekri et al., 2017).

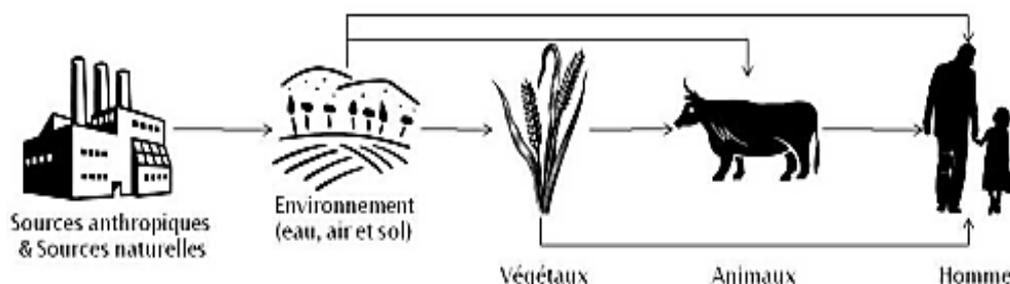


Figure 02 : Cycle simplifié des éléments traces métalliques depuis les émissions jusqu'à l'exposition humaine (Gouzy et Ducos, 2008).

3.4. Caractéristique des ETM

3.4.1. Le cadmium

a. Définition et caractéristique physicochimique

Le cadmium est un métal blanc argenté appartenant à la famille des métaux de transition, avec un numéro atomique de 48 et une masse atomique de 112,4 g/mol. Il n'est pas essentiel au développement des organismes animaux ou végétaux. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du zinc et du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus (**Zorrig, 2010**).

Les propriétés chimiques du cadmium sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 05 : Propriétés chimiques du cadmium (**Miquel, 2001**).

Symbole chimique	Cd
Masse atomique	112 g/mol
Masse volumique	8,6g/cm ³ à 20°C
Température de fusion	320°C
Température d'ébullition	765°C

b. Sources de contamination

Le Cd est un métal lourd d'origine naturelle présent à des concentrations plus élevées en association avec les sols riches en Cd, y compris les schistes, les sédiments lacustres et les phosphorites. Cependant, plus de 90% du Cd dans l'environnement de surface est le résultat de l'industrie et de l'agriculture. Il est considéré comme un des éléments les plus toxiques dans l'environnement, avec un large éventail de toxicité d'organe et une longue demi-vie d'élimination (**Lane et al, 2015**).

c. Toxicité du cadmium

Le cadmium peut pénétrer dans l'organisme par les voies respiratoires et gastro-intestinales et s'accumuler dans les reins, le foie et l'intestin. L'exposition au cadmium peut entraîner des effets néfastes tels que des dysfonctionnements rénaux et hépatiques, des œdèmes pulmonaires, des lésions testiculaires, de l'ostéomalacie et des lésions des glandes surrénales et du système hématopoïétique. Il existe également un lien entre l'exposition au cadmium et les maladies coronariennes, les accidents vasculaires cérébraux et les maladies artérielles périphériques (**Genchi et al., 2020**).

3.4.2. Plomb

a. Définition et caractéristique physicochimique

Le plomb est un métal bleuté brillant, très mou, très malléable et ductile. Il ternit au contact de l'air humide, ne réagit ni avec l'oxygène, ni avec l'eau il est attaqué par l'acide nitrique. Ses composés sont toxiques par inhalation ou ingestion. Quelques propriétés physicochimiques de l'élément plomb sont présentées dans l'illustration (Tableau 06) (Witterners et al., 2002).

Tableau 06 : Propriétés physico-chimiques de l'élément plomb (Khannous et al, 2013).

Symbole chimique	Pb
Numéro atomique	82
Masse atomique(g.mol ⁻¹)	207,2
Point de fusion	327 °C
Point d'ébullition	1740 °C
Densité	11,35

b. Source de contamination

Le plomb est notamment présent dans les logements anciens et insalubres ainsi que dans certains produits domestiques (vernis, peintures, mastic, revêtements anticorrosion, canalisations...). Les Chapitre II Les contaminants de lait 20 peintures au plomb, notamment la peinture à la céruse, couvrent encore les murs, fenêtres et radiateurs (Laperche et al., 2004).

Le plomb peut être aussi retrouvé dans les végétaux cultivés sur des sols contaminés, dans l'eau de pluie, dans l'encre, dans la cendre de cigarette, dans certains insecticides et pesticides, dans les éviers et baignoires de porcelaine, dans certaines glaçures de poteries, dans l'eau du robinet provenant de vieilles tuyauteries, etc (Youssao et al.,2011).

c. Toxicité du plomb

Les études physiopathologiques sur les effets toxiques des concentrations en plomb décrivent des maladies dangereuses tels que l'encéphalopathie, la paralysie pseudo-radulaire, les coliques de plomb, l'insuffisance rénale, la goutte et l'anémie réfractaire (Kammerer et al., 2021).

3.4.3. Zinc

a. Définition et caractéristique physicochimique

Le Zinc est un élément chimique de symbole Zn et de numéro atomique 30, c'est un métal du couleur bleu-gris moyennement réactif qui se combine avec l'oxygène et d'autres éléments non métalliques, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène. Quelques propriétés physicochimiques de l'élément zinc sont présentées dans l'illustration (Tableau 07) (**Bentata, 2015**).

Tableau 07 : Propriétés chimiques du zinc (**Anonyme, 2006**).

Numéro atomique	30
Masse atomique	65,37 g.mol ⁻¹
Electronégativité de Pauling	1.6
Masse volumique	7,11 g.cm ⁻³ à 20°C
Température de fusion	420°C
Température d'ébullition	907°C

b. Source de contamination

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende), accessoirement sous d'autres formes telles que la smithsonite (ZnCO₃), l'hémimorphite (Zn₄ [(OH₂Si₂O₇] H₂O), ou l'hydrozincite (Zn₅(OH)₆(CO₃)₂). Il est produit principalement suivant un procédé hydro métallurgique, Il peut aussi être produit suivant un procédé pyrométallurgique. Le zinc provient également des minerais de plomb dans lesquels il est toujours associé au cadmium. Le chlorure de zinc est obtenu par action de l'acide chlorhydrique sur le zinc ou l'oxyde de zinc, suivie d'une recristallisation (**Khellaf et Zerdaoui, 2009**).

c. Toxicité du zinc

Le zinc est utilisé pour protéger les métaux contre la corrosion et dans la fabrication de divers alliages et produits. C'est également un oligoélément essentiel pour l'homme, nécessaire au fonctionnement et au maintien d'un métabolisme normal. Cependant, un excès de zinc peut provoquer des problèmes de santé tels que des crampes d'estomac, des irritations de la peau, des vomissements, des nausées et une anémie. De très hauts niveaux de zinc peuvent endommager le pancréas et perturber le métabolisme des protéines. Sur le lieu de travail, la contamination au zinc peut mener à un état comparable à la grippe appelé fièvre du fondeur (**Desaunay, 2011**).

3.4.4. Cuivre

a. Définition et Propriétés physicochimiques

Le cuivre est un élément chimique, de symbole Cu et de numéro atomique 29. Il est extrait d'une grande variété de minerais et il est présent dans la nature sous forme sulfuré comme la Covellite (CuS), la Chalcocite (Cu₂S), la Chalcopyrite (CuFeS₂), et la Bornite (Cu₃FeS₃). Ou sous forme oxydé comme le Malachite (CuCO₃OH₂), la Chrysocolle (CuSiO₃H₂O) et la Chalcanthile (CuSO₄H₂O) (Amirad, 2011).

Les propriétés chimiques du cuivre sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 08 : Propriétés chimiques du cuivre (Khannous et al, 2013).

Numéro atomique	29
Masse atomique	63,546 g/mol
Electronégativité de Pauling	1,9
Masse volumique	8,9 g/cm ³ à 20°C
Température de fusion	1083°C
Température d'ébullition	2595°C

b. Source de contamination

Le cuivre est présent dans l'environnement de manière ubiquiste. Sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à environ 70 mg/kg. Le transport par le vent des poussières de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts et les aérosols marins constituent les principales sources naturelles d'exposition. Les principales sources anthropiques sont l'industrie du cuivre et des métaux en général, l'industrie du bois, l'incinération des ordures ménagères, la combustion du charbon, d'huile et d'essence et la fabrication de fertilisants (phosphate) (Keddari et al., 2019).

c. Toxicité du Cuivre

Le Cuivre est relativement peu toxique, et est considéré comme un oligo-élément à faible dose. L'inhalation excessive de poussières contenant du cuivre peut mener à des irritations nasales et oculaires ainsi que des maux de tête, des nausées et des diarrhées. En ce qui concerne l'ingestion, les symptômes sont principalement liés au système gastro-intestinal comme des douleurs abdominales et des vomissements. L'ingestion d'eau dont la teneur excède 3 mg Cu/L entraîne l'apparition de nécroses hépatiques. La toxicité hépatique serait expliquée par la saturation des

lysosomes où est complexé le cuivre avec des métallothionéines. Ces organites ne pouvant en métaboliser davantage, l'excès de cuivre migrerait au noyau où il causerait des dommages oxydatifs accrus (Desaunay, 2011).

3.4.5. Mercure

a. Définition et Propriétés physicochimiques

Le mercure est un métal blanc argenté, brillant, très dense et très mobile. C'est le seul métal liquide à température ambiante, ce qui lui a valu son symbole (Hg) du mot grec latinisé hydrargyrum (argent liquide) (Bensefa-Colas et al., 2011).

Il se divise par l'agitation en fines gouttelettes. C'est aussi le seul métal dont la température d'ébullition soit inférieure à 650 °C, il se caractérise par une extrême volatilité. Le Hg se combine très facilement avec d'autres molécules, que ce soient des métaux, des molécules inorganiques ou organiques (David et al., 2009).

b. Sources de contamination

La contamination au mercure provient de diverses sources, comprenant les émissions industrielles, les déchets électroniques et médicaux, les émissions atmosphériques dues à la combustion de combustibles fossiles, les amalgames dentaires, les pratiques agricoles, et même des sources naturelles telles que les éruptions volcaniques. Ces sources contribuent à la libération de mercure dans l'environnement, entraînant des préoccupations pour la santé humaine et la biodiversité (Benbrahim et al., 2006).

c. Toxicité du mercure

Le mercure est très différent selon sa présentation chimique (mercure métal, sel métallique, sel organique). Elle peut être fort importante pour l'homme et pour les animaux même à faible dose. De dangereux déséquilibres sont apparus dans sa répartition à cause des activités humaines, qui ont parfois amené des concentrations élevées de mercure dans l'air, l'eau et le sol. L'incinération des déchets est la principale source de mercure d'origine humaine, ce qui démontre la nécessité de concentrer plus d'attention à la responsabilité des incinérateurs dans la pollution par le mercure, spécialement à proximité des zones urbaines, d'autant plus que le mercure peut demeurer longtemps dans l'atmosphère et être transporté loin de son lieu d'émission. Le mercure est connu comme toxique pour le système nerveux, le rein et le système immunitaire. Le traitement des déchets par incinération est une des sources majeures d'émission de cadmium dans

l'atmosphère. Ce métal peut être la cause de néphropathies, d'ostéomalacie et de cancers (**Wissing et al.,2005**).

3.5. Effet toxique des ETM sur la santé animale

Les effets toxiques des métaux lourds chez les animaux dépendent du degré d'exposition, du type de métal lourd et de sa forme, de l'âge, du sexe, de l'état physiologique et nutritionnel de l'animal exposé et de la voie d'empoisonnement. La plupart des métaux concentrés dans les organes vitaux, y compris le foie et les reins, provoquent des toxicités cliniques ou subcliniques ou des effets subtils tels que le stress oxydatif, l'immunotoxicité, la cardiotoxicité, l'inhibition enzymatique, les troubles de la reproduction et les perturbations endocriniennes (**Gupta et al., 2021**).

Les métaux lourds pénètrent dans l'organisme humain et animal par les voies respiratoires, parfois même par la peau dans le cas de produits chimiques capables de traverser la barrière cutanée, et par le tube digestif. La nourriture est la principale source d'éléments toxiques. La carence en macro et micronutriments dans le corps entraîne l'absorption des métaux lourds à leur place. Lorsqu'il y a une mauvaise nutrition et un manque de nutriments essentiels dans le corps, le foie qui effectue la détoxification ne peut pas effectuer cette tâche importante (**Bartkowiak, 2022**).

3.6. Transformation du lait et transfert des ETM

Lors de la transformation du lait en produits laitiers tels que le fromage et la ricotta, il a été observé que la concentration de métaux lourds tels que le chrome et le plomb peut augmenter. Cette augmentation peut résulter de la liaison de ces métaux aux composants du lait pendant le processus de coagulation et de transformation. Il est important de surveiller et de gérer ces métaux lourds pour garantir la qualité et la sécurité des produits laitiers finaux, car les variations de concentration dépendent du type de produit laitier fabriqué et des conditions de transformation (**Anastasio et al., 2006**).

Deuxième partie :

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

1. Présentation de la région d'étude

1.1. Situation géographique

Jijel est une wilaya côtière, située au Nord-Est de l'Algérie, elle est comprise entre les méridiens 5°25 et 6°30 Est de Greenwich, et entre les parallèles 36°10 et 36°50, hémisphère Nord. Elle s'étend sur une superficie de 2 396,63 Km² avec une façade maritime de 120 Km. La wilaya de Jijel compte 11 Daïra et 28 communes et est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par les wilayas de Mila et de Sétif, à l'Est par la wilaya de Skikda et à l'Ouest par la wilaya de Bejaia (Mammeri et Zougache, 2015).

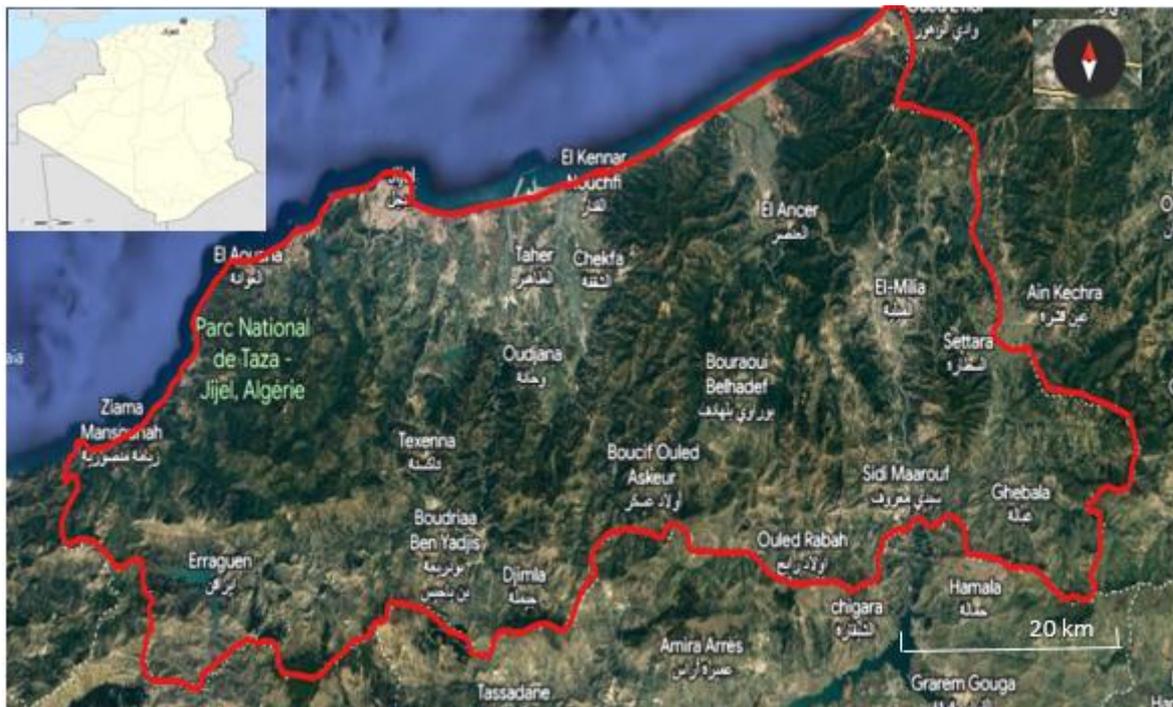


Figure 03 : Situation géographique de la wilaya de Jijel (Google Earth,2023).

1.2. Caractéristiques physiques

1.2.1. Relief et géographie

La wilaya de Jijel est caractérisée par un relief montagneux très accidenté. Les montagnes occupent 82% de la superficie totale et atteignent 1800 m d'altitude. On distingue principalement deux régions physiques :

- **Les zones de plaines**, situées au nord, le long de la bande littorale allant de petites plaines de Jijel, les plaines d'El-Aouana, le bassin de Jijel, les vallées d'Oued Kébir, Oued Boussiaba et les petites plaines de Oued Z'hor.
- **Les zones de montagnes** sont composées de deux groupes :

Groupe 1 : Zones de moyennes montagnes situées dans la partie littorale et centre de la wilaya, caractérisées par une couverture végétale très abondante et un réseau hydrographique important.

Groupe 2 : Zones de montagnes difficiles situées à la limite Sud de la wilaya, elles comportent les plus hauts sommets de la wilaya dont les principaux sont Tamazghida, Babour, Bouazza et Seddat (Aniref, 2022).

1.2.2. Conditions climatiques

Le climat de la région est du type méditerranéen caractérisé par un hiver pluvieux et doux, et un été chaud et sec. Les précipitations annuelles varient de 1000 à 1200 mm/ an et la moyenne annuelle des températures avoisine 18°C (ONM, 2023).

a. Températures moyennes

La saison très chaude dure trois mois avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 27 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Jijel est le mois d'Août, avec une température moyenne maximale de 36 °C et une température moyenne minimale de 23°C.

La saison fraîche dure 4 mois avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 18 °C. Le mois le plus froid de l'année à Jijel est le mois de Janvier, avec une température moyenne maximale de 16 °C et une température moyenne minimale de 7 °C (ONM, 2023).

b. Précipitations

La probabilité de jours de précipitation à Jijel varie au cours de l'année. La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,2 mois (du 10 Septembre au 15 Mai), avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 16 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Jijel est Décembre, avec une moyenne de 8,6 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation.

La saison la plus sèche dure 3,8 mois, du 15 Mai au 10 Septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Jijel est Juillet, avec une moyenne de 1,2 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation (ONM, 2023).

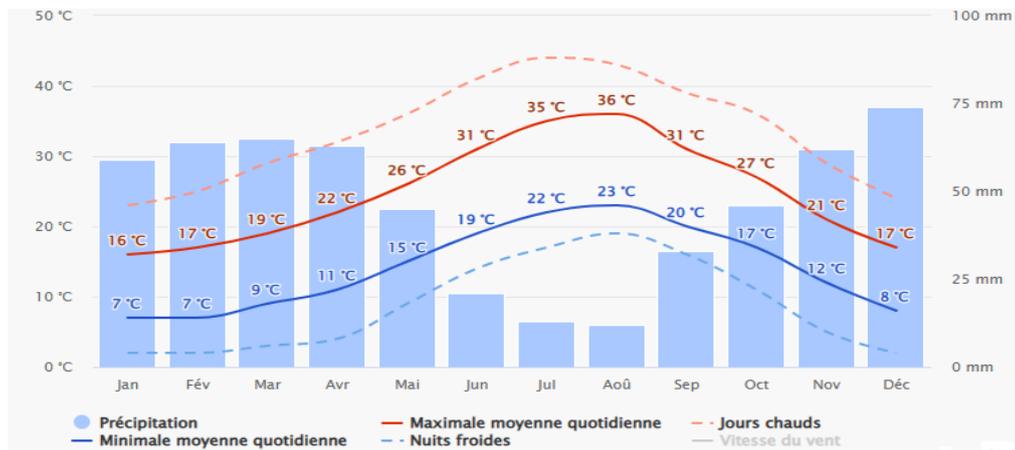


Figure 04 : Température et précipitation moyenne de la wilaya de Jijel (1981-2022) (ONM, 2023).

c. Humidité

La région de Jijel est une des zones les plus humides d’Algérie (tableau 09). L’humidité relative de l’air atteint quelquefois 83 % en hiver et diminue généralement en été (à cause de l’augmentation de la température) mais elle ne descend que rarement en dessous de 70 % (ONM, 2023).

Tableau 09 : L’Humidité de la wilaya de Jijel (1981-2022) (ONM, 2023).

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Auo	Sep	Oct	Nov	Déc
H (%)	78,05	77,61	76,55	75,72	79,77	74,22	72,27	71,17	77,66	75,11	76,55	77,5

4. Objectifs et méthodologie

4.1. Objectifs

L’objectif de ce travail est d’évaluer la qualité physicochimique du lait et les risques de pollution environnementale auxquels peuvent être exposées les vaches exploitées dans la région de Jijel et ses répercussions sur la santé humaine, à travers la détermination des niveaux de concentration des éléments traces métalliques dans le lait cru.

4.2. Méthodologie

Après la sélection des exploitations, des pré-enquêtes ont été réalisées pour recueillir les informations nécessaires (Annexe 01). Les échantillons de lait ont ensuite été prélevés et analysés au laboratoire. L’analyse portait sur les paramètres physico-chimiques ainsi que sur le dosage de quelques éléments traces métalliques, à savoir le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et le zinc (Zn). Les résultats obtenus ont enfin été discutés.

4.2.1. Enquête épidémiologique

Afin de cerner l'ensemble des facteurs qui influencent la qualité du lait recueillis, nous avons jugé utile de réaliser une enquête auprès des éleveurs le jour du prélèvement. Chacun a été sensibilisé quant à l'intérêt d'une telle étude ainsi qu'à l'importance de fournir des renseignements exacts. Des questionnaires ont été élaborés pour renseigner sur les vaches prélevées (l'état sanitaire de l'animal, l'aspect clinique des mamelles, l'âge, la race, l'alimentation, ...) et l'hygiène de la traite (Annexe 02).

4.2.2. Echantillonnage

Des échantillons de lait ont été prélevés dans différentes exploitations laitières de la région de Jijel. Le choix des fermes et des vaches laitières a été basée sur des critères pour assurer la représentativité et l'homogénéité dans la région.

Tableau 10 : Répartition des sites de prélèvements.

Commune	Localité	Nombre d'exploitations	Nombre d'échantillon
Jijel	Jijel	01	02
Texanna	Texanna	01	02
Kaous	Kaous	01	02
Taher	Taher	01	06
Oudjana	Oudjana	02	02
Emir Abdelkader	Emir Abdelkader	01	02
	Tasoust	01	04
	Larabaa	01	02
El Aouana	El Aouana	01	03
	Hamza	01	02
Chekfa	Chekfa	01	02
El-Kennar Nouchfi	El-Kanner	02	06
El Ancer	El Ancer	01	02
Kheïri Oued Adjoul	Beni belaïde	01	02
Settara	Settara	01	02
El-Milia	El-Milia	01	01
Totale	16	18	42

4.2.3. Choix des fermes étudiées

Les fermes laitières ont été choisies selon quatre critères principaux :

- ✓ La concentration de l'élevage bovin ;
- ✓ L'accessibilité à la ferme ;
- ✓ L'aptitude de l'éleveur et sa faculté à respecter les consignes de prélèvement ;
- ✓ Et l'exposition du site de la ferme à une éventuelle contamination soupçonnée du bétail et par conséquent, du lait par les métaux lourds ;

L'ensemble de 18 fermes (Tableau 11) ont été regroupées en trois groupes selon la nature du site de contamination :

Tableau 11 : les sites des fermes.

06 fermes se situent dans des sites exposés à la pollution industrielle	06 fermes se situent dans des sites exposés à la pollution du trafic routier	06 fermes situent dans des sites exposés à la pollution exploitation agricole
Jijel Taher Settara El-Kanner El-Milia Kaous	Emir Abdelkader Tasoust Larabaa El Ancer Oudjana Oudjana	El Aouana Hamza Chekfa Beni belaide Texanna El-Kanner

4.2.4. Choix des vaches laitières

Le choix des animaux sur lesquels on a effectué nos prélèvements a été raisonné sur la base des critères suivants :

- ✓ L'âge de la vache laitière ;
- ✓ Le nombre de parité ;
- ✓ La race ;
- ✓ Être en bon état sanitaire,
- ✓ Et respecter l'homogénéité des groupes de sites de contaminations prédéfinis ;

L'échantillon compte 42 vaches laitières appartenant à 3 races exploitées dans la région. Il s'agit de la race Prim'Holstein (15 vaches), de la race Montbéliarde (10 vaches) et de la race croisée (13 vaches).

4.2.4.1. Caractéristiques des races étudiées

- **La race Montbéliarde**

C'est une race franc-comtoise de grande taille ; mesurant 1,40 m au garrot pour un poids de 600 à 700 kg, pour les femelles. La robe est pie rouge avec des tâches bien délimitées. Le blanc doit couvrir la partie inférieure du corps, les extrémités, la tête et les membres à partir du genou et du jarret. C'est avant tout une race laitière avec une production d'environ 7 000 kg de lait par vache et par an, mais aussi une excellente fromagère (Delaveau, 2017).



Figure 05 : La race Montbéliarde (2023).

- **La race Prim'Holstein**

La race bovine Prim'Holstein ayant une dimension mondiale est la première race laitière du monde. Elle se caractérise par la couleur distribuée en larges plaques noires et blanches bien délimitées, tandis que les extrémités des pattes et la queue restent blanches. Le poids des femelles est compris entre 650 et 750 kg. Cette race se remarque à son format imposant et à sa finesse de forme. En revanche la mamelle est volumineuse, signe extérieur d'une excellente laitière ; la production annuelle dépasse 10000 kg de lait (Delaveau, 2017).



Figure 06 : La race Prim'Holstein (2023).

- **La race croisée (Le Bovin Laitier Amélioré « BLA »)**

C'est un croisement entre le bovin laitier local et le bovin de race importée. Ce type de bovin laitier prend une multitude phénotypique du fait que le croisement se fait généralement d'une manière aléatoire sans contrôle généalogique (Mamine et al., 2011).



Figure 07 : la race croisée (2023).

4.2.5. Prélèvement du lait

Chaque échantillon de lait a été prélevé lors de la traite matinale dans une bouteille étiquetée pour être identifié lors des analyses au laboratoire. Après avoir homogénéisé le lait par une légère agitation, la température a été mesurée sur place à l'aide d'un thermomètre portatif.

4.2.5.1. Transport et conservation de l'échantillon

Les échantillons ont été gardés dans une glacière jusqu'au laboratoire de l'université pour analyse. Aucun produit chimique n'a été utilisé pour la conservation des échantillons.



Figure 08 : Matériel de prélèvement et de transport du lait (glacière et flacons de lait)
(Photo originale, 2023)

4.3. Analyses physico-chimiques du lait

Le contrôle physicochimique du lait est un facteur essentiel pour l'obtention d'un produit de qualité. Il a pour objectif d'assurer au produit sa fiabilité et sa consistance afin de garantir ses caractéristiques nutritionnelles et organoleptiques. L'analyse physico-chimique a concerné l'acidité, la densité et la matière azotée.

4.3.1. Détermination de l'acidité

La mesure de l'acidité du lait est un indicateur de l'activité des bactéries lactiques. Ce test est très facile à mettre en œuvre, peu coûteux et donne un résultat immédiat (**Raiffaud, 2017**).

✚ Principe

La détermination de l'acidité du lait est basée sur la neutralisation de l'acidité lactique dans le lait par une solution d'hydroxyde de sodium (**NaOH**) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré (**AFNOR, 1995**).



✚ Mode opératoire

- ✓ A l'aide d'une pipette on introduit 10 ml de lait dans un bécher de 50 ml ;
- ✓ On ajoute quelques gouttes (3 à 4) de solution de phénolphthaléine (1%) ;
- ✓ Dans un acidimètre on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium jusqu'au début de virage au rose facilement perceptible par comparaison avec la solution témoin constituée du même lait ;

✚ Expression des résultats

Elle correspond à la valeur lue sur la burette après le titrage en appliquant la formule suivante :

$$\text{Acidité} = V \times 10 \text{ (D}^\circ\text{)}$$

Avec : V= volume (en ml) de la chute de la burette.

4.3.2. Détermination de la densité

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du volume d'eau (**Pointurier, 2003**).

✚ Principe

La mesure de la densité du lait est effectuée par thermo-lactodensimètre qui est muni d'une échelle sur sa partie supérieure indiquant des graduations.

✚ Mode opératoire

- ✓ Remplir une éprouvette de 250 ml tenue inclinée jusqu'au débordement de lait sur ses côtés pour éviter la formation de mousse ou de bulles d'air ;
- ✓ Introduire le lactodensimètre dans l'éprouvette, et après stabilisation de celui-ci on effectue la lecture ;
- ✓ Lecture de la valeur de densité après stabilisation de l'appareil ;

✚ Expression des résultats

A 20°C, la densité de l'échantillon correspond directement à la valeur lue sur le lactodensimètre. Lorsque la température est différente de 20°C, nous appliquons la loi suivante :

$$\text{Densité} = \frac{1 + L^\circ + (T \times F)}{1000}$$

Avec : L° : lecture du lactomètre ;

T1 : la température de l'échantillon ;

T0 : température normale (20°C) ;

T : température corrigée (T1-T0) ;

Et F : Facteur de température (0.2).



Figure 09 : Mesure de la densité.

4.3.3. Détermination de la matière azotée (La méthode Kjeldahl)

La méthode Kjeldahl a été introduite en 1883 et se compose de trois étapes principales : la digestion de l'échantillon, la distillation et la détermination de l'ammoniac (le titrage étant la méthode principale). La méthode utilise de l'acide sulfurique, une variété de catalyseurs et des sels pour convertir l'azote organiquement lié dans les échantillons en ammonium avec sa mesure ultérieure (Sàez-Plaza et al., 2013).

✚ Principe

La détermination de la quantité des protéines contenue dans les échantillons.

✚ Mode opératoire

Le dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldahl passe par trois étapes :

A. Minéralisation

Dans un matras de Kjeldahl, on introduit 1g de l'échantillon, 2g de catalyseurs (mélange de sulfate de cuivre et sulfate de potassium) et 25ml de H₂SO₄ concentré à 97% ;

On chauffe le matras jusqu'à ce que la couleur noire se transforme en une couleur limpide, à ce moment-là l'azote organique est transformé en azote minéral.

Ensuite, on laisse refroidir et on transverse l'échantillon minéralisé dans une fiole, on lave le matras avec l'eau distillée tout en ajustant le volume jusqu'à 100 ml.

B. Distillation

Dans un matras, on introduit 10 ml du contenu de la fiole auquel on additionne 20 ml d'eau distillée et 30 ml de la soude à 35%. En parallèle, on prépare une solution d'acide borique à 40 g/L avec 10g gouttes d'indicateur de Tashiro (de couleur rose-violette en présence d'un milieu acide et verte dans le cas d'un milieu alcalin).

La distillation s'effectue dans un appareil spécifique, elle est arrêtée au bout de 4 minutes à compter du début d'ébullition.

C. Titration

Puisqu'on utilise l'acide borique comme solution de récupération, on va alors titrer l'excès des anions de borate avec la solution de HCl à 0.1 N jusqu'au changement de la coloration du vert au rose-violet du au virage de l'indicateur de Tashiro.

La teneur en azote (W_n) est calculée suivant la formule représentée ci-dessous :

$$W_n = \frac{1.4007 \times (V_s - V_b) \times M_t}{m}$$

Avec : V_s : volume de Hcl 0.1N utilisé pour la titration de la solution à dose (ml) ;

V_b : volume de Hcl 0.1N utilisé pour un essai blanc (ml) ;

M_t : molarité exacte de la solution volumétrique ;

m : valeur numérique de la masse ;

Détermination de la teneur protéique

Les teneurs azotées des différentes fractions analysées sont converties en teneurs protéiques en utilisant un facteur de conversion égal à 6.38 comme préconisé par (ISO., 2014).

La teneur en protéiques (W_p) est calculée suivant la formule représentée ci-dessous :

$$W_p = W_n \times 6.38$$



Figure 10 : Minéralisation et distillation.

4.4. Le dosage des ETM dans le lait

4.4.1. Préparation des échantillons pour le dosage

Un ensemble de 42 échantillons de lait ont fait l'objet de minéralisation pour préparer des solutions adéquates à l'analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). Au final, 35 échantillons ont été effectivement analysés par le SAA. Le reste a été écarté de l'analyse pour des raisons organisationnelles.

4.4.2. Méthodes de l'extraction des ETM

Pour le dosage des ETM dans le lait, le principe consiste à minéraliser les échantillons par voie humide assisté au four, à l'aide d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) et de nitrate de potassium (NKO_3) puis de les analyser par spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Mode opératoire

La première étape : On verse 5g du lait dans des creusets en céramiques, on a ajouté 8ml de l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 45% et 2g de nitrate de potassium (NKO_3) et on évapore la solution à sec dans le bain de sable à une température de $120C^\circ$ pendant 3h.

Ensuite, on passe les creusets dans le four à moufle à une température de $350C^\circ$ pendant 3 heures. Après, on fait monter une autre fois la température à $450C^\circ$ pendant 1 heure. Si les cendres sont grises, on reste à $450C^\circ$ pendant 1h.

La deuxième étape consiste à solubiliser les échantillons en les reprenant avec 15 ml d'une solution d'acide chlorhydrique (Hcl) à 18%, puis en les chauffant et en les évaporant partiellement pour obtenir des solutions homogènes. Enfin, ils sont dilués à 25 ml avec de l'Hcl à 2% dans une éprouvette. Les solutions obtenues sont ensuite filtrées à l'aide de papiers filtres et transférées dans des tubes à essai étiquetés (Sirot,2007).

4.5. Dosage des ETM par Spectroscopie d’Absorption Atomique

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est la technique la plus utilisée actuellement pour le dosage des ETM. Elle est très bien adaptée à toutes les matrices environnementales et biologiques à savoir l'eau, les sédiments, les aliments, le sang et les urines. C'est une technique de spectroscopie atomique servant à déterminer la concentration des éléments métalliques (métaux alcalins, alcalino-terreux, métaux de transition) ainsi que les métalloïdes dans un échantillon. Ceux-ci sont atomisés à l'aide d'une flamme alimentée d'un mélange de gaz ou d'un four électromagnétique. La sensibilité de ce dernier est plus importante que la flamme et permet de quantifier les éléments recherchés de l'ordre du ppb grâce à la quantification de l'énergie des atomes.

L'absorption est utilisée généralement pour faire un dosage, l'élément est connu, on détermine une concentration. L'analyse se base sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental, et on utilise à cet effet en général des solutions (Bouhadiba, 2020).

4.6. Principe de la Spectroscopie d’Absorption Atomique (SAA)

La spectroscopie d'absorption atomique est une technique analytique qui repose sur le principe de l'absorption de la lumière par les atomes. Elle commence par l'utilisation d'une source lumineuse spécifique aux éléments à analyser, dont la lumière traverse l'échantillon. Les atomes de l'élément absorbent des longueurs d'onde particulières, ce qui est ensuite mesuré par un détecteur après être passé par un monochromateur.

En comparant cette mesure avec un blanc, on peut déterminer avec précision la concentration de l'élément dans l'échantillon, ce qui en fait une méthode courante en chimie analytique pour l'analyse quantitative des métaux et des éléments traces (Badens, 2012). La fréquence n du photon dépend de l'énergie ΔE acquise par l'atome par la relation :

$$vE=h\Delta$$

Où h est la constante de Planck.



Figure 11 : Spectrophotomètre d’absorption atomique à flamme.

4.6. Analyses Statistiques

Des analyses descriptives ont été réalisées par l'Excel (version 2007) sur les données de chaque variable étudiée. Elle concerne la moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum.

Ensuite, l'analyse de la variance (au seuil de 5% et de 1%) a été effectuée sur les variables par le Logiciel SPSS 27.0 (2023).

Chapitre II

Résultats et discussion

1. Analyses physicochimiques

Le but principal des analyses physicochimiques consiste à vérifier la conformité des échantillons analysés aux critères et normes fixés par la réglementation et les études déjà réalisés.

1.1. Caractéristiques physicochimiques du lait de vache dans les fermes d'étude

Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de laits sont illustrés dans le Tableau 08. Ce dernier révèle que les valeurs de l'acidité titrable sont comprises entre 12 et 21 °D, avec une moyenne de 16.80 ± 2.062 °D. Nos résultats sont proches de ceux obtenus par **Baran et al. (2020)** et **Noufia et al. (2022)** qui enregistrent respectivement des moyennes de 18.3°D et de 16°D. En effet, **Cassinello et Perira. (2001)**, rapportent que l'acidité titrable d'un lait peut varier entre une limite supérieure à 10°D et inférieure à 21.4°D.

Les valeurs de la densité mesurée à 20°C se situent entre 1.021 et 1.036 avec une densité moyenne est de 1.030. Ces valeurs sont conformes aux normes **AFNOR** (1.030 - 1.032) et aux études rapportées par **Matallah et al. (2017)** (de 1.028 – 1.035). Aussi, toutes les valeurs que nous avons obtenues sont comparables avec les moyennes obtenues par **Maiworé et al. (2018)** et **Baran et al. (2020)**, où ils montrent que pour des valeurs situées entre [1.028-1.033], la densité du lait est considérée comme normale. La densité du lait varie selon le taux de la matière sèche et le taux de la matière grasse ; elle diminue avec l'augmentation de la matière grasse (**Matallah et al., 2017**).

En ce qui concerne les protéines, les résultats que nous avons obtenus montrent que la teneur en protéines dans le lait de vache se situe entre 26.8 et 44.68 g/l avec une moyenne de 36.5 g/l. Ces résultats sont proches des valeurs de **Kalandi et al. (2015)** de 35,09 g/l. Mais, ils sont légèrement supérieurs aux normes requises. Les valeurs ordinaires peuvent être comprises entre 30 et 37g/l selon **Saidane et al. (2023)** et **Sboui et al. (2016)**. L'analyse de la variance ne montre aucun effet significatif au seuil de 5%.

Il est à noter que le niveau de protéines est en relation avec la race, la santé du pis, la lactation, la saison (le taux protéique est plus faible en été, lors des jours longs) et aussi avec le nombre de mises bas (**Debouz et Guerguer, 2014**).

Tableau 12 : Caractéristiques physicochimiques du lait cru de vaches

Paramètre	N	Moyenne (\pm E-Type)	Min	Max	P
Acidité (°D)	42	16.95 (\pm 2.25)	12	21	0.999
Densité (%)	42	1.030 (\pm 0.0035)	1.021	1.036	
Teneur des protéines (g/l)	15	36.15 (\pm 5.59)	26.8	44.68	

1.2. Variation des paramètres physicochimiques selon la race bovine

D'après les résultats physicochimiques obtenus qui représente les valeurs moyennes en fonction des races ; on remarque que :

L'acidité du lait est relativement élevée chez les vaches de race Montbéliarde (17.9 ± 2.13) et de race Croisée (17.23 ± 2.58) par rapport à celle du lait de la race Prim'Holstein (16.2 ± 2.11).

La densité du lait des vaches des races Montbéliarde et Croisée (respectivement de 1.031 ± 0.0016 et de 1.031 ± 0.0043) est plus élevée que celle du lait de la race Prim'Holstein (1.029 ± 0.0031).

Les teneurs en protéines varient selon la race. En effet, le lait des vaches de race Montbéliarde a un TP supérieur aux normes (39.61 ± 6.73) alors que celui des vaches de race Prim'Holstein et de celles de race croisée est conformes aux normes (35.86 ± 6.73 et 34.49 ± 3.76 respectivement). En revanche, l'analyse de la variance ne montre aucun effet significatif au seuil de 5% entre les races pour cette variable.

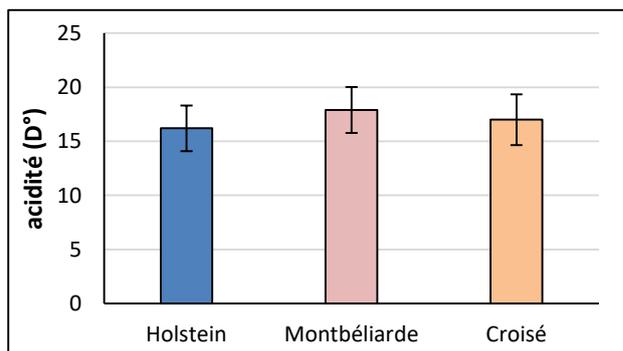


Figure 12.1 : Histogramme relatif à l'acidité du lait selon la race

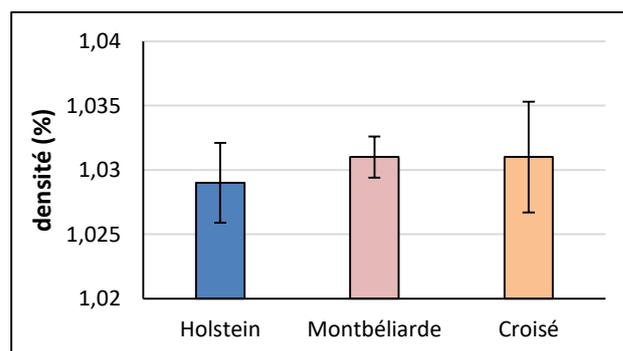


Figure 12.2 : Histogramme relatif à la densité du lait selon la race

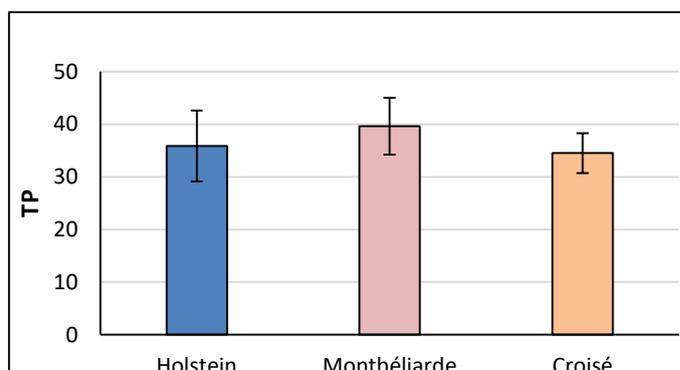


Figure 12.3 : Histogramme relatif à la teneur en protéines du lait selon la race

Figure 12 : Histogrammes des paramètres physicochimiques du lait selon la race.

1.3. Variation des paramètres physicochimiques selon l'âge de l'animal (effet de l'âge)

Les paramètres physicochimiques sont faiblement variables selon l'âge des vaches. L'acidité du lait est plus élevée chez les vaches jeunes par rapport aux vaches d'âge moyen et aux vaches âgées (Figure 15.1). Cela suggère que l'âge des vaches peut influencer le niveau d'acidité dans leur lait. En ce qui concerne la densité du lait, elle est élevée chez les vaches jeunes et celles ayant l'âge moyen par rapport aux vaches âgées (Figure 15.2), probablement en raison des variations dans leur alimentation et leur métabolisme. Enfin, malgré les différences de l'acidité et de la densité du lait en fonction de l'âge des vaches, le taux en protéines reste élevé de manière générale, quelle que soit la tranche d'âge (Figure 15.3). L'analyse de la variance ne montre aucun effet significatif au seuil de 5%. Toutefois, il est important de noter que des variations individuelles intra-groupes peuvent être enregistrées. Par ailleurs, le facteur génétique, la ration alimentaire et les conditions sont des facteurs qui peuvent également influencer les niveaux de ces paramètres physicochimiques du lait.

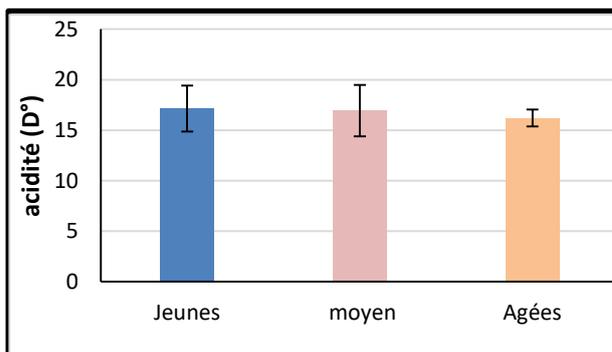


Figure 13.1: Histogramme relatif à l'acidité du lait selon l'âge.

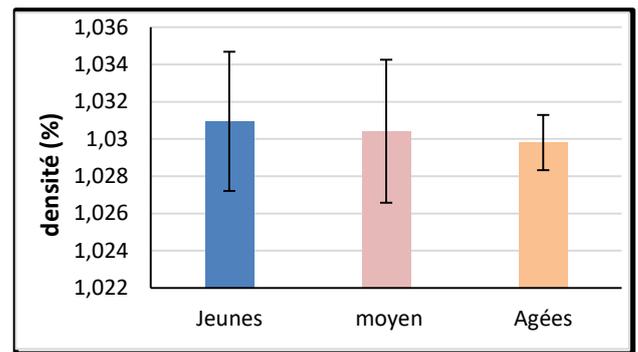


Figure 13.2 : Histogramme relatif à la densité du lait selon l'âge.

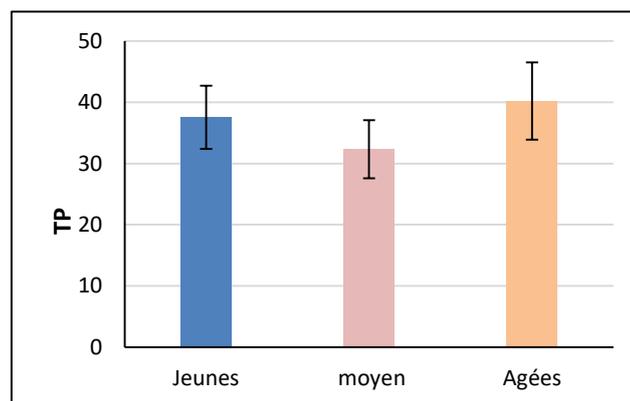


Figure 13.3 : Histogramme relatif à la teneur en protéines du lait

Figure 13 : Histogrammes des paramètres physicochimiques du lait selon l'âge.

2. Concentrations des ETM dans le lait de vaches

Les sources de contamination du lait cru par des ETM sont nombreuses, y compris l'air (par inhalation d'animaux), l'eau (par les arrosoirs et les ustensiles utilisés pour boire l'eau), le fourrage (par suite de la contamination des ingrédients alimentaires par l'utilisation de matières chimiques par les agriculteurs tels que les engrais, les insecticides, les fongicides, les stérilisateurs et les additifs minéraux à l'alimentation), également par les mauvaises habitudes de l'animal, en particulier des vaches, comme lécher les poteaux, les barres d'acier, les truilles métalliques, ainsi que les déchets solides métalliques et plastiques tels que les tables en plomb laissées dans les champs (Al-Rudha et al.,2021).

Pour évaluer les risques sanitaires auxquels les consommateurs sont exposés via la consommation du lait de vaches, notre étude a été entreprise en vue d'évaluer l'exposition des consommateurs à trois (03) ETM analysés sur 35 échantillons de lait cru de vache (tableau 13). Une dispersion importante des résultats est à remarquer pour le cadmium et le zinc (figure 16) par l'analyse des ETM par la SAA.

Les niveaux de concentration des métaux dans le lait cru avaient l'ordre suivant : Zn > Cd > Pb. Les concentrations du zinc étaient les plus élevées et celles de plomb étaient les plus basses.

Tableau 13 : Concentrations du plomb (Pb), de cadmium (Cd) et du zinc (Zn) dans les échantillons de lait (en mg/kg).

Paramètre	N	Moyenne (±E-Type)	Min	Max	Valeurs limites mg/Kg	Référence
Pb	35	0.005 (± 0.0045)	0.00015	0.0515	0.02	FAO/WHO (2012)
Cd	35	0.088 (± 0.152)	0.011	0.953	0.0026	Commission du Codex Alimentaires (2014)
Zn	35	0.413 (± 0.199)	0.122	0.927	3.28	(IDF, 1979)

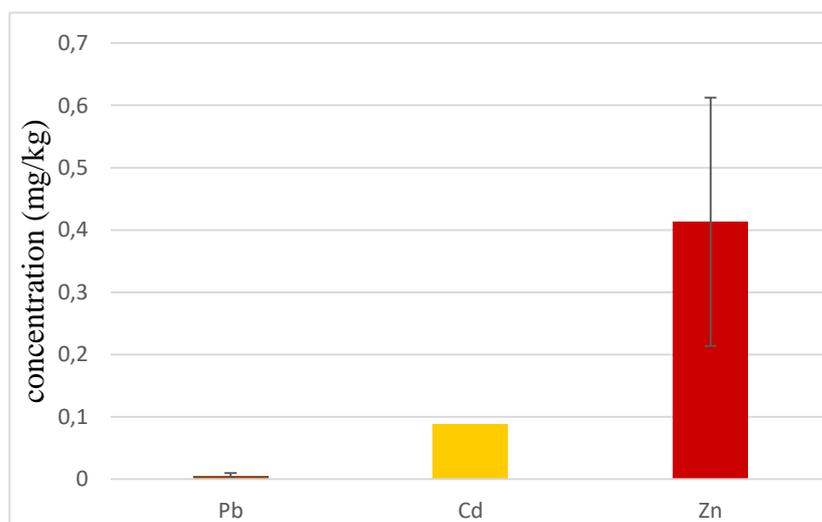


Figure 14 : Histogrammes des valeurs moyennes des teneurs des trois (03) ETM dans lait.

2.1. Concentrations du Plomb (Pb) dans le lait

D'après les résultats de nos analyses pour ce métal (plomb), aucun dépassement de la valeur limite n'a été observé. En revanche, les teneurs en plomb détectées sont faibles dans tous les échantillons du lait analysés. La concentration la plus élevée de plomb enregistrée est de l'ordre de 0,015 mg/kg avec une valeur moyenne de concentration de 0.005 (± 0.0045) mg/kg (Tableau 11).

Ces concentrations sont plus faibles par rapport aux résultats obtenus par d'autres auteurs, à travers plusieurs pays du monde comme **El Sayed et al. (2011)** ; **Meshref et al. (2014)** ; **Elbagermi et al. (2020)** et **Miclean et al. (2019)** avec des moyennes respectives de 0.327 mg/kg ; 0.218 mg/kg ; 0.053 mg/kg et 0.024 mg/kg.

D'autre part, nos résultats sont proches aux résultats par **Davidov et al. (2019)** ; **Safaei et al. (2021)** et **Dobrinis et al. (2010)**, dont les teneurs en plomb sont respectivement de 0.005 mg/kg ; de 0.0049 mg/kg et de 0.004 mg/kg.

En effet, la commission du Codex Alimentaires (**FAO/WHO., 2014**) a déterminé la valeur limite du plomb au niveau de 0.02 mg/kg pour le lait et les produits laitiers. Aussi, dans le règlement sur les contaminants du Codex alimentaire turc, la valeur de plomb la plus élevée acceptable a été déterminée à 0.020 mg/kg pour le lait et ses produits (**Altun et al., 2021**).

Le plomb (Pb) est bien connu pour ses effets toxiques et nocifs sur l'homme. L'absorption du plomb ingéré peut constituer un risque sérieux pour la santé publique. Certains effets chroniques de l'empoisonnement au plomb sont les douleurs abdominales, la constipation et l'anémie (**Mowang et al., 2017**).

Selon **Alani et al. (2015)**, la présence de plomb dans les échantillons de lait peut être due à différents facteurs. Ces facteurs incluent les vaches broutant le long des routes et/ou des autoroutes, ainsi que dans des zones polluées et celles à forte activité industrielle. La contamination de l'alimentation animale, les facteurs climatiques tels que les vents et l'utilisation de composés pesticides peuvent également contribuer à la présence de plomb dans le lait. L'eau est l'une des sources de contamination les plus importantes de plomb dans le lait, notamment dans les zones les plus polluées.

Il existe des variations saisonnières dans la concentration des ETM dans le sol, les eaux usées, les aliments pour animaux et les particules. De plus, l'absorption de ces éléments par les plantes est influencée par le pH du sol et les pratiques agricoles telles que l'utilisation d'engrais.

Le niveau d'ingestion de sol par les animaux et les types de végétation pendant différentes saisons sont d'autres facteurs qui peuvent entraîner un degré variable d'exposition aux ETM chez les animaux, tant en été qu'en hiver. Les sources de ETM sont multiples et leur entrée dans la chaîne de production laitière dépend également de variables biologiques telles que le taux d'absorption dans le corps des animaux (El Mrissani ,2023).

2.1.1 Variation des concentrations du plomb (Pb) selon le site de contamination

Les résultats de l'analyse du Plomb selon les sites de contamination, ainsi que leurs statistiques descriptives, sont représentés graphiquement par la figure (17).

L'analyse des résultats montre que les valeurs moyennes des concentrations en plomb sont faibles dans les trois sites. Tout d'abord, la zone polluée présente la concentration la plus élevée de l'ordre de 0.0075 mg/kg de lait. Elle est suivie par la zone de trafic routier avec une concentration de 0.0049 mg/kg de lait, et enfin la zone agricole avec une concentration de 0.0028 mg/kg de lait.

De plus, l'analyse de la variance montre une différence significative au seuil de 5% entre les sites pour cette variable avec des valeurs moyennes supérieures dans la zone polluée contre des valeurs moyennes faibles dans la zone agricole.

Les activités agricoles et industrielles ainsi que le transport routier, sont en effet des sources anthropiques connues pour l'augmentation de la concentration de plomb dans l'environnement. En ce qui concerne le transport routier, l'Algérie fait partie des pays qui utilisent encore de l'essence plombée. Selon l'étude de **Semadi et Deruelle en 1993**, la concentration en plomb dans l'essence en Algérie atteint 0,45 g/L.

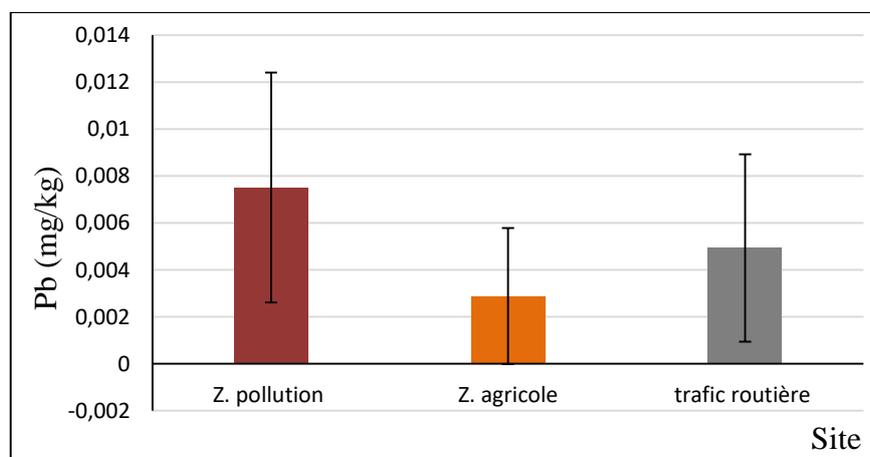


Figure 15 : Histogrammes de la teneur en Pb dans le lait issu de différents sites de contamination.

2.1.2. Variation des Concentrations du Plomb (Pb) selon la race bovine

Les valeurs moyennes les plus élevées des concentrations en plomb dans le lait sont observées chez les vaches de race croisée atteignant 0.0055 mg/kg de lait. Les vaches de race Prime Holstein et de race Montbéliarde ont des valeurs plus proches de l'ordre de 0.0047 mg/kg et 0.0046 mg/kg de lait respectivement. Cette observation peut s'expliquer par le fait que les vaches de race croisée se trouvent le plus souvent dans des pâturages situés près de zones à forte circulation routière et à proximité des zones de pollution. Toutefois, L'analyse de la variance pour le plomb ne fait apparaître aucune différence significative au seuil de 5% en fonction de la race des vaches.

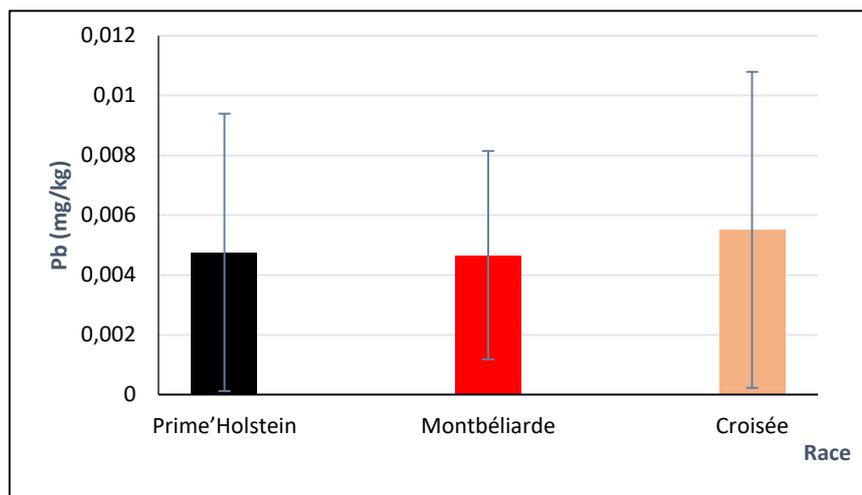


Figure 16 : Histogrammes de la teneur en Pb dans le lait selon la race bovine.

2.1.3. Variation des concentrations du plomb (pb) selon l'âge des vaches

La teneur moyenne en plomb (Pb) dans le lait est supérieure chez les vaches âgées (0,0074mg/kg) par rapport aux vaches moyennement âgées (0,0037mg/kg) et les jeunes (0,0023mg/kg). L'effet de l'âge est observé pour cette variable. L'analyse de la variance fait apparaître une différence significative au seuil 5% entre les vaches âgées et les jeunes vaches.

Avec le temps, l'accumulation continue du plomb dans les corps des vaches entraîne des effets négatifs sur leur santé et leurs performances animales. L'exposition au plomb peut contribuer à l'apparition de problèmes de santé qui affectent l'ensemble de leurs systèmes biologiques, réduisant ainsi la qualité de leur vie et conduisant finalement à une diminution de leur espérance de vie moyenne (Onasanya et al.,2020).

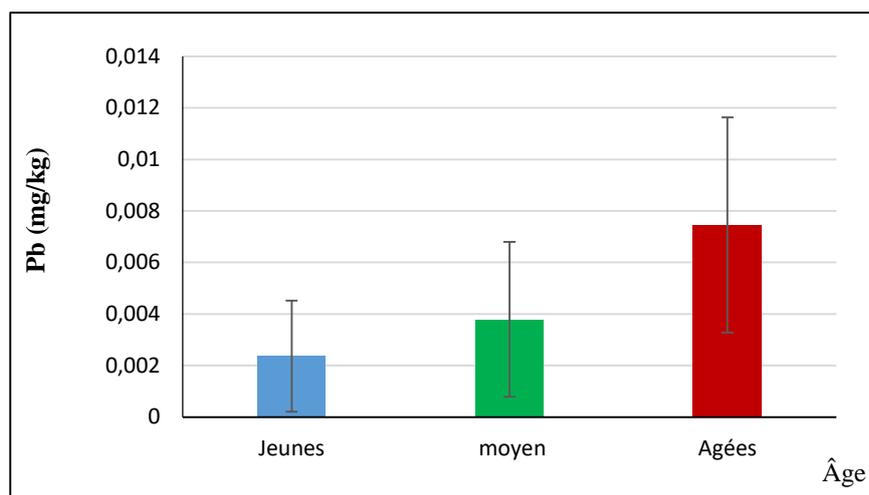


Figure 17 : Histogrammes de la teneur en pb dans le lait selon l'âge des vaches.

2.2. Concentrations du cadmium (Cd) dans le lait

La valeur moyenne des concentrations en cadmium dans les échantillons de lait de notre étude est de l'ordre de 0.088 (± 0.152) mg/kg de lait. Ce niveau de contamination est supérieur à la limite permise de 0.0026 mg/kg telle que rapportée par la norme de la Fédération Internationale de Laiterie (1977). Il est hautement supérieur également aux valeurs moyennes obtenues par **Tukun et al. (2016)** en Italie (0.001 mg/kg) et par **El Sayed et al. (2011)** à Mansoura en Egypte (0.004 mg/kg de lait). Néanmoins, il est proche du niveau de concentration obtenu par **Ahmad et al. (2017)** en Pakistan (0.076 ± 0.006 mg/kg) alors qu'il est inférieur à celui obtenu par **Alani et Al-Azzawi (2015)** en Irak, qui déclarent des niveaux plus élevés (de l'ordre de 0.242 ± 0.052 mg/kg).

Le cadmium est en effet une préoccupation majeure en raison de ses effets néfastes sur la santé humaine, et il a tendance à s'accumuler dans les plantes lorsque celles-ci sont fertilisées avec des boues d'épuration ou des engrais contenant du cadmium. Il existe de nombreuses sources de pollution au cadmium, notamment les activités minières qui rejettent des effluents dans les cours d'eau, ainsi que certaines industries comme celles des pigments et des stabilisants pour plastiques. Les boues d'épuration provenant de l'exploitation minière et les engrais phosphatés sont également des sources importantes de cadmium dans l'environnement (**Shaheen et al., 2016**).

L'absorption régulière du cadmium endommage les tubules rénaux proximaux et le calcium, le phosphore, le glucose, les acides aminés et les petits peptides sont perdus dans l'urine. Une fois que le cadmium s'est accumulé dans les tissus, il ne peut être éliminé en toute sécurité par chélation sans causer de lésions rénales. Le cadmium affecte le métabolisme du calcium et les changements squelettiques résultant de la perte de calcium et se termine par une diminution de la densité minérale osseuse (**Imam et al., 2017**).

2.2.1. Variation des concentrations du cadmium (cd) selon le site de contamination

Le site " trafic routier " est le site le plus polluant du lait en cadmium par rapport aux autres sites de contamination avec 0.0760 mg/kg de lait. Il est suivi par le site de " pollution agricole" (0.0637 mg/kg) et celui des " zones polluées " (0,0525 mg/kg). Toutefois, l'analyse de la variance par l'ANOVA montre qu'aucune différence significative n'est enregistrée entre les sites pour cette variable au seuil de 5% (Figure 20).

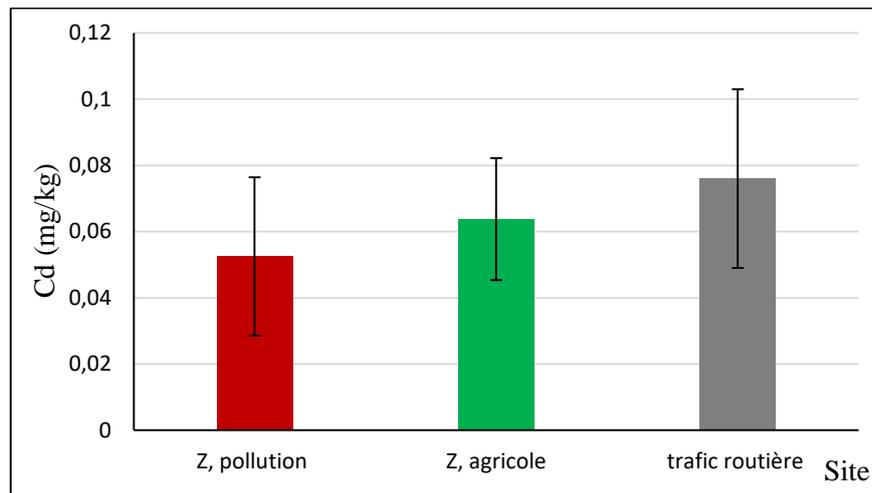


Figure 18 : Histogrammes de la teneur en Cd dans le lait issu des différents sites de contamination

2.2.2. Variation des concentrations du cadmium (Cd) selon la race bovine

Selon les résultats de la comparaison entre les races bovines exploitées, aucune différence significative n'a été observée au seuil de 5%. Cependant, il a été constaté que le lait issu de la race Prime' Holstein est le plus contaminé par le cadmium avec une concentration de 0.1194 mg/kg de lait. Les laits provenant de la race Croisé (0.0727 mg/kg de lait) et de la race Montbéliarde (0.0655 mg/kg), sont moins contaminés (Figure 21).

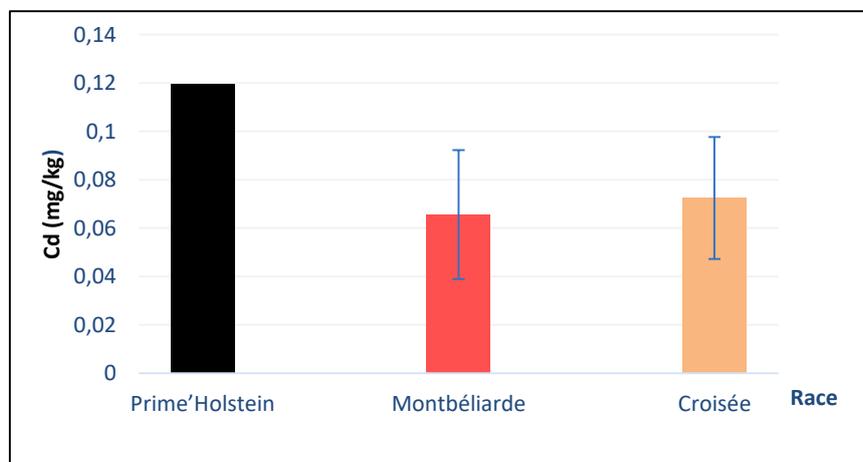


Figure 19 : Histogrammes de la teneur en Cd dans le lait selon les races bovines.

2.2.3. Variation des concentrations du cadmium (Cd) selon l'âge des vaches

Le lait des jeunes vaches est moins contaminé par le Cadmium (0.058 mg/kg) par rapport aux vaches moyen et âgées. Néanmoins, l'analyse de la variance ne montre aucun effet significatif de l'âge sur les concentrations en cadmium dans le lait au seuil de 5%.

Le cadmium peut affecter la santé des vaches de différentes manières, notamment en raison de leur exposition à travers l'environnement, l'alimentation et l'eau. Les jeunes vaches sont plus sensibles aux effets négatifs en raison de leur stade de croissance et de développement délicat, ce qui peut entraîner des problèmes de croissance, des perturbations des systèmes respiratoire, nerveux et rénal, et des effets globaux sur leur santé. Les vaches plus âgées peuvent être moins sensibles initialement, mais une exposition continue à des environnements contaminés peut entraîner une accumulation de cadmium dans leur organisme, finissant par affecter leur santé avec le temps. (Dossou *et al.*,2016).

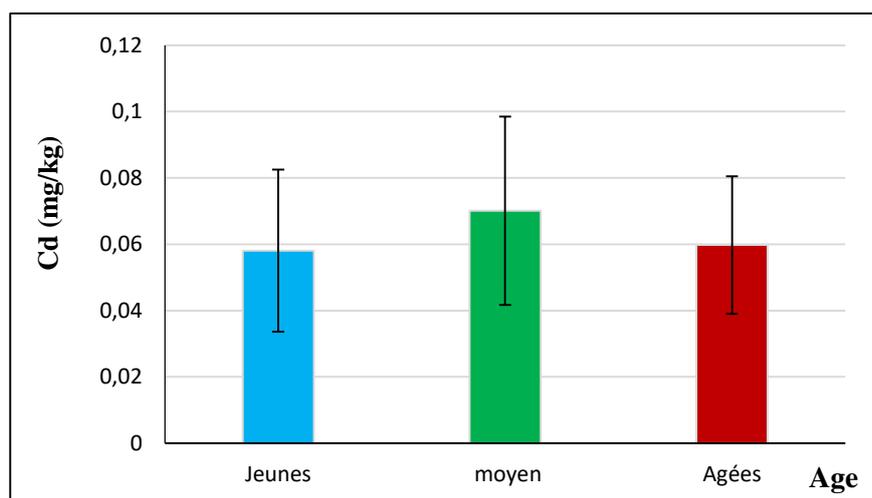


Figure 20 : Histogrammes de la teneur en Cd dans le lait selon l'âge des vaches.

2.3. Concentrations du zinc (Zn) dans le lait

Les résultats rapportés dans le tableau (09) présentent des teneurs en zinc (Zn) qui se situaient dans un intervalle allant de 0.122 à 0.927 mg/kg de lait avec une moyenne de l'ordre de 0.413 mg/kg. Khalil (2018) et Zodape *et al.* (2012) rapportent des niveaux de zinc, en Inde, proches de nos résultats (respectivement de l'ordre de 0.6124 mg/kg et de 0.417 mg/kg de lait). Par contre, Rao *et Murthy.* (2017) en Egypte (3.146 mg/kg) et en Arabie Saoudite (0,944 mg/kg), Ahmad *et al.* (2017) au Pakistan (3.136 mg/kg), Aysal *et Murthy.* (2017) en Italie (2.016 mg/kg), Gebrelibanos *et al.* (2015) en Chine (3.650 mg/kg) et Souza *et al.* (2018) en Turquie (3.40 mg/kg), dévoilent des niveaux de concentrations beaucoup plus élevés.

Les concentrations de zinc dans la majorité des échantillons de lait à différents endroits de cette étude sont inférieures à la limite permise de 3.28 mg/kg de lait telle que rapportée par la norme de la Fédération Internationale de Laiterie (1977).

2.3.1. Variation des concentrations du zinc(Zn) selon le site de contamination

Les résultats obtenus montrent que les concentrations élevées du Zinc sont enregistrées dans la " zone de pollution " (0.5844 mg/kg) suivie par le site "zone agricole " (0.4040 mg/kg) et enfin par le site " trafic routière " (0.3781 mg/kg). L'analyse de la variance (ANOVA) a révélé une différence hautement significative au seuil de 5% entre les différents sites de notre études (Figure 23).

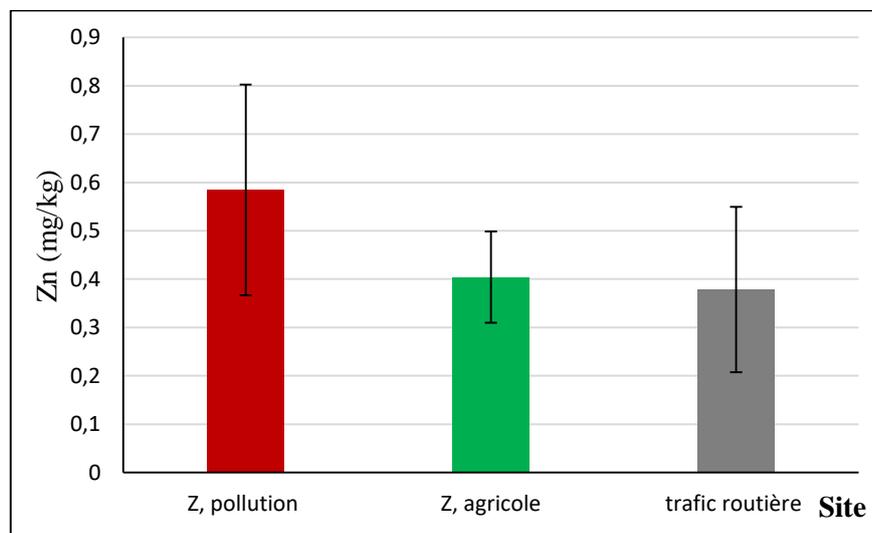


Figure 21 : Histogrammes de la teneur en Zn dans le lait issu de différents sites de contamination.

2.3.2. Variation des Concentrations du Zinc (Zn) selon la race bovine

La teneur en Zn dans le lait est relativement proche entre les différentes races étudiées. il n'y a pas une différence significative selon la race. Les valeurs moyennes oscillent autour de la moyenne générale de 0.413 mg/kg. De plus, aucun effet génétique n'est significatif pour cette variable d'après l'analyse de la variance au seuil de 5%

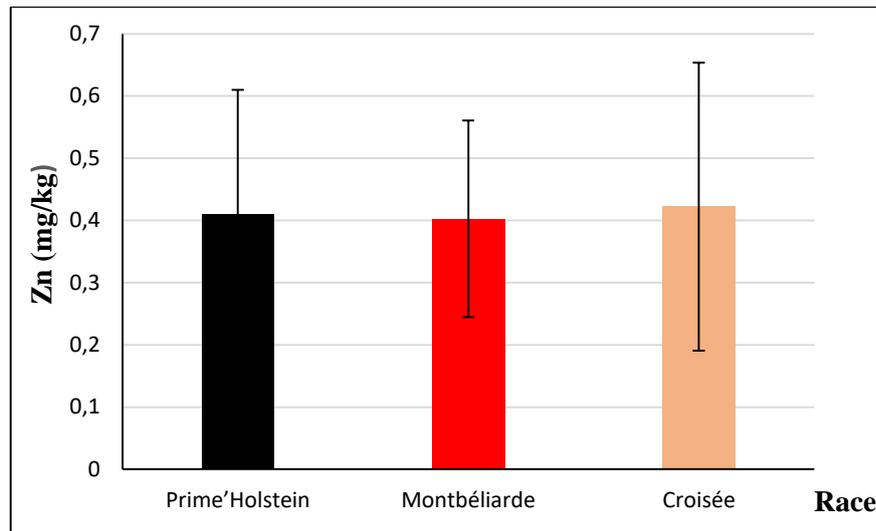


Figure 22 : Histogrammes de la teneur en Zn dans le lait selon les races bovines.

2.3.3. Variation des concentrations du zinc (Zn) selon l'âge des vaches

La teneur moyenne en zinc est plus élevée dans le lait des vaches ayant un âge moyen (0.439 mg/kg). Les laits des jeunes vaches et des vaches âgées étant dans le même niveau de concentrations de 0.375 mg/kg et de 0.364 mg/kg respectivement. L'effet de l'âge est également non significatif sur le plan statistique pour cette variable. Aucune différence significative n'est signalée par l'analyse de la variance au seuil de 0,05

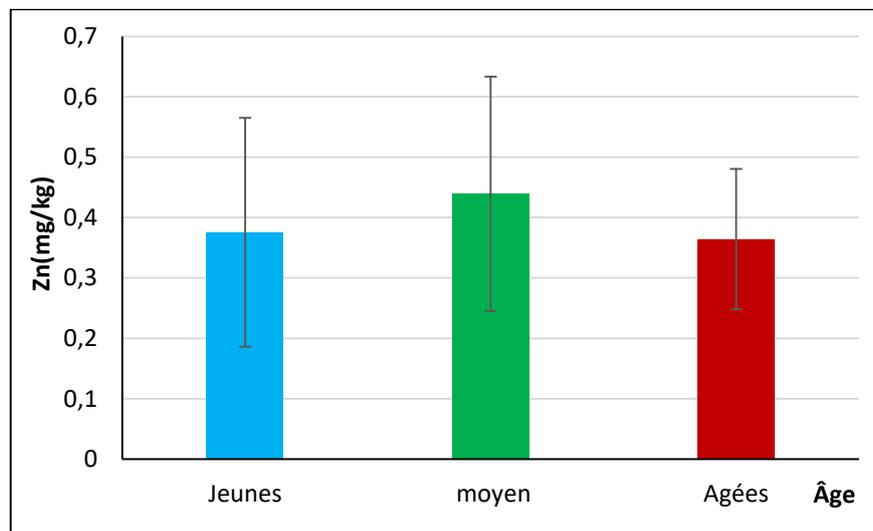
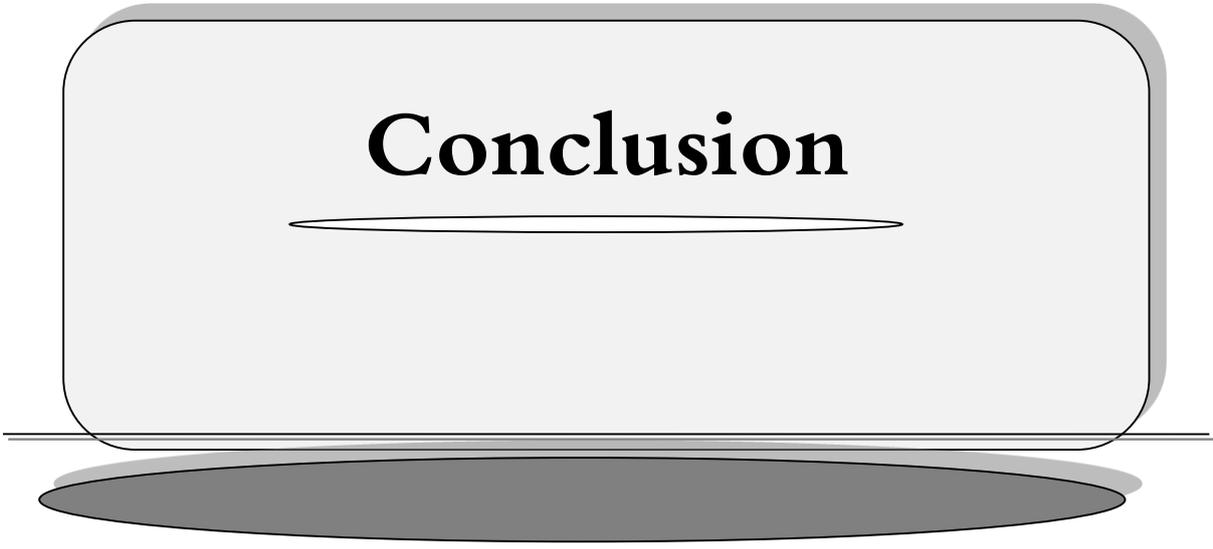


Figure 23 : Histogrammes de la teneur en Zn dans le lait selon l'âge des vaches.

Conclusion



Conclusion

Le lait est une source alimentaire importante. Il est riche en macro et micronutriments qui jouent un rôle important dans la préservation de la santé et contribuent fortement aux apports nutritionnels et énergétiques. Cependant, la contamination du lait par les métaux lourds peut contrebalancer ces avantages et affecter la santé humaine.

Ce travail a été réalisé dans le but d'évaluer la qualité physicochimique et la teneur en trois éléments (Pb, Cd, et Zn) dans le lait de vaches de la région de Jijel.

Les résultats obtenus expriment une qualité physico-chimique du lait acceptable avec des valeurs moyennes conformes aux normes internationales (AFNOR., 1995) (la densité de 1.030, l'acidité titrable de 16.80°D et le taux de protéine est de 36.15 g/l).

Les teneurs en plomb (Pb), en cadmium (Cd) et en zinc (Zn) dans les échantillons de lait de vaches analysé ont été déterminées grâce à la spectrométrie d'absorption atomique (SAA). L'analyse des résultats fait apparaître des niveaux de concentration élevés pour le cadmium (Cd) de 0.088 mg/kg de lait par rapport à la norme de Codex Alimentaires Commission (2014) de 0.0026 mg/kg. En revanche, les niveaux de concentration sont très faibles pour le zinc (Zn) (0.413 mg/kg) par rapport à la norme de l'IDF (1979) de 3.28 mg/kg et pour le plomb (Pb) également (0.005 mg/kg de lait) par rapport à la norme de la FAO (2014) de 0.02 mg/kg.

L'impact du site de contamination par le cadmium est considérable. Le lait le plus affecté par ce métal est produit par des vaches exposées à la pollution urbaine et au trafic routier. De plus, l'influence de la race est fortement significative avec des taux de contamination élevés dans le lait des vaches de race Prime' Holstein.

En ce qui concerne le plomb et le zinc, le lait des vaches issues de zones de pollution présente des concentrations plus élevées, notamment pour les vaches de race croisée.

Pour réduire la présence des métaux lourds dans le lait, plusieurs mesures et précautions peuvent être prises :

- ✓ Il faut fournir une alimentation saine et équilibrée aux animaux producteurs de lait en utilisant des produits naturels et exempts de produits chimiques nocifs.
- ✓ Il est important d'effectuer régulièrement des analyses de sol et de fourrage pour s'assurer de leur absence en métaux lourds.
- ✓ Des analyses régulières de la qualité du lait doivent être effectuées pour détecter la présence de métaux lourds.

- ✓ Il est nécessaire de contrôler les sources environnementales potentielles de contamination par les métaux lourds.
- ✓ Les techniques de filtration et de purification peuvent être utilisées pour réduire la présence de métaux lourds dans le lait.
- ✓ Il est recommandé d'utiliser du matériel fabriqué à partir de matériaux qui ne réagissent pas avec les métaux lourds.

Enfin, il faut se conformer aux normes et aux réglementations sanitaires et environnementales pour les niveaux de métaux lourds dans le lait. Bien qu'il soit difficile d'éliminer complètement la présence de métaux lourds, ces mesures contribueront à réduire leur présence et à assurer la sécurité du lait consommé.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abdelaziz, B., Bouriache, H. E., Farida, L. 2013. Effet du stade de lactation sur la qualité physico-chimique du lait de vache Holstein élevée en région Est d'Algérie.7p.

AFNOR.1995. Contrôle de la qualité des produits laitiers -Analyses physiques et chimiques, 3ème édition.

Ahmad, I., Zaman, A., Samad, N., Ayaz, M. M., Rukh, S., Akbar, A., Ullah, N. 2017. Atomic absorption spectrophotometry detection of heavy metals in milk of camel, cattle, buffalo and goat from various areas of Khyber-Pakhtunkhwa (KPK). *Pakistan. Journal Anal Bioanalytical Technology.* 8(3), 100367p.

Ahmed, S. A., Hasan, M. N., Bagchi, D., Altass, H. M., Morad, M., Jassas, R. S., Pal, S. K. 2020. Combating essential metal toxicity: key information from optical spectroscopy. *ACS omega.* 5(25), 15666-15672p.

Alais, C. 1984. Science du lait : principes des techniques laitières. Paris, Edition Sepaic. Ed. 814p.

Alani, M. S., Al-Azzawi, M. N. 2015. Assessment of lead, cadmium and copper concentrations in raw milk collected from different location in Iraq. *Iraqi Journal Science.* 56, 350-355p.

Ali, H., Khan, E. 2018. What are heavy metals, Long-standing controversy over the scientific use of the term 'heavy metals'—proposal of a comprehensive definition. *Toxicological and Environmental Chemistry.* 100(1), 6-19p.

Altun, S. K., Aydemir, M. E. 2021. Determination of some minerals and heavy metal levels in Urfa cheese and cow's milk. *Food and Health.*7(3), 185-193p.

Amadou, I., Samna, O. S., Adamou, A. G.2019. Transformation du lait en fromage traditionnel « Tchoukou » par les coagulants des extraits des organes de *Calotropis procera*. *Sciences de la vie, de la terre et agronomie.*7(1),35-39p.

Ameur, A., Rahal, K., Bouyoucef, A. 2012. Evaluation du nettoyage des tanks de réfrigération dans les fermes laitières de la région de Freha (Algérie). *National Technology.*6, 80-84p.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., Turgeon, H. 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du

lait in vignola, science et technologie du lait – transformation du lait, école polytechnique de montréal, ISBN :3-25-29,600p.

Amirad, J.C. 2011. Les risques chimiques environnementaux, méthodes d'évaluations et impacts sur l'organisme. Lavoisier.1-782p.

Anastasio, A., Caggiano, R., Macchiato, M., Paolo, C., Ragosta, M., Paino, S., Cortesi, M. L. 2006. Heavy metal concentrations in dairy products from sheep milk collected in two regions of southern Italy. *Acta Veterinaria Scandinavica*.47(1), 1-6p.

ANIREF. 2022. Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

Anouni, R., Djenadbia, R., Graoua, A., Rezaiguia, H. 2022. Etude physico-chimique et bactériologique du lait de vache.26p.

Ashish, B., Neeti, K., Himanshu, K. 2013. Copper toxicity: a comprehensive study. *Research Journal of Recent Science*.2,58-67p.

Aysal, H., Atasoy, N. 2017. Determination of heavy metal ions (As, Pb, Cd) and zinc mineral (Zn) in human's and cow's milk in Bitlis (Turkey). *Revista De Chimie*.68(5), 962-966p.

B

Bachtarzi, N., Amourache, L., 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) [Quality of raw milk for the manufacture of a Camembert-type soft cheese in a dairy of Constantine (eastern Algeria)]. *International Journal Innovative Science Research*.17, 34-42p.

Badens, E.2012. Mise en forme de principes actifs pharmaceutiques en phase supercritique. *Chimie. Verte*, 27p.

Balli, N., Lebsir, D., Habila, S., Boutenoun, H., Boussof, L., Bouchehou, N., Belkouicem, S. I. 2023. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Goat's Milk for Adults Group in Jijel Province (Algeria). *Journal of Applied Biological Sciences*.17(1), 93-110p.

Baran, A., Adigüzel, M. C. 2020. Some physicochemical and microbiological properties of cow milks collected from local dairy delicatessens in Erzurum, Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*.23(2), 493-505p.

Bartkowiak, A. 2022. Influence of heavy metals on quality of raw materials, animal products, and human and animal health status.59p.

Baudin, B.2021. Déficits nutritionnels en oligoéléments. *Revue Francophone des Laboratoires.* 2021(533), 25-32p.

Bedi, J. S., Gill, J. P. S., Aulakh, R. S., Kaur, P., Sharma, A., Pooni, P. A. 2013. Pesticide residues in human breast milk: Risk assessment for infants from Punjab, India. *Science of the total environment.* 463, 720-726p.

Belkheir, B., Ghozlane, F., Benidir, M., Bousbia, A., Benahmed, N., Agguini, S. 2015. Production laitière, pratiques d'élevage et caractéristiques du lait en exploitations bovines laitières en montagne de Kabylie, Algérie. *Livestock Research for Rural Development.* 27, 8p.

Benbrahim, S., Chafik, A., Chfiri, R., Bouthir, F. Z., Siefeddine, M., Makaoui, A. 2006. Etude des facteurs influençant la répartition géographique et temporelle de la contamination des côtes atlantiques marocaines par les métaux lourds : cas du mercure, du plomb et du cadmium. *Mar Life.*16, 37-47p.

Bensefa-Colas, L., Andujar, P., Descatha, A. 2011. Mercury poisoning. *La Revue de Medecine Interne.*32(7), 416-24P.

Bentata, K. 2015. Evaluation de la contamination métallique par trois métaux (Cd, Ni et Zn) du rouget de vase *Mullus barbatus* (L, 1758) pêché au niveau de la côte occidentale algérienne. Thèse de magister, université d'Oran.122 p.

Bouhadiba, H. 2020. Etude épidémiologique et impact des métaux lourds (mercure, plomb et cadmium) sur le risque de la prématurité au niveau des maternités de l'ouest Algérien (Doctoral dissertation).48p.

C

Cassinello, J., Pereira, S. 2001. La qualité du lait et du fromage dans cinq exploitations caprines de la serra do caldeirao. CIHEAM. Options Méditerranéennes, Série A, séminaires méditerranéens.46, 157-161p.

Chekri, R., Reninger, J. C., Guérin, T., Noël, L. 2017. Surveillance des éléments traces métalliques dans les denrées alimentaires d'origine animale-focus sur le plan exploratoire de la recherche du méthylmercure dans les poissons. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire.* 77, 18-22p.

Chibane, K. Djennad, L .2019. Caractérisation physico-chimique et dosage de quelques métaux lourds de certaines sources d'eau de la région de m'chedallah wilaya de Bouira. Université Akli mouhandoulhadj.17-21p.

Commission Codex Alimentarius. 2014. FAO/WHO Joint Food Standards Programme, Codex Committee on Contaminants in Foods, Eighth Session The Hague, The Netherlands, 31 March – 4 April 2014 (Prepared by Japan and the Netherlands).

Coroian, A., Miresan, V., Cocan, D., Raducu, C., Longodor, A. L., Pop, A., Marchis, Z. 2017. Physical–chemical parameters and the level of heavy metals in cow milk in the Baia Mare area. *Banat's Journal of Biotechnology*.8(16), 69-74p.

D

Davidov, I., Kovacević, Z., Stojanović, D., Pucarević, M., Radinović, M., Stojić, N., Erdeljan, M. 2019. Contamination of cow milk by heavy metals in Serbia. *Acta Scientiae Veterinariae*.47,3p.

Debouz, A., Guerguer, L. 2014. Etude comparative de la qualité de vache et du. Revue El Wahat pour les recherches et les E.7(2), 2014p.

Debry, G. 2001. Lait. Nutrition et santé. Technique et documentation-Lavoisier.27-37p.

Delaveau, A. 2017. Les races bovines présentes en Bourgogne-Franche-Comté.20-23p.

DES. 2023. Direction des services de l'environnement de la wilaya de Jijel.

Desaunay, A. 2011. Etude et modélisation de la biosorption des métaux par les bactéries. Application au transfert du cadmium et du zinc, seuls ou en mélange par *Escherichia coli* et *Cupriavidus metallidurans* en colonnes de sable d'Hostun Doctoral dissertation. Université de Grenoble.16-28p.

Dobrinas, S., Stanciu, G., Roncea, F., Cucui, O.2010. Quality control of milk and dairy products. *Ovidius University Annals Chemistry*. 21(1), 91-95p.

Dossou, J., Atchouké, G. D., Dabadé, D. S., Azokpota, P., Montcho, J. K. 2016. Evaluation Comparative De La Qualite Nutritionnelle Et Sanitaire Du Lait De Differentes Races De Vaches De Quelques Zones D'elevage Du Benin. *European Scientific Journal*. 12(3),142-159p.

DSA. 2023. Direction des services agricoles de la wilaya de Jijel.

Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., Egwurugwu, J. N. 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of physical sciences*. 2(5), 112-118p.

E

El Mrissani, S.2023. Dynamique des éléments traces métalliques et des terres rares dans les phases dissoutes et sédimentaires du bassin versant du Sebou (Maroc) (Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Toulouse-INPT ; Université Ibn Tofail. Faculté des sciences de Kénitra).34p.

El Sayed, E. M., Hamed, A. M., Badran, S. M., Mostafa, A. A. 2011. A survey of selected essential and heavy metals in milk from different regions of Egypt using ICP-AES. *Food Additives and Contaminants: Part B*.4(4), 294-298p.

Elbagermi, M. A., Haleem, A. B., Elsherif, K. M. 2020. Evaluation of essential and heavy metal levels in pasteurized and long-life cow milk. *International Journal Advances Chemistry*.8(1),6-14p.

F

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization). 2012. Joint FAO/WHO food standards program: Codex committee on contaminants in foods (Editorial amendments to the general standard for contaminants and toxins in food and feed), sixth session, Maastricht, Netherlands, 26-30 march, 2012; CX/CF 12/6/11.

Fredot, E. 2005. Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Technique et documentation-Lavoisier.10(14),397p.

Fusco, V., Chieffi, D., Fanelli, F., Logrieco, A. F., Cho, G. S., Kabisch, J., Franz, C. M. 2020. Microbial quality and safety of milk and milk products in the 21st century. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19(4), 2013-2049p.

G

Gaucheron, F. 2004. Minéraux et produits laitiers. Technique et documentation- Lavoisier. 783,922 p.

Gebrelibanos, A., Kebede, T., Belay, K. 2015. Quantitative determination of the level of selected heavy metals in the cows' milk from the dairy farm of the Haramaya University, Eastern Ethiopia. *International Journal Chemistry Science*. 3,240-248p.

Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., Catalano, A. 2020. The effects of cadmium toxicity. *International journal of environmental research and public health*. 17(11), 3782p.

Ghaoues, S. 2011. Evaluation de la qualité psycho-chimique et organoleptique de cinq marques de laits reconstitués partiellement écrémés commercialisés dans l'est Algérie mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en science alimentaire, Mentouri Constantine. 130P.

Ghazi, K., Niar, A. 2011. Qualité hygiénique du lait cru de vache dans les différents élevages de la Wilaya de Tiaret (Algérie). *Tropicultura*. 29(4), 193-196p.

Got, R. 1971. Les enzymes des laits. In *Annales de la nutrition et de l'alimentation*. Centre National De La Recherche Scientifique. 25,291-311p.

Gouzy, A., Ducos, G. 2008. La connaissance des éléments traces métalliques : un défi pour la gestion de l'environnement. *Air pur*. 75, 6-10p.

Guiraud, J.P. 2003. *Microbiologie Alimentaire*. Edition Dunod. Paris. 136-139p.

Gupta, A. R., Bandyopadhyay, S., Sultana, F., Swarup, D. 2021. Heavy metal poisoning and its impact on livestock health and production system. *Indian Journal Animal Health* .60(2),1-23p.

Guy, C., Audubert, F., Lartigue, J. E., Latrille, C., Advocat, T., Fillet, C. 2002. New conditionings for separated long-lived radionuclides. *Comptes Rendus Physique*. 3(7-8), 827-837p.

H

Hanzen, C.h. 2010. Pathologie infectieuse de la glande mammaire. Étiopathogénie et traitements, approche individuelle et de troupeau. Faculté de médecine vétérinaire. Université de Liège. 42p.

Hessel, L. 2003. Le mercure et les vaccins. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*. 187(8), 1501-1510p.

I

International Dairy Federation (IDF) standard. 1979. Metal contamination in milk and milk products. *International Dairy Federation Bulletin*. Document no. A. Doe. 37.

ISO. 2014. Lait et produits laitiers – détermination de la teneur en azote – Partie 1 : Méthode de Kjeldahl et calcul de la teneur en protéine .8968(1) ,1-5p.

J

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brule, G. 2007. Science des aliments-technologie des produits alimentaires Technique et documentation, Lavoisier. 17,456 p.

K

Kalandi, M., Sow, A., Guigma, W. V. H., Zabre, M. Z., Bathily, A., Sawadogo, G. J. 2015. Evaluation de la qualité nutritionnelle du lait cru dans les élevages traditionnels de Kaolackau Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 9(2), 901-909p.

Kammerer, M., Mazzella, M., Berny, P. 2021. Intoxication par le plomb chez des bovins suite à des travaux de voirie. *Toxicologie Analytique et Clinique*.33(3), 55-56p.

Keddari, D., Afri-Mehennaoui, F. Z., Smatti-Hamza, I., Djeddi, H., Sahli, L., Mehennaoui, S. 2019. Évaluation du niveau de contamination par les éléments traces métalliques (cadmium, cuivre, nickel et zinc) des sédiments de l'oued Boumerzoug et ses affluents, et leur transfert vers la chénopodiacée spinacia oleracea (L.). *Revue des Sciences de l'Eau*. 32(3), 255-273p.

Khalil, O. S. F. 2018. Risk Assessment of Certain Heavy Metals and Trace Elements in Milk and Milk Products Consumed in Aswan Province. *Journal of Food and Dairy Sciences*. 9(8), 289-296p.

Khellaf, N., Zerdaoui, M. 2009. Phytoaccumulation of zinc by the aquatic plant, Lemna gibba L. *Bioresource Technology*.100(23), 6137-6140p.

Konte. 1999. Le lait et les produits laitiers ; développement de systèmes de production intensive en Afrique de l'ouest. Université de NOUAKCHOTT (R.1.M). Faculté des sciences et techniques sciences et technologies des aliments.B.P. 5026, 25p.

Kouadio, D. L., Ehouman, S. G. A., Soro, B. D., Diarra, M., Doumbia, M. L., Meite, L., Traore, S. K. 2014. Contamination du lait caillé et de l'œuf consommé en Côte d'Ivoire par des pesticides organochlorés. *Afrique Science : Revue Internationale des Sciences et Technologie*.10(4), 61-69.

Kouamé-Sina, S. M., Bassa, A., Dadié, A., Makita, K., Grace, D., Dje, M., Bonfoh, B. 2010. Analyse des risques microbiens du lait cru local à Abidjan (Côte d'Ivoire). *Revue Africaine de Santé et de Productions animales*.35-42p.

L

Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachioui, M., Berny, E., Ouhssine, M. 2009. "Etude physicochimique et microbiologique de laits crus." Bull. Soc. Pharm. Bordeaux .148, 7-16p.

Lane, E. A., Canty, M. J., More, S. J. 2015. Cadmium exposure and consequence for the health and productivity of farmed ruminants. *Research in Veterinary Science*. 101, 132-139p.

Laperche, V., Dictor, M. C., Clozel-Leloup, B., et Baranger, P. 2004. Guide méthodologique du plomb, appliqué à la gestion des sites et sols pollués. Orléans, France : BRGM. 136 p.

Lemire, G. 2007. Évaluation de la qualité du lait et de la santé du troupeau laitier En régie biologique. Edition l'envol lait biologique. Québec. 9p.

Leyral, G., Vierling, É. 2007. Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires. 4eme édition Biosciences et techniques. 87P.

Lievaart, J. J., Noordhuizen, J. P. T. M., Vanbeek, E., Vanderbeek, C., Vanrisp, A., Schenkel, J., Vanveersen, J. 2005.The Hazard Analysis Critical Control Point's (HACCP) concept as applied to some chemical, physical and microbiological contaminants of milk on dairy farms. A prototype. *Veterinary Quarterly*.27(1), 21-29p.

M

Maiworé, J., Baane, M. P., Toudjani Amadou, A., Daibe Ouassing, A., Tatsadjieu, N. L., Montet, D. 2018. Influence des conditions de la traite sur les qualités physico-chimiques et microbiologiques du lait cru collecté à Maroua, Cameroun.14(4),235-248p.

Malek, F. 2019. Bactéries sporulées et biofilms : un problème récurrent dans les lignes de production de lait reconstitué ou recombinaison pasteurisé. *Canadian Journal of Microbiology*.65(6), 405-420p.

Mamine, F., Bourbouze, A., Arbouche, F. 2011. La production laitière locale dans les politiques de la filière lait en Algérie. Cas de la wilaya de Souk Ahras. *Livestock research for rural development*. 23(1), 4p.

Mammeri, I., Zougache, F. R. 2015. Etude des communautés de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de l'oued Nil (Jijel) (Doctoral dissertation).17P.

Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, K. N., Boukhris, R. 2017. Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. *Livestock Research for Rural Development*, 29(11).

Mensah, S. E. P., Aboh, A. B., Salifou, S., Mensah, G. A., Sanders, P., Abiola, F. A., Koudandé, O. D. 2014. Risques dus aux résidus d'antibiotiques détectés dans le lait de vache produit dans le Centre Bénin. *Journal of Applied Biosciences*. 80, 7102-7112p.

Meshref, A. M. S., Moselhy, W. A., Hassan, N. E. H. Y. 2014. Heavy metals and trace elements levels in milk and milk products. *Journal of Food Measurement and Characterization*.8(4),381–388p.

Meyer, C., Denis, J.P. 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. Edition Quae, CTA.presses agronomiques de Gembloux. Et brebis évaluée par spectrométrie dans le moyen infrarouge. *INRA Productions Animales*. 27 (4), 269-278p.

Miclean, M., Cadar, O., Levei, E. A., Roman, R., Ozunu, A., Levei, L. 2019. Metal (Pb, Cu, Cd, and Zn) transfer along food chain and health risk assessment through raw milk consumption from free-range cows. *International journal of environmental research and public health*. 16(21), 4064p.

Miquel, G.2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

Mowang, D. A., Ndome, C. B., Naku, J. B., Ayim, E. M., Ayame, G. M. 2017. Concentrations of Heavy Metals In Fresh Cow Milk (Nunu) And Nigerian Dwarf Goat Milk In Calabar, Nigeria. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies (IJIRAS)*. 4(10),54-58p.

N

Noblet, B.2012. Le lait : produits, composition et consommation en France. *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*. 47(5), 242-249p.

Noutfia, Y., Troch, T., Benali, A., El Fazazi, K., Sindic, M. 2022. Effet du temps des traites sur les paramètres physicochimiques clés et le profil en acide gras du lait, de la crème et du beurre. *African and Mediterranean Agricultural Journal-Al Awamia*.134, 95-113p.

O

Okerefor, U., Makhatha, M., Mekuto, L., Uche-Okerefor, N., Sebola, T., Mavumengwana, V. 2020. Toxic metal implications on agricultural soils, plants, animals, aquatic life and human health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.17(7), 2204p.

Onasanya, G. O., Umar, M., Umar, A., Ikeobi, C. O. N. 2020. Evaluation of lead and cobalt residues in locally processed yoghurt from native dairy cattle raised under traditional system of management. *Nigerian Journal of Animal Production*. 47(5), 84-91p.

ONM. 2023. L'office national de météorologie de la wilaya de Jijel.

P

Pilarczyk, R., Wójcik, J., Czerniak, P., Sablik, P., Pilarczyk, B., Tomza-Marciniak, A. 2013. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. *Environmental Monitoring and Assessment*.185, 8383-8392p.

Pointurier, H. 2003. La gestion matière dans l'industrie laitière, Technique et documentation-Lavoisier, France. 64, 388 p.

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 ,102p.

Poupon, J. 2007. L'exposition au mercure en 2007 toxicité et prise en charge. *Revue francophone des laboratoires*. 2007(390), 51-56p.

R

Raiffaud, C. 2017. Transformer les produits laitiers frais a la ferme, Paris ,3 éme édition educagri.126p.

Rao, V. M., Murthy, A. H. C. 2017. Determination of concentrations of selected heavy metals in cow's Milk: Dodoma Urban District, Tanzania. *International Journal of Applied Engineering research* .7, 76-84p.

Rheotest, M. 2010. Rhéomètre RHEOTEST® RN et viscosimètre à capillaire RHEOTEST® LK – Produits alimentaires et aromatisants <http://www.rheoest.de/download/nahrungs.fr.pdf>.

Roosens, L., D'Hollander, W., Bervoets, L., Reynders, H., Van Campenhout, K., Cornelis, C., Covaci, A. 2010. Brominated flame retardants and perfluorinated chemicals, two groups of

persistent contaminants in Belgian human blood and milk. *Environmental Pollution*.158(8), 2546-2552p.

S

Sáez-Plaza, P., Navas, M. J., Wybraniec, S., Michalowski, T., Asuero, A. G. 2013. An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part II. Sample preparation, working scale, instrumental finish, and quality control. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*.43(4), 224-272p.

Safaei, P., Seilani, F., Eslami, F., Sajedi, S. R., Mohajer, A. 2021. Determination of essential nutrients and heavy metal content of raw cow's milk from East Azerbaijan province, Iran. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 101(14), 2368-2378p.

Saidane, Z., Homrani, M., Dahou, A. E., Bouabsa, F. S., Homrani, A. 2023.Pratiques d'élevage dans une ferme laitière à Hassi-Mamèche et leurs impacts sur les paramètres physico-chimiques et microbiologiques du lait.74-77p.

Salah, F. A. A. E., Esmat, I. A., Mohamed, A. B. 2013. Heavy metals residues and trace elements in milk powder marketed in Dakahlia Governorate. *International Food Research Journal*.20(4),1807-1812p.

Sboui, A., Djegham, M., Belhadj, O., Khorchani, T. 2016. Le lait de chamelle : qualités nutritives et effet sur les variations de la glycémie. *Options Méditerranéennes, A*. 115, 487-492p.

Scerri, E. R. 2012. The periodic table. In *Philosophy of chemistry*. North-Holland.329-338p.

Semadi, A., Déruelle, S. 1993. Détection de la pollution plombique à l'aide de transplants lichéniques dans la région de Annaba (Algérie). *Pollution Atmosphérique*. 86- 102p.

Senoussi, A., Haili, L., Maïz, H. A. B. 2010. Situation de l'élevage bovin laitier dans la région de Guerrara (Sahara Septentrional Algérien). *Livestock Research for Rural Development*.22(12), 2010p.

Shaheen, N., Ahmed, M. K., Islam, M. S., Habibullah-Al-Mamun, M., Tukun, A. B., Islam, S., Marahim, A. T. 2016. Health risk assessment of trace elements via dietary intake of 'non-piscine protein source' foodstuffs (meat, milk and egg) in Bangladesh. *Environmental Science and Pollution Research*. 23, 7794-7806p.

Siboukeur, A., Siboukeur, O.2012. Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin.4(2),102-207p.

Sirot, V.2007. L'institut des Sciences et Industries du Vivant et de L'environnement (Agroparistech).19p.

Souza, S. O., Santos, V. S., Santos, E. S., Ávila, D. V. L., Nascimento, C. C., Costa, S. S. L., Araujo, R. G. O. 2018. Evaluation of the mineral content in milk and yogurt types using chemometric tools. *Microchemical Journal*.143, 1-8p.

V

Vierling, E. 2003. Aliment et boisson-Filière et produit.2ème édition. Doin éditeurs. Centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine. 11,270 p.

Vignola, C.L. 2002. Science et technologie du lait Transformation du lait, École polytechnique de Montréal. ISBN :29-34,600 p.

Wissing, M., Dor, P., Pana, A., Ralet, J. P., Piérart, P. 2005. Les effets de l'incinération des déchets sur la santé. *Une* .18, 19p.

Witmers, L., Aufderheide, A., Rapp, G., Alich, A. 2002. Archaeological contributions of skeletal lead analysis. *Accounts of Chemical Research*.35(8), 669-675p.

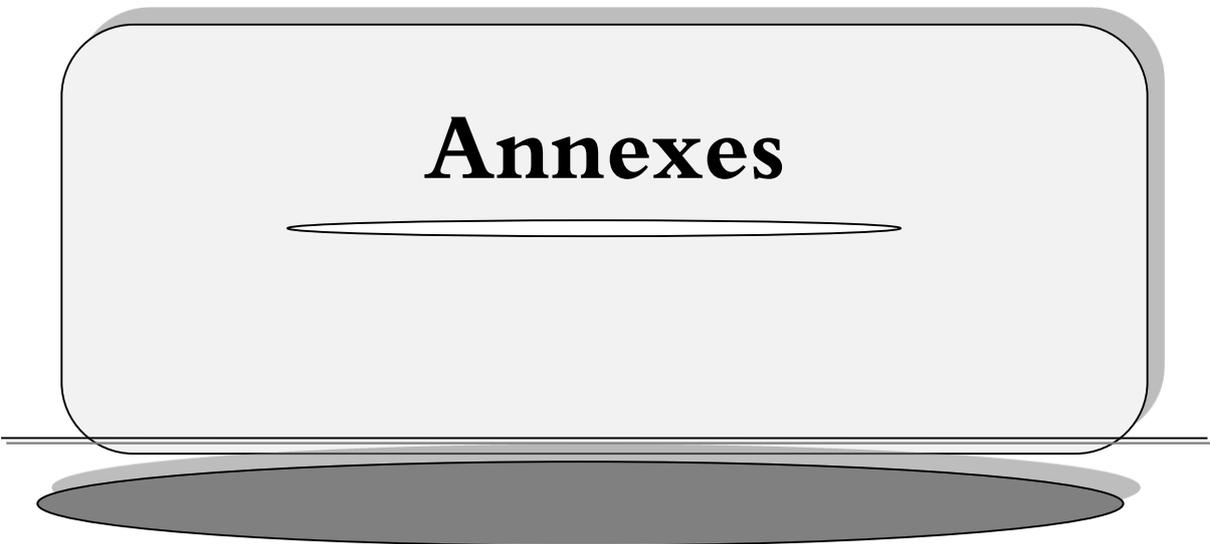
Youssao, A., Soclo, H. H., Bonou, C., Fayomi, B. 2011. Evaluation de la bioaccumulation du plomb dans les espèces animales marines et identification des sources de contamination métallique par une analyse multiélémentaire en métaux (Al, Cd, Cr, Cu, Pb) dans les eaux côtières du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 5(1),188-195p.

Z

Zodape, G. V., Dhawan, V. L., Wagh, R. R. 2012. Determination of metals in cow milk collected from Mumbai city, India. *Srilanka: Eco Revolution Colombo*.270-4p.

Zorrig, W., Rouached, A., Shahzad, Z., Abdelly, C., Davidian, J. C., Berthomieu, P.2010. Identification of three relationships linking cadmium accumulation to cadmium tolerance and zinc and citrate accumulation in lettuce. *Journal of Plant Physiology*.167(15), 1239-1247p.

Annexes



Annexe 01 : Fiche d'enquête**Date :****Numéro de questionnaire :****1. Identification de l'exploitation :**

Nom de l'exploitation :

Adresse :

Type d'exploitation : Familiale ? EAI ? EAC ? autres ?

Date d'installation :

Système de production :

2. Moyen de production :**A-Foncier :**

SAT	SAU	SAI	SAU propre à l'exp	SAU Louée	Surface fourragère	Prairies	Jachère

B-Equipement

Matériel	Existe	Observation (qualité, nature, Hygiène...)
Matériel d'irrigation		
Matériel de laboure		
Matériel de transport		
Matériel de récolte		
Matériel de traite		

C-Bâtiment d'élevage :

1-Nombre d'étable :

2-L'état des bâtiments d'élevage : bon Moyen Mauvais 3-Type de stabulation : libre Entravée 4-Densité : élevée moyenne faible **d. Approvisionnement en eau :**1 – Ressources en eau : Sources externes Puits Sonde ou forage Autres
(préciser)2 – Qualité de l'eau : bonne Moyenne Mauvaise **D. Production végétale :**

Type de Culture Espèces	Superficies (ha)	Période de récolte	Rendement (Qx/ha)

Destination des cultures : Consommation animale (préciser) ?

.....

E- Production animale :

- Structure du troupeau :

Espèce	Effectif
Bovin	
Ovin	
Caprin	
Aviculture	
Autres	

Bovin : depuis quand ? :

Année	Saison	VL	Génisses	Taurillon	Taureaux	Veaux	Vêles
	Été						
	Automne						
	Hiver						
	Printemps						

- Sources de renouvellement :

	Achat	Importation	De la même ferme
Catégorie			
Nombre individué			
Période			

4- Conduite de troupeau bovin :

4-1- Alimentation :

Année	Saison	Ration de base	Quantité	complément	Quantité	Fréquence de distribution
Bonne année	Hiver					
	Printemps					
	Eté					
	Automne					
Année mauvaise	Hiver					
	Printemps					
	Eté					
	Automne					

- Période de pâturage : - Durée de la période de pâturage :

-Mode de pâturage :

L'utilisation des antibiotiques ?.....

Utilisation des pesticides sur les cultures ?

Si oui : est-ce que l'utilisation des pesticides est-t-elle dans les normes ?

- Est-ce qu'il y a un risque d'exposition des vaches ?

Effectuez-vous le désherbage chimique ?

Oui..... Non

Le vétérinaire est-il présent ?

Toujours Sur appel Sur programmation

Faite vous un traitement : Préventif Curatif

Existent-ils un danger de contamination biologique ?

Si oui : la source ? Les types des contaminants ?

.....
.....
.....
.....

Annexe 02 : Fiche d'enquête

Echantillon	Race	Age (ans)	Etat sanitaire	Mammite	Alimentation	Vaccination
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						

Annexe 03 : Matériels utilisés

Verrerie du laboratoire	Petit matériel	Appareillage	Produits
<ul style="list-style-type: none"> - Pipettes de 10ml ,5ml - Béchers - Tubes à essais en verre de 25 ml - Les creusez en céramique - Papier filtre - Les entonnoirs - L'éprouvette de 25 ml - Spatule - Acidimètre Dornic - Agitateur - Baro magnétique 	<ul style="list-style-type: none"> - Balance - Lactodensimètre - Thermomètre 	<ul style="list-style-type: none"> - Bain de sable - Four à moufle - Rota vape - la rome de la minéralisation et distilation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lait - Phénolphtaléine (1%) - Soude (N/9) - Acide sulfurique (H₂SO₄) 45% et 97% ; - Nitrate de potassium (NKO₃) - Acide chlorhydriques (Hcl) 18% et 2% - L'eau distillée - Catalyseurs (mélange de sulfate de cuivre et sulfate de potassium) - Acide borique - Indicateur de Tashiro

Annexe 04 : les espèces bovines dans la wilaya de Jijel

Communes	Secteurs	Espèces bovines								TOTAL Cheptel Bovin
		V L		Total Vaches	Génisses	Taureaux Reproducteurs	Taurillons (12 à18 mois)	Veaux - 12 mois	Velles - 12 mois	
		B,L,M	B,L,A + B,L,L							
Colonnes	1	2	3= 1+2	4	5	6	7	8	9=3+(4à8)	
EL AOUANA	S/P- EAC-EAI,	50	1520	1 570	400	210	230	640	680	3 730
SELMA	S/P- EAC-EAI,	5	370	375	80	40	50	140	150	835
Z - MANSOURIAH	S/P- EAC-EAI,	5	260	265	50	30	40	80	90	555
ERRAGUENE	S/P- EAC-EAI,	10	880	890	200	90	100	310	350	1 940
JIJEL	Fermes pilotes			0						0
	S/P- EAC-EAI,	30	1 020	1 050	650	90	100	400	500	2 790
KAOUS	S/P- EAC-EAI,	35	1 500	1 535	750	90	100	350	470	3 295
EMIR ABDELKADER	S/P- EAC-EAI,	50	900	950	545	70	70	200	200	2 035
TEXENNA	S/P- EAC-EAI,	38	850	888	470	40	200	190	102	1 890
DJIMLA	S/P- EAC-EAI,	20	610	630	370	50	170	160	110	1 490
BENI YADJIS	S/P- EAC-EAI,	15	450	465	110	20	100	100	60	855
TAHER	Fermes pilotes			0						0
	S/P- EAC-EAI,	260	2 830	3 090	450	25	500	550	420	5 035
OUDJANA	S/P- EAC-EAI,	7	1 310	1 317	300	16	520	550	380	3 083
CHAHNA	S/P- EAC-EAI,	7	1 100	1 107	300	15	350	300	290	2 362
CHEKFA	S/P- EAC-EAI,	45	2 923	2 968	290	45	280	322	193	4 098
BORDJ -THAR	S/P- EAC-EAI,		450	450	81	31	103	111	128	904
OULED ASKEUR	S/P- EAC-EAI,		1 842	1 842	182	36	150	160	177	2 547
SIDI ABDELAZIZ	S/P- EAC-EAI,	2	390	392	90	15	63	53	47	660
EL KENNAR	S/P- EAC-EAI,	28	375	403	35	13	27	22	20	520
BENI HBIBI	S/P- EAC-EAI,	8	570	578	110	22	60	50	40	860
EL ANCER	Fermes pilotes			0						0
	S/P- EAC-EAI,	108	2 165	2 273	380	75	312	345	395	3 780
OUED ADJOUL	S/P- EAC-EAI,	10	2 320	2 330	522	82	493	477	521	4 425
BELHADEF	S/P- EAC-EAI,	5	3 031	3 036	445	98	420	422	369	4 790
EL MILIA	S/P- EAC-EAI,	400	2 880	3 280	500	60	600	850	900	6 190
SETTARA	S/P- EAC-EAI,	115	1 702	1 817	285	9	400	1 026	549	4 086
OULED YAHIA	S/P- EAC-EAI,	220	2 050	2 270	400	15	500	515	500	4 200
SIDI MAROUF	S/P- EAC-EAI,	88	2 216	2 304	457	46	229	206	206	3 448
OULED RABAH	S/P- EAC-EAI,	85	2 201	2 286	404	33	177	156	178	3 234
GHEBALA	S/P- EAC-EAI,	125	2 464	2 589	360	100	302	395	300	4 046
TOTALWILAYA		1 771	41 179	42 950	9 216	1 466	6 646	9 080	8 325	77 683

Présenté par :

Bouchalma Traki
Zerimeche Asma

Membres de jury :

Président : Dr. Boulassel A
Examineur : Dr. Benhamada N
Encadrant : Dr. Far Z

Thème : Evaluation des teneurs en ETM dans le lait de vache de la région de Jijel.

Résumé

L'objectif de ce travail est de déterminer la qualité physico-chimique et les niveaux de concentration de quelques ETMs (Pb, Cd, Zn) dans le lait de vache de la région de Jijel. Les résultats sont analysés en fonction du facteur génétique (race), de l'âge et du facteur environnemental (site possible de contamination).

Les résultats des paramètres physico-chimiques sont conformes aux normes de qualité préconisée par la réglementation algérienne avec une acidité titrable de 16.95 D°, une densité de 1.030 et un taux protéine est de 36.15 g/l.

L'analyse du lait par SAA à révéler que les concentrations en Pb (0.005 mg/kg) et en Zn (0.413 mg/kg) sont conformes. Seulement que celle en Cd (0.088 mg/kg) dépasse les normes et nécessite la prise de mesures pour réduire cette pollution et garantir la sécurité du lait consommé.

Mots clés : Jijel, Lait, ETM, SAA, Plomb, Cadmium, Zinc.

Abstract

The aim of this work is to determine the physico-chemical quality and concentration levels of some heavy metals (Pb, Cd, Zn) in cow's milk from the Jijel region. The results are analyzed based on genetic factors (breed), age and environmental factors (possible contamination site).

The results of the physico-chemical parameters comply with the quality standards recommended by Algerian regulations, with a titratable acidity of 16.95 D°, a density of 1.030 and a protein content of 36.15 g/l.

The analysis of milk by AAS revealed that concentrations of Pb (0.005 mg/kg) and Zn (0.413 mg/kg) are within compliance. However, the concentration of Cd (0.088 mg/kg) exceeds the standards and requiring measures to reduce this pollution and ensure the safety of the consumed milk.

Key words: Jijel, Milk, MTE, AAS, Lead, Cadmium, Zinc.

المخلص

الهدف من هذا العمل هو تحديد الجودة الفيزيوكيميائية ومستويات تركيز بعض المعادن الثقيلة (الرصاص، الكاديوم، الزنك) في حليب البقر بمنطقة جيجل. تم تحليل النتائج بناءً على العوامل الوراثية (السلالة) والعمر والعوامل البيئية (موقع احتمالية التلوث). أظهرت نتائج الخصائص الفيزيوكيميائية التي تمثلت في حموضة قابلة للتحليل بمقدار 16.95° دورنيك، وكثافة 1.030 وتركيز البروتين 36.15 غ/لتر؛ انها متطابقة لمعايير الجودة الموصي بها من قبل منظمات التغذية الجزائرية.

كما اظهر تحليل الحليب باستخدام مقياس طيف الامتصاص الذري أن تراكيز الرصاص (0.005 مغ/كغ) والزنك (0.413 مغ/كغ) كانت متطابقة للمعايير. لكن تركيز الكاديوم (0.088 مغ/كغ) تجاوز المعايير ويتطلب اتخاذ تدابير للحد من هذا التلوث وضمان سلامة الحليب المستهلك.

الكلمات المفتاحية: جيجل، حليب، معادن ثقيلة، مقياس طيف الامتصاص الذري، الرصاص، الكاديوم، الزنك.