



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté de Médecine



ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DU LAIT DES CHAMELLES (Camelus dromedarius) PAR LE CADMIUM À OUARGLA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du doctorat en médecine

Présenté par :

BOUGRINAT AMEL ELKHIR

Encadré par :

KERDOUN Med AMINE

Devant le jury composé de :

CHEHMA ABD ELMADJID

Président

Professeur

BARADAI ILYES

Examineur

Professeur

BAYOUCEF ZAHIA MCB

Examineur

MCB

Année Universitaire : 2020-2021



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté de Médecine



ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DU LAIT DES CHAMELLES (*Camelus dromedarius*) PAR LE CADMIUM À OUARGLA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du doctorat en médecine

Présenté par :

BOUGRINAT AMEL ELKHIR

Encadré par :

KERDOUN Med AMINE

Devant le jury composé de :

CHEHMA ABD ELMADJID	Président	Professeur
BARADAI ILYES	Examineur	Professeur
BAYOUCEF ZAHIA MCB	Examineur	MCB

Année Universitaire : 2020-2021

REMERCIEMENT

Tout d'abord, je remercie ALLAH, notre créateur de nos avoir donné la force, la Volonté Et le courage afin d'accomplir ce modeste travail.

Je adressant mes respects et reconnaissance à l'encadreur Kardoune Mohamed-Amine pour son aide, son encadrement, sa disponibilité et d'être assistant pour la réalisation de cette étude.

je tends profondément à remercier Pr Chekma, Pr Baradai et Pr Bayoucef d'avoir accepté de jager ce travail.

Avec un très grand plaisir que je présente mes sincères remerciements à la faculté de la médecine OUARGLA- Université Kasdi Merbah et tous ses équipements sans exception et je mentionne spécialement : MA Boukhris, MA Nouicer MA Daagadi pour leurs efforts et leur patience pour leurs travaux acharnés afin de faire former nous la première promotion de la faculté de la médecine OUARGLA

J'adresse mes plus vifs remerciements à mes familles, et mes amis qui m'ont soutenue et encouragés sans arrêt

DÉDICACE

إلى الأملين فيّ خيرا .. أمي وأبي
إلى ناسجي ثوبي المعرفي .. معلميّ و أساتذتي
إلى الصاحبين بالجنب .. أخواتي وإخوتي
إلى الساندين بود.. أهلي وأحبتي
أهدي مذكرة التخرج

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADN	Acide DésoxyriboNucléique
ALA-U	Acide delta aminolévulinique urinaire
ATP ase	Adenosine triphosphate
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
CMA	Allergie au lait de vache
D.H.A	Dose hebdomadaire acceptable
DHPT	Dose hebdomadaire provisoire tolérable
DPA	Dose journalière admissible
EDI	Estimate daily intake
EDTA	Ethylène Diamine Tétra-Acétate
Etc	Etcetera
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture « Food and Agriculture Organisation »
FAOSTAT	Statistique Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Fe	Fer
g	Gramme
GFAAS	Spectrométrie d'absorption atomique ou four graphite
GR	Globules rouges
GSH	Glutathion
hab/an	habiteur par an
Hb	Hémoglobine
HQ	Quotient de risque
INSP	Institut National de Santé Publique
K	Potassium
Kg	Kilogramme
Kg/jour	Kilogramme par jour
LF	Lactoferrine
m	Mètre
Mg	Magnésium
mg	Milligramme
mm	Millimètre
mPa.s	Milli Pascale second

MT III	Métallothioneine cérébrale
Na	Sodium
NB	Noter bien
nm	Nanomètre
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
pH	Potentiel d'Hydrogène
PP3	Protease pepton
PPE	Protoporphyrine érythrocytaire
PPZ	Protoporphyrine zinc
PTMI	Dose mensuelle tolérable provisoire
SAA	Spectrométrie d'absorption atomique
SAAET	Spectrométrie d'absorption atomique par voie électrothermique
SAAF	Spectrométrie d'absorption atomique ou four
SOD	Superoxide dismutase
T1/2	Demi vie
US-EPA	United States-Environmental Protection Agency
VIH	virus de l'immunodéficiência humaine
VTR	Valeur toxicologique référence
β-CN	β -Caséine
κ-CN	κ-Caséine
µg/kg	microgramme par kilogramme
Mm	micro mètre
µg/g	microgramme par gramme
µg/L	microgramme par Litre
ADN	Acide DéoxyriboNucléique
ALA-U	Acide delta aminolévulinique urinaire
ATP ase	Adenosine triphosphate
%	Pourcentage
°C	Degré Celsius
°D	Degré Dornic

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Classification zoologique du dromadaire (Saidi, 2020).	18
Tableau 2: Evolution des abattages camelins par rapport aux autres ruminants (en kg) entre 2007 et 2010 (Oulad Belkhir et al.2013).	24
Tableau 3: Composition chimique globale (%) du lait camelin (selon différents auteurs) (Ghislaine, 2018).	29
Tableau 4 : Concentrations moyennes des minéraux dans le lait de dromadaire (mg/100g) (Saidi, 2020).	30
Tableau 5: Analyse de l'évolution de la collecte de lait cru, production et consommation nationale en millions de litres de lait (Chemma, 2017).	34
Tableau 6 : Prévalence du cadmium dans les échantillons de lait de divers pays entre 1992-2020.	40
Tableau 7 : Chronologie des valeurs de référence de cadmium ingéré (INERIS 2011).	41
Tableau 8:: DJA pour les métaux lourds dans le régime alimentaire (ALO Silva et al 2005)	41
Tableau 9: La programmation de minéralisation assistée par micro-onde pour le lait.	45
Tableau 10: Résultat du dosage du Cadmium dans le lait.....	48
Tableau 11: Résultat des EDI du Cadmium dans le lait.....	49

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Les deux espèces de Camelidae (a) : <i>Camelus bacterianus</i> , (b) : <i>Camelus dromedarius</i>	18
Figure 2 : Systèmes de production camelins répertoriés (Bedda et Adamou, 2019).....	19
Figure 3 : Carte de distribution géographique de dromadaire dans le monde (Rahli, 2015).	20
Figure 4 : Aires de distribution du dromadaire en Algérie (Saidi, 2020).	21
Figure 5 : Localisation des principales races de dromadaires en Algérie (Saidi, 2020).....	23
Figure 6: Localisation des différentes études sur le lait camelin.....	39
Figure 7: Présentation de la zone d'étude.....	42
Figure 8: système de minéralisation utilisant une bombe à téflon.	44

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENT.....	ii
DÉDICACE.....	iii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
RÉSUMÉ.....	xi
ABSTRACT.....	xii
ملخص.....	xiii
INTRODUCION.....	1
PARTIE BEBLIOGRAPHIQUE	
CHAPITRE I : LE CADMIUM :	3
I.1. Définition du terme « Métaux lourds » :.....	3
I.2. Toxicologie du Cadmium :.....	4
I.2.1. Généralités :.....	4
I.2.2. Propriétés physico-chimiques :.....	4
I.2.3. Source d'exposition au cadmium :.....	5
I.2.4. Toxicocinétique du Cadmium :.....	6
I.2.5. Mécanisme d'action toxique du cadmium.....	8
I.2.6. Toxicité et manifestations cliniques :.....	10
I.2.7. Toxicologie analytique :.....	15
I.2.8. Traitement :.....	16
CHAPITRE II : LE DROMADAIRE.....	17
II. 1. Anatomie générale :.....	17
II. 2. Taxonomie et origine des dromadaires :.....	17
II. 3. Alimentation :.....	18
II. 4. Les différents systèmes d'élevage camelin :.....	19
II. 5. Répartition géographique des dromadaires :.....	19
II. 5. 1. Distribution dans le monde :.....	19
II. 5. 2. Distribution en Algérie :.....	20

II. 6. Les races algériennes :.....	21
II. 7. La production :.....	23
II. 7. 1. La production de viande :.....	23
II. 7. 2. production laitière :.....	25
II. 7. 3. La production de travail :.....	25
CHAPITRE III : LE LAIT CAMELIN	26
III. 1. Caractéristiques du lait camelin :.....	26
III. 1. 1. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques :.....	26
III. 2. Composition chimique du lait camelin :.....	27
III. 2. 1. Fraction azotée :.....	28
III. 2. 2. La caséine :.....	28
III. 2. 3. Teneur en eau :.....	28
III. 2. 4. Matière grasse :.....	29
III. 2. 5. Vitamines :.....	30
III. 2. 6. Lactose :.....	30
III. 2. 7. Minéraux :.....	30
III. 3. Propriétés nutritionnelles et thérapeutiques :.....	31
III. 3. 1. Sujet ayant l'intolérance au lactose :.....	32
III. 3. 2. Diarrhée :.....	32
III. 3. 3. Allergie au lait :.....	32
III. 3. 4. Autisme :.....	32
III. 3. 5. Allergies alimentaires :.....	33
III. 4. Consommation nationale du lait :.....	34
PARIE EXPERIMENTALE	
Revue systématique :.....	35
1. Le cadmium dans le lait :.....	35
2. Pollution métallique du lait :.....	36
3. Prévalence du cadmium dans le lait :.....	37
3.1. Matériels et méthode :.....	37
3.2. Résultats :.....	38
4. La Valeur toxicologique de référence ou la DJA:.....	41
ETUDE PRATIQUE	
I. MATÉRIEL ET MÉTHODES :.....	42
I.1. Présentation de la zone d'étude :.....	42

I.2. Collecte des échantillons	43
a. Codage des échantillons :	43
I.3. Analyse	43
I.4. Critères de jugement et analyses statistiques :	46
I.5. Détermination du risque toxicologique d'exposition :	46
II.RESULTATS ET DISCUSSION.....	48
II.1. Résultats :	48
II.1.1. Cadmium dans le lait :	48
II.1.2. Dose journalière admissible (DJA) :	48
II.2.Discussion :	49
2.1. Cadmium dans le lait :	49
2.2.EDI et HQ :	50
Limite de l'étude :	51
Recommandations et perspectives :	51
Références bibliographiques.....	xvii
RÉSUMÉ.....	I

BOUGRINAT AMEL ELKHIR

ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DU LAIT DES CHAMELLES (*Camelus dromedarius*) PAR LE CADMIUM À OUARGLA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du doctorat en médecine

RÉSUMÉ

Le lait occupe une place stratégique dans l'alimentation quotidienne de l'homme, de par sa composition équilibrée en nutriments de base, y compris lait chamelle qui constitue une ressource alimentaire inestimable pour les habitants des régions arides et semi arides de notre pays.

Notre travail vise à déterminer la concentration du Cadmium dans le lait camelin collecté au niveau de trois régions TOUGGOURT, TAYBET et OUARGLA ainsi que déterminer à travers une revue systématique les teneurs de métaux (Pb, Cd, Ni) dans le lait camelin à travers le monde.

Les résultats révèlent que la teneur moyenne ($2.89 \pm 1.8 \mu\text{g/l}$) en Cd est supérieure à la limite maximale autorisée par l'UE ($2.6 \mu\text{g/l}$). Les taux du Cd sont plus élevés dans les échantillons de la région de Touggourt. Néanmoins, la mesure du risque toxicologique est faible ($0,0148 \pm 0,0092 \mu\text{g/Kg/J}$) suggérant un faible risque d'effets toxiques pour l'homme.

La présente étude confirme l'intérêt de mettre en place de normes réglementaires des métaux lourds dans le lait afin d'obtenir un lait dont la qualité devient plus sécurisée.

Mots clés : Lait camelin, Cadmium, HQ, Sahara Algérie, dromadaire

Encadreur : KERDOUN Med AMINE

Année Universitaire
2020-2021

BOUGRINAT AMEL ELKHIR

ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DU LAIT DES CHAMELLES (*Camelus dromedarius*) PAR LE CADMIUM À OUARGLA

Final thesis for obtaining a doctorate in medicine

ABSTRACT

Milk occupies a strategic place in the human daily diet due to its balanced composition of basic nutrients like camel milk which constitutes an invaluable food resource for the inhabitants of arid and semi arid zones in our country.

Our work aims to determine the concentration of Cadmium in camel milk collected in three regions TOUGGOURT, TAYBET and OUARGLA as well as to determine through a systematic review the levels of metals (Pb, Cd, Ni) in camel milk in the world.

The results show that the average Cd content ($2.89 \pm 1.8 \mu\text{g} / \text{l}$) is above maximum allowed authorized by the EU ($2.6 \mu\text{g} / \text{l}$) and Cd levels are higher in samples from the TOUGGOURT. However, the measurement of the toxicological risk is low ($0.0148 \pm 0.0092 \mu\text{g} / \text{Kg} / \text{J}$) suggesting a low risk of toxic effects for humans.

This study confirms the interest of setting up the regulatory standards for heavy metals in milk to get milk in sanitary quality.

Keywords : Camel milk, Cadmium, HQ,sahara, Algeria , dromadair

Farmer : KERDOUN Med AMINE

College year
2020-2021

بوقرينات آمال الخير

تقدير مدى تلوث حليب النوق (كامليدس دروميدارس) بالكاديوم في ورقلة

الأطروحة النهائية لنيل الدكتوراه في لطب

ملخص

يحتل الحليب جزء رئيسيا في الغذاء اليومي للانسان بفضل مكوناته ومغذياته المتوازنة الاساسية، من بين انواعه حليب الجمال الذي يعتبر مصدرا ثميناً لسكان المناطق الصحراوية القاحلة وشبه القاحلة في بلادنا.

عملنا هنا يستهدف تحديد تراكيز الكاديوم في حليب النوق لعينات جمعت على مستوى ثلاث مناطق تقرت، ورقلة، الطيبات، بالإضافة إلى تحديد نسب معايرة الكاديوم والرصاص والنيكل عن طريق المراجعة المنهجية لهذه النسب حول العالم .

أبرزت النتائج المتحصل عليها (1.89 +/- 1.8 ميكوجرام/لتر) عن أن الحليب المدروس يحتوي على نسبة متوسطة مرتفعة عن الحد الاقصى المصرح به من طرف (2.6 ميكو.غ/ل) وكانت مستويات الكاديوم الاكثر ارتفاعا تعود الى تلك العينات المأخوذة من منطقة تقرت. وبالرغم من ذلك فإنه عند قياس الخطر التسممي (0.0092 +/- 0.0148 ميكوجرام/كيلو/يوم) مما يشير الى عدم وجود خطر التأثير التسممي للانسان

هذه الدراسة أكدت ضرورة وضع المعايير التنظيمية لنسب تواجد المعادن الثقيلة في الحليب من أجل الحصول على منتج غذائي أكثر أمانا صحيا وجودة جيدة

الكلمات المفتاحية : كاديوم ، حليب الجمال ، خطر التسمم ، الصحراء، الجزائر، الجمال

المشرف : قردون محمد أمين

العام الدراسي
2021/ 2020

INTRODUCCION

INTRODUCION

Les métaux lourds et les métalloïdes lourds sont présents de façon naturelle dans les sols. Ils proviennent en grande partie de l'altération de la roche mère du sous-sol. Toutefois, les concentrations les plus importantes rencontrées dans les sols sont liées à l'activité humaine : stockage de déchets industriels et urbains (Miquel., 2001).

Des chercheurs ont montré qu'il existe une relation entre les concentrations en éléments métalliques dans le lait et le pâturage dans zones proches de sources de pollution. Certaines études ont montré qu'une petite quantité en éléments métalliques toxiques [Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Nickel (Ni)] peuvent induire des problèmes sanitaires sérieux pour l'homme (Diacono., 2007, Abdel-Rahman et *al.*, 2019). Le cadmium est gravement toxique sur le corps humain par différents manifestations pathologiques : respiratoire, rénale, osseuse, métabolique, voir cancérogène.

Routier était important (Dey et *al.*, 1996 ; Bhatia et Choudhri., 1996 ; Simsek et *al.*, 2000). Gholizadeh et *al.* (2016) ont démontré une relation directe entre les niveaux de déposition atmosphérique et la distribution en éléments métalliques dans la chaîne sol - alimentation animale -lait (Gholizadeh et *al.*, 2016) et par conséquent la toxicité des alimentations humaine.

Vu l'environnement désertique en grande partie de l'Algérie et l'élevage croissant des dromadaires estimé à 344.015 têtes en 2013 (FAO, 2014). OUARGLA est considéré comme une des principales régions d'élevage et une zone industrielle en développement continue. Et vu la consommation du lait des chamelles par la population pour différents buts nutritionnelles et thérapeutiques, ils peuvent être exposés de plus en plus aux risques toxiques par le lait contaminé par les métaux lourds.

D'où l'importance d'évaluer la toxicité potentielle du lait camelin dans la région de OUARGLA via le dosage du cadmium dans le lait et déterminer les mesures préventives adéquate et les valeurs limites règlementaires pour les concentrations du cadmium à ne pas dépasser pour l'être humain.

Objectifs :

1. Objectif principal :

Rechercher de façon précise la présence du cadmium dans le lait camelin, et les risques toxiques sur le corps humaine exposé à ce dernier par la détermination de la dose journalière admissible (DJA) et le risque toxicologique (HQ).

2. Objectifs secondaires :

- Revue systématique de la littérature concernant la pollution métallique au lait camelin.
- Dosage du cadmium dans le lait des chamelles.
- Déterminer les mesures préventives adéquate et les doses journalières admissibles.
- Faire une comparaison avec les résultats des études antérieures à travers le monde pour estimer l'intensité de la pollution de la région d'étude.

**PARTIE THÉORIQUE : MÉTAUX LOURD
(CADMIUM) ET LAIT CAMELIN**

CHAPITRE I : LE CADMIUM

CHAPITRE I : LE CADMIUM :

I.1. Définition du terme « Métaux lourds » :

L'expression « métaux lourds » désigne pour les chimistes, des métaux de numéro atomique élevé, de densité supérieure à 5g/cm^3 et qui forment des sulfures insolubles (Ali et al., 2018). Cependant, ce terme tend à être remplacé par le terme « éléments traces métalliques » (ETM).

Ces éléments sont présents de façon naturelle dans les sols et proviennent en grande partie de l'altération de la roche mère du sous-sol. Toutefois, les concentrations les plus importantes rencontrées sont liées à des activités anthropiques : stockage de déchets industriels et urbains (mines et fonderies de métaux non ferreux, décharges publiques), pratiques agricoles (pratique de fertilisation à l'aide de compost urbain, de déjections animales ou de boues de station d'épuration), pollutions dues à des retombées atmosphériques (essence au plomb, poussières des industries métallurgiques, incinération des ordures ménagères...) (Han et al., 2002).

Les métaux sont parmi les plus anciens toxiques connus, ceci est lié à leur usage ancien. Il y a eu pendant une très longue période, une absence totale de préoccupation en ce qui concerne leur impact sur la santé de l'homme, ainsi que sur l'environnement (Heikens et al., 2001).

De plus, ils sont bioaccumulables, d'où des effets à plus ou moins long terme. Une caractéristique importante des métaux au plan toxicologique est qu'ils ont la capacité de réagir dans les processus biologiques après la perte d'électron(s) (Jaishankar et al., 2014). Ils présentent en outre la particularité d'être à faible dose pour nombre d'entre eux essentiels dans le métabolisme, mais ils peuvent devenir toxiques à dose plus élevée. Ils se distinguent également de nombreuses autres substances toxiques par le fait qu'ils ne sont pas métabolisés dans l'organisme, exception faite de l'arsenic qui subit une méthylation hépatique (Thomas et al., 2004). Ils sont aussi parfois susceptibles de changer de valence, comme le chrome, ce qui constitue une autre voie de détoxification (Ajmal et al., 1984).

I.2. Toxicologie du Cadmium :

I.2.1. Généralités :

Le cadmium (Cd) est l'élément chimique de numéro atomique 48, de symbole Cd. C'est un élément naturel, présent dans certains minerais (**notamment de zinc**) sous forme d'impuretés. Ce métal est rencontré notamment dans les batteries.

Il a été abondamment utilisé pour protéger l'acier contre la corrosion (cadmiage), ou comme stabilisant pour les plastiques et les pigments. En France, le premier secteur responsable des émissions est le traitement des ordures ménagères, viennent ensuite les procédés industriels de traitement de minerais pour la production des métaux (Bernhoft, 2013).

La combustion à partir des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et surtout de la biomasse engendre une part significative des émissions. Ils notent également des émissions de cadmium par les usines de production d'asphalte. On peut noter qu'en France, la contamination diffuse des sols en Cd est due à 89% aux engrais (Ademe, 2009). La concentration limite en Cd dans l'eau, fixée par la FAO, selon le Codex Alimentarius est de 3µg/L (Mahajan and Kaushal, 2018).

I.2.2. Propriétés physico-chimiques :

Le cadmium est un métal blanc-bleuâtre, mou, très malléable et très ductile. Malgré une tension de vapeur faible, il se sublime dans l'air où il se transforme rapidement en oxyde. Il est insoluble dans l'eau et les solvants organiques usuels. Il se dissout lentement dans les acides chlorhydrique et sulfurique dilués et rapidement dans l'acide nitrique dilué à chaud (ATSDR,2012).

L'oxyde, qui existe sous deux formes aux propriétés très voisines (poudre amorphe incolore ou cristaux rouges ou bruns), est presque insoluble dans l'eau, la soude et la potasse, mais soluble dans les acides et dans l'ammoniaque (formation d'un sel complexe). Il est également soluble dans l'éthanol et l'acétone.

Le chlorure, le nitrate et le sulfate, qui se présentent sous forme de cristaux incolores à blancs, sont très solubles dans l'eau, les acides dilués et l'ammoniaque. Le chlorure et le nitrate sont aussi très solubles dans l'éthanol.

Le sulfure existe sous deux formes cristallines, dont la coloration (de jaune citron à orange rouge-brun) dépend des conditions de préparation et de la dimension des particules. C'est l'un des sulfures les plus insolubles dans l'eau (européenne chemical bureau, 2007, ATSDR 2012, HSDB NLM ; 2012)

À température ordinaire et à sec, le cadmium n'est pas attaqué par l'oxygène ; il s'oxyde lentement en présence d'humidité. Chauffé à des températures élevées, il brûle en émettant des vapeurs jaune-rougeâtre d'oxyde de cadmium.

Le cadmium métallique est facilement attaqué par les acides, même les plus faibles, comme par exemple les acides organiques présents dans les substances alimentaires. Il se dissout lentement dans les acides chlorhydrique et sulfurique dilués, avec dégagement d'hydrogène. Avec l'acide nitrique dilué, il se forme des oxydes d'azote. Sous forme finement divisée, le cadmium peut réagir vivement avec divers produits : oxydants puissants, soufre, cérium, sélénium, tellure, sulfate de sodium... (Friberg, 2018).

Le cadmium et ses composés catalysent un grand nombre de réactions en chimie organique, en particulier des réactions de polymérisation. Le nitrate de cadmium est un oxydant puissant qui peut réagir avec les substances organiques facilement combustibles et les produits réducteurs (Morrow, 2000).

I.2.3. Source d'exposition au cadmium :

Les sources d'exposition sont surtout retrouvées en milieu professionnel, et concernent les secteurs d'activité où les personnels sont exposés au métal dont la température d'ébullition est particulièrement basse (Cheng et al., 2014). On peut citer comme exemples de manière non exhaustive :

- Métallisation au Cd (cadmiage) ;
- Fabrication et utilisation de pigments cadmiés ;
- Industrie de zinc ;
- Fabrication d'alliage Cd – zinc, Cd – Cuivre ;
- Battons de soudure au Manganèse – Cd (soudeur) ;
- Accumulateurs électriques (Nickel – Cd).

Hormis l'exposition professionnelle, la principale source de cadmium est constituée par les aliments. Les apports quotidiens alimentaires sont de l'ordre de 15 à 20 µg (Halwani et al., 2020). Chez le fumeur, le tabac est une source d'apport équivalente à celle des aliments. Contrairement au plomb, le cadmium présente un risque de contamination considérable des chaînes biologiques terrestres en raison du transfert facile du métal du sol vers le végétal. La teneur du cadmium dans la chaîne alimentaire double tous les 20 ans (Shao et al., 2013).

I.2.4. Toxicocinétique du Cadmium :

Les effets du cadmium sur l'organisme sont connus depuis les années 1950. Très toxique sous toutes ses formes (solide, vapeur, sels, composés organiques), c'est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain ou chez l'animal (Rahimzadeh et al., 2017).

a. Absorption :

L'absorption du Cd peut être par trois différentes voies :

- Voie pulmonaire : importante en milieu industriel, 20 à 30% du Cd inhalée est absorbée. (Poussières de diamètre $<5\mu\text{m}$), l'absorption de la fraction retenue dépend de l'hydrosolubilité de la forme chimique du Cd.
- Voie digestive : absorption par le tractus gastro-intestinal, elle reste faible ($< 10\%$).
- Voie Percutanée : Très rare mais possible.

(Bensakhria2018)

Plusieurs études ont montré que, chez l'humain, l'intestin absorbe de 4 à 7% d'une dose unique de Cd ingérée (Kitamura et al., 1970). Au cours d'une autre étude, on a ajouté du Cd à l'eau servie à des rats qui ont retenu moins de 1% de la quantité ingérée pendant des mois (Decker et al., 1958). De même, les niveaux d'accumulation de Cd dans les cultures de cellules de l'épithélium intestinal sont aussi faibles (Jumarie et al., 1997).

Bien que l'ingestion représente une voie d'absorption du Cd, la biodisponibilité pulmonaire de ce métal semble être plus importante. Cependant, on ne connaît pas les facteurs qui déterminent le dépôt du Cd dans les poumons et son absorption par inhalation (El-Idrissi 2009). Quoique peu de données quantitatives aient été publiées, on estime qu'environ 25% des composés solubles du

Cd inhalés sont absorbés (OMS, 1974). Cette proportion varie considérablement selon la taille des particules inhalées et la solubilité des composés du Cd. Il semble que l'absorption du Cd par inhalation de la fumée de cigarette soit importante (25 à 50%) (Fleischer et al., 1974). En effet, on a observé qu'une partie de Cd présent dans le tabac se trouve dans la fumée (Nandi et al., 1969). Il a été estimé que le fait de fumer 20 cigarettes par jour augmentait la concentration systémique de 1.2 à 7 fois celle mesurée chez un individu non-fumeur ayant le même apport de Cd via les autres sources (Nilsson et al., 1995). Il n'est dès lors pas étonnant que les fumeurs accumulent plus de Cd dans les reins, le foie et les poumons que les non fumeurs (Hammer et al., 1973). On a d'ailleurs suggéré que le Cd serait en partie responsable de l'action toxique de la fumée de tabac sur les poumons (Snider et al., 1973) et que les sujets décédés de bronchite chronique ou d'emphysème ont plus de Cd stocké dans le foie que les sujets décédés d'autres causes (Lewis et al., 1969).

b. *Distribution :*

Au niveau sanguin, le Cd (90-95%) est fixé à l'Hémoglobine (liaison intra-érythrocytaire) mais aussi à l'albumine et aux métallothionéines qui sont protéines à groupement thiol (dont la synthèse fait suite à l'exposition au Cd ainsi qu'à d'autres métaux). Cette liaison aux métallothionéines constitue un système de détoxification par l'organisme. Le cadmium peut aussi traverser la barrière placentaire

c. *Stockage :*

Une des particularités du cadmium est qu'il s'agit d'un élément cumulatif, en effet, une fois absorbé, il est essentiellement stocké. Principalement au niveau du Foie, Rein (Cd lié à la métallothionéine), le complexe Cd – métallothionéine est plus toxique pour le rein. Le cadmium est également stocké dans les poumons, pancréas, thyroïdes et les glandes salivaires.

À la naissance, le stock total de métal est voisin de 1 µg, elle peut atteindre à l'âge adulte 300 mg chez un sujet exposé professionnellement (**Genchi et al., 2020**).

d. *Élimination :*

Le Cd est un toxique très cumulatif et son élimination est très lente avec une T_{1/2} de 20 à 30 ans. Son élimination se fait dans les urines, la bile, la sueur, la salive et les phanères. (Bensakhria, 2018).

I.2.5. Mécanisme d'action toxique du cadmium

Le métal est un toxique cumulatif. La fixation hépatique et rénale sur la métallothionéine permet de limiter la toxicité. Le Cd pénètre dans les cellules via les canaux calciques, à l'intérieur desquelles il est lié à des métallothionéines. Lorsque la synthèse intracellulaire de ce type de protéines n'est plus proportionnelle à la quantité de Cd accumulée, le Cd se retrouve à l'état libre (Cd²⁺) et engendre des effets toxiques :

a. *Action sur les enzymes à groupements thiols*

Le cadmium a une affinité aux groupements thiols, de ce fait il se fixe sur des protéines, enzymes et acides aminés soufrés, perturbant ainsi leur fonctionnement.

b. *Le cadmium inhibe la protéine kinase C*

Le cadmium provoque une déplétion intracellulaire en glutathion (GSH), et diminue l'activité des enzymes oxydatives, on aura par conséquent l'inhibition des processus de détoxification cellulaires.

c. *Interférence avec le métabolisme du calcium*

Le cadmium freine l'absorption intestinale du calcium, donc il prévient ainsi son dépôt dans l'os. Il stimule la mobilisation du calcium osseux : perte progressive du calcium (ostéoporose).

Il existe une compétition entre le cadmium et le calcium au niveau de plusieurs enzymes et hormones auxquelles le calcium est nécessaire pour leur synthèse, fonctionnement ou leur régulation. Par conséquent, le cadmium inhibe la Ca²⁺ATPase, enzyme calmoduline dépendante, entraînant ainsi une diminution intracellulaire de la concentration du calcium et l'inhibition de la transmission de l'influx nerveux.

Le Cd provoque aussi une perturbation du métabolisme de la vitamine D3, par inhibition indirecte en empêchant la conversion de 25 (OH) D3 (25 hydroxycalciférol) en 1,25 (OH)2 D3 (1,25 dihydroxycalciférol) au niveau rénal.

d. Interférence avec le métabolisme des métaux

Le Cd remplace le zinc comme cofacteur de certaines réactions enzymatiques, et interfère avec le métabolisme de ce dernier, dans la MT III (métallothionéine cérébrale), exerçant ainsi son action cérébrale.

Compétition avec le fer et le cuivre : le fer et le cuivre sont des cofacteurs des monoaminoxidases, le cadmium diminue l'activité enzymatique de ces derniers.

e. Interférence avec le métabolisme des protéines

Perturbation du métabolisme des amines, par inhibition de la monoamine-oxydase et activation de le tryptophane et tyrosine hydroxylase.

f. Action sur le métabolisme énergétique : par découplage des réactions d'oxydoréduction et les réactions de phosphorylation au niveau des mitochondries.

g. Action sur les oxydations cellulaires

Déplétion du glutathion et diminution de l'activité de la catalase.

Diminution de l'activité du Cu/Zn superoxyde dismutase (SOD), entraînant l'augmentation du taux des radicaux superoxydes (responsables de la néphrotoxicité).

Le Cd diminue l'activité de glutathion peroxydase et réductase (au niveau du GR, foie) (Rani et al., 2014).

a. Action sur le système immunitaire

A faible doses, le cadmium est stimulateur du système immunitaire avec augmentation de la sécrétion des cytokines IL -1, IL -6, TNF α . Expliquant la présence de la fièvre nommée fièvre des fondeurs. A fortes doses, le cadmium est suppressif avec libération de l'INF δ , réduction de la production des lymphocytes T, diminution de l'activité normale des cellules tueuses (NK) et suppression de l'activité des macrophages.

I.2.6. Toxicité et manifestations cliniques :

I.2.6.1. Toxicité aiguë :

La toxicité aiguë du cadmium se traduit selon la voie d'exposition par une atteinte digestive importante (avec possibles complications hépatiques et rénales), ou par des troubles respiratoires (toux, œdème pulmonaire) (Rikans et al., 2000).

L'ingestion de sels minéraux de cadmium est rapidement suivie de troubles digestifs intenses : nausées, vomissements importants, douleurs abdominales, diarrhées. L'effet émétisant puissant peut être observé après une dose unique de 10 mg de cadmium.

Ces premiers symptômes sont souvent accompagnés de crampes musculaires et d'une hypersalivation (Andjelkovic et al., 2019).

À doses élevées, les pertes digestives sont responsables d'une hypovolémie, de troubles hydroélectrolytiques et de troubles hémodynamiques qui, associés à un effet toxique direct du cadmium sur les tubules rénaux, conduisent à une insuffisance rénale.

Une cytolysé hépatique modérée est parfois observée. Aux doses massives, la mort peut survenir en 24 heures, dans un tableau de collapsus cardio-vasculaire avec acidose métabolique intense et coagulopathie de consommation (Rikans et al., 2000).

Par voie respiratoire, une intoxication aiguë peut être provoquée par une brève exposition à une forte concentration de vapeurs passées inaperçue des travailleurs (pas d'odeur marquée ni d'effet irritant immédiat), par exemple lors du soudage ou du découpage d'un métal cadmié. Après une période asymptomatique de 4 à 10 heures, apparaissent des signes d'irritation intense des voies respiratoires (toux, douleurs thoraciques, dyspnée), des signes digestifs (nausées, vomissements), accompagnés de frissons, de fièvre, de céphalées, de courbatures et d'une hyperleucocytose. Le tableau peut s'aggraver rapidement vers un œdème aigu pulmonaire sévère susceptible d'entraîner la mort de l'intoxiqué (Godt et al., 2006).

Dans le cas des morts rapides (1 à 3 jours après l'exposition), l'autopsie montre seulement les signes de l'œdème pulmonaire ; dans les cas plus tardifs (3 à 10 jours après l'exposition), on observe une pneumonie interstitielle proliférative, des signes d'hépto- et de néphrotoxicité, d'artériosclérose coronaire et des infarctus.

Chez les sujets qui survivent, il ne semble pas qu'il y ait de séquelles graves, notamment au niveau pulmonaire (tests fonctionnels respiratoires normaux). D'après les cas rapportés, on estime que la mort peut être provoquée par des expositions de 10 minutes à 150 - 300 mg Cd/m³, de 1 heure à 40 - 50 mg Cd/m³ ou 8 heures à 5 mg Cd/m³. À concentration en cadmium égale, les fumées d'oxyde sont plus nocives que les poussières respirables de métal (Koons and Rajasurya, 2019).

1.2.6.2. Toxicité chronique :

L'exposition chronique est responsable d'une atteinte rénale (tubulopathie chronique avec protéinurie), et de manifestations respiratoire (emphysème), osseuse (ostéomalacie) et dentaire ainsi que cardio-vasculaire (hypertension).

Un excès de cancers pulmonaire et prostatique est noté dans plusieurs études de suivi professionnel. Les études ne permettent pas de conclure sur un effet du cadmium pour la reproduction chez l'homme (Falcy, 2019).

Le cadmium est un toxique cumulatif : l'élimination très lente du produit explique l'évolution progressive des manifestations pathologiques, même après l'arrêt de l'exposition. Les principaux organes atteints sont les reins, les poumons et le tissu osseux (Falcy, 2019).

1.2.6.2.1. Manifestations rénales

Le rein est l'organe le plus sensible chez l'homme. Le signe le plus précoce de l'intoxication cadmique est un dysfonctionnement des tubules proximaux, se traduisant par une élévation de l'excrétion urinaire des protéines de faible masse molaire telles que la β 2-microglobuline ou la N-acetyl- β -glucosaminidase. Cette protéinurie peut apparaître après plusieurs années d'exposition à des concentrations de fumées ou de poussières de 0,1 ou 0,2 mg Cd/m³ pendant 5 ans ou 0,05 mg Cd/m³ pendant 10 ans ; la concentration critique de métal dans le cortex rénal pour ce phénomène est estimée à 0,2 - 0,4 g Cd/kg d'organe frais (Johri et al., 2010).

L'évolution de la tubulopathie proximale peut être responsable d'une hypercalciurie (parfois compliquée de lithiase urinaire), d'une hyperphosphaturie, d'une glycosurie et d'une aminoacidurie, réalisant un syndrome de Fanconi. Le dysfonctionnement glomérulaire est rare et généralement discret (Gobe and Crane, 2010).

I.2.6.2.2. Manifestations respiratoires

Elles sont caractérisées par un emphysème clinique et radiologique, de type centro-lobulaire, ainsi que par l'apparition d'un trouble ventilatoire obstructif objectivé par les explorations fonctionnelles respiratoires. Elles ont été rapportées après inhalation répétée ou prolongée de fumées d'oxyde (par exemple 10 ans d'exposition à 1 mg Cd/m³). Les enquêtes épidémiologiques ont mis en évidence une augmentation significative de la mortalité par maladies respiratoires chez des travailleurs exposés, de façon répétée ou prolongée, à de très fortes concentrations de fumées (plusieurs mg Cd/m³). Les poussières respirables sont beaucoup moins nocives à cet égard (effets modérés après 20 ans à 3 - 15 mg Cd/m³). La survenue de cas de rhinite, d'hyposmie et de bronchite chronique est également rapportée (Verougstraete et al., 2003).

I.2.6.2.3. Manifestations osseuses

Les lésions d'ostéomalacie entraînées par les pertes rénales phosphocalciques sont rarement décrites en cas d'exposition professionnelle. Quand elles existent, le tableau est assez typique : douleurs du bassin (ceinture pelvienne) et des membres inférieurs, avec parfois fractures spontanées (au niveau des côtes notamment) et mise en évidence aux examens radiographiques d'une déminéralisation diffuse du squelette et surtout de stries (de Looser-Milkman) localisées habituellement au bassin, col du fémur et omoplates. L'association tubulopathie et ostéomalacie sévère a été observée au Japon (maladie de Itai-Itai) lors d'intoxications alimentaires provoquées par la pollution des eaux d'irrigation des cultures (Inaba et al., 2005).

I.2.6.2.4. Manifestations cardio-vasculaires

Différentes études épidémiologiques n'ont pas mis en évidence d'augmentation de la pression artérielle ou une fréquence accrue d'affections cardio-vasculaires lors de l'exposition au cadmium.

Plus récemment, plusieurs études ont mis en évidence un lien entre les niveaux de cadmium urinaires et la survenue d'une athérosclérose, une élévation de la pression artérielle ou la survenue d'infarctus du myocarde chez les femmes mais pas chez les hommes (Messner et al., 2009).

I.2.6.2.5. Autres manifestations :

Certaines constituent davantage des signes d'exposition ou d'imprégnation ; c'est le cas de la « dent jaune cadmique » (coloration jaunâtre du collet et de l'émail des dents), de certains troubles digestifs (perte d'appétit, nausées...), de signes d'irritation chronique des voies aériennes supérieures (laryngite, rhinite). L'existence d'anémies liées à l'exposition au cadmium est également discutée (Ma et al., 2021).

I.2.6.2.6. Effets cancérogènes

Plusieurs études épidémiologiques ont évalué le lien entre l'exposition professionnelle par inhalation au cadmium et le développement de cancers pulmonaires et prostatiques, et de manière plus limitée rénaux et hépatiques.

L'évaluation a été réalisée à partir de 7 cohortes indépendantes, relatives à la fabrication de batteries nickel cadmium (Royaume-Uni, Suède), l'industrie de la métallurgie en particulier les alliages cuivre-cadmium (Royaume-Uni, Suède), l'industrie de la récupération du cadmium (États-Unis), des usines de fabrication de produits contenant du cadmium (Royaume-Uni) et des fonderies (Chine). Il faut noter que certaines de ces études n'ont pas pris en compte des biais, tels que le tabagisme et des co-expositions à d'autres métaux, tel que l'arsenic, rendant parfois le lien de causalité difficile à mettre en évidence (ACGIH, 2011 ; IARC, 2012).

I.2.6.2.6.1. Cancers pulmonaires :

Trois études reposant sur des expositions anciennes montrent un excès significatif de cancers pulmonaires liés à l'exposition au cadmium : une cohorte sur 3025 travailleurs employés d'usines de fabrication d'accumulateurs nickel/cadmium montre un excès de mortalité par cancer bronchique chez les personnes employées dans les années 1923 à 1946. Une seconde étude sur 6995 travailleurs d'usines de production du métal, d'alliages, de pigments ou de dérivés divers met en évidence une surmortalité par atteinte bronchique et par cancer pulmonaire. Une troisième étude sur 602 fondeurs de cadmium va dans le même sens. Ces résultats sont proportionnels à la durée de l'activité professionnelle et à l'importance de l'exposition (Hartwig, 2013).

I.2.6.2.6.2. Cancers prostatiques :

Un excès de mortalité par cancer prostatique est rapporté dans une cohorte de salariés d'une usine de l'industrie de l'alliage cuivre-cadmium suédoise.

Dans cette cohorte, les expositions aux fumées d'oxyde de cadmium étaient comprises entre 0,1 et 0,4 mg/m³ dans les années 60 et de l'ordre de 0,05 mg/m³ dans les années 70. Un lien entre les expositions au cadmium et la survenue de cancers prostatiques a été mis en évidence dans une cohorte américaine portant sur des salariés exposés à de l'oxyde de cadmium, du sulfure de cadmium et du cadmium métal. Les niveaux d'exposition estimés sont de 1,16 mg/m³ avant 1950, de 0,50 mg/m³ entre 1950 et 1959, de 0,34 mg/m³ entre 1960 et 1964 et de 0,26 mg/m³ entre 1965 et 1976. Les co-expositions ainsi que divers facteurs de confusion ont été pris en compte dans cette étude. Toutefois, les études plus récentes ne confirment pas ce lien du fait de la capacité limitée des études épidémiologiques à pouvoir mettre en évidence ce type d'effet. (Verougstraete et al., 2003)

I.2.6.2.6.3. Autres cancers :

Il n'y a pas d'augmentation d'autres types de cancers, au sein de cohortes exposées seulement à du cadmium ou à ses composés.

L'exposition au cadmium par voie orale dans une alimentation contaminée provoque dans la population une augmentation de fréquence de certains cancers : poumons, vessie, seins, endomètre. Ces effets ont été observés dans plusieurs pays comme la Belgique ou le Japon où existe une forte pollution environnementale des sols (Waalkes, 2000).

I.2.6.2.7. Effets sur la reproduction

Les études dans ce domaine sont très fragmentaires et ne permettent pas une évaluation correcte de l'activité du produit. Des modifications des spermatoocytes ont été signalées chez des travailleurs exposés à de fortes concentrations de fumées d'oxyde (Pant et al., 2014).

Les rares études ayant cherché à identifier un effet du cadmium sur la fonction de reproduction chez l'homme n'ont pas montré de diminution de la fertilité, ni d'effet sur la fonction endocrine (testostérone, hormone lutéinisante (LH), hormone de stimulation des follicules (FSH) (Thompson and Bannigan, 2008)

Il existerait une relation entre les concentrations de cadmium dans le placenta et le niveau d'expression des métallothionéines placentaires (Kippler, 2010).

Les études chez l'homme révèlent une évidence limitée d'un lien entre l'exposition au cadmium et la survenue d'une atteinte néonatale telle que la diminution du poids de naissance ou la diminution de la durée de la gestation. (Nishijo, 2002).

I.2.7. Toxicologie analytique :

Afin de poser un bon diagnostic, une enquête sur les voies possibles d'exposition est indispensable. L'enquête doit inclure les antécédents médicaux et la détermination des signes cliniques.

Le cadmium urinaire, quel que soit le moment du prélèvement, est le premier indicateur à utiliser dans la gestion du risque sanitaire à long terme car il reflète surtout l'exposition chronique et la charge corporelle. Une corrélation existe entre les taux de cadmium urinaire, l'intensité de l'exposition et le risque d'altération de la fonction rénale (**Falcy, 2019**)

Le cadmium sanguin (moment de prélèvement indifférent) est un indicateur biologique d'exposition récente (des 3 à 6 mois précédents) au cadmium. Il reflète la vitesse d'augmentation de la charge corporelle en cadmium ; il augmente pendant 4 mois puis se stabilise en plateau.

Le dosage de la métallothionéine dans les urines a également été proposé ; cette protéine reflète la charge corporelle en cadmium. Ce paramètre, sensible, spécifique, non influencé par une contamination externe et indépendante de la fonction rénale, n'est pas encore utilisé en pratique courante. (Bensakhria, 2018)

Les valeurs du diagnostic :

- Cadmium sanguin est inférieur ou égale à 0,7 µg/L pour les non-fumeurs (3 µg/L pour les fumeurs) (ANSES, 2021).
- Apport alimentaire moyen quotidien 7 à 28 µg.
- Apport possible par cigarette 0,14 à 0,19 µg.

- Charge moyenne à 50 ans de 5 à 30 mg pour un non-fumeur ,30 à 40 mg chez un fumeur.
- Charge du cortex rénal à ce même âge 10 à 50 mg/kg d'organe frais (multiplié par 2 ou 3 chez les fumeurs).
- Les concentrations fatales de fumées varient de 40 à 50 mg·m⁻³.

I.2.8. Traitement :

L'exposition au cadmium doit être minimisée. Le traitement est essentiellement symptomatique. Le traitement de l'ostéoporose n'a pas de particularité. À noter qu'un déficit en vitamine D pourrait aggraver une intoxication au cadmium, et qu'il doit être corrigé (Bensakhria, 2018).

CHAPITRE II : LE DROMADAIRE

CHAPITRE II : LE DROMADAIRE

Le dromadaire occupe une place de choix dans les zones arides et semi arides, en raison de son excellente adaptation aux mauvaises conditions de vie, tels que le manque d'eau et de pâturage et parvient à produire lait et viande de bonne qualité (Mahboub et *al.*, 2012).

Les dromadaires (*Camelus dromedarius*) présentant un intérêt particulier dans les régions arides et désertiques. Leur adaptabilité unique rend cette espèce idéale pour l'exploitation face aux défis du réchauffement climatique et de parfaits alliés pour la sécurité alimentaire dans un climat changeant (Fguiri et *al.*, 2021).

Ce chapitre aura comme objectif principal de décrire les principales caractéristiques du dromadaire.

II. 1. Anatomie générale :

Le dromadaire possède un puissant ligament cervical, soutenant une tête lourde sur un cou très long. Le palais dur est étroit ce qui permet une extériorisation du voile du palais chez le mâle lors du rut (doula). La peau est peu mobile, la queue est courte ce qui le défavorise dans la lutte contre les insectes. Les poches stomacales sont au nombre de trois chez le dromadaire et le premier compartiment contient les glandes sécrétoires (Caroline et *al.*, 1986).

II. 2. Taxonomie et origine des dromadaires :

Le nom dromadaire dérive du grec ancien "dromados", génitif de dromas, qui signifie "qui court", pour leur utilisation dans le transport (Saidi, 2020).

Le dromadaire appartient au genre *Camelus* et à la famille des *Camélidae*. La famille des *Camélidae* ne comprend que deux genres : *Camelus* et *Lama*. Le genre *Camelus* occupe les régions désertiques de l'Ancien Monde (Afrique, Asie et Europe), a donné naissance à deux espèces distinctes (*camelus bactrianus*, *camelus dromedarius*) qui est représenté dans la figure01 ci-dessous . Alors que le genre *Lama* est spécifique des déserts d'altitude du Nouveau Monde (les Amériques) où il a donné naissance à quatre espèces distinctes (*lama glama*, *guanacoe*, *pacos*, *vicugna*) (Mjidou, 2018).

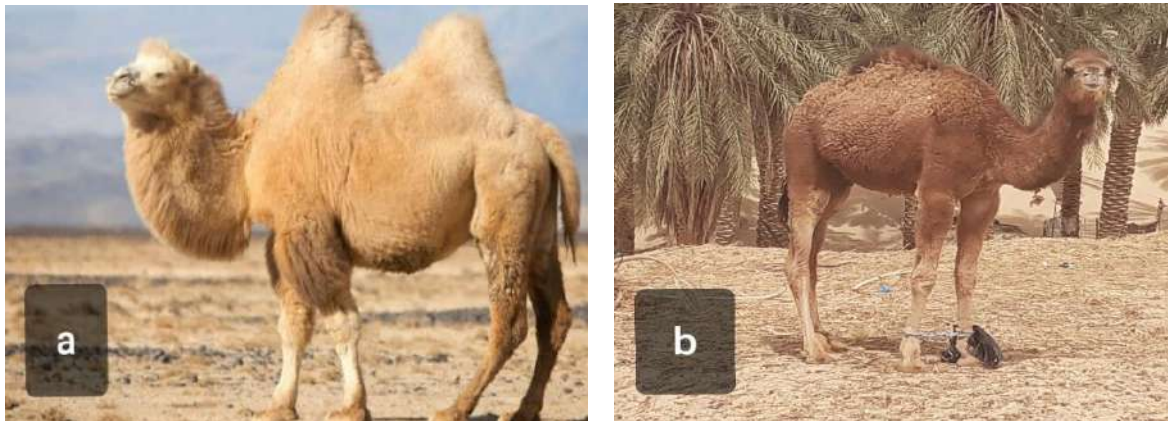


Figure 1: Les deux espèces de Camelidae (a) : *Camelus bactrianus*, (b) : *Camelus dromedarius*.

Les dromadaires d'Algérie appartiennent à la famille des *Camelidae*, qui sont des mammifères artiodactyles d'origine nord-américaine, mais qui ont disparu de ce continent alors qu'ils se répandaient en Amérique du Sud, en Asie, puis en Afrique, continents où ils ont survécu pour donner naissance aux espèces modernes (Saidi, 2020).

Tableau 1: Classification zoologique du dromadaire (Saidi, 2020).

Taxonomie	
Règne	Animal
Embranchement	Vertébrés
Classe	Mammifères
Sous classe	Placentaires
Ordre	Artiodactyles
Sous ordre	Tylopodes
Famille	<i>Camelidae</i>
Genre	<i>Camelus</i>
Espèce	<i>Camelus dromedarius</i>

II. 3. Alimentation :

Le dromadaire est habitué à la végétation des zones sèches, il utilise les ressources ligneuses qui peuvent être plus abondantes que les ressources herbacées aux marges du désert.

Dans les systèmes plus intensifiés, le dromadaire peut avoir aisément accès à d'autres ressources issues de l'agriculture (brisure ou son de riz ou de blé, orge, drèches de brasserie, sous-produits d'huilerie...) ou à des compléments du commerce (Caroline et *al.*, 1986).

II. 4. Les différents systèmes d'élevage camelin :

Les élevages sont la plupart du temps de type extensif traditionnel, mais l'élevage intensif est pratiqué aussi dans certaines régions du monde, notamment dans le golfe persique.

Selon Adamou (2008), l'élevage du dromadaire en Algérie est conduit selon trois principaux systèmes d'élevage qui sont le sédentaire, le nomade, le semi-nomade .

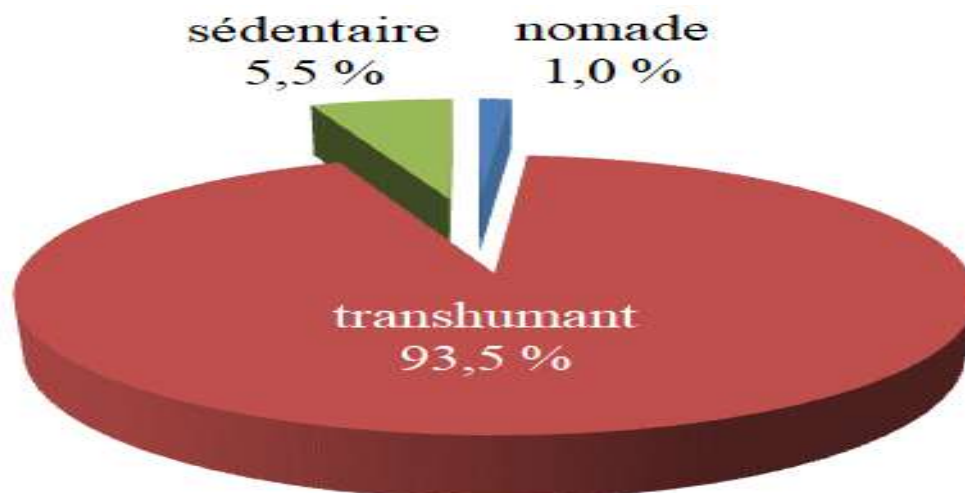


Figure 2 : Systèmes de production camelines répertoriés (Bedda et Adamou, 2019).

II. 5. Répartition géographique des dromadaires :

II. 5. 1. Distribution dans le monde :

L'élevage camelin occupe une place importante dans le monde. Un total de 25,89 millions de chameaux a été estimé dans le monde par la FAO où 89 % de cette population sont représentés par les dromadaires à une seule bosse alors que le reste est représenté par les chameaux à deux bosses (Saidi, 2020). Ça ce qui montré dans la figure03 suivante



Figure 3 : Carte de distribution géographique de dromadaire dans le monde (Rahli, 2015).

(Zones vertes *Camelus dromedarius* et zones roses *Camelus bactérianus*).

II. 5. 2. Distribution en Algérie :

Le dromadaire est présent dans 17 Wilayas (8 sahariennes et 9 steppiques). L'effectif camelin algérien a été estimé par la FAOSTAT à 379 094 têtes en 2016. Ce chiffre situe tout de même l'Algérie au 14^{ème} rang mondial et au 6^{ème} rang du monde arabe. Le cheptel camelin est réparti sur trois principales zones d'élevage : le sud-est, le sud-ouest et l'extrême sud avec respectivement 52 %, 18 % et 30 % de l'effectif total (Saidi, 2020).

En effet, le territoire joue un rôle important dans la localisation et la distribution de ces effectifs qui se traduit principalement par les conditions bioclimatiques (Meguellati-Kanoun et *al.*, 2018).

Cet élevage suscite une activité socio-économique intéressante vu qu'il représente un atout incontestable dans la sécurisation alimentaire des régions désertiques et arides (Meguellati-Kanoun et *al.*, 2018).

L'élevage du dromadaire dans le monde est orienté vers son utilisation pour le transport, la production de viande, de peau . En Algérie, l'élevage du dromadaire est surtout orienté vers la production laitière. Le lait produit est généralement consommé à l'état cru ou fermenté, ou sert pour sevrer les jeunes chamelons (Saidi, 2020).

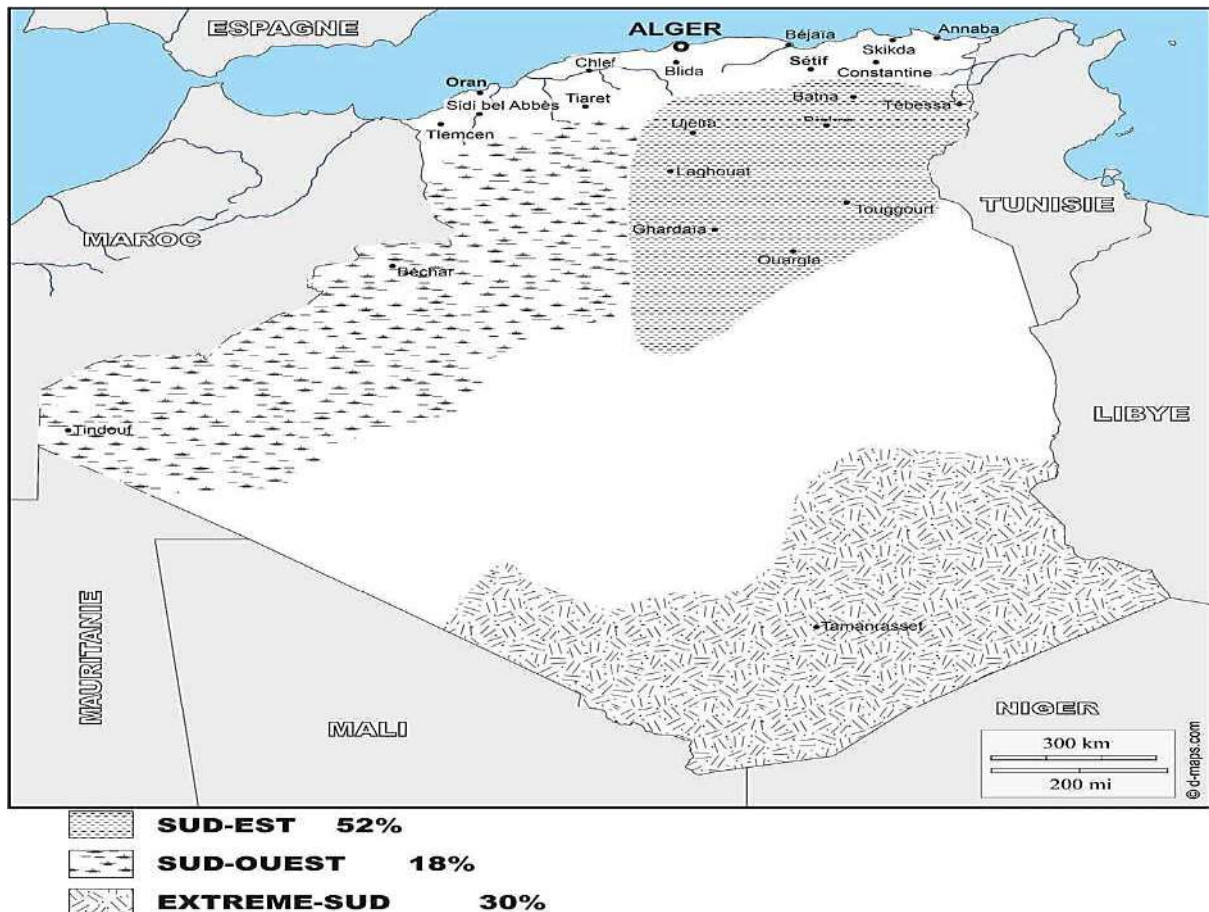


Figure 4 : Aires de distribution du dromadaire en Algérie (Saidi, 2020).

II. 6. Les races algériennes :

Les différentes races camelines rencontrées en Algérie se retrouvent dans les trois pays d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie) ; ce sont des races de selle, de bât et de traite, leur répartition est indiquée dans la figure 5.

Il s'agit des races suivantes :

La race Chaambi : Animal médialigne, musclé, fortement croisée avec du sang de dromadaire arabe et qui est très bon pour le transport. Sa répartition va du grand erg occidental au grand ERG Oriental. On le retrouve aussi dans le Metlili des Chaambas (Rahli, 2015).

La race Ouled Sidi Cheikh : C'est un dromadaire adapté aussi bien au sol caillouteux qu'au sol sableux. C'est un animal de selle ou de bât. Il est assez grand et de taille variante entre 1,80 m et 1,83 m. On le trouve dans les hauts plateaux du grand erg occidental (Saidi, 2020).

La race Sahraoui : C'est un dromadaire issu du croisement de Chaambi et Ouled Sidi Cheikh. Dur et résistant, c'est un excellent Méhari de troupe ; son territoire va du grand erg occidental au centre du Sahara (Saidi, 2020).

La race Ait Khebbach : C'est un dromadaire bréviligne de taille moyenne. C'est un animal de bât puissant et robuste. Il est présent dans l'aire sud-ouest (Saidi, 2020).

Le dromadaire de la Steppe : C'est un dromadaire commun, petit bréviligne. Il est utilisé pour le nomadisme rapproché. On le trouve aux limites Sud de la steppe (Saidi, 2020).

La race Targui : Ou race des Touaregs du Nord. Les dromadaires Targuis sont des animaux habitués aussi bien aux escarpements arides du Tassili et du Massif central du Hoggar, qu'aux sables. Leur taille dépasse généralement 2 m. C'est un excellent Méhari, animal de selle par excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur. Réparti dans le Hoggar et le Sahara Central et aussi on le retrouve dans d'autres pays tels que le Niger et le Mali (Saidi, 2020).

La race Berberi : de forme fine, avec une arrière main bien musclée, rencontré surtout saharienne et tellienne. Il est très proche du Chaambi et de l'Ouled Sidi Cheikh (Rahli, 2015).

La race Ajjer : Animal bréviligne de petite taille. Bon marcheur et porteur. Se trouve dans le Tassili d'Ajjer (Rahli, 2015).

La race Reguibi : Se trouve dans l'ouest saharien. C'est un animal d'assez grande taille, bien adapté à la course (Saidi, 2020).

La race Aftouth : Il est utilisé comme un dromadaire de trait et de bât. On le trouve dans la région de Tindouf et Bechar. Le terme Aftouth est un terme générique qui regroupe plusieurs types de dromadaires de la région du Sahara occidental et se caractérise par une grande variété de la couleur de robe allant de jaune clair à presque noir (Saidi, 2020).

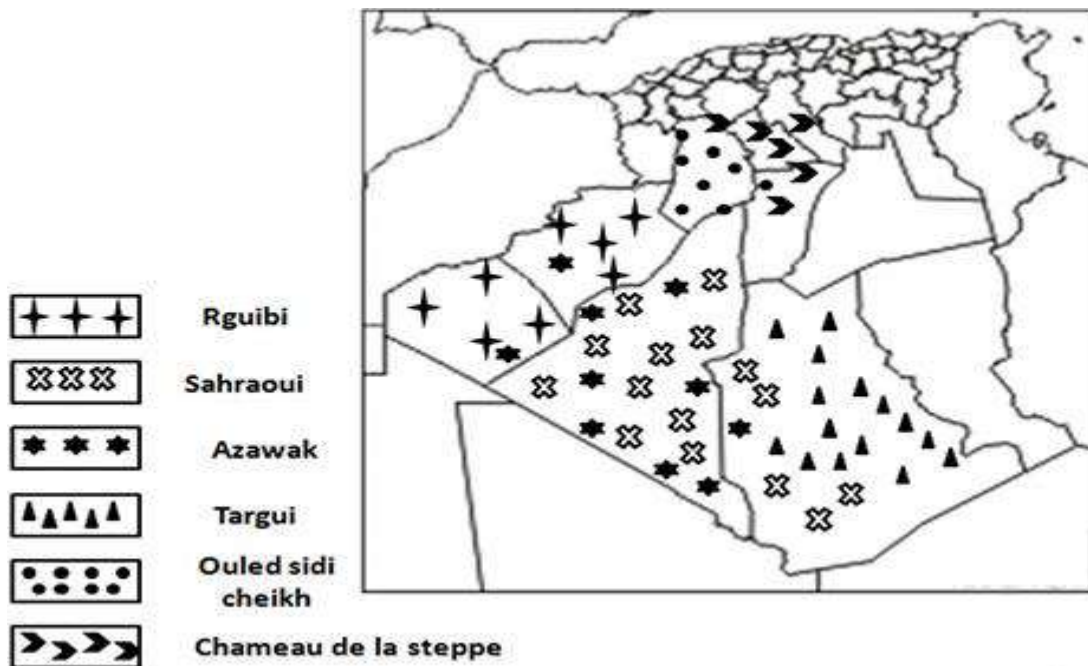


Figure 5 : Localisation des principales races de dromadaires en Algérie (Saidi, 2020).

II. 7. La production :

II. 7. 1. La production de viande :

La consommation de la viande cameline est en légère augmentation durant ces dernières années. Cependant, elle reste toujours minime par rapport à la viande ovine et bovine. Concernant le tonnage total des viandes rouges, trois espèces sont fortement abattues, à savoir les bovins qui représentent 36.68% des abattages, les ovins avec 34.01%, et les camelins avec 27.87%.

(Oulad Belkhir et al.2013).

Tableau 2: Evolution des abattages camelins par rapport aux autres ruminants (en kg) entre 2007 et 2010 (Oulad Belkhir et al.2013).

Wilayas	Espèces	Années			
		2007	2008	2009	2010
El-Oued	bovins	1037719	995220	985605	1051720
	ovins	401152	760996	455212	521585
	camelins	397790	516520	567240	651590
	caprins	21395	31435	16000	21287
Ouargla	bovins	382700	492290	277420	318400
	ovins	867794	1248176	779739	799202
	camelins	366075	503760	336400	254720
	caprins	6835	4134	12019	12495
Ghardaia	bovins	41042	45665	58849	14158
	ovins	104575	549289	355985	168338
	camelins	494791	460335	239318	225090
	caprins	42012	61573	76808	20973

En Algérie, les régions sahariennes tiennent donc, généralement, la première place dans la consommation de produits camelins et notamment la viande (Benyoucef 2006). Avec 5190 tonnes de viande cameline produite en 2011 (FAO 2013), l'Algérie occupe le 15ème rang mondial concernant la production de viande cameline, estimée au niveau mondial à 356000 tonnes [3]. Selon les statistiques de la FAO (FAO 2013), la production de viande cameline en Algérie s'est élevé de 3900 tonnes en 2000 à 4180 tonnes en 2010. (Oulad Belkhir et al.2013).

II. 7. 2. production laitière :

La production laitière est difficile à déterminer dans les conditions pastorales à cause des nombreux déplacements et de l'irrégularité de la traite. La traite est variable selon les régions et n'est faite généralement que quand les conditions alimentaires le permettent. Dans les conditions difficiles le lait est entièrement réservé aux chamelons (Caroline et *al.*, 1986).

En Algérie, et en général, les chameliers ne sont pas considérés comme producteurs de lait. La production de lait entre pour la majeure partie dans l'alimentation des bergers isolés dans les parcours et des nomades. La production laitière des chamelles varie d'une région à l'autre, en fonction de la race, de l'individu, de l'alimentation, etc...

Les estimations faites par quelques auteurs, nous donnent des valeurs allant de 0,5 à 10 kg/jour avec des durées de lactation de 12 à 18 mois (Chehma,2003) ou de 6 à 9 litres la production journalière d'une chamelle. Au cours des derniers mois d'allaitement elle peut donner 2 à 3 litres (Ben Aissa, 1989).

II. 7. 3. La production de travail :

En plus de ses capacités à produire du lait et de la viande le dromadaire sert également, et même avant tout, de moyen de transport (selle et/ou bât) ou d'animal de trait (Ben Aissa, 1989).

CHAPITRE III

LE LAIT CAMELIN

CHAPITRE III : LE LAIT CAMELIN

Le lait est un aliment indispensable pour la vie. Il constitue un produit de base dans le modèle de consommation algérienne. Depuis longtemps, le lait camelin constitue la principale ressource alimentaire pour les peuplades nomades qui le consomment habituellement à l'état cru ou fermenté (Siboukeur, 2012).

Il y a eu un intérêt croissant pour le lait de chamelle comme alternative au lait bovin et aux produits nutraceutiques en raison de sa haute valeur nutritionnelle et de ses effets thérapeutiques (Sumaira et al., 2020).

III. 1. Caractéristiques du lait camelin :

III. 1. 1. Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques :

Le lait de chameau est un liquide blanc mat, légèrement visqueux, avec un arôme et des sels comme la saveur (Sumaira et al., 2020). La composition et les caractéristiques physico-chimiques varient sensiblement selon les espèces animales, et même selon les races. Ces caractéristiques varient également au cours de la période de lactation, de la traite ou de l'allaitement (Ghislaine, 2018).

En outre, en raison des graisses homogénéisées dans le lait, la couleur du lait de chamelle est blanche, tandis que les différences de saveur dépendent de la forme d'aliment ou de la plante présente dans la zone de pâturage et de l'eau de boisson (Sumaira et al., 2020).

Comparé au lait de vache, le lait de chamelle s'acidifie très peu. Il peut être conservé longtemps sans réfrigération (3 jours à 30°C et 2 semaines à 7°C) (Ghislaine, 2018).

La viscosité du lait de dromadaire à 20 °C est de 1,72 mPa.s, tandis que la viscosité du lait de vache sous les mêmes conditions est de 2,04 mPa.s.

La valeur du pH du lait camelin se situe autour de $6,68 \pm 0,12$. Le lait de dromadaire a une acidité Dornic plus faible que celle des autres espèces qui est de l'ordre de 15° Dornic.

La densité moyenne de lait de dromadaire est $1,028 \pm 0,002 \text{ g.cm}^{-3}$ et son point de congélation varie entre $- 0,57 \text{ °C}$ à $- 0,61 \text{ °C}$, il est inférieur à celui du lait de vache qui se situe entre $- 0,51 \text{ °C}$ et $- 0,56 \text{ °C}$. Une plus grande concentration de sel et de lactose dans le lait de dromadaire par rapport au lait de vache, pourrait être à l'origine de ce résultat (Saidi, 2020).

Comme la vache, la chamelle a une mamelle à quatre quartiers. La période de lactation varie de 9 à 18 mois, et les rendements laitiers calculés varient de 735 à 1675 kg par 305 jours, en fonction de l'individu, la race, le stade de lactation, et l'alimentation. La valeur calorique du lait de chamelle (665 kcal/L) est presque similaire à celle du lait de vache (701 kcal/L) (Saidi, 2020).

III. 2. Composition chimique du lait camelin :

Les données de la littérature ont montré une large gamme de variations dans la composition du lait de dromadaire en raison de divers facteurs saisonniers et environnementaux ainsi que du stade de lactation, de race, de l'âge et du nombre de vêlages, avec néanmoins des teneurs importantes et équilibrées en nutriments de base que sont les protéines, la matière grasse et le lactose, avec des proportions plus ou moins similaires au lait de vache (Saidi, 2020).

La composition en éléments essentiels du lait de dromadaire (en g/100 mL) selon *Zibae et al.* (2015) la quantité moyenne de composants du lait de chamelle est de 3,1% de protéines ; matière grasse 3,5% ; lactose 4,4% ; cendres 0,79% et solides totaux 11,9%. Le facteur le plus important dans le lait de chamelle est la teneur en eau. La teneur totale en solides est similaire à celle du lait maternel.

Le lait de chamelle est pauvre en cholestérol, en sucre et en protéines mais riche en minéraux (sodium, potassium, fer, cuivre, zinc et magnésium) (Abu-rabia, 2018).

Plusieurs études ont montré que le lait de chamelle contient diverses vitamines hydrosolubles et liposolubles, telles que les vitamines des groupes A, C, D, E et B avec une teneur globale en vitamines d'environ 3,7 g/L (Lajnaf, 2020).

III. 2. 1. Fraction azotée :

La fraction azotée du lait de chamelle, comme celle du lait de vache, est répartie en deux sous fractions : l'azote protéique et l'azote non protéique.

La première fraction azotée protéique représente 90 à 95% de l'azote total du lait de chamelle (contre 94 à 95% pour le lait bovin). La deuxième fraction azotée non protéique, qui représente 5 à 10%, est environ deux fois plus élevée que celle généralement retrouvée dans le lait de vache, cette dernière fraction est caractérisée par une haute valeur biologique qui est due à sa richesse en acides aminés libres, en nucléotides et en certains précurseurs de vitamines ainsi que des peptides, de l'acide urique, de l'urée, de la créatine, etc. (Ghislaine, 2018).

III. 2. 2. La caséine :

Principale protéine du lait de dromadaire, représentant environ 52 à 87 % des protéines totales. La caséine n'est pas une seule protéine homogène, mais un ensemble de protéines différentes formant un agrégat de fractions de caséine, au nombre de quatre fractions principales appelées : α S1-CN, α S2-CN, β -CN et κ -CN. La β -CN est la principale caséine du lait de dromadaire (65 %), suivie par la α S1-CN (21 %). Seuls 3,47 % de la caséine totale est représentée par la κ -CN dans le lait de dromadaire comparativement à 13 % dans le lait de vache (Saidi, 2020).

III. 2. 3. Teneur en eau :

Le lait de chameau comprend une grande proportion d'eau qui varie de 84% à 91%. Le rapport de l'eau dans le lait de chameau peut varier en fonction des circonstances entourant les chameaux (comme l'alimentation et la température). Boire de l'eau pendant l'hiver, le veau et la mère ont été autorisés à boire une seule fois par semaine pendant une heure du printemps jusqu'à la fin de l'été. La teneur en eau du lait était de 86% lorsque l'eau était limitée, la teneur en eau du lait augmentait à 91% lorsque l'eau était limitée. Par conséquent, il semble que la chamelle en lactation à l'époque sacrifie de l'eau au lait au moment de la sécheresse, perçue comme une capacité commune à fournir non seulement des nutriments mais aussi un fluide crucial au veau épuisé (Sumaira et *al.*, 2020).

III. 2. 4. Matière grasse :

Le lait de chamelle est en moyenne plus faible en matière grasse que le lait de vache. Cependant, les globules gras du lait de chamelle sont de très petites tailles (1,2 à 4,2 μ de diamètre) et restent donc en suspension même après 24 heures de repos, contrairement au lait de vache dans lequel ces globules constituent une couche grasse en surface au bout de quelques heures.

Par ailleurs, la matière grasse du lait de chamelle apparait liée aux protéines, tout ceci explique la difficulté à baratter le lait de chamelle pour en extraire le beurre. Comparée au lait de vache, la matière grasse du lait de chamelle contient moins d'acides gras à courtes chaînes. Cependant sa teneur en acide gras volatils et en acides gras non saturés est importante (Ghislaine, 2018).

Le tableau suivant résume les résultats de la composition chimique du lait de dromadaire et de différentes études menées à travers le monde :

Tableau 3:Composition chimique globale (%) du lait camelin (selon différents auteurs) (Ghislaine, 2018).

Origine du lait	Constituants					Références
	Eau	MST	Lactose	MG	Protéines	
Lait de chamelle	90,2	9,8	4,2	3,2	2,7	Desal et <i>al.</i> , 1982
	88,1	11,9	4,4	3,6	2,9	Sawaya et <i>al.</i> , 1984
	87,4	13,4	4,8	3,2	4,0	Abdel-Rahim ,1987
	89,1	10,9	3,9	3,5	3,4	Hassan et <i>al.</i> , 1987
	87,8	12,2	5,2	3,2	3,1	Farah, 1993
	86,6	13,4	5,3	3,5	3,5	Bayoumi, 1990
	88,3	10,9	4,1	3,1	2,8	Elamin et Wilcox ,1992
	87,8	12,1	4,9	3,2	3,2	Abu-Lehia et <i>al.</i> , 1989
	87,3	12,6	4,5	3,4	3,3	Kamoun, 1994
	90,0	10,0	2,5	3,3	3,3	Gorban et Izzeldin, 1997

MST = matière sèche totale – MG = matière grasse.

III. 2. 5. Vitamines :

Le lait de dromadaire contient plusieurs vitamines, telles que la vitamine C, A, E, D et celle du groupe B (Saidi, 2020).

Le lait de chamelle se distingue par sa teneur élevée en vitamines B3 (niacine) ainsi qu'en vitamine C dont la teneur est cinq fois supérieure à celle du lait de vache (24-52 mg/L) (Lajnaf, 2020). Ces teneurs élevées améliorent la valeur nutritionnelle du produit surtout que les sources en cette vitamine dans les régions arides demeurent insuffisantes (Ghislaine, 2018).

III. 2. 6. Lactose :

Le lactose est l'hydrate de carbone le plus important dans le lait. Sa teneur dans le lait camelin varie de 3,4 à 5,6% (Ghislaine, 2018). Les différences de teneur en lactose parce que les chameaux mangent normalement de l'herbe sur une vaste gamme dans le désert, des herbes arides disponibles et des buissons salés (Sumaira et *al.*, 2020).

III. 2. 7. Minéraux :

Les minéraux sont le principal composant du lait ; en général les minéraux disponibles dans le lait tels que : chlorure, phosphore, calcium, sodium, magnésium, potassium et fer. Parmi eux, le calcium et le phosphore sont les principaux composants du lait, qui sont importants pour le développement osseux et la santé normale de l'accouchement (Sumaira et *al.*, 2020).

Cependant en cas d'intoxication, des éléments traces tels que le plomb, le nickel ou le chrome peuvent être retrouvés dans le lait (Ghislaine, 2018).

Tableau 4 : Concentrations moyennes des minéraux dans le lait de dromadaire (mg/100g) (Saidi, 2020).

Minéraux	Concentrations moyennes
Ca	114
Mg	11
Na	59
K	156
P	55
Zn	0,59
Mn	0,005
Fe	0,29

III. 3. Propriétés nutritionnelles et thérapeutiques :

Le lait de chamelle est utilisé comme médicament depuis des siècles par les nomades pastoraux en raison de sa richesse en vitamines, minéraux et fer. Le lait de chamelle est également un bon substitut au lait maternel. Il est faible en cholestérol, en sucre et en protéines et contient une forte concentration d'insuline.

Le lait de chamelle est utilisé comme antioxydant et comme dépresseur de croissance tumorale ; pour traiter la prostate, le cancer du sein et d'autres cancers, y compris la leucémie, et peut être utilisé pour atténuer les effets secondaires de la chimiothérapie et de la radiothérapie en plus d'être une source de nourriture et de boisson (Abu-rabia, 2018).

Le lait de chamelle est largement utilisé dans une variété de populations pour ses propriétés curatives et ses mécanismes de prévention des maladies proposés. Certaines des indications les plus courantes associées à son utilisation comprennent le diabète, les allergies. Il est également préconisé comme une alternative au lait de vache pour ceux qui sont allergiques ou intolérants aux protéines du lait de vache (Mihic et *al.*, 2016).

En effet, le lait de chamelle frais et fermenté serait un traitement potentiel pour plusieurs maladies telles que l'hydropisie, la tuberculose, l'asthme, la jaunisse et la leishmaniose. Il est également recommandé pour la diarrhée, la constipation et les plaies. Il peut même être utilisé pour améliorer l'ovulation chez la femme. Le lait de chamelle se distingue par sa capacité à renforcer le système immunitaire. Par conséquent, il est bénéfique pour les problèmes immunitaires tels que la sclérose et les infections de Crohn. De plus, des études récentes ont montré que le lait de chamelle améliore également les lésions hépatiques alcooliques grâce à ses propriétés anti-inflammatoires, anti-apoptotiques et anti oxydantes. Le lait de chamelle est également un traitement idéal pour traiter les enfants atteints de troubles du spectre autistique (TSA). En effet, l'état de santé des enfants autistes après la consommation de lait de chamelle s'est grandement amélioré (Lajnaf, 2020).

III. 3. 1. Sujet ayant l'intolérance au lactose :

Le lait de chamelle contient moins de lactose que le lait de vache. Une seule étude a indiqué si le lait de chamelle peut être consommé par des patients intolérants au lactose sans réactions indésirables.

Chez 25 patients, il a été observé que le lait de chamelle peut être considéré comme une option pour un individu intolérant au lactose, qui présente des symptômes lors de l'ingestion de lait de vache (Zibae et *al.*, 2015).

III. 3. 2. Diarrhée :

Le lait de chamelle est un remède contre les virus causant la diarrhée (comme le virus Rota). Deux études ont examiné les effets du lait de chamelle sur la diarrhée. Une étude animale en 2010 a indiqué que le lait de chamelle fermenté avait une teneur plus élevée en sodium et en potassium et a arrêté la diarrhée chez les rats modèles. On peut conclure que le lait de chamelle fermenté peut être considéré comme un bon aliment pour des applications hautement nutritives et thérapeutiques (Zibae et *al.*, 2015).

III. 3. 3. Allergie au lait :

L'incidence des allergies au lait chez les nourrissons et les jeunes enfants est très élevée. Il était donc nécessaire de trouver du lait adapté aux mères alternatives ou des laits bovins chez les enfants. Le lait de chamelle peut être utilisé en toute sécurité comme alternative. Les résultats d'une étude de cohorte prospective, réalisée dans les services de pédiatrie entre avril 2007 et février 2010 sur 35 enfants âgés de 612 mois avec une allergie au lait de vache (CMA), ont indiqué que 80% des enfants atteints de CMA étaient capables de consommer du lait de chamelle en toute sécurité sans développer aucune réaction allergique indésirable (Zibae et *al.*, 2015).

III. 3. 4. Autisme :

Le trouble du spectre de l'autisme (TSA) est un trouble grave du développement neurologique caractérisé par des troubles de l'orientation sociale, de la communication et des comportements répétitifs.

Une étude publiée dans le 2005 a observé les effets de la consommation de lait de chamelle, au lieu du lait de vache, sur plusieurs cas d'enfants et d'adultes autistes.

Les chercheurs ont découvert que, lorsqu'une participante de 4 ans a consommé du lait de chamelle pendant 40 jours, un garçon de 15 ans a consommé du lait de chamelle pendant 30 jours et plusieurs autistes de 21 ans ont consommé du lait de chamelle pendant deux semaines, les symptômes de l'autisme ont disparu.

On a également observé que les patients étaient plus calmes et moins autodestructeurs. Les auteurs ont rapporté dans une autre étude que la consommation de lait de chamelle chez les enfants de moins de 15 ans a été efficace pour contrôler certains des symptômes, en particulier dans le groupe de moins de 10 ans (Zibae et *al.*, 2015).

III. 3. 5. Allergies alimentaires :

Le lait de chamelle a prouvé son effet potentiel dans le traitement des allergies alimentaires. Une étude a étudié l'effet du lait de chamelle sur les enfants allergiques au lait de vache. Huit enfants souffrant d'allergies alimentaires à différents degrés ont participé à l'étude. Ils n'ont reçu que du lait de chamelle à boire. Il est apparu que le lait de chamelle a un effet positif chez les enfants souffrant d'allergies alimentaires sévères. Les réactions sont rapides et durables.

Une étude d'El-Agamy a révélé que, lors de l'application d'antisérums spécifiques aux protéines du lait de chamelle dans l'analyse par immunoempreinte, il n'y avait pas de réactivité immunologique croisée entre les protéines du lait de chamelle et de vache. Cette étude est un travail de laboratoire pour obtenir une meilleure compréhension de la compétence du grand lait de chamelle de vache pour les allergies alimentaires chez les enfants (Zibae et *al.*, 2015).

III. 4. Consommation nationale du lait :

Le phénomène de la dépendance laitière en Algérie remonte au début des années soixante-dix et accéléré durant les deux décennies suivantes.

La consommation moyenne de 130 litres de lait/hab./an, estimée à 150 litres en 2015, l'Algérie est le plus important consommateur de lait dans le Maghreb. La consommation nationale a atteint 6 milliards de litres de lait en 2015, la production nationale étant limitée à 3,4 milliards de litres, dont 900 millions de lait cru (Chemma, 2017).

Tableau 5: Analyse de l'évolution de la collecte de lait cru, production et consommation nationale en millions de litres de lait (Chemma, 2017).

Années	1969	1987	1990	1995	2000	2006	2010	2012	2013	2015
Industrie de transformation	40	810	1179	1188	1000	2240	3000	3100	3292	3500
Production locale (lait cru)	29	750	1100	1057	1650	2200	2630	2920	3000	3400
Collecte du lait cru dans l'industrie	26,2	81	37	119	101	221	393	700	800	900
Taux d'intégration %	65,5	10	3,13	10,01	10,1	9,86	13,1	22,58	24,30	25,7
Consommation	710	1889	2177	2638	3108	3623	4262	4617	4901	6060
Population en millions d'habitants	14,29	24,23	26,24	29,32	31,72	34,51	37,06	38,48	39,21	40,4

PARTIE EXPERIMENTALE

REVUE SYTEAMATIQUE

Revue systématique :

1. Le cadmium dans le lait :

En raison de l'augmentation des activités anthropiques depuis la fin du XIXe siècle, la pollution par les éléments traces métalliques a largement augmenté dans le monde (Alimardan et al., 2016). En effet, les métaux lourds et les métalloïdes sont des éléments non biodégradables et peuvent affecter la santé humaine de façon directe et/ou indirecte (Wang et al., 2001).

Les métaux par différents processus entrent dans la chaîne alimentaire. Les eaux usées, les déchets générés par les activités anthropiques, la poussière dans les aliments sont des voies courantes de contamination. Les sols pollués ont également un grand impact (Oyoo-Okoth et al., 2013). Des concentrations élevées d'ETM ont souvent été observées dans des aliments d'origine animale en raison du pâturage du bétail sur des zones polluées. Ces métaux peuvent s'accumuler dans le lait et la viande du bétail après avoir été nourris avec des aliments et une eau contaminée (Abedi et al., 2011, Ismail et al., 2019, Malhat et al., 2012).

Le risque d'exposition aux éléments traces métalliques toxiques par la consommation alimentaire est une préoccupation majeure dans la plupart des pays du monde en raison de leurs dangers considérables pour la santé humaine (Boudebouz et al., 2021, Ismail et al., 2019, Meshref et al., 2014).

La toxicité de ces éléments est associée à divers facteurs tels que la voie d'absorption, la quantité absorbée, la solubilité de l'élément, l'état d'oxydation, la durée d'exposition, l'âge et le sexe du sujet et l'efficacité des mécanismes d'élimination. Le plus souvent, la toxicité est le résultat d'une exposition à long terme suite à la contamination de l'environnement, que ce soit dans l'air, l'eau ou la nourriture, etc. (Ziarati et al., 2012).

L'exposition chronique aux métaux lourds et aux métalloïdes peut endommager divers organes comme le système nerveux, les reins, le foie, les poumons, le cerveau, le cœur, le système immunitaire et les os (Tchounwou et al., 2012, Aazami et al., 2017). Parmi ces éléments, le plomb et le cadmium ont toujours suscité le plus d'inquiétudes concernant les impacts nocifs sur la santé humaine du fait de leurs toxicité, et de leur bioaccumulations le long de la chaîne alimentaire (Stevens and technology, 1991, Miclean et al., 2019, Chary et al., 2008).

Le plomb provoque des troubles du système nerveux central, une anémie, des lésions des reins, du foie, du cœur et des vaisseaux sanguins, du système immunitaire, du système génital, du tube digestif, ainsi que le développement de cancers (Gidlow, 2004, Ab Latif Wani and Usmani, 2015).

Le cadmium est un élément cancérigène surtout pour les poumons et la prostate. Il provoque aussi des lésions rénales, osseuses, pulmonaires, hépatiques et cardiaques (Godt et al., 2006, Moulis and Thévenod, 2010).

L'exposition au nickel provoque divers cancers du sang, du cerveau et des os (Das et al., 2019). Une perturbation de l'activité biologique des cellules, un retard de croissance et une interférence avec l'absorption du fer étaient associée à l'intoxication au nickel (Das et al., 2008). Le contact avec le nickel provoque une inflammation de la peau.

2. Pollution métallique du lait :

Le lait est considéré comme l'un des aliments les plus nutritifs et contient de nombreux nutriments essentiels pour le corps humain tels que les acides gras, les acides aminés, les vitamines et les minéraux. Ainsi, sa consommation quotidienne régulière est recommandée pour toutes les tranches d'âge, en particulier pour les enfants (Lucey, 2015, Kumar et al., 2016). D'après le rapport de la FAO, la consommation moyenne de lait par habitant dans le monde est d'environ 100 L par an, ce qui peut être très variable selon les pays/régions ; elle dépasse 300 kg en Europe occidentale contre moins de 30 kg dans certains pays d'Afrique et d'Asie (FAO 2017) (Speedy, 2003).

Le lait et les autres produits laitiers ont joué un rôle important dans l'exposition des humains aux éléments trace métalliques, car ils sont largement consommés à l'heure actuelle (Ranathunga et Esakkimuthu, 2017).

Les métaux peuvent contaminer le lait animal par le biais d'instruments utilisés dans le traitement et la distribution du lait. Pour cette raison, le lait transformé aurait des concentrations plus élevées que le lait cru. Les métaux lourds peuvent également entrer dans le lait par le biais d'aliments contaminés, par les voies d'irrigation avec des canaux pollués ou des eaux usées, par l'application de pesticides et par la présence d'industries à proximité des zones d'alimentation (Ismail et al., 2017).

Au cours des décennies précédentes, de nombreuses études ont été menées sur la présence des éléments traces métalliques dans le lait dans différents pays (Caggiano et al., 2005, Dobrzanski et al., 2005, Kazi et al., 2009, Qin et al., 2009, Temiz and Soylu, 2012, Ziarati et al., 2018).

3. Prévalence du cadmium dans le lait :

Le cadmium est un polluant environnemental omniprésent et est signalé dans des échantillons alimentaires de nombreuses régions à travers le monde. La prévalence du plomb dans les échantillons de lait de divers pays.

La prévalence du cadmium dans les pays en développement est plus importante et est principalement due à une industrialisation rapide et incontrôlée. (Ismail et al., 2017).

3.1. Matériels et méthode :

3.1.1. Recherche littéraire :

La revue systématique est considérée comme une méthode pour résumer et synthétiser les résultats obtenus à partir d'un grand nombre d'enquêtes préliminaires liées à la même problématique de recherche (Atamaleki et al. 2019 ; Khaneghah et al. 2019 ; Abedi et al. 2019). Les résultats sont généralement plus précis en raison de la dérivation de plusieurs études (Sutton et al. 2001). Récemment, cette méthode a été largement appliquée dans le domaine de la sécurité alimentaire, en particulier pour estimer la concentration globale de contaminants tels que les métaux lourds dans les aliments afin d'évaluer les risques pour la santé publique ou les besoins de surveillance

Cette revue systématique a été réalisée sur la base d'articles originaux publiés dans toutes les publications (recherches pertinentes disponibles 2000-2020). Dans cette revue, des bases de données internationales telles que Google Scholar, SCOPUS, Medline (utilisant PubMed comme moteur de recherche) ont été recherchées pour les mots clés de : « éléments traces », « lait camelin » dans les champs, le titre, le résumé et les mots-clés.

Après la première étape, les articles trouvés ont été vérifiés pour leur éligibilité. Enfin, les données essentielles ont été extraites des articles sélectionnés et insérées dans une feuille de calcul pour une analyse plus approfondie.

3.1.2. Critères d'inclusion et d'exclusion :

Les critères d'inclusion suivants ont été adoptés : (1) les études qui ont évalué les niveaux de métaux lourds dans le lait cru de chamelle.

L'exclusion suivante des critères ont été adoptés :

- (1) Le lait d'autres espèces telles que la chèvre, la vache et la brebis ;
- (2) Le lait transformé, qui désigne le lait cru ayant subi plusieurs étapes par divers procédés tels que l'homogénéisation, la stérilisation ou la pasteurisation, la séparation de la crème (lait entier, demi-écrémé ou écrémé), le conditionnement...etc. ;
- (3) Du lait cru de chameaux qui ont reçu une administration quotidienne de métaux par voie orale ;
- (4) Articles scientifiques non publiés en anglais.

Pour les études en double, le seul article contenant des informations plus détaillées a été inclus.

3.2. Résultats :**3.2.1. Caractéristiques des études éligibles :**

La recherche documentaire sur de multiples bases de données scientifiques a abouti à un nombre total de 567 documents. 545 ont été exclus car il s'agissait de doublons, ou ils ne répondaient pas aux critères d'inclusion et disqualifiés après examen du titre, du résumé ou du manuscrit [aliments autres que le lait (46), lait d'autres espèces (85), lait de chamelle transformé (29), ne traitant pas du profil du plomb, cadmium et ou du nickel (325)]. En conclusion, 21 études ont satisfait ont été incluses dans la revue systématique (Figure 6).

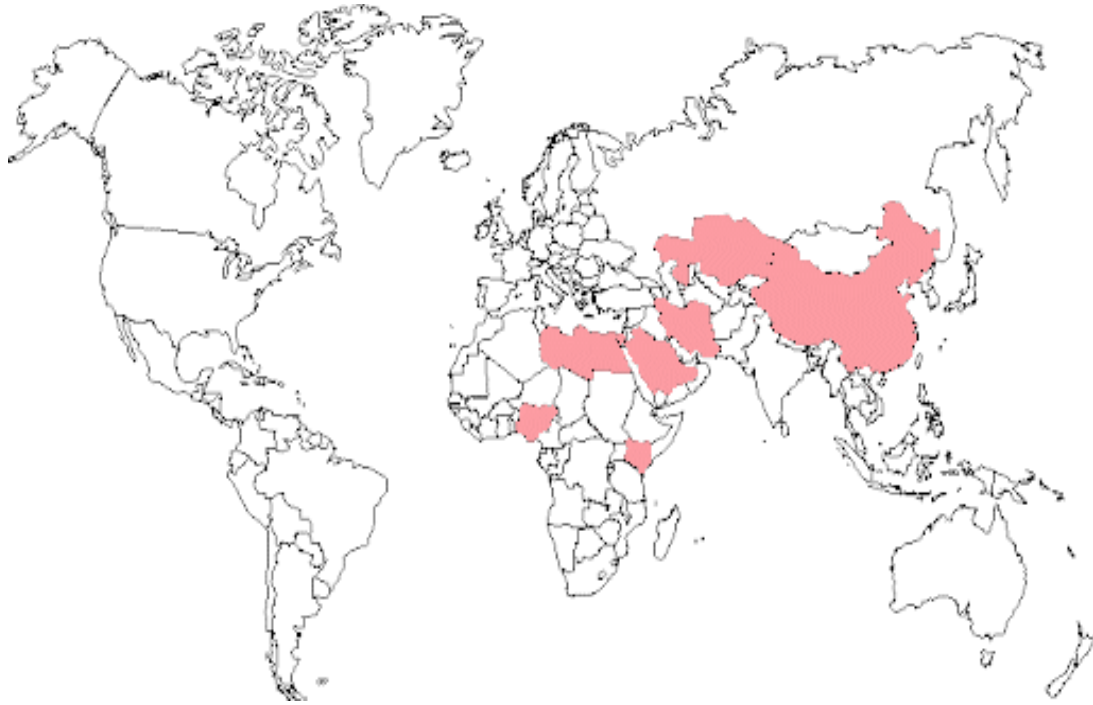


Figure 6: Localisation des différentes études sur le lait camelin.

3.2.2. Contamination métallique du lait camelin cru

Le tableau 5 résume les différentes teneurs du cadmium dans le monde.

Dans la présente revue systématique, nous avons pu récupérer des études qui ont analysé les niveaux de Cd dans des échantillons de lait de cru collectés dans 12 régions du monde au cours des vingt dernières années (tableau VI). Dans la plupart des études, le niveau de Cd a été mesuré à l'aide de la technique SAA. Les valeurs de Cd ont été comparées aux valeurs limites standard (0,0026 $\mu\text{g/g}$) déterminées par la Fédération internationale de laiterie (FIL, 1979). Cette limite est obsolète mais c'est toujours la seule limite maximale acceptable du niveau de Cd dans le lait (Ismail et al., 2019). Il convient de noter que le niveau de Cd dans les échantillons de lait était dans la majorité supérieur à la limite standard de 2,6 $\mu\text{g/L}$ (FIL, 1979), dans les données extraites de 8 régions.

Tableau 6 : Prévalence du cadmium dans les échantillons de lait de divers pays entre 1992-2020.

Références	Localisation	Nombre d'échantillons	Méthode analytique	Concentration des métaux (mg/L)		
				Pb	Cd	Ni
(Konuspayeva et al., 2009)	Sud du Kazakhstan	8 fermes	ICP-AES	0,025 ± 0,02	-	-
(Meldebekova et al., 2008)	Sud du Kazakhstan	24 échantillons	ICP-AES	0.025 ± 0.02	-	-
(Mostafidi et al., 2016)	Iran	25	ICP-AES	4.46 ± 0.65 ppm	0.30 ± 0.05 ppm	0.53 ± 0.02 ppm
(Konuspayeva et al., 2011)	Sud du Kazakhstan	24 fermes	ICP-AES	0.03 ± 0.02	0.002 ± 0.001	-
(Parsaei et al., 2019)	Isfahan, Iran	150	SAA	31.4±2.6	1.22±0.11	-
(Ahamad et al., 2017)	Arabie saoudite	Nm	ICP-SM	1.0 ng/g	0.4	3.0 ng/g
(Ahmad et al., 2017)	Arabie saoudite	Nm	SAA	Nd	0.102 ± 0.007	0.220 ± 0.001
(Damarany and Production, 2016)	Aswane, Egypte	120	SAA	1.56 ± 0.85	0.008 ± 0.001	-
(Nguta, 2012)	Kenya	15	SAA	0.099 0.072 to 0.449	-	-
(Abu-Gabal, 2004)	Jeddah, arabie saoudite	Nm	SAA	0.380	0.139	0.286
(Hassan et al.)	Nigeria	12	SAA	0.02a ± 0.00	0.018a ± 0.00	0.73a ± 0.21
(Amin et al., 2008)	Egypte	25	SAA	0.016 – 0.027	0.016 – 0.027	-
(Abushaala and Bayoumi, 2016)	Egypte	10	SAA	0.03 ± 0.01 (0.02- 0.07)	0.04 ± 0.01 (0.03-0.04)	-
(Neamatallah and Shaheen, 2012)	Arabie saoudite	-	SAA	0,147 – 0,828	0,039 – 0,0117	-
(Abdeen) 2020	Egypte	-	ICP-AES	0.799 ± 0.464	0.171±0.053	0.159±0.0674
(Fayed et al., 2017)	Marsa Matrouh	-	SAA	-	-	0.12±0.01
(Chen et al., 2020)	Chine	50	ICP-SM	18.2 ± 7.1	0.786 ± 1.19	131 ± 148°
(Nnadozie et al., 2014)	Nigeria	-	SAA	Nd	0.105	Nd
(Elbagermi et al., 2014)	Iran	-	SAA	0.025 ± 0.019	0.091± 0.05	
(Soltan et al., 2017)	Egypte	5	SAA	0.59	0.026	2.1
(Saini et al., 2007)	Egypte	-	SAA	0.022±0.01	-	-

4. La Valeur toxicologique de référence ou la DJA:

Une Valeur toxicologique de référence (VTR) est établie à partir de la relation entre une dose externe d'exposition à une substance dangereuse et la survenue d'un effet néfaste. Les valeurs toxicologiques de référence proviennent de différents organismes dont la notoriété internationale est variable. (INERIS 2011).

Tableau 7 : Chronologie des valeurs de référence de cadmium ingéré (INERIS 2011).

Année	JECFA	EFSA	ATSDR
1972			
1988, 1993, 1995	DHTP 7 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{sem}^{-1}$		
1999			MRL 0,2 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$
2000, 2004	DHTP 7 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{sem}^{-1}$		
2008			MRL 0,1 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$
2009		DHT 2,5 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{sem}^{-1}$	
2010	DMTP 25 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{mois}^{-1}$	DJT 0,36 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$	
2012	DHTP 5,6 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{sem}^{-1}$		MRL 0,1 $\mu\text{g.kg pc}^{-1}.\text{j}^{-1}$

Remarque : En gras sont les valeurs actuelles

Tableau 8.: DJA pour les métaux lourds dans le régime alimentaire (ALO Silva et al 2005)

Country (year)	Pb	Cd	Hg
China (1990)	86.3	13.8	10.3
Japan (1988)	85.0	29.0	-
USA (1988)	9.80	13.0	3.2
UK (1988)	60.5	18.9	-
Sweden (1988)	17.0	12.0	1.80
Guatemala (1986)	254	29.0	10.8
Global (1991)	153	25.0	-

L'ETUDE PRATIQUE

MATERIEL ET METHODES

I. MATÉRIEL ET MÉTHODES :

Il est attendu que ce travail donne une idée préliminaire de l'impact de la pollution environnementale sur la qualité du lait camelin vendu à partir des contaminations relevées dans le lait. Les étapes de ce travail seront exposées successivement dans le présent document en passant de la géographie de l'analyse chimique des différentes matrices et des critères de jugement.

Notre étude est descriptive avec une visée analytique. Elle a été réalisée au niveau du Plateau Technique en Analyses Physico-Chimiques de Ouargla (PTAPC-Ouargla).

Cette partie sera présentée en fonction des différents objectifs affichés dans l'introduction, à savoir les méthodes de détermination du cadmium dans les différentes matrices environnementales et dans le lait.

I.1. Présentation de la zone d'étude :

La zone de notre étude s'étend au niveau du Sahara septentrional algérien où la concentration cameline est important et où le risque de contamination métallique est patent.

Les fermes participant a cette étude sont confinés à la zone de OUARGLA et se réparti entre trois villes : TOUGGOURT , OUARGLA et TAYBAT dont le but est de bien diversifier les conditions d'élevage .



Figure 7: Présentation de la zone d'étude.

I.2. Collecte des échantillons

Dix échantillons sont prélevés à partir de de trois fermes différents durant le mois de juin et juillet 2021 :

Ferme de TAYBET où on a prélevé quatre échantillons du lait non mélangées de quatre chamelles

Fermes de TOUGGOURT où on a prélevé dans deux temps différents quatre échantillons du lait mélangés d'après plusieurs chamelles.

Fermes de OUARGLA où on a prélevé deux échantillons de lait mélangés d'après plusieurs chamelles.

Les échantillons de lait ont été récoltés à partir de chaque site dans des bouteilles propres en plastique. Ils ont ensuite été acheminé au niveau du service de toxicologie EPH de Ouargla et congelés à une température de -4° jusqu'au temps d'analyse, au niveau du Plateau Technique en Analyses Physico-Chimiques de Ouargla (PTAPC-Ouargla).

Codage des échantillons :

Afin de faciliter la lecture des résultats, les deux premières lettres font référence à la région ou a été prélevé l'échantillon :

TY pour TAYBET

TO pour TOUGGOURT

OU pour OUARGLA

I.3. Analyse

- **Dosage du cadmium par spectroscopie d'absorption atomique :**

Préparation des échantillons de SAA :

La préparation des échantillons a été réalisée au niveau du plateau technique d'analyses physico-chimiques de Ouargla.

Pour le dosage du cadmium dans le lait, le principe consiste à minéraliser les échantillons par voie humide assisté au four à micro-onde, à l'aide d'acide nitrique concentré (HNO_3) et de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) puis de les analyser par spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Minéralisation :

La minéralisation par micro-onde est un des moyens classiques de préparation d'échantillon pour l'analyse élémentaire en chimie analytique.

La minéralisation par voie humide a été effectuée par four à microonde de type *analytikjena* (TOPWAVE) et représente une méthode de référence pour la digestion de matériels biologiques, géologiques, environnementaux qui remplace les méthodes classiques.

La minéralisation est plus rapide et efficace et utilise des mélanges d'acides ou des mélanges d'agents à la fois acides et oxydants. L'acide nitrique est le plus communément utilisé dans les mélanges d'attaque.

L'addition d'eau oxygénée aux mélanges d'attaques est particulièrement recommandée pour l'oxydation d'échantillons de nature organique. La minéralisation est effectuée sous pression, ce qui permet d'éviter les pertes d'éléments minéraux volatils selon un programme thermique préétabli.

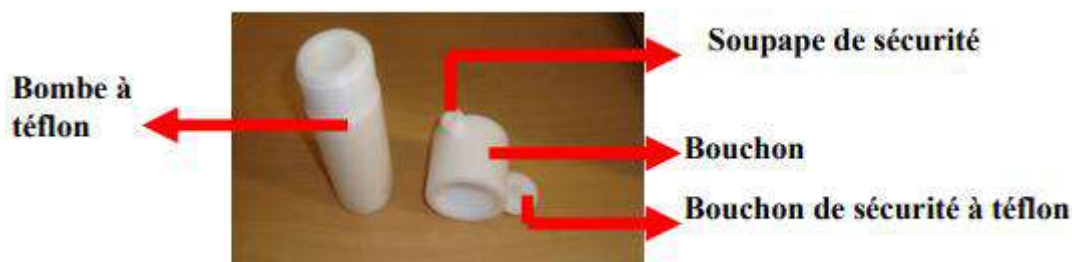


Figure 8: système de minéralisation utilisant une bombe à téflon.

Le protocole de minéralisation est décrit ci-dessous :

- Décongélation des échantillons de lait et pesé d'environ 5 g pour chaque échantillon ;
- Pour chaque bombe à téflon, ajout d'environ 5 g de lait étudié avec 8 ml de l'acide nitrique et 2 ml l'eau oxygéné ;
- Démarrer la minéralisation assistée par micro-ondes en utilisant le programme suivant :

En principe, la température est le seul paramètre influencé activement par les micro-ondes. La pression est une conséquence de la réaction à températures élevées et le paramètre critique de la sécurité.

La température de l'échantillon peut être détectée dans les réacteurs en Téflon - quartz de 100 à 300 °C avec grande précision (+ / - 1° C à 200 ° C). Une réaction exothermique typique et rapide

est détectée dans tous les réacteurs pendant la montée en température et corrigée par le mécanisme du contrôle.

En trois étapes on a réalisé la minéralisation (montré dans le tableau 9) commençant par une température de 165°C avec rampe de 5 minutes durant dix minute ; puis on a augmenté la température jusqu'à 190°C pour 20 min ce qui a élevé la puissance à 90% ; enfin on a rediminuer la température jusqu' à 50°C pour un rampe de 1min et durant 10 min ce qui a baisser la puissance à 0% .

Tout en surveillant la pression à une valeur efficace et sécurisé 30 bar .

Tableau 9: La programmation de minéralisation assistée par micro-onde pour le lait.

Etapes	Rampe (min)	Temps (min)	Température (°C)	Puissance (%)	Pression (bar)
1	5	10	165	70	30
2	5	20	190	90	30
3	1	10	50	00	30

- A la fin du programme les bombes à téflon subissent un refroidissement à température ambiante puis sont ouvertes dans une chambre d'aspiration pour éviter l'inspiration de gaz toxiques.
- Nous déversons le contenu des bombes à téflon dans des boites en plastique de 50 ml

Dosage du cadmium :

Les dosages sont effectués en réalisant un étalonnage qui respecte les conditions du milieu analysé : matrice, acidité.

Les calculs sont effectués par interpolation par rapport à la gamme d'étalonnage. La validation des résultats analytiques repose sur l'analyse d'échantillons de référence internes, dont la teneur en éléments minéraux est connue.

Préparation des gammes d'étalonnage :

Dans la pratique, On réalise une courbe d'étalonnage avec une gamme selon la méthode d'étalonnage direct ou celle des ajouts dosés. L'absorbance est proportionnelle à la concentration selon la loi de Beer Lambert.

- **La méthode d'étalonnage direct :**

S'applique à des milieux relativement simples pour déterminer la concentration de la solution inconnue est alors directement déduite en rapportant sa valeur d'absorbance sur une droite d'étalonnage préalablement établie.

- **La méthode des ajouts dosés :**

Elle utilisée si la matrice est inconnue ou trop variable dans la série d'échantillons analysés. Dite des ajouts dosés, elle consiste à mesurer l'absorbance de l'échantillon inconnu puis de ce même échantillon après avoir ajouté des volumes connus d'un étalon.

I.4. Critères de jugement et analyses statistiques :

Les statistiques descriptives ont été réalisées (moyenne et écart-type) pour nos résultats. Une analyse de variance simple a été réalisée pour évaluer l'effet de la région. Dans une deuxième étape, les concentrations obtenues ont été comparées.

I.5. Détermination du risque toxicologique d'exposition :

L'évaluation des risques pour la santé humaine est un processus visant à estimer le risque pour un organisme, un système ou une (sous-)population cible donné, y compris l'identification des incertitudes associées, suite à une exposition à un agent particulier, en tenant compte des caractéristiques inhérentes de l'agent de préoccupation ainsi que les caractéristiques du système cible spécifique (IPCS, 2004).

L'évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition au cadmium par la consommation de lait potable a été réalisée selon la méthode US-EPA (United States-Environmental Protection Agency) qui considère le quotient de risque (HQ) comme un rapport de la dose estimée d'un contaminant à la dose de référence (US-EPA, 1992).

Pour l'évaluation des risques sanitaires du cadmium, il est essentiel de calculer dans un premier temps l'apport journalier (EDI) d'ingestion de lait en suivant l'équation générique (Eq.1) :

$$EDI = \frac{(C_{Metal} \times W_{Milk})}{Body\ Weight\ (kg)}$$

L'EDI est la dose journalière d'exposition ($\mu\text{g}/\text{Kg}/\text{j}$); W est le taux d'absorption de lait (L); BW est le poids corporel (Kg); C'est la concentration du Cd ($\mu\text{g}/\text{L}$).

Le HQ est défini comme le rapport de la dose estimée d'un contaminant à la dose de référence (Eq. 2).

$$HQ = \frac{EDI}{RfD} \text{ (Eq. 2) (Shams et al., 2020).}$$

Où la dose de référence (RfD) est l'estimation de l'exposition quotidienne qui devrait être sans risque significatif d'effets nocifs pendant la durée de vie de l'exposition. Le système intégré d'information sur les risques (IRIS) et les valeurs RfD de l'US-EPA pour l'ingestion de Cadmium sont de 0.001 mg/kg/jour. Si le HQ est supérieur à 1, l'exposition potentielle estimée dépasse le niveau acceptable et le risque de fluorose peut être présent (Karami et al., 2019).

RESULTATS ET DISCUSSION

II.RESULTATS ET DISCUSION

II.1. Résultats :

II.1.1. Cadmium dans le lait :

Les données sur le teneur en Cadmium dans le lait étudié sont rapportées sur le tableau 07.

Tableau 10: Résultat du dosage du Cadmium dans le lait

Solution	TO	TO	TY	TY	TO	TO	TY	TY	OU	OU
Concentration de Cd (µg/L)	5.30	4.81	3.25	1.35	4.92	4.08	2.35	1.39	0.52	0.98
Moyenne	2.89 +/- 1.80 µg/l									

Dans le lait, la teneur moyenne en Cd est supérieure a la limite maximale autorisée par l'UE (2.6 µg/l). Les taux du Cd ont été plus élevés dans les échantillons de de la région de Touggourt.

II.1.2. Dose journalière admissible (DJA) :

Sur la base du modèle d'évaluation des risques pour la santé suggérée par l'US-EPA et des paramètres d'évaluation, le risque pour la santé non cancérigène du cadmium par l'ingestion orale de lait peut être estimé. Valeurs EDI (mg/kg/jour) et HQ pour l'exposition pour les adultes.

L'exposition alimentaire au Cd par la consommation de lait cru a été évaluée en calculant l'EDI sur la base de l'analyse actuelle et comparée à la dose journalière tolérable provisoire (DPA).

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE II RESULTATS ET DISCUSSION

Les données sur les EDI en Cadmium dans le lait étudié sont rapportées sur le tableau 08 suivant avec une consommation journalière de 0.36 L pour un adulte de 70 Kg.

Tableau 11: Résultat des EDI du Cadmium dans le lait

Solution	TO	TO	TY	TY	TO	TO	TY	TY	OU	OU
EDI (µg/Kg/j)	0,027 2	0,024 7	0,016 7	0,006 94	0,025	0,020 9	0,012 0	0,007 1	0,002 6	0,005 0
HQ (%)	3 %	3 %	2%	1%	3%	3 %	1%	0%	1%	1%
Moyenne EDI	0,0148+/- 0,0092 µg/Kg/J									

L'exposition au Cd par la consommation de lait cru au niveau de Ouargla est très faible pour un adulte.

II.2.Discussion :

2.1. Cadmium dans le lait :

Quelques études ont été menées sur la composition minérale du lait de chamelle et les résultats obtenus sont variables.

Concernant le cadmium, les références sont nombreuses sur le lait de vache. La littérature montre clairement l'effet de la contamination de l'environnement par les activités anthropiques telles que les industries ou les infrastructures routières, libérant du cadmium dans le milieu environnant, contaminant alors les plantes et le lait des animaux consommant ces plantes.

Pourtant, aucun auteur ne donne les teneurs en Cd des aliments consommés par les animaux sur lesquels ils prélèvent le lait pour les analyses.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE II RESULTATS ET DISCUSSION

Néanmoins, Bhatia et Choudhry (1996), Dey et Swarup (1996) et Simsek et *al.* (2000) s'accordent sur le fait que le lait produit par des animaux vivant auprès des usines, des routes, est significativement plus riche en Cd, que le lait produit en zone rurale ou en zone non polluée. Néanmoins, dans ces études, les résultats sont extrêmement variables avec des teneurs maximales en Cd pouvant aller de 0,032 ppm (Simsek et *al.*, 2000) à 7,20 ppm (Bhatia et Choudhri, 1996). Pourtant ces deux teneurs reflètent la contamination du lait des animaux pâturant auprès des routes avec un trafic intensif (Simsek et *al.*, 2000), et un trafic correspondant à 15000 voitures par jour (Bhatia et Choudhri, 1996).

Les résultats de notre étude laissent supposer que ces animaux doivent être exposés à une source de Cadmium via leur alimentation, liée à la présence d'une industrie ou d'une route sur leur zone de parcours. Le transfert du Cd par le biais des fourrages semble avoir le même impact sur le lait de vache que sur le lait de chamelle.

2.2.EDI et HQ :

Pour le Cd, la dose mensuelle tolérable provisoire (PTMI) donnée par le Comité mixte FAO/OMS d'experts sur les additifs alimentaires est de 25 µg/kg de poids corporel (équivalent à 0,83 µg/kg de poids corporel/jour) (FAO/OMS, 2012).

Toutes les valeurs de HQ orale étaient inférieures à une pour les adultes. Il n'y a aucun dommage significatif pour les adultes pensant que la consommation de lait camelin a dans cette région ; cependant, le risque potentiel pourrait exister, avec la consommation d'une autre boisson.

Les risques pour la santé étaient dans l'ordre suivant : nourrissons > enfants > adultes ($p=0,007$). Pour les enfants et les nourrissons, les valeurs HQ étaient aussi inférieures à un. Par conséquent, les jeunes sont considérés comme une population potentiellement exposée à l'effet néfaste du cadmium.

La consommation moyenne de Cd la plus importante à travers le monde a été retrouvée à

Mangampeta, en Chine et couvre au maximum 2974,18 % du PTDI.

Limite de l'étude :

Il existe un certain nombre de limites à cette étude, des limites dans les zones d'étude, dans l'échantillonnage. Tout d'abord étant donné le faible nombre d'échantillons et l'étendue de la zone d'échantillonnage, les résultats ne sont statistiquement pas interprétables. Ainsi, pour étudier rigoureusement les teneurs en cadmium dans la chaîne alimentaire, il aurait été préférable d'étudier quelques fermes d'une seule région et réaliser une dizaine de prélèvements pour chaque matrice de l'environnement (sol, eau, plantes) à différents endroits, et ce, dans chaque ferme.

Dix échantillons de lait n'est pas représentatif de l'ensemble du territoire pâturé par les chameaux, les résultats ne représentent donc pas toutes les variabilités possibles en termes de concentration.

Par ailleurs, les systèmes d'élevage étant différents d'une ferme à l'autre (intensif ou extensif), les animaux ne consomment pas les mêmes végétaux, ce qui peut être un facteur non négligeable de variabilité dans l'exposition des animaux aux pesticides. En outre, il faudrait connaître avec précision les sources de pollution dans les environs de chaque ferme et analyser une ferme non contaminée (sol, eau, plantes) afin d'observer les différences.

Recommandations et perspectives :

A l'avenir, nous préconisons d'approfondir cette étude en réalisant :

- Des études sur toute la chaîne alimentaire et prend en compte chaque matrice dans l'environnement (sol, air, eau, plant). Pour préciser la source de la pollution.
- Un nombre suffisant des échantillons et pour tous les fermes de la région

Le lait de chamelle peut apporter une variété de nutriments, tels que des vitamines, des minéraux et des acides aminés essentiels. Mais comme le milieu de vie des chameaux peut-être est pollué, le lait peut contenir du cadmium, ce qui rend sa consommation inquiétante et pour éviter tout problème de santé. Doit être pris en considération :

- Limiter la consommation du lait des chameaux à proximité des routes et proches des sites de pollution industrielle comme les stations d'essence et les usines etc.

- Révision et création de normes pour réduire niveaux admissibles de cadmium dans les autres produits de consommation (les aliments, l'eau, les produits cosmétiques etc.).

Il faut faire des études sur les teneurs en lait d'autres métaux lourds ayant des effets nocifs sur l'environnement et la santé humaine.

De plus, l'état doit mettre la norme de cadmium dans le lait et renforcer le suivi de la qualité du lait de chamelle vendu sur les routes et doit être soumis à des analyses toxicologiques et partager les résultats avec la population, qui doit rester maître de ses choix éclairés.

CONCLUSION

CONCLUSION

Il est intéressant de pouvoir estimer les niveaux de contamination des produits destinés à la consommation humaine telle que le lait.

Ce travail a permis d'étudier l'intoxication du lait camelin par aux métaux lourds en prenant le cadmium comme métal à doser dans des échantillons du lait collecté dans trois fermes de la région de OUARGLA.

Il a été possible d'obtenir un premier regard sur la contamination du lait de chamelle dans des zones potentiellement polluées. Cependant, ce travail n'a pas profondément répondu aux questions qui s'étaient posées au début mais il ouvre de nombreuses perspectives en cours de concrétisation par la mise en place de nouveaux travaux.

A l'avenir, nous préconisons d'approfondir cette étude en réalisant les mêmes analyses sur un nombre suffisant des échantillons et étudier rigoureusement les teneurs en cadmium dans toute la chaîne alimentaire et prend en compte chaque matrice dans l'environnement (sol, air, eau, plant), en comparaison avec les laits d'autres espèces laitières adaptées aux zones arides et semi arides.

Et de manière extensive, il est nécessaire de réaliser des recherches sérieuses dans notre pays sur tout polluant et analyser tout produit consommé par l'être humaine pour bien codifier les mesures luttant contre les dommages sanitaires possible.

Références bibliographiques

- Abdeen, E.-S. M. 2020. Novel Trends To Reduce The Hazard Of Some Environmental Pollutants On Milk And Dairy Products.
- Abdelgadir, W. S., Ahmed, T. K. And Dirar, H. A., 1998. The Traditional Fermented Milk Products Of The Sudan. *International Journal Of Food Microbiology*, 44: 1- 13.
- Abu-Gabal, N. S. J. J. O. H. I. O. P. H. 2004. Heavy Metals Content Of Camel Milk And Urine. 34, 289-296.
- Abushaala, F. A. & Bayoumi, M. A. 2016. Camel Milk Metal's Status, A Mini Survey On Libyan Camel Milk. 8th International Toxicology Symposium In Africa, 4.
- Adamou Abdalkader 2008 L'élevage Camelin En Algérie : Quel Type Pour Quel Avenir Article De Recherche Sécheresse 2008 ; 19 (4) : 253-60.
- Ademe. Sites Pollués Et Sol, Société Nationale D'intelligence Stratégique (14-05-2009).
- Ahamad, S. R., Raish, M., Ahmad, A. & Shakeel, F. J. B. T. E. R. 2017. Potential Health Benefits And Metabolomics Of Camel Milk By Gc-MS And Icp-MS. 175, 322-330.
- Ahmad, I., Zaman, A., Samad, N., Ayaz, M., Rukh, S., Akbar, A. & Ullah, N. J. P. J. A. B. T. 2017. Atomic Absorption Spectrophotometry Detection Of Heavy Metals In Milk Of Camel, Cattle, Buffalo And Goat From Various Areas Of Khyber-Pakhtunkhwa (Kpk). 8, 2.
- Ajmal, M., Nomani, A. A., Ahmad, A. J. W., Air, & Pollution, S. 1984. Acute Toxicity Of Chrome Electroplating Wastes To Microorganisms: Adsorption Of Chromate And Chromium (VI) On A Mixture Of Clay And Sand. 23, 119-127.
- Al Haj O.A., Al Kanhal H.A., 2010. Aspects Nutritionnels, Technologiques Et Nutritionnels Du Lait De Dromadaire De Dromadaire - Revue. *Journal International Des Produits Laitiers*.
- Ali, H., Khan, E. J. T. & Chemistry, E. 2018. What Are Heavy Metals? Long-Standing Controversy Over The Scientific Use Of The Term 'Heavy Metals'—Proposal Of A Comprehensive Definition. 100, 6-19.
- Alo Sliva, Toxic Metal In Planet, Dietary Intake And Health Effects Of Selected Toxic Elements, 2005. 80
- Amin, T., Ibrahim, M., Abou El Nile, M. & Esmail, T. J. J. O. H. I. O. P. H. 2008. Evaluation Of Chemical Quality Of Camel's And Cow's Milk With Special Reference To Some Heavy Metal Residues. 38, 168-187.
- Andjelkovic, M., Buha Djordjevic, A., Antonijevic, E., Antonijevic, B., Stanic, M., Kotur-Stevuljevic, J., Spasojevic-Kalimanovska, V., Jovanovic, M., Boricic, N., Wallace, D. J. I. J. O.

- E. R. & Health, P. 2019. Toxic Effect Of Acute Cadmium And Lead Exposure In Rat Blood, Liver, And Kidney. 16, 274.
- Anses ,Juin2021, Les Valeur Biologique De Référence ,(Www.Anses .Fr)
 - Assylbekov Bz, Tenlibayeva As, Konysova Ss, Bozhanov Bz, Yermekbaeva Rz, 2016. Environmental Quality Assessment Of Dairy Products Manufactured In The Area Of Kazakhstan Aral Sea Region. J Material Sci Eng 5: 290. Doi:10.4172/2169-0022.1000290
 - Atsdr , 2012, Toxicologie Profiles (Www.Atsdr.Cdc.Gov)
 - Bensakhria Ayoub Mars 2018, Toxicité De Cadmium .Www.Analyticaltoxicology.Com
 - Bahri Et Brek,2021, Evaluation Du Taux De Plomb Dans Le Lait De Chamelles. P 27-32
 - Benaissa F,2019 . Séparation Et Caractérisation Des Protéines De Lait De Chamelle Algérien.P 31
 - Beneddine Hadjer , Djebrit Cheuaiba ,2015. Etude De L'activité Antimicrobienne Des Quelques Souches Lactobacilles Isolées À Partir Du Lait De Chamelle Vis À-Vis Des Quelques Souches Pathogènes Ciblées. Mémoire De Master En Science Biologique. , Université Kasdi Merbah D'ouargla, P 67.
 - Bengoumi.M Et Faye.B Et Tressol.J.C. Octobre 1994.Composition Minérale Des Lait Chamelle Du Sud Marocain Actes De Colloque .Dromadaires Et Chameaux Animaux Laitiers .Nouakchott Et Mauritanie.
 - Benyoucef M.T., Bouzegag B. 2006 - Résultats D'étude De La Qualité De La Viande De Deux Races Camelines (Targui Et Sahraoui) À Ouargla Et Tamanrasset (Algérie), Annales De L'institut National Agronomique ; 27: 37-53.
 - Bernhoft, R. A. J. T. S. W. J. 2013. Cadmium Toxicity And Treatment.
 - Cardellino, R., Rosati, A Et Moscom, C,2004. État Actuel Des Ressources Génétiques, Des Systèmes D'enregistrement Et De Production En Afrique, Asie Et Amérique Camélidés Séminaire Fao / Rca Sur Les Camélidés. Sousse, Tunisie : Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture Et Comité International Pour L'enregistrement Des Animaux.
 - Chehma ; Longo ;Belbey .2003 Utilisation Digestive De Regimes A Base De Rebutis
 - De Dattes Chez Le Dromadaire Et Le Mouton Pp. 17-21
 - Chemma, N. 2017la Dependance Laitiere : Où En Est L'algerie ?. *Revue D'études En Management Et Finance D'organisation*, P.1-19.
 - Chen, L., Li, X., Li, Z. & Deng, L. J. R. A. 2020. Analysis Of 17 Elements In Cow, Goat, Buffalo, Yak, And Camel Milk By Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (Icp-MS). 10, 6736-6742.
 - Cheng, K., Tian, H., Zhao, D., Lu, L., Wang, Y., Chen, J., Liu, X., Jia, W., Huang, Z. J. I. J. O. E. S. & Technology 2014. Atmospheric Emission Inventory Of Cadmium From Anthropogenic Sources. 11, 605-616.

- Chethouna F.2011: Etude Des Caractéristiques Physico-Chimiques, Biochimiques Et La Qualité Microbiologique Du Lait Camelin Pasteurisé, En Comparaison Avec Le Lait Camelin Cru. Thèse De Magister En Sciences Biologiques Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Chibah, A. 2012. Extraction Et Caractérisation Électrophorétiques Des Protéines Membranaires Des Globules Gras Du Lait De Chamelle. Mémoire De Magistère En Sciences Biologiques, Université Mouloud Mammeri - Tizi Ouzou, Algérie.
- Damarany, A. J. J. O. A. & Production, P. 2016. Concentrations Of Sodium, Potassium, Copper, Zinc And Heavy Metals In Camel Milk Reared Under Pasture And Farm Conditions In South Egypt. 7, 275-278.
- Decker L, Byerrum R, Decker C, Hoppert C, Langham F. 1958. Chronic Toxicity Studies. Cadmium Administered In Drinking Water To Rats. Arch. Ind. Health. 18: 228-231.
- El Imam Abdalla , A.2012.Composition And Anti-Hypoglycemic Effect Of Camel Milk.In Proceedings Of The 3rd Conference Of The International Society Of Camelid Research And Development, Muscat, Sultanate Of Oman. P. 300-301.
- El-Agamy E, 2006. Lait De Chameau. Dans : Park Yw Et Haenlein Gf (Eds), Manuel Sur Le Lait De Mammifères Non Bovins. Pp 297-344. Blackwell Publishing, Iowa, États-Unis.
- Elamin Et Wilcox, 1992 Compositon Of Majaheim Camel .J Dairy Sci.75.3153-3155
- Elbagermi, M., Alajtal, A. & Edwards, H. J. S. T. O. A. C. 2014. A Comparative Study On The Physicochemical Parameters And Trace Elements In Raw Milk Samples Collected From Misurata-Libya. 1, 15-23.
- El-Idrissi Juin 2009 Cytotoxicité Du Cadmfum, Du Plomb Et Du Mercure Et Caractérisation Du Transport Membranaire De Cadmfum Dans Les Cellules Alvéolaires (A549) Et Bronchiolaires (H441) Université Du Québec À Montréal.
- Ereifej K.I., Alludati M.H., Alkhalidy H.A., Alli I., And Rababah T 2011. Comparison And Characterization Of Fat And Protein Composition For Camel Milk From Eight Jordanian Locations. Food Chemistry.
- Eum Kd, Lee Ms Et Paek D 2008 - Cadmium In Blood And Hypertension. *Sci Total Environ.*; 407(1) : 147-153
- European Union Risk Assessment Report. Cadmium Oxide. Vol. 75. Européen Chemicals Bureau, 2007 ([https://Echa.europa.eu/fr/home](https://echa.europa.eu/fr/home))
- Everett Cj Et Frithsen Il2008 - Association Of Urinary Cadmium And Myocardial Infarction. *Environ Res.* ; 106(2) : 284-286
- Fao. 2014. Lait De Chamelle. Récupéré De. <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/dairy/camel>.
- Fao.2009. Lait De Chamelle. Récupéré De <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/dairy/camel>.

- Farah, Z., Bachman, M .R. 1987. Rennet Coagulation Properties Of Camel Milk. *Milchwissenschaft*, 42, 689-692
- Farah. Z., 2003. Composition Et Caractéristiques Du Lait De Chamelle. *J. Dairy.Res.*
- Faye B., 2003. Performances Et Productivité Laitière De La Chamelle : Les Données De La Littérature. Actes De L'atelier International Sur : "Lait De Chamelle Pour L'afrique", 5-8 Novembre, Niamey, Niger.
- Faye. B .Et Mulato O.C.1991 .Facteur De Variation Des Paramètre Protéo-Énergétique, Enzymatique, Minérale Chez Les Dromadaire De Djbouti. *Rev.Elev.Med.Vet Des Payes Trop* 44, 325-334
- Fayed, A. E. H., Hedaya, S. A., El-Sawi, A. E. F., Libda, M. & Norhan, E. J. A. J. F. V. S. 2017. Physiological Composition Of Egyptian Camel Milk (Camels Dromedaries) With Special Reference To Its Essential Trace Elements Concentration. 53.
- Fielder Ri Et Coll 1983. - Cadmium And Its Compounds, Toxicity Review 7. Londres, Health And Safety Executive, , 88 P
- Fleischer M, Sarofim A, Fassett D, Hammond P, Shacklette H. 1974. Environmental Impact Of Cadmium: A Review By The Panel On Hazardous Trace Substances. *Environ. Health. Perspect.* 7: 253-323.
- Friberg, L. 2018. *Cadmium In The Environment*, Crc Press.
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., Catalano, A. J. I. J. O. E. R. & Health, P. 2020. The Effects Of Cadmium Toxicity. 17, 3782.
- Gobe, G. & Crane, D. J. T. L. 2010. Mitochondria, Reactive Oxygen Species And Cadmium Toxicity In The Kidney. 198, 49-55.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., Groneberg, D. A. J. J. O. O. M. & Toxicology 2006. The Toxicity Of Cadmium And Resulting Hazards For Human Health. 1, 1-6.
- Gorban Et Izzeldin 1997. Minérale Content Of Camel Milk And Clostrum .*J.Dairy Techn.* 64 .471-474
- Halwani, D. A., Jurdi, M., Salem, F. K. A., Jaffa, M. A., Amacha, N., Habib, R. R., Dhaini, H. R. J. E. & Health 2020. Cadmium Health Risk Assessment And Anthropogenic Sources Of Pollution In Mount-Lebanon Springs. 12, 163-178.
- Hammer D, Calocci A, Hasselblad V, Williams M, Pinkerson C. 1973. Cadmium And Lead In Autopsy Tissues. 1. *Occup. Med.* 15 : 956-963.
- Han, F. X., Banin, A., Su, Y., Monts, D. L., Plodinec, J. M., Kingery, W. L. & Triplett, G. E. J. N. 2002. Industrial Age Anthropogenic Inputs Of Heavy Metals Into The Pedosphere. 89, 497-504.
- Hartwig, A. J. C. F. T. T. E. 2013. Cadmium And Cancer. 491-507.

- Hassan, U., Hassan, H., Baba, H., Madaki, A., Ibrahim, I., Hassan, A. & Muhammed, S. Evaluation Of Toxicity Potentials Of Heavy Metals In Camel Milk From Selected Farms In Yobe State, Nigeria.
- Heikens, A., Peijnenburg, W. & Hendriks, A. J. E. P. 2001. Bioaccumulation Of Heavy Metals In Terrestrial Invertebrates. 113, 385-393.
- Hsdb ,Nlm. 2012 Cadmium, Elemental. In : ([Toxnet.Nlm.Nih.Gov](http://toxnet.nlm.nih.gov))
- [Http://Www2.Ademe.Fr/Servlet/Kbaseshow?Sort=-1&Cid=96&M=3&Catid=10147#Tit7*](http://Www2.Ademe.Fr/Servlet/Kbaseshow?Sort=-1&Cid=96&M=3&Catid=10147#Tit7*)
- Huff J, Lunn Rm, Waalkes Mp, Tomatis L Et Infante Pf 2007- Cadmium- Induced Cancers In Animals And In Humans. *Int J Occup Environ Health.* ; 13(2) : 202-212
- Iarc Monograph On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans. Vol. 100c; 2012 ([Www.Iarc.Fr](http://www.iarc.fr)), Cadmium And Cadmium Compounds.
- Inaba, T., Kobayashi, E., Suwazono, Y., Uetani, M., Oishi, M., Nakagawa, H. & Nogawa, K. J. T. L. 2005. Estimation Of Cumulative Cadmium Intake Causing Itai–Itai Disease. 159, 192-201.
- Ineris 2011: Cadmium Et Ses Dérivés, Fiche De Données Toxicologiques Et Environnementales Des Substances Chimiques P71
- Ismail, A., Riaz, M., Akhtar, S., Goodwill, J.E., Sun, J. 2017: Heavy Metals In Milk: Global Prevalence And Health Risk Assessment, *Toxin Reviews*, Doi: 10.1080/15569543.2017.1399276
- J.Wiley-Interscience ,Cd-Rom 2005- Cadmium, Cadmium Oxide, Cadmium Chloride, Cadmium Sulphide, Cadmium Sulphate, Cadmium Nitrate. Sax's Dangerous Properties Of Industrial Materials. 11th Ed. New-York.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B. & Beeregowda, K. N. J. I. T. 2014. Toxicity, Mechanism And Health Effects Of Some Heavy Metals. 7, 60.
- John Wiley And Sons, Pohanish Rp, Greene Sa 2009- Wiley Guide To Chemical Incompatibilities. 3rd Edition. Hoboken ;: 1 110 P.
- Johri, N., Jacquillet, G. & Unwin, R. J. B. 2010. Heavy Metal Poisoning: The Effects Of Cadmium On The Kidney. 23, 783-792.
- Jouan P., 2002. Lactoprotéines Et Lactopeptides. Propriétés Biologiques. Inra Publ., Versailles, 127 P
- Jrad Z, El Hatmi H, Adt I, Girardet J M, Cakir-Kiefer C, Jardin J, Degraeve P, Khorchani T And Oulahal N 2014. Effect Of Digestive Enzymes On Antimicrobial, Radical Scavenging And Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Activities Of Camel Colostrum And Milk Proteins. *Dairy Science & Technology* 94 205–224.
- Jumarie C, Campbell P, Berteloot A, Houde M, Denizeau F. 1997.Caco-2 Cell Line Used As In Vitro Model To Study Cadmium Accumulation In Intestinal Epithelial Cells. *J. Membr. Biol.* 158: 31-48.

- Kappeler S., Henberger C., Farah Z., And Puhan Z.2004. Expression Of The Peptidoglycan Recognition Protein, Pgrp, In The Lactating Mammary Gland. *Journal Of Dairy Science*, 2660-2668.
- Khaskheli M., Arain M. A., Chaudhry S., Soomro A. H. Et Qureshi T. A. 2005. Physico-Chemical Quality Of Camel Milk.*Journal Of Agriculture And Social Sciences*, (2). P. 164-166.
- Kippler M, Hoque Am, Raqib R, Ohrvik H, Ekstrom Ec Et Vahter M. 2010 - Accumulation Of Cadmium In Human Placenta Interacts With The Transport Of Micronutrients To The Fetus. *Toxicol Lett.* ; 192(2) : 162168.
- Kitamura M, Sumiro K, Kamatanni N. 1970. Cadmium Concentrations In Livers, Kidneys Andbones Of Human Bodies. *Jpn. J. Public. Health.* 17: S07.
- Konuspayeva, G., Faye, B., Loiseau, G., Diacono, E. & Akhmetsadykova, S. 2009. Pollution Of Camel Milk By Heavy Metals In Kazakhstan.
- Konuspayeva, G., Jurjanz, S., Loiseau, G., Barci, V., Akhmetsadykova, S., Meldebekova, A. & Faye, B. 2011. Contamination Of Camel Milk (Heavy Metals, Organic Pollutants And Radionuclides) In Kazakhstan.
- Koons, A. L. & Rajasurya, V. 2019. Cadmium Toxicity.
- Kuoidri Et Chemlla. Contribution À La Mise En Évidence De Certains Effets Biologiques Exercés Par Le Lait Et L'urine De Chamelle 2019 .P43.
- Lewis G, Lyle H, Miller S. 1969. Association Between Elevated Hepatic Water -Soluble Protein-Bound Cadmium Levels And Chronic Bronchitis And-Or Emphysema. *Lancet.* 20 : 1330-1333.
- M. Falcy, D. Jargot, B. La Rocca, F. Pillière, S. Robert, P. Serre ; P Aout 2019 ;*Récupéré De https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refinrs=Fichetox_60&Section=Pathologieetoxicologie#Tab_Toxihomme*
- Ma, Y., Ran, D., Shi, X., Zhao, H. & Liu, Z. J. S. O. T. T. E. 2021. Cadmium Toxicity: A Role In Bone Cell Function And Teeth Development. 144646.
- Madr (Ministère De L'agriculture Ministère De L'agriculture Et Du Développement Rural) 2006. Evolution Des Effectifs Du Cheptel De 1990 À 2005. Direction Des Statistiques Agricoles, Ministère De L'agriculture Ministère De L'agriculture Et Du Développement Rural, Algérie.
- Mahajan, P. & Kaushal, J. J. J. O. T. 2018. Role Of Phytoremediation In Reducing Cadmium Toxicity In Soil And Water. 2018.
- Masson Et Compagnie, Pascal P 1962- Nouveau Traité De Chimie Minérale, Volume 5, Paris ; : 331-432
- Masson, Lauwerys Rr 2007- Toxicologie Industrielle Et Intoxications Professionnelles. Paris, , , Pp. 203-240

- Medjour Abdelhak., 2014. Etude Comparative Des Caractéristiques Physico- Chimiques Du Lait Collecté À Partir De Chamelles (Camelus Dromedarius) Conduites Selon Deux Systèmes D'élevage (Extensif Et Semi-Intensif). Thèse De Magister En Biologie Appliquée. Université Mohamed Khider De Biskra.
- Mehaïa M.A., Hablas M.A., Abdel-Rahim K.M. And Mougy S.A.1995. Milk Composition, Wada And Hamra Camels In Saudi Arabia. *Food Chemistry*, 52, 115-122.
- Meldebekova, A., Konuspayeva, G., Diacono, E. & Faye, B. 2008. Heavy Metals And Trace Elements Content In Camel Milk And Shubat From Kazakhstan. *Impact Of Pollution On Animal Products*. Springer.
- Merin U., Bernstein S., Bloch-Damti A., Yagil R., Van Creveld C., Lindner P., 2001. A Comparative Study Of Milk Serum Proteins In Camel (Camelus Dromedarius) And Bovine Colostrums. *Livestock Production Science*, 67, 297-301
- Messner, B., Knoflach, M., Seubert, A., Ritsch, A., Pfaller, K., Henderson, B., Shen, Y. H., Zeller, I., Willeit, J., Laufer, G. N. J. A., Thrombosis, & Biology, V. 2009. Cadmium Is A Novel And Independent Risk Factor For Early Atherosclerosis Mechanisms And In Vivo Relevance. 29, 1392-1398.
- Miquel G, 2001. Les Effets Des Métaux Lourds Sur L'environnement Et La Santé, Rapport Du Sénat N 261, 365p, [Http://Www.Senat.Fr/Rap/L00-261/L00-2611.Pdf](http://Www.Senat.Fr/Rap/L00-261/L00-2611.Pdf)
- Mokrani Dj., 2012. Caractérisation Physico-Chimique Et Microbiologique Du Lait Camelin De La Région D'ouargla Et Biskra. Biskra, Algérie.
- Morrow, H. J. K. O. E. O. C. T. 2000. Cadmium And Cadmium Alloys. 1-36.
- Mostafidi, M., Moslehishad, M., Piravivanak, Z., Pouretedal, Z. J. F. S. & Technology 2016. Evaluation Of Mineral Content And Heavy Metals Of Dromedary Camel Milk In Iran. 36, 717-723.
- Nandi M, Lick H, Slone D, Shapiro S, Lewis G.P. 1969. Cadmium Content Of Cigarettes. *Lancet*. 2: 1329-1330.
- Navas-Acien A, Silbergeld Ek, Sharrett R, Calderon-Aranda E, Selvin E, Guallar E 2005- Metals In Urine And Peripheral Arterial Disease. *Environ Health Perspect.* ; 113(2) : 164-9
- Neamatallah, A. & Shaheen, A. J. J. O. K. A. U. 2012. Chemical Quality Of Camel Milk From Some Purchasing Locations In Jeddah City. 23, 207.
- Nguta, J. M. 2012. Heavy Metal Residues In Camel Milk From Kenya: Health Implications.
- Nilsson U, Schuktz A, Skerfving S, Mattsson S. 1995. Cadmium In Kidneys In Swedes Measured In Vivo Using X-Ray Fluorescence Analysis. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 67 : 405--411.
- Nishijo M, Nakagawa H, Honda R, Tanebe K, Saito S, Teranishi H Et Tawara K 2002-Effects Of Maternal Exposure To Cadmium On Pregnancy Outcome And Breast Milk. *Occup Environ Med.* ; 59(6) : 394-396 ; Discussion 397

- Nnadozie, C., Birnin-Yauri, U., Muhammad, C. & Umar, A. J. I. J. O. A. R. I. C. S. 2014. Assessment Of Some Diary Products Sold In Sokoto Metropolis, Nigeria. 1, 1-7.
- O.M.S 1974: Organisation Mondiale De La Santé.. Environmental Health Criteria For Cadmium.
- Oulad Belkhir A. , Bouzianne A. , Chehma A. Et Faye B. La Filiere Viande Cameline Dans Le Sahara Septentrional Algerien . *Revue Des Bioressources* Vol 3 N 2
- Pant, N., Kumar, G., Upadhyay, A., Patel, D., Gupta, Y., Chaturvedi, P. J. E. S. & Research, P. 2014. Reproductive Toxicity Of Lead, Cadmium, And Phthalate Exposure In Men. 21, 11066-11074.
- Parsaei, P., Rahimi, E. & Shakerian, A. J. P. J. O. E. S. 2019. Concentrations Of Cadmium, Lead And Mercury In Raw Bovine, Ovine, Caprine, Buffalo And Camel Milk. 28.
- Rahimzadeh, M. R., Rahimzadeh, M. R., Kazemi, S. & Moghadamnia, A.-A. J. C. J. O. I. M. 2017. Cadmium Toxicity And Treatment: An Update. 8, 135.
- Ranathunga, L.N. Et Esakkimuthu, M. 2017. A Review On Toxicity Of Heavy Metals Due To Intake Of Contaminated Bovine Milk. *Archives Of Agriculture And Environmental Science*, 2(3): 244-246.
- Rani, A., Kumar, A., Lal, A. & Pant, M. J. I. J. O. E. H. R. 2014. Cellular Mechanisms Of Cadmium-Induced Toxicity: A Review. 24, 378-399.
- Rikans, L. E., Yamano, T. J. J. O. B. & Toxicology, M. 2000. Mechanisms Of Cadmium-Mediated Acute Hepatotoxicity. 14, 110-117.
- Saini, N., Bhati, A., Singh, N. & Tuteja, F. J. V. P. 2007. Trace Mineral And Vitamin C Content Of Camel Milk: A Comparative Study. 8, 20-21.
- Sawaya W. N., Khalil J. K., Al-Shalhat A. F., Al Mohammed H, 1984. Chemical Composition And Nutritional Quality Of Camel Milk. *Journal Of Food Science*, 49,744- 747.
- Seiler L, Sigel H - *Handbook On Toxicity Of Inorganic Compounds*. New- York, Marcel Dekker Inc., 1987, Pp. 155-174
- Shalash, M. R.1979. Utilization Of Camel Meat And Milk In Human Nourishment. Provisional Report No. 6workshop On Camels, Khartoum, Sudan. Stockholm, Sweden: International Foundation Of Science. 285-306.
- Shao, X., Cheng, H., Li, Q. & Lin, C. J. A. E. 2013. Anthropogenic Atmospheric Emissions Of Cadmium In China. 79, 155-160.
- Siboukeur . Etude De Lait Collecté Localement Caractéristiques Physicochimiques Et Microbiologiques, Aptitudes La Coagulation. 2007. P 46-54.
- Slimani, N. (2015). Impact Du Comportement Alimentaire Du Dromadaire Sur La Préservation Des Parcours Du Sahara Septentrional Algérien. Cas De La Région D’ouargla Et Ghardaïa, 109p.
- Snider G, Hayes J, Korthy A, Lewis G. 1973. Centrilobular Emphysema Experimentally Induced By Cadmium Chloride Aerosol. *Am. Rev. Respir. Dis.* 108 : 40-48.

- Soltan, M., Al-Ayed, A., Ismail, M. & Shadeed, M. 2017. Effect Of The Environmental Factors On Some Element.
- Souilem Et Barhoumi. 2009. Particularités Physiologiques Du Dromadaire Et Implications Expérimentales
- Tellez-Plaza M, Navas-Acien A, Crainiceanu Cm Et Guallar E - Cadmium Exposure And Hypertension In The 1999-2004 National Health And Nutrition Examination Survey (Nhanes). *Environ Health Perspect.* 2008 ; 116(1) : 51-56
- Thomas, D. J., Waters, S. B., Styblo, M. J. T. & Pharmacology, A. 2004. Elucidating The Pathway For Arsenic Methylation. 198, 319-326.
- Thompson, J. & Bannigan, J. J. R. T. 2008. Cadmium: Toxic Effects On The Reproductive System And The Embryo. 25, 304-315.
- Verougstraete, V., Lison, D., Hotz, P. J. J. O. T. & Environmental Health, P. B. 2003. Cadmium, Lung And Prostate Cancer: A Systematic Review Of Recent Epidemiological Data. 6, 227-256.
- Waalkes, M. P. J. J. O. I. B. 2000. Cadmium Carcinogenesis In Review. 79, 241-244.
- Wani, Ara, Usmani. Lead Toxicity : 2015 Www.Ncbi.Nlm.Nih.Gov.
- Yagil R. Et Etzion Z., 1980. Effect Of Drought Conditions On The Quality Of Camel Milk. *J. Dairy. Res.*, 47, 159-166.
- Zibae, S., Hosseini, S., Yousefi, M., Taghipour, A., Kiani, M.A., Noras, M. 2015. Nutritional And Therapeutic Characteristics Of Camel Milk In Children: A Systematic Review. *Electronic Physician.* 7. 1523-1528. 10.19082/1523

BOUGRINAT AMEL ELKHIR

ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION DU LAIT DES CHAMELLES (*Camelus dromedarius*) PAR LE CADMIUM À OUARGLA

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du doctorat en médecine

RÉSUMÉ

Le lait occupe une place stratégique dans l'alimentation quotidienne de l'homme, de par sa composition équilibrée en nutriments de base, y compris lait chamelle qui constitue une ressource alimentaire inestimable pour les habitants des régions arides et semi arides de notre pays.

Notre travail vise à déterminer la concentration du Cadmium dans le lait camelin collecté au niveau de trois régions TOUGGOURT, TAYBET et OUARGLA ainsi que déterminer à travers une revue systématiques les teneurs de métaux (Pb, Cd, Ni) dans le lait camelin à travers le monde.

Les résultats révèlent que la teneur moyenne ($2.89 \pm 1.8 \mu\text{g/l}$) en Cd est supérieure à la limite maximale autorisée par l'UE ($2.6 \mu\text{g/l}$). Les taux du Cd sont plus élevés dans les échantillons de la région de Touggourt. Néanmoins, la mesure du risque toxicologique est faible ($0,0148 \pm 0,0092 \mu\text{g/Kg/J}$) suggérant un faible risque d'effets toxique pour l'homme.

La présente étude confirme l'intérêt de mettre en place de normes réglementaires des métaux lourds dans le lait afin d'obtenir un lait de bonne qualité.

Mots clés : Lait camelin, Cadmium, HQ, Algérie.

Encadreur : KERDOUN Med AMINE

Année Universitaire
2020-2021

