

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

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



كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم: البيولوجيا والجزئية الخلوية

Mémoire de Fin d'Études

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

Thème

Évaluation des risques sanitaires des éléments
traces métalliques liés à la consommation des
volailles en Algérie (cas de la wilaya de Jijel)

Membres de Jury

Président (e) : Dr KRIKA A
Examinateur : Dr MOHDEB R
Encadrant : Dr BOUNAR A

Présenté par

BOUFETTA Amina
MOULA Chahinez
BOUHELLOUF Roumaissa

Année Universitaire 2022-2023

Numéro d'ordre (bibliothèque) :

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

*Notre profonde gratitude à notre encadrante, **Dr. BOUNAR AMINA**.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre profond respect et notre reconnaissance pour tous vos conseils pertinents, pour vos encouragements indéfectibles et surtout pour votre merveilleux enthousiasme qui nous a guidé et nous a permis de donner le meilleur de nous.*

*Je remercie également, **Dr. MOHDEB** nous fait l'honneur d'examiner ce travail. Vos conseils me seront précieux.*

*Je remercie **Dr KRIKA**, merci d'avoir accepté de donner de votre temps pour présider mon jury et juger ce travail.*

Nous tenons aussi, à remercier l'ensemble des enseignants qui ont assuré notre formation durant le cursus de formation en BIOLOGIE.

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier le bon Dieu le tout Puissant de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.

*A La lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur; **Maman que j'adore.***

*A L'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour ma voir réussir, **à toi mon père .***

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tout mes frères ; **Khirdinne , Nassim, Mouhemmed salah et Naoufel;** et mes sœur ; **Chaima et Nesrin ,** je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient, pour leurs conseil, aides, et encouragement.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encourage, qui étaient toujours à mes coté, et qui m'ont accompagnées tout au long de mes études, ms aimables amies; **Marwa, Khawla, Nesrin, Marwa, Houda.....** et les deux familles : (**Bouhellouf et Mayache**).*

*A mon binom : **Boufetta Amina** ET Mon trinom : **Moula Chainaz***

Bouhellouf Roumaissa

Dédicace

Avec un cœur plein d'émotion que je dédie ce travail :

Au bon dieu le tout puissant qui ma donner la foi, le courage et volonté de mener à terme ce travail.

*A ma très **chère maman**, de m'avoir comblé d'amour et d'affection, de m'avoir transmit*

repères, principes et valeur, merci pour ta patience et ta présence. D'avoir partagé ma joie, je te serais éternellement reconnaissante.

*A mon très **chère papa**, ce modeste et noble père pour ton aide et ton soutien, pour ton appui*

et ton assistance, de m'avoir accordé confiance et de croire aveuglement en moi, je te promis

cher père que je m'attacherai à l'honorer, je te serai reconnaissante.

*A mes très chère frères **HACHaM, CHOUAIB, AYYOUB**, et à ma grande soeur **MARWA***

*Et la femme de mon frère **KAWTaR** pour leurs amours que*

dieu me les protège.

Boufetta Amina

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A ma très chère Mère et mon très cher Père

A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études

A ceux qui ont veillé pour mon bien être

A ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de ma vie

A ceux que j'aime et je respecte infiniment, Le jour est venu pour leur dire

Merci ...

A mes très chers frères Samir, Amine, Mohammed.

A mes très chères sœurs Wissam, Souhila.

A ma petite fille Sydra

A mon mari mon cher homme Hocine

Et toutes les personnes qui m'ont aidé dans mes recherches

Une dédicace à mes collègues, mes binômes, Roumiassa et Amina

A mes chères amies, surtout Imene

A tous mes enseignants et surtout Dr BOUNAR Amina

A ma famille et à tous ceux que je connais

CHAHINEZ

Liste des tableaux	v
Liste des figures	vi
Liste des abréviations	vii
Introduction	01

Chapitre I : Les éléments trace métalliques (ETMs)

I.1. Généralités sur les ETMs.....	03
I.2. Définition desETMs	03
I.3. Classification des Éléments Trace Métalliques (ETMs)	04
I.3.1. Les éléments essentiels.....	04
I.3.2. Les éléments toxiques.....	04
I.4. Origines des Éléments Trace Métalliques	05
I.4.1. Sources naturelles	05
I.4.2. Sources anthropiques.....	05
I.5. Transfert des Éléments Traces Métalliques aux animaux	06
I.6. Toxicité des ETMs.....	07
I.6.1. Exposition de l’homme aux ETMs.....	07
I.6.2. Effets des ETMs sur la santé humaine.....	07
I.7. Les ETMs les plus préoccupants pour la santé humaine	08
I.7.1. le cadmium	08
I.7.1.1. Définition du cadmium	08

I.7.1.2. Propriétés physico-chimique du cadmium	09
I.7.1.3. Sources du Cadmium.....	10
I.7.1.4. Toxicité du Cadmium	11
I.7.2. Le Plomb	12
I.7.2.1. Généralités sur le plomb.....	12
I.7.2.2. Propriétés physico-chimique du plomb	12
I.7.2.3. Principaux composés du Plomb.....	14
I.7.2.4. Sources du Plomb	14
I.7.2.5. Toxicité du Plomb	14
I.8. La bioaccumulation des Eléments Traces Métalliques.....	15
I.8.1. Assimilation.....	15
I.8.2. Bioaccumulation par l'individu : bioconcentration.....	15
I.8.3. Bioaccumulation entre individus : bioamplification	15

Chapitre II : La viande de poulet

II.1. Généralités sur la viande de poulet	17
II.2. Composition et valeur nutritive de la viande de poulet	17
II.3. Impotence nutritionnelle de la viande de poulet	17
II.4. Production de la viande de poulet.....	18
II.4.1. En Algérie	18
II.4.2. À Jijel	19
II.5. Consommation de la viande en Algérie	19

II.6. L'aviculture en Alegria	19
II.6.1. Alimentation.....	19
II.7. Contamination des volailles par les ETMs	21
II.8. Origines de la contamination de la viande de volaille	21
II.9. Pathologies des volaille.....	22
II.10. Les antibiotiques utilisés en élevage de volaille	23
II.11. Hygiène et prophylaxie.....	24

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1. Présentation de la zone d'étude.....	26
III.2. Travail sur le terrain.....	26
III.2.1. Provenance d'échantillonnage.....	26
III.3. Matériel	27
III.3.1. Échantillonnage.....	27
III.3.2. Préparation de la verrerie.....	29
III.4. Procédures expérimentales	29
III.4.1. Prétraitement des échantillons	29
III.4.2. Minéralisation	29
III.4.3. Dosage des ETMs par spectrophotomètre à l'absorption atomique	32
III.5. Expression des résultats	33

III.6. Évaluation des risques de toxicité des ETMs sur la santé	33
III.6.1. Dose journalière estimée (EDI)	33
III.6.2. Risques non Cancérogènes	34
III.6.3. Indices de risque (HI)	34
III.6.4. Risques Cancérogènes	35
III.7. Analyses statistiques	35

Chapitre IV. Résultats et Discussions

IV.1. Résultats.....	36
M1 . Concentrations des élément traces métalliques étudiées (Cd, Pb) dans la viande de poulet	36
M2 Comparaison des Concentrations du Cd et du Pb dans les différents sites	41
M3 Évaluation des risques pour la santé.....	44
IV.2. Discussion.....	45
M1 . Concentration des élément trace métallique étudiées (Cd, Pb) dans les viandes de poulet	45
M2 Comparaison entre les teneurs en Cd et Pb dans tous les sites.....	46
M3 Évaluation des risques pour la santé.....	46
VI. Conclusion	48

Références bibliographique

Résumé

Liste des tableaux :

Tableau	Titre	Page
Tableau 01	Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels	05
Tableau 02	les effets de quelques ETM sur la santé et l'environnement	08
Tableau 03	Les propriétés physico-chimiques du plomb	13
Tableau 04	Nombre de têtes et production de la viande de volaille en Algérie	18
Tableau 05	Production des viandes blanche à Jijel	19
Tableau 06	Principaux antibiotiques utilisés en aviculture	23
Tableau 07	Programme de prophylaxie	25
Tableau 08	Echantillons utilisés dans cette étude.	28
Tableau 09	Concentrations du Cadmium (Cd) dans le site 1 (TS) en (mg.kg ⁻¹).	36
Tableau 10	Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 1 (TS) en (mg.kg ⁻¹)	37
Tableau 11	Concentrations du Cadmium (Cd) dans le site 2 (BS) en (mg.kg ⁻¹)	37
Tableau 12	Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 2 (BS) en (mg.kg ⁻¹)	38
Tableau 13	Concentrations du Cadmium (Cd) dans le site 3 (SS) (mg.kg ⁻¹)	38
Tableau 14	Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 3 (SS) en (mg.kg ⁻¹)	39
Tableau 15	Les Concentration du Cadmium (Cd) dans le site 4 (JS) en (mg.kg ⁻¹)	40
Tableau 16	Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 4 (JS) en (mg.kg ⁻¹)	40
Tableau 17	Comparaison des Concentration du Cd et du Pb dans les différents sites en mg.kg ⁻¹	41
Tableau 18	Comparaison entre les teneurs en Cd et Pb dans tous les sites	43
Tableau 19	Dose journalière estimée (EDI), Quotients de risque (HQ), indices de risque (HI) et Risque incrémentiel de cancer (ILCR) liés à la consommation de la viande de poulet	44

Liste des figures :

Figures	Titre	Page
Figure 01	Cycle simplifié des ETM depuis les émissions jusqu'à l'exposition humain	06
Figure 02	Aspect du cadmium	09
Figure 03	Le plomb	13
Figure 04	Situation géographique de la Wilaya de Jijel.	26
Figure 05	Sites de prélèvement des échantillons	27
Figure 06	Protocol expérimental (prétraitement et minéralisation)	31
Figure 07	Spectrométrie d'absorption atomique (SAA).	32
Figure 08	Comparaison des Concentration du Cd dans les différents sites en mg.kg^{-1}	42
Figure 09	Comparaison des Concentration du Pb dans les différents sites en mg.kg^{-1}	42
Figure 10	Comparaison entre les teneurs en Cd et Pb dans tous les sites	43

Liste des abréviations :

%: Pourcentage.

°C: Degré Celsius.

ANOVA : Analyse de la variance.

APS: Algérie presse service

As : Arsenic

AT : Temps moyen pour les effets chroniques

BCF : Facteur de bioconcentration.

BS : Beni Belaid.

BW : Poids corporel moyen

Cd : Cadmium

Cd Cl₂: Chlorure De Cadmium.

Cd SO₄: Sulfate de Cadmium.

CdO: Oxyde De Cadmium.

CDS: Sulfure De Cadmium.

CEC : Capacité d'échange cationique.

CIRC: Centre International de Recherche sur le Cancer.

Cr : Chrome

CTA: Centre Technique Agricole.

Cu : Cuivre

ED : Durée d'exposition

EDI : Dose journalière estimée **EDTA** : Ethylène diamine tetracétique

EF : Fréquence d'exposition

ELM : El Milia

EMR : Emir Abdelkader

END : Andreu

ER : Eau Régale

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

Fe: Fer.

HF : Acide fluorhydrique

HI : Indice de danger **HQ**

: Quotient du danger

JS : Jijel

Mn: Magnésium.

Ni : nickel

OMS: Organisation Mondiale de la Santé .

ROS: Espèces Réactifs Oxygènes.

SAA: Spectrophotomètre D'absorption Atomique.

Se : selenium

SS : Sidi Abd Aziz

TDN: Teneur moyenne en nutriment digestible totale.

TS : Taher

Zn : zinc

INTRODUCTION

Introduction :

La contamination par les éléments traces métalliques (ETMs) est considérée comme un problème sérieux en raison de leur toxicité et de leur capacité à s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Certains aliments d'origine animale sont des composants importants pour l'alimentation humaine. Cependant, ils peuvent également contenir des produits chimiques et des contaminants qui constituent un facteur de risque pour la santé du consommateur (**Licata et al., 2004 ; Meshref et al., 2014**).

La viande de poulet est une source majeure de protéines animales et se distingue par la présence de nombreux acides aminés essentiels nécessaires à la santé et à la croissance humaine. Malgré sa haute valeur biologique, la qualité de la viande de volaille peut être compromise par la contamination des ETM causée par les émissions de diverses activités anthropiques (**Muttalib et al., 2018**). La bioaccumulation d'ETM dans la viande présente un risque pour la santé humaine et peut entraîner divers effets néfastes sur la santé dus à sa nature persistante et non biodégradable (**Al-Subeihi, 2021**). Les principales voies des ETM dans le poulet incluent les aliments pour volailles contaminés, l'eau potable et la transformation (**Laskyet al., 2004**).

Les niveaux d'ETM dans les produits à base de poulet et ses différentes parties (reins, foie et viande) du poulet des échantillons ont été largement rapportés dans la littérature (**Onianwa, 2000; Bohrer, 2007**). Cependant, les données sur les niveaux d'ETM dans les échantillons de poulet et les produits à base de poulet produits en Algérie sont très limitées. En raison de leur faible coût par rapport au rouge la viande, la viande de poulet et les produits à base de poulet sont largement consommés en Algérie.

Cette étude vise à évaluer les concentrations du Pb et Cd dans la viande du poulet d'une part, et d'évaluer les risques sanitaires liés à la consommation de ces aliments.

Notre mémoire est structuré de la manière suivante :

- ✓ Première partie : consacrée à **une Synthèse Bibliographique** où nous rappelant l'état des connaissances sur le cadmium, le cuivre et le plomb, ainsi que la contamination les viandes de volailles par ETM en Algérie.

- ✓ Deuxième partie : **Matériel et Méthode** qui se focalise sur le côté pratique du travail, le choix de site, d'échantillonnage ; la conservation des échantillons et les méthodes d'analyse adoptées ainsi que le protocole expérimental suivi dans cette étude et enfin les techniques effectuées.
- ✓ Troisième Partie : **Résultats et Discussion** dans laquelle nous allons représenter l'ensemble des résultats sous forme de graphiques et de tableaux et les discuter en les comparant avec d'autres recherches dans le même domaine.
- ✓ Dernière Partie : **Conclusion** où nous allons faire une synthèse des résultats obtenus suivie par des perspectives pour des études futures.

CHAPITRE I:

Les éléments traces métalliques

I. Les éléments traces métalliques (ETMs)

I.1. Généralités sur les ETMs

Les métaux lourds, ou éléments traces métalliques (ETM), ne sont généralement présents qu'en petites quantités dans le sol, l'eau et l'air. Certaines activités humaines dans lesquelles le charbon, le pétrole, l'incinération des déchets et nos procédés industriels redistribuent la contamination dans des milieux abondants à long terme. (**Belabed , 2010**)

La toxicité des éléments traces métalliques dépend de leur abondance dans l'environnement ainsi que de leur forme chimique (spéciation), elle-même influencée par les caractéristiques physico-chimique et minéralogiques de l'environnement. En fait, c'est l'appréciation qui détermine la mobilité et la biodisponibilité des éléments (**Goff, 2004**).

I.2. Définition des ETMs

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, ou dans certains cas métalloïdes. Les éléments traces métalliques sont définis comme étant des minéraux ayant une densité supérieure à 5 g.cm⁻³ (**O'Halloran and Cullota, 2000 ; Sanita di Toppi and PawlikSkowroilska, 2003 ; Furini, 2012**), ou 6 g.cm⁻³ (**Baize, 1997**). Les éléments traces métalliques ont un poids atomique entre 63,5 et 200,6 (**Srivastava and Majumder, 2008**). Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en petit nombre. Les oligo-éléments métalliques ont été ou sont encore utilisés dans de très nombreuses applications (industrielles, médicales, agricoles,...). Ces utilisations peuvent entraîner le rejet dans l'environnement d'une partie des quantités utilisées de certains de ces éléments. Cependant, ces ETM peuvent avoir une persistance importante dans le milieu naturel et avoir une toxicité et/ou écotoxicité avérée (**Gouzy and Ducos, 2008**).

Le terme « élément traces métallique (ETM) » est plus approprié que « métaux lourds ». En effet, certains oligo-éléments sont des métalliques, tels que Cd, Pb et Cu, tandis que d'autres ne sont pas particulièrement « lourds » tels que le zinc et l'arsenic qui est un métalloïde (**Picot, 2002 ; Elazhari, 2013**).

Aujourd'hui la présence des éléments traces métalliques dans les substances comestibles, même à de très faibles concentrations, constitue une menace mondiale pour la santé en raison de leurs effets toxiques et mutagène (**Gupta et al, 2010**).

I.3. Classification des Éléments Trace Métalliques (ETM)

Du point de vue biologique, il est important de distinguer les ETM essentiels à la vie de celles qui ne le sont pas ou dont les propriétés importantes sont inconnues pour au moins une classe d'organismes (**Errahmani, 2009**).

Le caractère essentiel d'un métal dépend de sa participation aux réaction biochimiques de l'organisme correspondant (**El Morhit, 2009**).

I.3.1. Les éléments essentiels

Les ETM tels que Cu, Mn, Zn, Mo, Se, Cr, Ni, sont indispensables au développement des processus biologiques en participant à de nombreuses réactions enzymatiques et métabolique, mais à de très faibles quantité ; ce sont les oligo-éléments. Cependant, un élément essentiel peut aussi être toxique à fortes concentration (**Aarab, 2004; Champeau, 2005; Nakib, 2010**). Ils ont une fenêtre critique, dans laquelle les concentrations dans l'alimentation des animaux ou dans le sol doivent être maintenues pour permettre à l'organisme de se développer et de se reproduire normalement (**Bur, 2008**).

I.3.2. Les éléments toxiques

Même à de faible concentrations, ce sont des éléments très toxiques pour les organismes vivants, et ils n'ont aucun effet bénéfique connu sur les cellules. Ces métaux comprennent : le plomb (Pb), le mercure (Hg) et le cadmium (Cd) (**Behanzin et al., 2014 ; Rinklebe et al., 2019**).

Tableau 1 : Principaux éléments métalliques essentiels et non-essentiels (**hopkin, 1989**).

Eléments essentiels majeurs	Oligo-éléments essentiels	Eléments "essentiels" en ultra trace	Eléments non essentiels
Calcium, Phosphore, Potassium, Soufre, Magnésium, Chlore, Sodium.	Fer, Iode, Cuivre, Manganèse, zinc, Cobalt, Molybdène, Sélénium, Chrome, Nickel, Vanadium, Silicone, Arsenic.	Lithium, Fluor, Aluminium, Étain, Plomb, Zinc.	Cadmium, Mercure.

I.4. Origines des éléments traces métalliques

Dans l'environnement, les éléments traces métalliques sont issus des sources naturelles et des activités humaines : industries, mines, agriculture, pollution domestique et urbaine (**Brown and Depledge, 1998 ; Burnol et al., 2004 ; Furini, 2012 ; Stankovic et al., 2014**).

I.4.1. Sources naturelles

Les éléments traces métalliques sont présents dans l'eau, l'air et le sol. Comme tous les minéraux, On les trouve dans les rochers. Ces réserves naturelles ne constituent pas en elles-mêmes Dangereux, mais exploitation de gisements minéraux, érosion, incendies de forêt, exploitation minière l'eau ou des éruptions volcaniques, répandraient des traces de ces élément dans environnement. S'ils sont trouvés en quantité suffisante, ils deviennent toxiques dans les organismes vivants. (**Miquel, 2001; Lamprea ,2009**).

I.4.2. Sources anthropiques

Les activités humaines sont la deuxième source d'émission des ETM. Les principaux types de pollutions anthropiques qui entraînent une augmentation des flux métaux sont les émission urbaines et industrielles, la pollution associée aux activités agricoles et la pollution industrielle (**Beckers and Rinklebe, 2017; Rinklebe et al., 2019**).

Les apports anthropiques des éléments traces métalliques proviennent de nombreuses sources, citons :

- Activités agricoles : Compatible avec les impuretés présentes dans les produits phytosanitaires (comme le cuivre dans les bouillies bordelaises ou le plomb dans les pesticides), ou les engrais (le cadmium dans les engrais phosphatés). (**Bril and Bollinger, 2006**).
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcation).
- Lixiviation des métaux des décharges d'ordures ménagères et des résidus solides (**Benariba et al., 2016**).
- Dépôts atmosphériques : ETM présents dans l'atmosphère depuis
Essentiellement des gaz et poussières d'origine industrielle (usines d'incinération d'ordures et d'ordures ménagères, fabrication de briques, combustion de charbon, etc.) (**Zhang et al., 2008 ; Tian et al., 2015 ; Izah and Angaye, 2016 ; Han et al., 2017 ; Aghoghovwia, 2018**).

I.5. Transfert des éléments traces métalliques aux animaux

Les éléments traces métalliques peuvent être transférés aux animaux par des processus qui peuvent résulter de la consommation d'eau contaminée provenant de la production végétale contaminée (aliments pour animaux céréales) ou de l'ingestion de sol contaminé lorsque les animaux paissent (**figure 01**) (**Petit, 2007 ; Hashemi, 2020**).

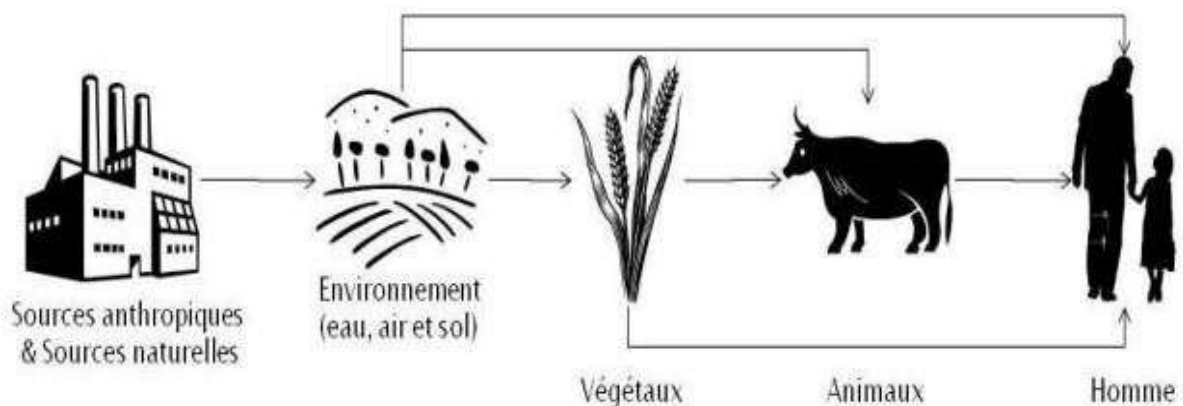


Figure 01: Cycle simplifié des ETM depuis les émissions jusqu'à l'exposition humaine (**Gouzy and Ducos, 2014**).

I.6. Toxicité des ETM

I.6.1. Exposition de l'homme aux ETMs

L'exposition permanente des êtres humains aux ETM est un problème grave et croissant dans le monde entier. Cette situation s'est considérablement aggravée ces dernières années avec l'explosion de l'utilisation des métaux dans les processus et les produits industriels (**Huss, 2011**).

Les gens absorbent les microéléments métalliques, qui se répartissent de différentes manières dans différents cycles de l'environnement et deviennent un réservoir de ces microéléments, qui ont un effet nocif sur la santé (**Beneditto, 1997 ; Antoniadis et al., 2019**).

L'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés (fruits, céréales, lait et produits laitiers, viande et parties d'animaux préalablement contaminées) est la principale cause de contamination humaine (**Petit, 2007 ; Antoniadis et al., 2019 ; Hashemi, 2020**).

I.6.2. Effets des ETMs sur la santé humaine

La contamination des aliments par les ETM a plusieurs effets négatifs sur la santé humaine.

Les symptômes les plus importants de la toxicité des ETM chez l'homme sont : la déficience intellectuelle chez les enfants, les troubles du système nerveux central, la dépression chez les adultes, l'insomnie, les pathologies des reins et du foie, l'instabilité émotionnelle et les troubles de la vision (**Flora et al., 2008 ; Janet al., 2011 ; Gupta al., 2019**).

Bien que la toxicité résultant d'une exposition soudaine ou professionnelle à de grandes quantités de métaux affecte généralement les systèmes organiques, la gravité de la toxicité dépend du type et de la forme des ETM, de la voie et de la durée de l'exposition et de la sensibilité individuelle (**Duruibe et al., 2007 ; Jan et al., 2011 ; Gupta al., 2019**).

En fait, le risque sur la santé humaine est d'abord associé aux propriétés des métaux lourds à polluer les eaux, l'atmosphère, les aliments et les sols (**Boukrah, 2008**).

Tableau 02 : les effets de quelques ETM sur la santé et l'environnement (**Tonneau, 2003**).

Métaux	Effets	
	Santé	Environnements
Cadmium	<ul style="list-style-type: none"> -potentiel toxique élevé -dommages rénaux pour des expositions chroniques à faible doses - Oxydes , chlorures , sulfates, et sulfures de cadmium sont classés Cancérogènes 	<ul style="list-style-type: none"> - perturbe l'écosystème forestier (décomposition de la matière organique , recyclage des nutriments) -chez les mammifères entraîne l'anémie , la diminution de la reproduction , de la croissances avec des lésions de foie et des reins -chez les poisson faibles concentration d'hémoglobine dans le sang et perte de Calcium
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> -Entraine l'anémie à forte dose - perturbe le système nerveux et les Reins - effets mutagène de l'acétate et du phosphate de plomb (expérience animal) 	<ul style="list-style-type: none"> -effets neurologique (plomb méthylé) sur le comportement (méso-faune et macro-faune) -Inibition de l'activité microbienne dans la décomposition de la matière Organique

I.7. Les ETM les plus préoccupants pour la santé

Parmi les ETM, on distingue principalement deux éléments se détachent nettement en ce qui concerne les risques pour la santé de certaines tranches de la population humaine : le cadmium et le plomb et aussi le cuivre (**Chatain, 2004**).

I.7.1. Le Cadmium

I.7.1.1. Définition du cadmium

Le terme « Cadmium » est tiré du mot latin médiéval « cadmia », un nom anciennement donné au carbonate de zinc, ou encore au mot gréco-latin « kadmeia » qui est une appellation désuète autrefois utilisée en Europe pour désigner les différents types de minerais de zinc oxydé (Klaassen, 2008).

Le Cd est un métal blanc argenté, légèrement bleuté, très malléable et ductile (Figure02) largement utilisé dans les pays industrialisés, relativement rare (Behrouze, 1995 ; Martineau, 2008), appartenant à la famille de métaux de transition. Il se trouve souvent associé dans les roches aux éléments du même groupe, comme le zinc et le mercure (Zorrig, 2010).

Le cadmium n'est pas essentiel au développement des organismes et ne semble pas être biologiquement bénéfique pour le métabolisme cellulaire. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques lui permettent de franchir les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus. (Chiffolleau et al., 1999).



Figure 02 : Aspect du cadmium (Arris, 2008).

I.7.1.2. Propriétés physico-chimiques

a. Propriétés physiques

Le cadmium est un métal ductile, blanc argenté avec des teintes de bleu lustré, dont le point de fusion est de $320,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, et le point d'ébullition est de $765\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le cadmium élémentaire a un nombre atomique de 48, une masse atomique de 112 g/mol et une masse volumique de $8,6\text{ g/cm}^3$ à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hoenner, 2006). Le cadmium forme des complexes stables avec certains composés organiques (cyanures, amines ...) (dange, 2002). Il n'existe pas de minéral pur de

cadmium à l'état naturel. On le trouve toujours associé aux minerais de zinc et de plomb (Joubert,2006).

b. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques du cadmium sont semblables à celles du zinc (Sarkar et al., 2002). L'ion cadmium est déplacé par le zinc métallique en solution. Il s'oxyde très peu à la température ambiante et brûle dans l'air en donnant de l'oxyde anhydre CdO, insoluble dans un excès d'hydroxyde de sodium (Miquel, 2001). À la forte température; il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes (Bouchardt, 1985).

Il réagit avec les acides et les bases. Le cadmium se dissout dans l'acide nitrique dilué et dans les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés et chauds (Miquel,2001). Sous sa forme métallique (Cd⁰), observable principalement après raffinage, le cadmium est insoluble dans l'eau, comme la plupart des métaux, il possède une faible pression de vapeur et est donc une substance considérée comme pratiquement non volatile (Urbiet,2008; Barbalace, 2012).

c. Propriétés biologiques

Le cadmium ne semble pas biologiquement bénéfique au métabolisme cellulaire (Chiffolleau et al., 1999). En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus(Das et al.,1997). Il remplace parfois le Zn dans des systèmes enzymatiques carencés en Zn (Lane and Morel, 2000).

I.7.1.3. Sources du cadmium

Le cadmium peut être présent dans l'eau naturelle lorsqu'il entre en contact avec des roches et des minéraux dissous. Les principales sources d'émissions de cadmium dans l'atmosphère sont les activités industrielles telles que le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et du pétrole, les incinérateurs de déchets municipaux et la métallurgie de l'acier(Casas, 2005).

Deux principales sources d'exposition au cadmium pour la population générale :

L'alimentation et le milieu professionnel, le cadmium est présent de façon importante dans certains aliments, comme les fruits de mer, les abats, certaines céréales (riz, blé...), les champignons et les

légumes et, dans une moindre mesure, dans le poisson, les fruits et la viande. En milieu professionnel, les situations d'exposition sont constituées surtout par l'exposition à la vapeur ou des fumées contenant du cadmium, notamment lors de travaux de soudure et de la fabrication de pigments, d'accumulateurs ou lors du découpage d'alliages au cadmium (**Andujaret et al., 2010**).

I.7.1.4. Toxicité du Cadmium

a. Devenir dans l'organisme

L'absorption digestive du cadmium est faible (environ 5 à 10%). Après passage par la barrière intestinale, le cadmium se trouve dans le sang ou il est rapidement distribué dans le foie et les reins et dans une moindre mesure dans le pancréas et la rate (**Ricoux et al., 2005**).

b. Exposition aigue et chronique

Le cadmium fait partie des éléments traces métalliques dits non essentiels (**Türkmen et al., 2005**). Du fait de sa forte toxicité, de sa capacité à être bio accumulé (**Jurado et al., 2007**) et de ses nombreuses utilisations, il est à l'origine de grandes préoccupations environnementales (**Yuet et al., 2006**).

Cependant, le cadmium présente des risques pour le consommateur humain même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes et à provoquer des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (**Proulhac and Marrec, 2012**). Il perturberait aussi l'intégrité des membranes cellulaires via la peroxydation des lipides (**Lavoie, 2012**). Les effets aigus n'apparaissent qu'après ingestion d'au moins 10mg de cadmium. Les symptômes observés sont des gastro-entérites avec des vomissements, des diarrhées, des myalgies et des crampes épigastriques (**Pillet, 2001**).

L'insuffisance rénale est le résultat de troubles hémodynamiques et d'effets toxiques directs sur les tubules rénaux. En cas d'empoisonnement massif, des troubles cardiovasculaires, une acidose métabolique sévère et une coagulation par consommation se produisent, entraînant la mort en quelques heures (**Pillet, 2001**).

L'exposition chronique au Cd est associée au développement de fibrose, de pneumonie, du cancer du poumon et d'emphysème pulmonaire chez l'humain (**Bonnel, 1955 ; Leduc et al., 1993 ; Chambers et al., 1994 ; Fernandez et al., 1996**). L'emphysème est souvent accompagné de troubles rénaux incluant l'excrétion de protéines à faible poids moléculaire dans l'urine (**Friberg**

et al., 1974). L'inhalation de chlorure de Cd cause le cancer du poumon chez le rat (**Takenaka et al., 1993**). Les cancers observés, surtout en milieu professionnel, touchent le tractus respiratoire (poumons, naso- pharynx) et éventuellement la prostate et le rein (**Beton et al.,1996**).

c. Effet cancérigène

Le cadmium est aussi considéré comme un agent tératogène et carcinogène, il a été classé dans la catégorie « cancérigène pour l'homme » par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), mais cette classification a été basée sur l'exposition par inhalation (**Waalkes, 2000**).

Le centre International pour la Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le cadmium comme cancérigène de type 1 (l'agent est cancérigène pour l'homme) ; il est associé aux cancers du pancréas, du foie, de la prostate, des reins, et des poumons(**Layachi, 2013**) .

I.7.2. Le plomb

I.7.2.1. Généralités sur le plomb

Le plomb, dérivé du nom latin "plumbum", est l'un des métaux les plus anciens et les plus largement utilisés par l'homme en raison de sa large distribution, de sa facilité d'extraction et de facilité d'utilisation. (**Garnier, 2005**)

A l'état naturel, le plomb est un métal gris bleuté, dense et malléable (**Bur, 2008**), généralement présent en très quantité dans la croûte terrestre (**Saka et al., 2011**), à environ 13mg/ kg il est exploité depuis 5000 ans (**Rodier, 1996 ; Nakib, 2010**). Le plomb existe sous trois formes de base plomb dissous, plomb colloïdal et Plomb granuleux (**Casa, 2005**). Dans les minerais, le plomb est souvent associé à l'argent et au zinc (**Aakam, 2015**).

I.7.2.2. Propriétés physico-chimique :

Le plomb (symbole Pb) est un élément métallique bleu-gris (**figure 03**) du groupe IV-A de Mendeleïev du tableau périodique des éléments (**Huynh, 2009**). Il a un numéro atomique de 82 et un poids atomique de 207,2 g.mol⁻¹. Solide dans les conditions ambiantes de pression et de température (**Benmansour, 2012**). Densité élevée (11,34 g/cm) et point de fusion bas (**Bliefert and Perraud, 2009**). Malléable, élastique et très doux (**Hordart, 2003**).



Figure 03 : Le plomb (Casarett,2008).

Tableau 03: Les propriétés physico-chimiques du plomb (Chahid, 2016).

Symbole	Pb
Numéroatomique	82
Masse atomique	207,2 g/mol
Masse volumique	11,34 g/cm ³ a 20 °C
Isotope	4
Température de fusion	327 °C
Température d'ébullition	1755 °C
configuration électronique	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²

I.7.2.3. Sources du Plomb

a. Sources naturelles

La libération et la diffusion spontanées de particules de plomb se produisent lors d'éruptions volcaniques, de l'érosion du sol et de la génération de poussière. Cependant, ces sources ne représentent qu'une petite partie de l'origine environnementale de ce métal, les sources anthropiques étant les principales sources (**Chou and Harper, 2007**).

b. Sources anthropiques

Extraction, fusion et raffinage de minerais de plomb ou de sous-produits du plomb (**Chou and Harper, 2007 ; Santé Canada, 2013**). La sidérurgie rejette également de grandes quantités de plomb dans les masses d'eau (**Gouz and Ducos, 2008**). Dans une moindre mesure, la combustion du charbon et l'incinération des déchets résiduels contribuent à des concentrations plus élevées de plomb dans l'atmosphère. Bien qu'elle soit actuellement interdite dans 24 véhicules, l'essence au plomb, qui contenait du plomb tétraéthyle comme agent antidétonant jusqu'en 1992, était la principale source de diffusion du plomb dans l'environnement (**Uveges et al., 2002; Santé Canada, 2013; Amara et al., 2016**).

I.7.2.4. Toxicité du plomb :

La toxicité des composés minéraux du plomb est liée à une solubilité élevée et faible dans l'eau (**Viala and Botta, 2005**). Les composés et sels de plomb sont plus toxiques que le plomb métallique (**Bliefert and Perrot, 2003**). Le plomb pénètre dans le corps humain soit par ingestion soit par inhalation, se diffuse dans la circulation sanguine vers les organes où il est stocké (cerveau, cheveux, os, etc.) et traverse la peau (**Miquel, 2001**). Provoque une toxicité aiguë dans les organismes à partir de 0,1 mg/l (**Gaujous, 2005**). L'intoxication aiguë provoque une néphropathie tubulaire avec anurie et peut s'accompagner de lésions neuromusculaires (**Ramade, 2000**). Les jeunes enfants atteints de coup de fouet cervical sont particulièrement sensibles aux effets neurocomportementaux toxiques du plomb, caractérisés par un déclin cognitif léger ou irréversible (**Savary, 2003 ; Tremel-Shaub, Fiex, 2005**).

L'intoxication aiguë est rare. L'intoxication habituelle est associée à une exposition chronique (**Miquel, 2001**). Le saturnisme est communément appelé « saturnisme » (**Savary, 2003**). Une dose

de 1 mg de plomb s'est avérée suffisante pour provoquer rapidement un empoisonnement au plomb (Viala and Botta, 2005).

L'intoxication chronique se caractérise par l'apparition d'anémie, de jaunisse, de bourrelets de plomb sur les gencives, d'anorexie, de douleurs à l'estomac, etc. (Benecke, 2004).

I.8. La bioaccumulation des éléments traces métalliques :

La bioaccumulation est définie comme étant l'accumulation d'un polluant dans un organisme, résultant d'une contamination soit directe par l'eau, soit indirecte par voie alimentaire (Amiard-Triquet, 1989, levet et al., 2008). Elle est un processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il la métabolise et l'excrète (Ramade, 1992). C'est la résultante des phénomènes de l'assimilation, de bioconcentration et de bioamplification (Barkouch, 2007).

I.8.1. Assimilation :

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe par contact (par l'air ou l'eau) qui provoque un phénomène d'adsorption, la substance toxique reste à la surface, et la voie interne par assimilation ou absorption (Nakib , 2010).

I.8.2. Bioaccumulation par l'individu : La Bioconcentration

La bioconcentration d'une substance par un organisme est définie comme la prise directe de cette substance dans le milieu environnant sans tenir compte de son ingestion et de son assimilation (Ramade, 1992). Les métaux lourds en général sont concernés par la bioconcentration mais plus particulièrement le mercure, lorsqu'il est présent sous sa forme organique (méthylmercure). Ce processus d'accumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du contaminant étudié dans le milieu et sa concentration dans l'organisme et ce ratio est dit « facteur de bioconcentration (FBC) » (Nakib, 2010).

I.8.3. bioaccumulation entre individu : La bioamplification

La bioamplification est une forme particulière de bioaccumulation, caractérisée par une augmentation de la concentration dans les prédateurs par rapport à leurs proies (Amiard- Triquet, 1989). C'est la circulation du polluant dans les milieux trophiques, des espèces se nourrissent sur des créatures ayant concentré les polluants dans leurs organismes et donc l'espèce est affectée par

les polluants aussi, de cette manière le contaminant se déplace d'une espèce à une autre et c'est ce qu'on appelle l'amplification (**Mique, 2001; Arantesi et al., 2015**).

CHAPITRE II :
LA VIANDE DE POULET

II. la viande de poulet

II.1. Généralités

La viande est la chaire des animaux utilisée pour l'alimentation humaine (**Benaissa, 2011**). Selon l'organisation mondiale de la santé animale, la viande désigne toutes les parties d'oiseau (**Abaz and Rahmani, 2014**). Dans ce vocabulaire sont incluses l'Anschaire des mammifères (Ovin, bovin, caprin, camelin ...) et des oiseaux (poulet, dinde, pintade ...). La qualité de la viande est fonction de l'âge, du sexe, et de la race de l'animal et de l'alimentation (**Benaissa, 2011**).

Les viandes se caractérisent par une grande hétérogénéité (**Staron, 1982**). Elle est constituée essentiellement de faisceaux musculaires entourés par un tissu conjonctif, auxquels s'ajoutent du tissu adipeux, fibres nerveuses et des vaisseaux sanguins (**Hui, 2012; Lakehal, 2018**).

II.2. Composition et valeur nutritive de la viande de poulet :

Les viandes de volailles sont importantes en alimentation humaine puisqu'elles permettent un apport protéique intéressant pour une teneur faible en matière grasse (**Alais et al., 2010**).

La composition chimique de la viande est variable (**Ouali, 1991**). Les principaux facteurs de variation de la composition chimique de la viande sont selon l'espèce d'un animal à un autre, et au sein d'un même animal d'un muscle à un autre, l'âge de l'animal à l'abattage et parfois la race (**AFSSA, 2003**).

II.3. Importance nutritionnelle de la viande de poulet :

Les viandes de volailles (majoritairement de poulet) sont des produits de bonne qualité nutritionnelle (**Boukhalifa, 2006**), diététique, économiques, commodes, faciles à cuisiner, qui conviennent à toutes les catégories d'âge (**AFSSA, 2006**).

La viande de volaille est caractérisée comme un aliment adapté à la consommation par tous les groupes d'âge, en plus de contenir une valeur nutritionnelle élevée, car elle est riche en protéines, vitamines et minéraux (**Bordoni, 2017; Danesi, 2017; Malia Frey, 2020**).

II.4 Production de la viande de poulet

II.4.1. En Algérie

De toutes les productions animales en Algérie, l'aviculture est la plus intensive, tant pour les œufs que pour la viande de consommation. Complètement « artificialisée » depuis les Années 1980, réalisée industriellement dans toutes les régions du pays, même dans le sud du pays, mais plus concentrée autour des grandes villes du nord (**Inraa, 2003**).

Les Algériens manquent de protéines animales dans leur alimentation en raison du prix élevé des produits carnés, Cependant, à mesure que les revenus des citoyens augmentent et que les habitudes alimentaires changent, la demande pour ces produits augmente également. Mais compte tenu du prix élevé de la viande rouge, les consommateurs algériens ont commencé à se tourner vers la viande blanche plus facilement disponible, en particulier le poulet de chair (**Benatmane, 2012**).

Selon les statistiques de la **FAO (2020)**, l'Algérie a produit 278.279 tonnes de viande de volaille en 2018 soit plus de 278 millions de têtes d'abattage (**tableau 04**). Par rapport à l'année précédente, la production a augmenté de 0,8%.

Tableau 04: Nombre de têtes et production de la viande de volaille en Algérie (**FAO, 2020**).

Zone	Élément	Année	Unité	Valeur
Algérie	Animaux Producteurs/Abattus	2016	1000 têtes	278.507
		2017	1000 têtes	276.014
		2018	1000 têtes	278.279
	Production	2016	Tonnes	278.507
		2017	Tonnes	276.014
		2018	Tonnes	278.279

II.4.2 À Jijel

La production de viande blanche des volailles est une industrie importante dans la région de Jijel en Algérie, Cette industrie fournit des emplois à de nombreux habitants de la région et contribue a l'économie local.

Tableau 05 : Production des viandes blanche à Jijel

Année	Production des viandes blanches à Jijel	
	Poulets (Qx)	Dindes (Qx)
2018-2019	103408	945
2019-2020	104594	9272
2020-2021	93974	268
2021-2022	43693	0

II.5 Consommation de la viande de poulet en Algérie

Les algériens consomment de moins en moins de viande rouge au profit de divers types de viande blanche (poulet et dinde). Cette consommation est encore faible par rapport aux pays voisins. Cette viande permet également de réduire les déséquilibres nutritionnels. Les Algériens restent parmi les consommateurs les plus faibles, loin derrière les Européens avec 23,7 kg, les Brésiliens (37kg) ou les Américains (52,6 kg) . Compte tenu du prix élevé de la viande rouge, les consommateurs algériens se tournent vers la viande blanche plus facilement disponible, notamment le poulet de chair. (Senouci and Naak ,2018).

Au cours des deux dernières décennies, la consommation de volaille en Algérie a continué de croître, d'environ 10% par année (APS, 2019).

II.6. L'aviculture en Algérie

II.6.1. Alimentation

Les volailles doivent recevoir des aliments qui leur apportent les éléments essentiels à la vie, c'est-à-dire une quantité suffisante de macronutriments (protéines, lipides, glucides)

apportés par les matières premières et de micronutriments (vitamines, minéraux et oligoéléments) nécessaire pour couvrir tous les besoins physiologiques, en évitant toute carence alimentaire visible (**Magnin and Bouvarel, 2011**).

L'alimentation est l'un des enjeux majeurs de l'élevage avicole vu son rôle primitif dans le métabolisme animal, son coût économique et son impact environnemental (**Batonon et al., 2014**).

Elle est constituée de :

- Restes alimentaires de la famille de l'éleveur ;
- Produit et sous-produit des récoltes agricoles (maïs, manioc, arachide et autres), d'autres sous-produits alimentaires ;
- Mélanges alimentaires effectuées en appliquant quelques formules proposées (**Koyabizo, 2009**).

Selon FAO (2004), en conditions naturelles, la volaille perche dans les arbres et passe la majeure partie de la journée à chercher sa nourriture. Les poulets dépensent beaucoup de temps à gratter le sol afin de déterrer les éléments enfouis.

Selon les spécialistes du ministère de l'agriculture, les éleveurs algériens utilisent environ 2,5 Kg d'aliments pour produire 1 kg de viande blanche. Or la norme internationale est ramenée à 1,8 Kg d'aliment pour un kilogramme de viande (**Abachi, 2015**). En fait, le régime alimentaire comprend généralement 3 types d'aliment : l'aliment démarrage, l'aliment croissance et l'aliment finition. Ils sont composés en fonction des besoins nutritionnels du stade de développement du poulet (**Sow, 2012**). Le tableau ci-dessous résume les principaux apports alimentaires du poulet de chair durant les trois périodes :

Les aliments destinés aux volailles sont majoritairement constitués de céréales : en moyenne de 34 % de blé, 27 % de maïs, 27 % de tourteau de soja et 12 % d'autres matières premières et dans une moindre mesure l'orge (**Batonon, 2014**).

II.7. Contamination des volailles par les ETMs :

L'excès de minéraux a des effets néfastes sur les animaux et les prédateurs. Ces minéraux essentiels doivent être présents à des concentrations idéales dans les aliments pour oiseaux afin d'assurer la sécurité pour la santé animale et humaine. Ces minéraux doivent être ajoutés au régime alimentaire selon les directives d'un nutritionniste.

Cependant, il existe toujours une possibilité de contamination des aliments pour oiseaux par des substances toxiques ou des additifs nutritionnels dans l'environnement et doit être soigneusement contrôlée. Différents ingrédients dans les aliments pour oiseaux tels que les minéraux, les additifs pour les fruits de mer (par exemple la farine de poisson, les algues), les oligo-éléments (sulfate de cuivre, oxyde de zinc), le Roxarson (pour tuer les parasites et améliorer la couleur de la viande) et les agents antiagglomérants peuvent être une source de pollution par les métaux lourds. Des facteurs tels que la pollution des eaux souterraines, la pollution de l'environnement et les déchets industriels sont les causes de la contamination des aliments. Le mercure, le cadmium, le plomb et l'arsenic sont très préoccupants car ils ont des propriétés toxiques et n'ont pas de fonction biologique importante (Gump ,et al.,2020; López- Alonso ,2012). L'arsenic, le plomb, le mercure et le zinc causent de graves problèmes de santé (Jadhav ,et al., 2007).

II.8. Origines de la contamination de la viande de volaille :

La viande de volaille est considérée comme responsable de nombreuses infections alimentaires dans le monde (Sofos, 1994). Différents facteurs sont à l'origine de cette contamination. Selon l'origine de contamination, les microorganismes de la viande peuvent être endogènes ou exogènes (Cartier, 2004).

a. Origines exogènes :

- L'aliment et en particulier les matières premières d'origine animale ont depuis longtemps été incriminés dans la contamination des animaux (Lehellec, 1991).
- Selon JOVE (1996), *Clostridium perfringens* et de *Staphylococcus aureus* sont des micro-organismes couramment présents dans le sol, la poussière ou les matières fécales des animaux et dans les bâtiments d'élevage. De même il n'est pas rare

d'isoler *Salmonella sp*, *Campylobacter sp* ou *Listeria sp* dans l'environnement des bâtiment.

- Contamination par les vecteurs animés (oiseaux, rongeurs et insectes) (**COLIN, 1992**).
- L'eau utilisée abondamment pendant les opérations d'échaudage et de plumaison, constitue une source de contamination directe et indirecte, par inter-contamination des carcasses (**Geornaras et al, 1996**).
- Le niveau de contamination des abattoirs de volaille est élevé (**Auclair et Simard, 1982**). Les opérations d'abattages, constituent des points à risque extrêmement importants, les possibilités de contamination et de propagation des microorganismes pathogènes sont grandes. Elles peuvent se réaliser non seulement d'une carcasse à l'autre, à l'intérieure d'un même lot, mais également d'un animal à un autre issu d'un élevage différent (**COLIN, 1992**).

b. Origines endogènes

Les microorganismes contaminants proviennent de l'animal à partir duquel l'aliment est produit. Les appareils digestif et respiratoire des animaux sont un réservoir à microorganismes (**Cartier, 2004**). La plupart des contaminations d'origine endogène sont d'origine intestinale. Ce sont des bactéries anaérobies (*Clostridium*) aéroanaérobie (Entérobactéries : *E.coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*) ou des microorganismes aérophiles (Entérocoques). Ces germes contaminent le muscle lors de l'éviscération et de la découpe de la carcasse (**Leyral et Vierling, 1997**). L'essentiel des germes contaminants la viande est apportée au cours de l'abattage. C'est une contamination négligeable au début mais devient importante après quelques heures (**Bourgeois, Mescle et Zucca, 1996**).

II.9. Pathologies des volailles

Les volailles sont exposées au cours de sa vie à de nombreuses maladies infectieuses et mortelles, et la gravité des maladies de la volaille réside dans leur apparition soudaine, leur propagation rapide et la difficulté à les contrôler, en particulier les maladies virales. Les maladies affectant les volailles sont réparties selon leurs causes dans les catégories suivantes :

a. maladies virales : dont la plus célèbre est la maladie de Newcastle, sont une maladie à propagation rapide qui affecte les poulets de tous âges. L'infection se produit en respirant de l'air

et en mangeant des aliments ou de l'eau contaminés par le virus de la maladie, ce qui provoque une diarrhée qui a tendance à avoir une couleur vert foncé. L'infection se propage par la juxtaposition de poulets malades et de poulets sains.

b. Maladies parasitaires : maladie de la coccidiose cette maladie survient à la suite de la multiplication de bactéries appelées *America*, qui sont des parasites et des monocytes qui provoquent une léthargie associée à une diarrhée sanglante ou aqueuse chez les poulets.

c. Maladies de malnutrition : Ce sont des maladies liées au manque de certaines vitamines dans le corps de la volaille, à savoir les vitamines A, E, K, complexe B, ainsi que le manque de certains sels minéraux tels que le phosphore, le zinc et le calcium.

II.10. Les antibiotiques utilisés en élevage de volaille :

Comme tout être vivant, les animaux sont sujets à des maladies qu'il est nécessaire de prévenir ou de traiter. Pour cette raison, des médicaments vétérinaires sont administrés si nécessaire aux animaux d'élevage. C'est en particulier le cas des antibiotiques.

L'antibiotique est une substance antibactérienne d'origine biologique (produit par des microorganismes) ou de synthèse chimique (Djennan, 2017). En 2001, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a estimé qu'au moins 50 % des antibiotiques produits dans le monde étaient destinés aux animaux d'élevage.

Nous mentionnons les plus importants de ces antibiotiques utilisés dans le domaine de l'aviculture dans le **tableau 06.** (Sinaly, 2014)

Tableau 06 : Principaux antibiotiques utilisés en aviculture (Sinaly, 2014)

Antibiotiques	Exemple
.β-lactamine	- Aminopénicillines : Ampicilline et Amoxicilline - Céphalosprines : Ceftiofur
Aminosides et apparentés	- Dihydrostreptomycines (DHS), Gentamicine, Némycine - Framycétine
Quinolones	- Acide oxolonoïque, Fluméquine, Enrofloxacin
Tétracyclines	- Chlorotétracycline, Oxytétracycline
Polypeptides	- Colistin (Plymixine E)
Macrolides et apparentés	Erythromycine, Josamycine, Lincomycine
Sulfamides	- Sulfadiazine, Sulfadimidine, Sulfadiméthoxine
Diaminopyrimidines	Triméthoprime

II.11. Hygiène et prophylaxie :

Selon Sow (2012), la prophylaxie c'est l'ensemble des mesures qui permettent de mettre les poulets à l'abri des maladies. Elles sont de deux ordres :

La prophylaxie sanitaire qui est l'ensemble des mesures de propreté et d'hygiène (le nettoyage et la désinfection.

- La prophylaxie médicale qui repose sur la vaccination et les traitements préventifs

a) prophylaxie sanitaire :

Selon Bedrane (2016), pour limiter les possibilités de contamination d'un élevage, il faut :

- Éviter la proximité des grands axes de circulation fréquentés par des véhicules allant d'un élevage à l'autre.
- L'éloigner le plus possible de tout autre élevage.
- Distance entre bâtiments.
- La bande unique. Chaque phase de la production devrait se faire en bande unique, afin de respecter « tout plein- tout vide ».
- Vide sanitaire : La durée minimale du vide sanitaire doit correspondre au temps nécessaire pour assécher entièrement le poulailler soit en moyenne une quinzaine de jours, cette période sera donc plus longue en saison froide et humide.

b) prophylaxie médicale :

Elle est menée sur la base d'un programme de prophylaxie bien établi. la vaccination ne peut être réussie si les règles de conservation et d'administration du vaccin sont respectées (**Sow,2012**).

L'utilisation des vaccins et traitement est généralement déterminée par certaines règles et pratiques qu'on doit respecter bien avant le choix des produits.

- Le personnel appelé à intervenir doit recevoir une formation adéquate et chaque intervention doit être préparée et supervisée par une personne techniquement compétente. En plus il est impérativement nécessaire de rédiger un manuel rappelant en détail le déroulement de chaque opération de vaccination ou traitement.

- Le matériel nécessaire (nébuliseur, seringues...etc.) doit être correctement entretenu, et révisé avant chaque utilisation.
- Les vaccins et traitements nécessaires doivent être stockés dans de bonnes conditions de conservation et en quantité permettant de couvrir les besoins prévus. Les dates de fabrication et d'expiration sont vérifiées. Les emballages vides sont détruits.
- Le recours régulier aux services d'un laboratoire permet de mieux prévenir les problèmes sanitaires d'une part, et d'évaluer l'efficacité des interventions d'autre part :

Les vaccins utilisés doivent provenir d'instituts de production réputés sérieux, dont les produits répondent aux normes de contrôle en vigueur. Ils doivent voyager dans des emballages étanches et isothermes et être stockés dans les conditions définies par le producteur (**Aviagen,2014**).

Tableau 07 : Programme de prophylaxie (Sow, 2012).

Jour	Opération
1	Vaccin HB1-antistress
2	Antistress
3	Antistress
8	Vaccin GUMBORO-antistress
9	Antistress
10	Antistress
21	Rappel HB1-antistress
22	Antistress
23	Antistress
28	Rappel GUMBORO-antistress
29	Antistress

CHAPITRE III :

Matériel et méthodes

III. Matériel et méthodes

Ce travail a été réalisé au niveau de laboratoire du département des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université de Jijel. 36 échantillons de viande de poulet ont été analysés afin d'évaluer les teneurs en quelques éléments traces métalliques (Pb et Cd).

III.1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Jijel est située à 300 km de l'Est de la capitale Alger, la wilaya de Jijel est limitée au nord par la mer Méditerranée à l'ouest par la wilaya de Bejaia à l'Est par la wilaya de Skikda, au sud-ouest la wilaya de Sétif, au sud par la wilaya de Mila et enfin au sud-est par la wilaya de Constantine (CCII, 2014).

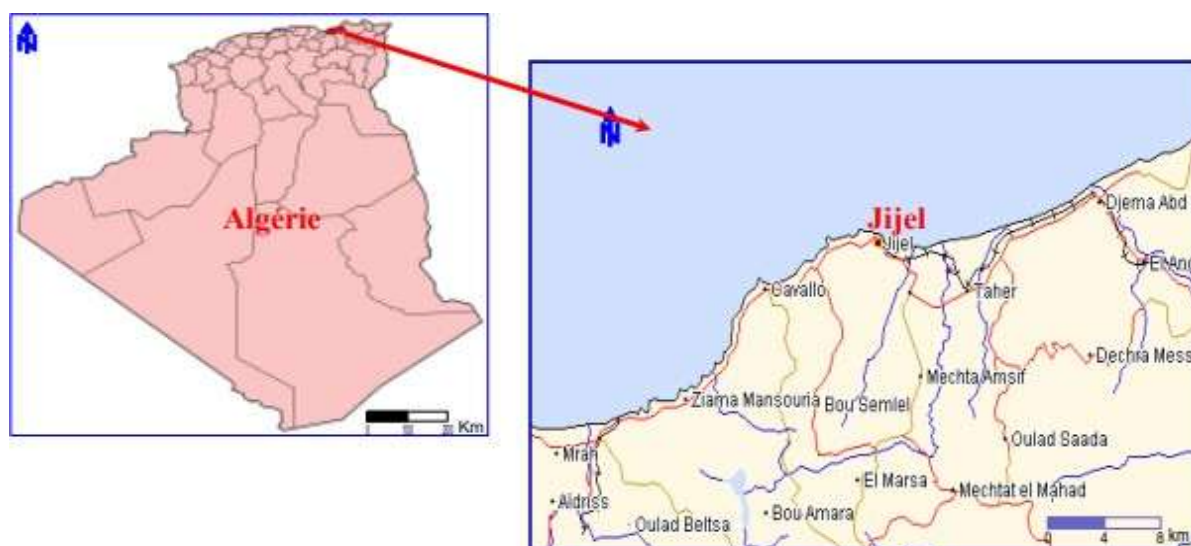


Figure 04 : Situation géographique de la Wilaya de Jijel.

III. 2. Travail sur le terrain

III.2.1. Provenance d'échantillonnage

Les échantillons sélectionnés pour cette étude ont été prélevés dans quatre régions (Taher, Sidi Abd Aziz, Beni Belaid et Jijel) (figure 0)

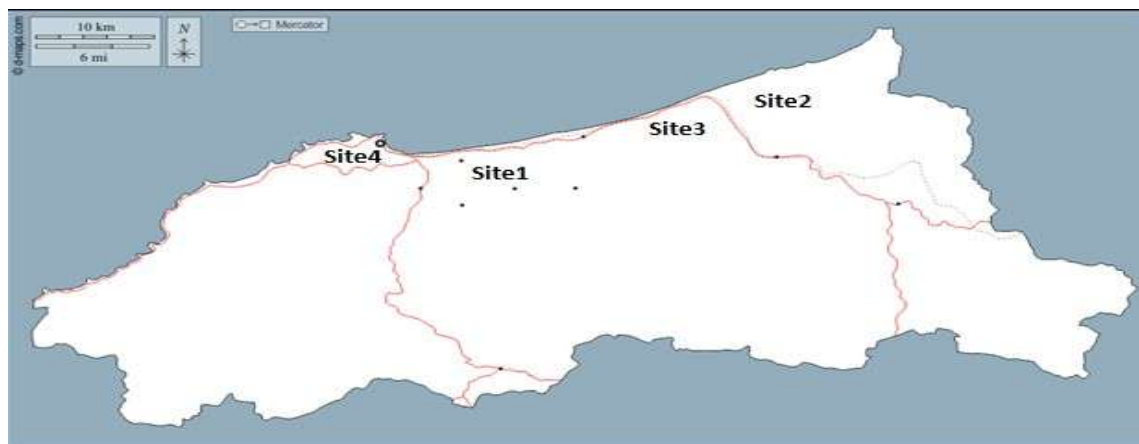


Figure 05: Sites de prélèvement des échantillons

Site 1 :Taher (TS): située au Sud-Est de Jijel. Les échantillons ont été sélectionnés chez trois bouchers différents (une seule source). Cette zone est caractérisée par la présence de nombreux éleveurs de poulets, ce qui a facilité le processus de sélection des échantillons.

Site 2 : Beni Belaid (BS) : Situé à l'Est de la ville de Jijel. La région est connue depuis l'Antiquité pour l'élevage d'animaux (volaille, bétail) en raison de la nature de ses terres steppiques. Des échantillons ont été prélevés chez trois bouchers (une source).

Site 3 : Sidi Abd Aziz (SS): Située à l'Est de la ville de Jijel. Les échantillons ont été prélevés au trois bouchers (une seule source). Cette région est caractérisée par l'aviculture des volailles en raison de sa situation montagneuse.





Site 4 : Jijel (JS) : Situé à l'est de l'Algérie. Il bénéficie de conditions favorables à l'aviculture, telles que des ressources fourragères et un climat tempéré. Les échantillons ont été prélevés à partir de trois bouchers (une seule source).

III.3. Matériel

III.3.1. Échantillonnage

Dans cette étude, nous avons 4 type (sources) de viande de poulet, 9 échantillons de chaque type ont été collectés à partir différents quartiers choisis au hasard dans la wilaya de Jijel (**Sidi Abd Aziz, Taher, Beni belaid et Jijel**).

Tableau 08 : Échantillons utilisés dans cette étude.

Site(source)	Code		
<p>Taher</p> 	TS1 ₁	TS1 ₂	TS1 ₃
	TS2 ₁	TS2 ₂	TS2 ₃
	TS3 ₁	TS3 ₂	TS3 ₃
<p>Beni Belaid</p> 	AS1 ₁	AS1 ₂	AS1 ₃
	AS2 ₁	AS2 ₂	AS2 ₃
	AS3 ₁	AS3 ₂	AS3 ₃
<p>Sidi Abd Aziz</p> 	SS1 ₁	SS1 ₂	SS1 ₃
	SS2 ₁	SS2 ₂	SS2 ₃
	SS3 ₁	SS3 ₂	SS3 ₃
<p>Jijel</p> 	JS1 ₁	JS1 ₂	JS1 ₃
	JS2 ₁	JS2 ₂	JS2 ₃
	JS3 ₁	JS3 ₂	JS3 ₃

III.3.2. Préparation de la verrerie

Afin d'éliminer tout risque de contamination des échantillons par les métaux lourds, tous les tubes et verreries utilisés sont lavés, rincés avec de l'eau de robinet, puis immergés dans l'eau distillée contenant l'acide nitrique à 10% pendant 24h. La verrerie et les tubes sont ensuite rincés pour une deuxième fois avec l'eau distillée, et séchés à l'aide d'une étuve avant leur utilisation (ISO, 1994).

III.4. Procédures expérimentales

III.4.1. Prétraitement des échantillons

✓ Rinçage

Les échantillons ont été lavés séparément à l'eau de robinet en respectant les conditions d'hygiène.

✓ Séchage

Les échantillons de viande ont été séchés dans une étuve à ventilation à 105 °C jusqu'à ce qu'un poids constant soit atteint.

✓ Broyage

Les échantillons ont été broyés avec un mortier jusqu'à l'obtention des particules très fines.

III.4.2. Minéralisation

L'étape de digestion est une étape essentielle car elle limite les interférences liées à la matière organique. Dans notre étude, la minéralisation humide a été réalisée comme suit :

Dans un bécher en verre 2 g de chacun des échantillons de viande séchée ont été digérés dans une solution contenant 10 ml de mélange (acide nitrique et acide sulfurique). L'ensemble est maintenu dans un bain de sable à une température d'environ 100°C pendant environ une 1h jusqu'au séchage complet des échantillons.

Une fumée brune va apparaître indiquant l'oxydation de la matière organique, Après l'évaporation totale de la solution et le refroidissement on ajoute 1ml de HCl (0,5%) et 1ml de HNO₃(2%), ensuite, les échantillons ont été filtrés par un papier filtre et transférés dans un flacon stérile et

compléter le volume à 25 mL avec de l'eau distillée, les échantillons ont été conservés à l'abri à 4°C (Mohamed and youssef ;2020) .

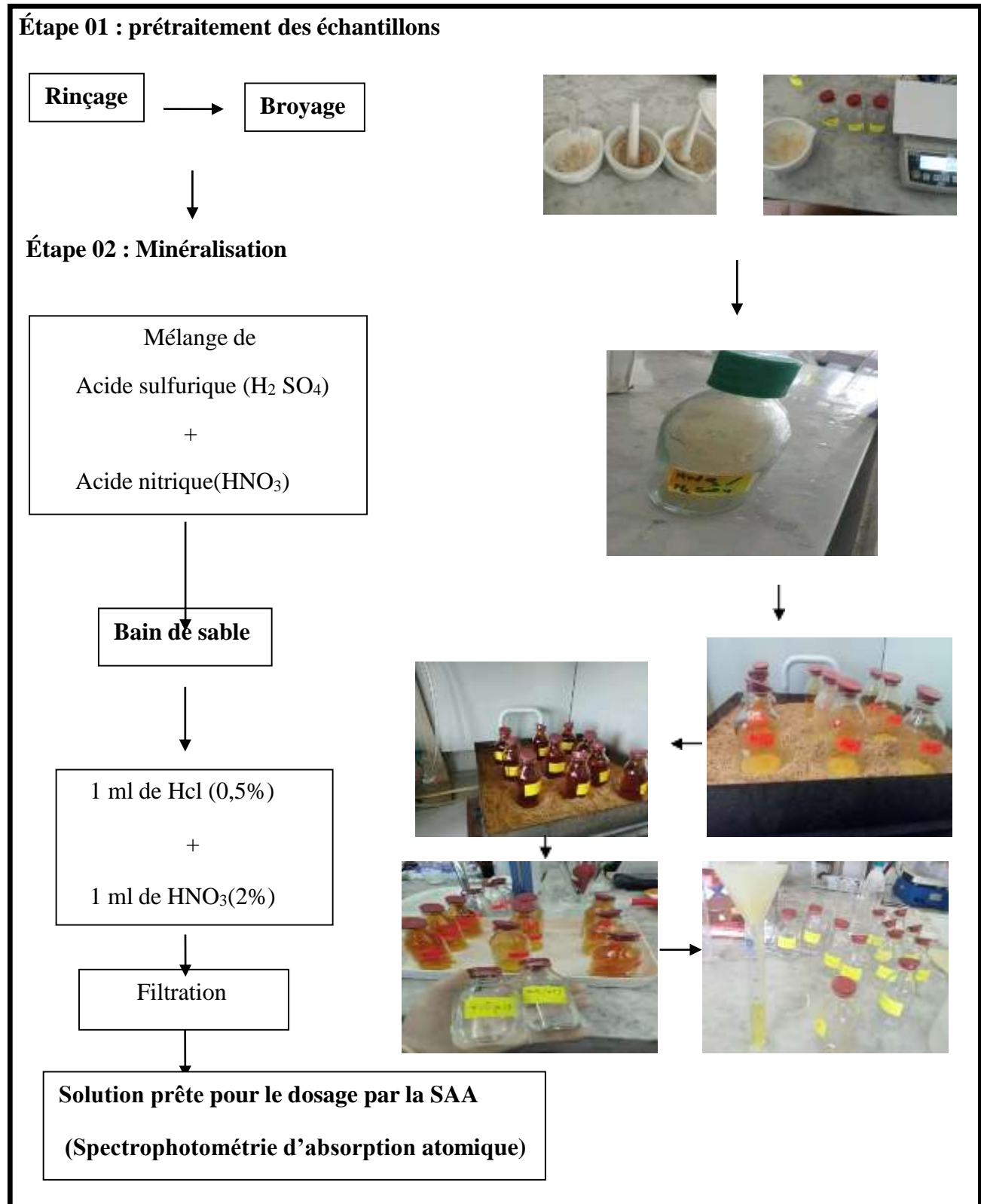


Figure 06 : Protocol expérimental (prétraitement et minéralisation) (Mohamed and youssef ; 2020)

III.4.3. Dosage des ETMs par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique servant à déterminer la concentration de certains métaux dans un échantillon. Elle fait partie des méthodes classiques d'analyse en chimie analytique. Basée sur des méthodes optiques, elle conduit aussi bien à des résultats qualitatifs qu'à des données quantitatives. L'absorption est utilisée généralement pour faire un dosage d'un élément (**Sarmani, 1989**).

Selon (**Mohod, 2015**), **Matthews-Amune and Kakulu, (2012)** et **Mosleh et al., (2013)** la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA) est la meilleure méthode pour la détermination de la concentration des ETMs.

Le principe de cette technique reposant sur l'absorption atomique est basé sur l'absorption d'énergie par les atomes, une fois que l'énergie thermique d'une flamme a transformé les molécules d'un échantillon après vaporisation et atomisation en atomes. En absorbant l'énergie, les atomes passent de l'état fondamental à un état excité. L'énergie absorbée est d'une longueur d'onde spécifique d'une lampe à cathode creuse. On mesure l'absorption comme la différence entre la quantité d'énergie émettant de la lampe à cathode creuse et celle atteignant le détecteur (**Hill and Fisher, 2017 ; Nielsen, 2017 ; Skoog et al., 2017**).



Figure 07 : Spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

III .5. Expression des résultats

L'expression des teneurs en ETMs se fait selon la formule suivante :

$$T \text{ (mg/kg)} = C \times V / S$$

Soit :

T : Concentration de l'élément en mg/kg.

C : Concentration de l'élément en mg/l déterminée par la courbe d'étalonnage.

S : Poids de la viande en g.

V : Volume d'extraction en ml.

III.6. Évaluation des risques de toxicité des ETMs sur la santé humaine :

L'évaluation des risques pour la santé a été reconnue comme un outil très important pour identifier les risques sanitaires liés à la consommation des différents produits contaminés par les éléments traces métalliques et fournir des preuves de risque pour les décideurs. Cependant, la dose journalière estimable (EDI), le quotient de risque (HQ) et l'indice de risque (HI) ont été utilisés pour vérifier les risques que les éléments ont tendance à causer tout au long de la vie de l'homme (Balkhair and Ashraf, 2016 ; Shahid et al., 2016 ; Hua et al., 2017 ; Hub et al., 2017 ; Han et al., 2018 ; Zeng et al., 2018).

III .6.1. Dose journalière estimée (EDI):

Dans cette étude, la dose journalière estimée (Estimated daily intake) (EDI) de chaque métal associé à la consommation des viandes a été calculé par l'équation suivante :

$$EDI \text{ (mg.kg}^{-1} \text{ .jr}^{-1} \text{)} = Ct \times IR \times EF \times ED / BW \times AT$$

Où : **Ct** : Concentration en élément trace métallique dans les viandes (mg kg⁻¹).

IR : “Intake rate”, Quantité de viande ingérée quotidiennement par personne considérée être $0.136 \text{ kg.p}^{-1} \text{ .jr}^{-1}$ (Chikhi and Bencharif, 2016).

EF : Fréquence d’exposition (Considérée à 365 jour.an-1).

ED : durée d’exposition (76 ans (Cherfi et al; 2014)).

BW : “Body weight” poids corporel moyen (selon le poids corporel d’un adulte est estimé à 69.6 Kg (Atek et al; 2010)).

AT : “Average time”, temps moyen pour les effets chroniques (non carcinogène) ($365 \text{ jr} \times \text{ED}$, estimée par 76 ans dans cette étude).

III.6.2. Risques non cancérigènes

✓ Quotient de risque (HQ):

Le quotient de risqué (HQ) est un indice utiliser pour évaluer les risques sanitaires liée à la consommation de viande, ce dernier est le rapport entre la dose journalière estimée (EDI) et la dose orale de référence (RfD) selon l’équation suivante :

$$\text{HQ} = \text{EDI} / \text{RfD} = \text{Ct} \times \text{IR} \times \text{EF} \times \text{ED} / \text{BW} \times \text{AT} \times \text{RfD}$$

Où : **RfD** : Dose orale de référence (0.004, 0.001mg.kg-1 pour le Pb et le Cd respectivement (USEPA, 2017)).

III.6.3. Indice de risque (HI)

L’indice de risque (HI) est utilisé pour évaluer le potentiel global des effets non cancérigènes posés par plusieurs éléments (Pb et Cd dans cette étude), de ce fait l’indice de risque est la somme des quotients de risque (HQ).

$$\text{HI} = \text{HQ pb} + \text{HQ cd}$$

Lorsque HQ ou HI est inférieur à 1, il n'y a pas de risque sérieux d'exposition aux éléments traces métalliques et la survenue d'un effet toxique est très peu probable. Par contre, lorsque HQ ou HI est supérieur ou égal à 1, la population exposée est susceptible de subir un effet indésirable (non cancérigène)

III.6.4. Risques cancérigènes :

✓ Risque Incrémentiel de Cancer (ILCR)

Risques potentiels de cancer associés à l'exposition à une dose mesurée de contaminant chimique peut être estimée en utilisant le risque incrémentiel de cancer sur la vie **ILCR**. ce dernier est la probabilité incrémentielle d'un individu à développer tout type de cancer au cours de sa vie en raison d'une exposition cancérigène heure / jour à une dose quotidienne donnée d'une substance chimique depuis 70 ans (**Li and Zhang, 2010**). Le risque de cancer de l'EPA des États-Unis considéré comme minimal ou acceptable à des fins réglementaires se situe entre 1×10^{-6} et 1×10^{-4} (**Kong, 2013**). Le risque différentiel de cancer à vie est obtenu à l'aide du Facteur de pente du cancer (**CSF**), qui est le risque produit par une dose moyenne à vie de $1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ et est spécifique au contaminant (**Pepper, 2012**).

$$\text{ILCR} = \text{EDI} \times \text{CSF}$$

CSF : Facteur de pente du cancer (6,3 et 0,0085 ($\text{mg.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ pour Cd et Pb respectivement)

III.7. Analyses statistiques

Une analyse de variance, ANOVA, a été réalisée pour comparer les niveaux d'ETM entre les différents sites. La différence entre les moyennes a été obtenue en utilisant la moindre différence significative à $p < 0,05$.

CHAPITRE IV :
Résultats et discussion

IV.1 Résultats

IV.1.1. Concentrations des éléments traces métalliques étudiées (Cd, Pb) dans la viande de poulet

✓ Site1 TS (Taher) en mg.kg⁻¹

Les concentrations du Cd et Pb dans la viande du site 1(TS) sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 09 : Concentrations du Cadmium (Cd) dans le site 1 (TS) en (mg.kg⁻¹).

Site 1	Concentrations			Moyenne ± Ecart type
TS1	0,29	0,59	0,38	0,42 ± 0,15
TS2	0,38	0,48	0,5	0,45±0,06
TS3	0,34	0,45	0,66	0,48±0,16

Les concentrations moyennes du Cd sont 0,42 ±0,15, 0,45 ± 0,06 et 0,48 ± 0,16. Cependant la valeur maximale est enregistrée au niveau de (TS3), à savoir 0,48±0,16. Ainsi le site TS1 représente la concentration la plus petite 0,42± 0,15.

Tableau 10: Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 1 (TS) en (mg.kg⁻¹)

Site	Concentration			Moyenne ± Ecart type
TS1	1,68	2,71	3,9	2,79± 1,16
TS2	2,58	4,38	3,61	3,52± 0,91
TS3	0,32	3,35	2,71	2,13± 1,6

Concernant les concentrations moyennes du Pb on remarque que la valeur maximale est enregistrée au niveau de site (TS2) , à savoir 3,52± 0,91. Et la minimale dans le site TS3 (2,13 ± 1,6).

✓ **Site 2 BS (Beni belaid)**

Les tableaux (11 et 12) représentent les concentrations du Cd et Pb dans le site 2 (BS)

Tableau 11: Concentrations du Cadmium (Cd) dans le site 2 (BS) en (mg.kg⁻¹)

Site 2	Concentration			Moyenne ± Ecart type
BS1	0,59	0,36	0,32	0,42 ± 0,14
BS2	0,37	0,19	0,32	0,29 ± 0,1
BS3	0,33	0,36	0,52	0,4 ± 0,1

Les concentrations moyennes du Cd sont $0,42 \pm 0,14$, $0,29 \pm 0,1$ et $0,4 \pm 0,1$. Toutefois la valeur maximale correspond au niveau de site (BS1) avec une valeur de $0,42 \pm 0,14$. Ainsi le site BS2 présente la concentration la plus petite $0,29 \pm 0,1$.

Tableau 12 : Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 2 (BS) en (mg.kg^{-1})

Site 2	Concentration			Moyenne \pm Ecart type
BS1	1,10	1,93	1,10	$1,38 \pm 0,48$
BS2	1,61	2,13	0,65	$1,46 \pm 0,75$
BS3	0,19	1,74	1,10	$1,01 \pm 0,78$

Les concentrations moyennes du Pb sont $1,38 \pm 0,48$, $1,46 \pm 0,75$ et $1,01 \pm 0,78$ dont la valeur maximale est $1,46 \pm 0,75$ (BS2), et la minimale $1,01 \pm 0,78$ dans la station BS3.

✓ **Site 3 SS (Sidiabelaziz)**

Les concentrations du Cd et Pb dans la viande dans le site 3 (SS) sont représentés sur les tableaux (13 et 14).

Tableau 13 : Concentrations du Cadmium (Cd) dans le site 3 (SS) (mg.kg^{-1})

Site 3	Concentration			Moyenne \pm Ecart type
SS1	0,31	0,25	0,25	$0,27 \pm 0,03$
SS2	0,20	0,33	0,48	$0,34 \pm 0,14$
SS3	0,48	0,34	0,310	$0,41 \pm 0,17$

la valeur maximale du Cd est enregistrée au niveau de SS3($0,41 \pm 0,17$).Ainsi la concentration la plus petite est $0,27 \pm 0,03$ (SS1).

Tableau 14: Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 3 (SS) en (mg.kg^{-1})

Site 3	Concentration			Moyenne \pm Ecart type
SS1	2,19	0,65	0,64	$1,16 \pm 0,89$
SS2	2,13	2,13	2,70	$2,32 \pm 0,33$
SS3	1,8	1,29	0,13	$1,07 \pm 0,86$

Les concentrations moyennes du pb sont $1,16 \pm 0,89$, $2,32 \pm 0,33$ et $1,07 \pm 0,86$.Cependant la valeur maximale est observée au niveau de SS2 ($2,32 \pm 0,33$) .Ainsi la station SS1 représente la concentration la plus petite $0,97 \pm 1,1 \text{ mg.kg}^{-1}$.

✓ **Site4 JS (Jijel)**

Les concentrations du Cd et Pb dans la viande de site 4(JS) sont représentés sur les tableaux 15 et 16.

Tableau 15: Les Concentration du Cadmium (Cd) dans le site 4 (JS) en (mg.kg⁻¹)

Site 4	Concentration			Moyenne ± Ecarte type
JS1	0,53	0,26	0,82	0,54 ± 0,28
JS2	0,48	0,62	0,56	0,55± 0,07
JS3	0,41	0,49	0,37	0,42 ± 0,06

Les concentrations moyennes du Cd sont $0,54 \pm 0,28$, $0,55 \pm 0,07$ et $0,42 \pm 0,06$. Toutefois la valeur maximale est enregistrée au niveau de JS2 et la minimale au niveau de JS3, à savoir $0,55 \pm 0,07$ et $0,42 \pm 0,06$ respectivement.

Tableau 16 : Concentrations du Plomb (Pb) dans le site 4 (JS) en (mg.kg⁻¹)

Site 4	Concentration			Moyenne ± Ecarte type
JS1	3,55	1,1	4,84	3,46 ± 1,42
JS2	2,06	3,10	3,1	2,75 ± 0,6
JS3	3,55	1,74	1,16	2,15 ± 1,24

Les résultats montrent que les concentrations moyennes du Pb sont $2,75 \pm 0,6$, $2,75 \pm 0,6$ et $2,15 \pm 1,24$ avec une valeur maximale de $3,46 \pm 1,42$ (JS1) et minimale de $2,15 \pm 1,24$ (JS3).

IV.1.2 Comparaison des Concentration du Cd et du Pb dans les différents sites (TS, BS, SS et JS)

Le tableau 17 et les figures 08 et 09 présentent les concentrations du Cd et du Pb dans les quatre sites étudiés.

Tableau 17 : Comparaison des Concentrations du Cd et du Pb dans les différents sites en mg.kg^{-1}

Concentration (mg.kg^{-1})		
	Pb	Cd
Site1	2,82±1,24	0,45±0,12
Site 2	1,28±0,63	0,37±0,12
Site 3	1,52±0,7	0,34±0,1
Site 4	2,79±1,14	0,50±0,16
Limite maximal (EFSA, 2006; Nwude et al., 2011)	0,1	0,05

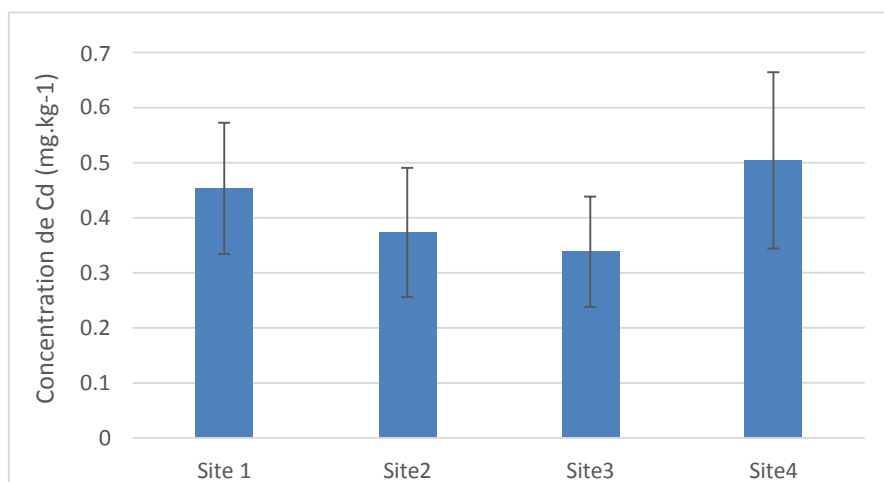


Figure 08: Comparaison des Concentrations du Cd dans les différents sites en mg.kg⁻¹

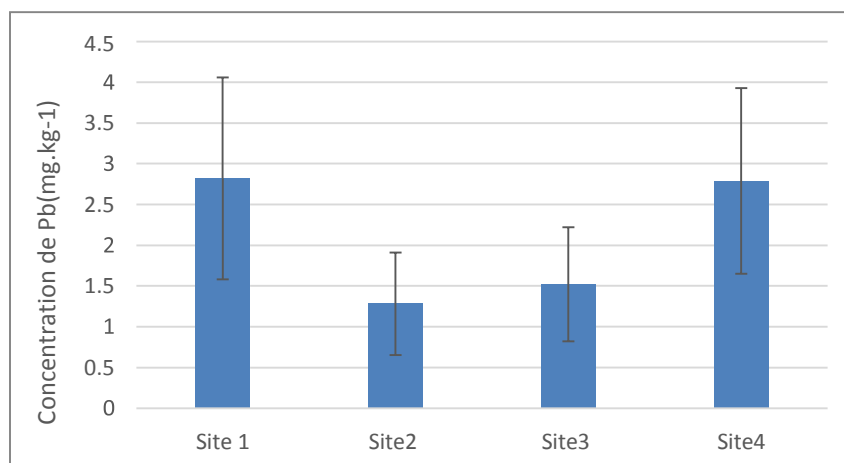


Figure 09 : Comparaison des Concentrations du Pb dans les différents sites en mg.kg⁻¹

Les données collectées ont été présentées sous forme d'une moyenne et d'un écart type et ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA) ($p < 0,05$). Les résultats montrent qu'il y a une différence significative ($P = 0.028$ et 0.002) entre les différents sites.

Les concentrations de plomb au site1 (TS) varie de 1,24 à 2,82 mg/kg. Le niveau admissible de plomb dans la viande de poulet est de 0,1 mg/kg. Par conséquent, la viande testée contient des concentrations de plomb supérieures à la limite autorisée.

La quantité de cadmium dans la viande se situe entre 0,12 et 0,45 mg/kg .Il a été noté que les concentrations de cadmium étaient supérieures aux niveaux admissibles (0,05 mg/kg).

Tableau 18 : Comparaison entre les teneurs en Cd et Pb dans tous les sites

ETM	Moyenne ± Écart type
Cd	0,42±0,14
Pb	2,1±1,19

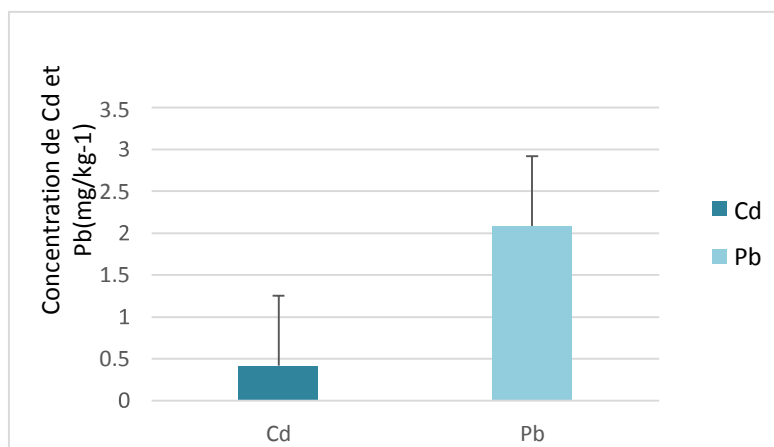


Figure 10 : Comparaison entre les teneurs en Cd et Pb dans tous les sites

IV.1.3. Évaluation des risques pour la santé humaine

Les habitants locaux qui consomment les viandes de poulet dans la wilaya de Jijel sont exposés à une contamination par les éléments traces métalliques. Cependant, afin d'évaluer les risques pour la santé humaine de chaque polluant, il est important d'estimer le niveau d'exposition. Par conséquent, pour évaluer les risques potentiels pour la santé humaine dans la région, la dose journalière estimée (EDI), le quotient de risque (HQ) et l'indice de risque (HI) et le risque incrémentiel de cancer (ILCR) ont été calculés.

Les doses journalières estimées (EDI), Les quotients de risque (HQ), les indices de risque (HI) ET Le risque incrémentiel de cancer (ILCR) de chaque site sont présentés dans le tableau 19 .

Tableau 19: Dose journalière estimée (EDI), Quotients de risque (HQ), indices de risque (HI) et Risque incrémentiel de cancer (ILCR) liés à la consommation de la viande de poulet.

	Cd	Pb
EDI ($\mu\text{g kg}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$)	0,00081 \pm 0,00	0,0041 \pm 0,00
HQ	0,81 \pm 0,15	1,03 \pm 0,4
HI	1,84 \pm 0,14	
ILCR	0,01 \pm 0,00	3x10 ⁻⁵ \pm 0,00

D'après les résultats obtenus on note que la moyenne des EDI pour le Cd et Pb sont 0,00081 \pm 0,00 et 0,0041 \pm 0,00 ($\mu\text{g kg}^{-1} \cdot \text{jr}^{-1}$) respectivement.

Selon le tableau 19. Les moyennes du quotient de risque (HQ) peuvent être observées pour le plomb et le cadmium. Où l'on note que les valeurs sont inférieures au seuil (1), mais elles en sont très proches pour le cadmium (Cd). Quant aux Plomb (Pb), elles dépassent le seuil (1) en site 1 et 4.

Les indices de risque (HI) pour les échantillons vont avec une moyenne de 1,83 \pm 0,14 ce qui a dépassé la valeur seuil (1).

D'après les résultats, on remarque que les ILCR du Pb se situent entre 1×10^{-6} et 1×10^{-4} . Par contre, les valeurs d'ILCR du Cd dépassent 1×10^{-4} .

IV.2. Discussion

Les concentrations des éléments traces métalliques étudiées varient d'un site à l'autre, cette variation pourrait être à plusieurs facteurs tels que le type de viande, la nutrition du poulet et l'endroit où il a été élevé.

IV.2.1. Concentration des éléments traces métalliques étudiées (Cd, Pb) dans la viande de poulet

✓ Cadmium (Cd)

D'après les résultats obtenus on peut constater que les concentrations de Cd dans la viande au niveau des quatre sites (0,45, 0,37, 0,34 et 0,5 mg.kg⁻¹) dépassent largement la limite maximale (0,05 mg.kg⁻¹) (EFSA, 2006; Nwude et al., 2011)).

Ces résultats correspondent à ceux obtenus par **Motaleb et al., (2018)** à Bangladesh, **Mustapha et al., (2015)** au Nigeria et **Racha et al., 2018** en Türkiye. Il a été noté que la teneur en cadmium de la viande de poulet (0,23 , 0,35 et 0,07 mg.kg⁻¹ respectivement) était supérieure à la limite maximale (0,05mg.kg⁻¹ (EFSA, 2006; Nwude et al., 2011)), Cela est dû à la présence d'un pourcentage de cadmium dans les aliments pour poulets , à la pollution de l'environnement entourant le lieu d'élevage des poulets causée par les pratiques agricoles. D'autre part, il existe des études qui ont montré que la concentration de cadmium dans la viande de poulet est inférieure à la limite maximale, comme l'étude de **Michael et al., 2015** en Ouganda et **Benouadah et al., (2015)** et en Algérie (Bourdj Bou Arreridj), qui ont révélés des concentrations bien inférieures aux limites maximales

✓ Plomb (Pb)

Nos résultats montrent que les concentrations de pb dans les sites 01 et 04 sont significativement plus élevées (2,82 et 2,79 mg.kg⁻¹) que les sites 02 et 03(1,28 et 1,52 mg.kg⁻¹) avec des concentrations dépassent les normes (0,1mg.kg⁻¹ EFSA, 2006; Nwude et al., 2011)).

Ces résultats sont en accord avec d'autres études comme l'étude de **Benedouche et al., (2014)** en Alger, **Mohammed and Youssef, (2022)** en Saudi Arabia et **Noela and Samuel, (2022)** en Nigéria qui ont révélés des teneurs élevées du Pb dans la viande du poulet. Cette dernière contient une très forte concentration de plomb en raison de la présence de sources de pollution à proximité de la zone d'élevage, telles que les usines industrielles et chimiques qui polluent les aliments et l'eau, ainsi que l'air. La sur-vaccination des poulets avec des médicaments contenant du plomb peut également entraîner son augmentation. Par contre, une autre étude a montré que la concentration de plomb dans la viande de poulet est inférieure à la limite maximale (0,1 mg.kg⁻¹ **EFSA, 2006; Nwude et al., 2011**)), comme l'étude de **Mustapha et al., (2015)** au Nigéria avec une concentration de 0,08 mg.kg⁻¹.

IV.2.2. Comparaison entre les teneurs en Cd et Pb dans les différents sites

D'après l'analyse de la variance (ANOVA) on observe qu'il y a une différence significative ($p < 0.005$) entre les teneurs de Cd et Pb dans les sites (0,028 et 0,002).

A partir des résultats précédents on observe que la concentration de plomb (2,10 mg.kg⁻¹) est beaucoup plus élevée que le Cd (0,42 mg.kg⁻¹) dans la viande de poulet mais le Cd provoque des graves dommages malgré sa faible concentration. On peut expliquer ça par la différenciation des sources aussi la nature des aliments consommés dans chaque source et les vaccins, les traitements, les médicaments excessifs et les hormones.

IV.2.3. Évaluation des risques pour la santé

✓ Risques non cancérigènes

Dans la présente étude, le Quotient de risque (HQ) suivent l'ordre décroissants suivants : Pb > Cd, indiquant que les concentrations de Pb de la majorité des sites étudiés sont supérieurs au seuil 1, donc il y a un risque non cancérigène, ces résultats sont en accord avec des études réalisées par **Al-Subeihi. (2022)** et **Mizanur,R.,et al.(2022)** dont les concentrations d'éléments ainsi que les indices de risques dépassent les valeurs seuils, indiquant un effet non Cancérigène dans la population. Une attention particulière devrait être accordée du fait que les HQ de cadmium sont proches à la valeur seuil 1. Ce qui suggère que les habitants peuvent être exposés à un risque potentiel important pour la santé à cause de la consommation des viandes. Le cadmium

s'accumule dans le corps humain et peut entraîner une altération de la fonction rénale, des lésions squelettiques et un déficit de procréation.

En générale, les HI dans la majorité des sites étudiés (1,84) sont supérieures à 1 (seuil de sécurité), ce qui suggère qu'il y a un risque sérieux pour la santé des citoyens associé à la consommation des viandes de poulet dans la wilaya de Jijel est la survenue d'un effet toxique esttrès probable.

✓ **Risques cancérogènes**

Dans les résultats (ILCR), on remarque que les indices du Risque incrémentiel de cancer (ILCR) du Pb se situent ente 1×10^{-6} et 1×10^{-4} donc il n'y a pas un risque de cancer. Par contre, les valeurs d'ILCR du Cd dépassent 1×10^{-4} (la valeur) alors la consommation de la viande peut provoquer un cancer. De ce fait la consommation de la viande du poulet présente un risque sérieux aux citoyens de cette région.



Conclusion

CONCLUSION

Les ETM (éléments traces métalliques) sont des métaux présents naturellement dans l'environnement, mais leur présence peut être amplifiée par des activités industrielles et agricoles. Les volailles peuvent être exposées aux ETM à travers leur alimentation et leur environnement, ce qui peut entraîner des risques pour la santé des consommateurs.

En Algérie, la consommation des volailles est très répandue, ce qui soulève des préoccupations quant à la présence des ETMs dans ces produits alimentaires. Pour cela cette étude vise à évaluer les risques sanitaires liés à la consommation des volailles contaminées par les ETMs.

Notre étude porte sur l'évaluation de la contamination de la viande de poulet par les ETMs (plomb, cadmium) dans différentes régions de la wilaya de Jijel (Jijel, Sidiabdlaziz, Beni belaid, Taher....).

Les résultats obtenus révèlent une forte contamination des ETMs (plomb et cadmium) dans la viande de poulet, un aliment périssable de très grande consommation. Ils ont également permis de mettre en évidence la contamination du poulet par le plomb et le cadmium à un taux relativement très élevé dans les quatre sites étudiés ($2,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ et $0,42 \text{ mg.kg}^{-1}$ respectivement) par rapport au seuil ($0,1$ et $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ respectivement).

En revanche, Les moyennes du quotient de risque (HQ) pour le cadmium sont inférieures au seuil (1), mais elles en sont très proches. Quant au Plomb (Pb), elles dépassent le seuil (1). Le Quotient de risque (HQ) suit l'ordre décroissant suivant : $\text{Pb} > \text{Cd}$, indiquant que les concentrations de Pb de la majorité des sites étudiés sont supérieures au seuil 1.

Les indices de risque (HI) pour tous les échantillons dépassent la valeur seuil (1), ce qui suggère qu'il y a un risque sérieux pour la santé.

On note aussi que les ILCR du Pb se situent entre 1×10^{-6} et 1×10^{-4} donc il n'y a pas un risque de cancer. Par contre, les valeurs d'ILCR du Cd dépassent 1×10^{-4} (0,01) alors la consommation de la viande provoque un cancer.

D'après la reconnaissance de la gravité de contamination de la viande par les ETMs nous proposons quelques recommandations :

- Les animaux ne devraient pas être nourris au moyen d'aliments ou d'ingrédients de ces aliments qui : contiennent des substances chimiques (par exemple des médicaments vétérinaires ou des pesticides) ou des contaminants pouvant entraîner la présence de résidus dans la viande à des niveaux la rendant dangereuse pour la consommation humaine.

L'autorité compétente devrait concevoir et administrer des programmes de contrôle et de surveillance adaptés aux circonstances et abordant :

- Les dangers provenant des animaux et des plantes risquant de compromettre la production d'une viande saine et propre à la consommation humaine ;
- Les contaminants environnementaux susceptibles d'être présents dans la viande à des niveaux la rendant dangereuse pour la consommation humaine ;
- La garantie que les vecteurs potentiels, comme l'eau, ne constituent pas d'importants agents de transmission de dangers.

En fin de compte, une évaluation complète des risques sanitaires des ETMs liée à la consommation de volailles en Algérie devrait être menée pour s'assurer que les consommateurs ne sont pas exposés à des niveaux dangereux de ces contaminants.

À la fin de ce travail, il serait intéressant de poursuivre l'étude sur un nombre de sujets plus important, et de prolonger la durée du suivie sur plusieurs années.

Références bibliographiques

Aakame, B. R. (2015). Caractérisation hydro-chimique, toxicologique et évaluation des risques sanitaires des eaux souterraines de la région de Sidi-Kacem (Maroc), 224p.

Aarab, N. (2004). Les biomarqueurs chez les poissons et les bivalves : de l'exposition à l'effet et du laboratoire au terrain. Thèse de doctorat. Ecotoxicologie des milieux aquatiques. Université bordeaux 1. P 216.

Abachi, L. (2015). Marché de la volaille en Algérie le poids effarant des réseaux clandestins. Le soir d'Algérie, 730-739p.

Abaz et Rahmani. (2014). Arbor Acres Broiler Handbook (Arbor Acres Poulet Manuel D'élevage), page 29, 30.

Achard-Joris, M. (2005). Etudes biochimiques et génétiques de la réponse adaptative de mollusques face aux contaminations métalliques et au stress oxydant (Doctoral dissertation, Bordeaux 1).

AFSSA .(2000). Evaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture biologique France.

AFSSA. (2006). Usages vétérinaires des antibiotiques, résistance bactérienne et Conséquences pour la santé humaine, page 15, 16.

Aghoghovwia, O. A., Miri, F. A., & Izah, S. C. (2018). Impacts of anthropogenic activities on heavy metal levels in surface water of Nun River around Gbarantoru and Tombia towns, Bayelsa State, Nigeria. *Annals of Ecology and Environmental Science*, 2(2), 1-8.

Algerie Presse Service., (2019). Filière avicole : la production nationale en viande blanche, Article publié le 08 Septembre 2019.

Al-Subeihi.(2020). Human health risk assessment of some important trace element in boneless whole chicken meat. 4-16p.

Amara, A., Bisson, M., Hulot, C., & Marescaux, N. (2016). Plomb et ses dérivés inorganiques. Ineris-Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. 170p.

Amiard-Triquet, C. (1989). Bioaccumulation et nocivité relatives de quelques polluants métalliques à l'égard des espèces marines. *Bull. Ecol*, 20(2), 129-151.

Andujar, P., Bensefa-Colas, L., & Descatha, A. (2010). Acute and chronic cadmium poisoning. *La Revue de médecine interne*, 31(2), 107-115.

Antoniadis, V., Golia, E. E., Liu, Y. T., Wang, S. L., Shaheen, S. M., & Rinklebe, J. (2019). Soil and maize contamination by trace elements and associated health risk assessment in the industrial area of Volos, Greece. *Environment international*, 124, 79-88p.

Arantes, F. P., Savassi, L. A., Santos, H. B., Gomes, M. V., & Bazzoli, N. (2016). Bioaccumulation of mercury, cadmium, zinc, chromium, and lead in muscle, liver, and spleen tissues of a large commercially valuable catfish species from Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88, 137-147.

Atek, M., Laid, Y., Mezimeche, N., Boutekdjiret, L., & Lebcir, H. (2010). L'Obésité chez l'adulte de 35 à 70 ans en Algérie. *Projet TAHINA. Institut national de santé publique Alger Algérie*, 1-93.

Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). (2006). Règlement (CE) No 1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. *Journal Officiel de l'Union Européenne*.

Aviagen, W. (2014). Rose 308 Broiler nutrition specification. *Aviagen : Huntsville, AL, USA*.

Baize, D. (1997). Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France), Références et stratégies d'interprétation, *INRA Ed., Paris*, 410 pp.

Balkhair, K. S., & Ashraf, M. A. (2016). Field accumulation risks of heavy metals in soil and vegetable crop irrigated with sewage water in western region of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(1), S32-S44.

Barbalace, J.K. inc. (2012). *EnvironmentalChemistry.com. Environmental, Chemistry & Hazardous Materials News. Careers & Resources* [en ligne].

Barkouch, Y. (2007). Etude du transfert des éléments traces métalliques (Al, Cd, Cu, Pb, Se et Zn) dans une chaîne alimentaire d'une zone minière de la région de Marrakech-Maroc (Doctoral dissertation, Nantes), 234p.

Batonon, D., Traineau, M., Bouvarel, I., Roffidal, L., & Lescoat, P. (2014). Capacity of laying hens in sequential feeding to adjust their feed consumption when offered previously a nutritionally unbalanced diet. *European Poultry Science*, 78, 16-p.

Bauchart, D., Hocquette, J. F. J. F., & Culioli, J. J. (2002). Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *Productions animales*, 15(1), 37-52.

Beckers, F., Rinklebe, J. (2017). Cycling of mercury in the environment: sources, fate, and human health implications: a review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 47: 693–794.

Behazin, G. J., Adjou, E.S., Yessoufou, A.G., Dahouenon, A.E., Sezan, A. (2014). Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, *Journal Applied Biosciences*. 83 : 7499-7505.

Behrouz Eshghi Malayeri. (1995). Décontamination des sols contenant des métaux

Belabed, B. (2010). La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « Sources de contamination des écosystèmes aquatiques. Thèse de doctorat : Université Badji Mokhtar-Annaba-Faculté des sciences. p 1-7.

Benaissa, A. (2011). Etude de la qualité microbiologique des viandes cameline et ovine conservées selon différents modes (Doctoral dissertation), 65p.

Benariba, R., Mokhtari R., & Bougharara N. (2016). « la toxicité du cadmium et ses risques sur la santé humaine ». Mémoire de Master en Biologie Animale, Université des Frères Mentouri Constantine. p6.

Benatmane, F. (2012). Impacte des aliments enrichis en acides gras polyinsaturés n-3 sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle des viandes : Cas du lapin et du poulet de chair Doctoral dissertation. Université Mouloud Mammeri. 7- 16p.

Bendeddouche, B., Zellagui, R., and Bendeddouche, E. (2014). Levels of Selected Heavy Metals in Fresh Meat from Cattle, Sheep, Chicken and Camel Produced in Algeria, *Annual Research & Review in Biology*, 4(8): 1260-1267.

Benecke, J., Benecke, M., & Eckert, K. G. (2004). Guide pratique de Toxicologie. Bruxelles: De Boeck & Larcier.348pp

Benedetto, DI. M.(1997). Dossier SAM sur Les métaux lourds. Ecole Nationale Supérieure

Benmansour, M. (2012). Séparation et pré-concentration du Pb (II) et du Cu (II) par la technique de membrane liquide émulsionnée (MLE).

Benouadah, A.,& Diafat, A. (2015). Évaluation de la teneur en metaux lourds trace Du poulet D'algerie. 45-48p

Bliefert, C., & Perraud, R. (2007). Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets. De Boeck Superieur.Pp.373-374

Bohrer, D., Becker, E., do Nascimento, P. C., Dessuy, M., & de Carvalho, L. M. (2007). Comparison of graphite furnace and hydride generation atomic absorption spectrometry for the determination of selenium status in chicken meat. Food chemistry, 104(2), 868-875.

Borchardt, T. (1985).Relationshipsbetweencarbon and cadmium uptake in Mytilusedulis. Marine biology, 85(3), 233-244p.

Bordoni, A., Danesi ,F. (2017). Valeur nutritive de la viande de volaille et santéhumaine. Évaluation de la qualité de la volaille : Elsevier .p. 279-90.

Boukhalfa, L. (2006). L'aviculture en Algérie. Journée sur la grippe aviaire. Batna. Algérie. Les, 15.

Bourgeois, C. M., Mescle, J. F., and Zu/cca, J. (1996). Microbiologie alimentaire. Tome I: Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 393-414.

Brdrane, M. A.(2016). La prophylaxie en élevage avicole .agronomie. Info. Anonyme 1986. Hygiène animale, zootechnie - tome v Direction de l'enseignement technique Agricole et de la Formation Professionnelle.

Brechet, CH ., Delteill., Fournier .(2013).L'alimentation des volailles.In : Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Educagriéditions, troisième édition LeborgneM .Ardouin N. Dijon,(2013), pp.28-49.

Bril, H., Bollinger, J.C. (2006). Comprendre les pollutions par les métaux. L'Actualité Chimique, Société chimique de France, 298, pp 54-62.

Brown, M.T. Depledge, M.H. (1998). Determinants of trace metal concentrations in marine organisms. In Metal Metabolism in Aquatic Environments. 185-217.

Brunel, V., Jehl, N., Drouet, L., & PORTHEAU, M. C. (2006). Viande de volailles: Sa valeur nutritionnelle présente bien des atouts. Viandes et produits carnés (Aubière), 25(1).

Bur, T. (2008). Impact anthropique sur les éléments traces métalliques dans les sols agricoles de Midi-Pyrénées. Implications en termes de limites et de charges critiques (Doctoral dissertation),399p.

Burnol, A., Blanc, B., Guyonnet, D. (2004). Eléments traces métalliques Guide méthodologique, Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. Rapport final, édition ENRIS, 76 pp.

Burnol, A., Duro, L., & Grive, M. (2006). Eléments traces métalliques: Guide méthodologique. Rapport d'étude, 28(06).73pp.

Cartier, P. (2007). Le point sur La qualité des carcasses et des viandes de gros bovins, Compte rendu final n 17 05 32 022. Service Qualité des Viandes, 12-58.

Casarett, L. J. (2008). Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons (Vol. 71470514). New York: McGraw-Hill.

Casas, S. (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilusgalloprovincialis*, en milieu méditerranéen (Doctoral dissertation, Université de Toulon)114p.

CCII, (2014).Chambre de commerce et d'industrie "JIJEL". (Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule. *mytilus galloprovincialis*. en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat . Océanologie biologique. Environnement marin.Univ.du sud Toulon Var. P301.

Chahid, A. (2016). Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla: Evaluation des risques sanitaires.191p

Champeau, O. (2005). Biomarqueurs d'effets chez *C. fluminea* : du développement en laboratoire à l'application en mesocosme. Thèse de doctorat : écotoxicologie. Université Bordeaux 1.P 228.

Chatain, V. (2004). Caractérisation de la mobilisation potentielle de l'arsenic et d'autres constituants inorganiques présents dans les sols issus d'un site minier aurifère (Doctoral dissertation, INSA LYON).42p.

Cherfi, A., Abdoun, S., & Gaci, O. (2014). Food survey: Levels and potential health risks of chromium, lead, zinc and copper content in fruits and vegetables consumed in Algeria. *Food and Chemical Toxicology*, 70, 48–53.

Chiffolleau, J. F., Gonzalez, J. L., Miramand, P., & Thouvenin, B. (1999). Le cadmium: comportement d'un contaminant métallique en estuaire.

Chikhi, K., Bencharif, A. (2016). The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems. In Napoléone M. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Boutonnet J.P. (ed.), López-Francos A. (ed.), Gabiña D. (ed.). P 435-440

Chou, C. H., & Harper, C. (2007). Toxicological profile for arsenic.U.S. Department Of Health And Human Services.Georgia. 500p

Colin, P. (1992). Salmonella et qualité des produits avicoles. Manuel de pathologie aviaire. Édition Chaire de pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour. Alfort: École nationale vétérinaire d'Alfort, 371-373.

Combes, S. (2004). Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *INRAE Productions Animales*, 17(5), 373-383.

Dalle Zotte, A. (2004). Le lapin doit apprivoiser le consommateur. *Viandes et produits carnés*, 23, 161-167.

des Mines de Saint-Etienne, 49p.

Djennane, S. (2017). Contribution à la Détection des résidus d'antibiotiques dans le foie de poulet consommé dans la région de Nédroma (Doctoral dissertation). Pp 8,9.

Duruibe, Ogwuegbu, &Egwurugwu. (2007). Heavy metal pollution and humanbiotoxiceffects. International Journal of physical sciences, 2(5), 112-118p.

El Morhit, M. (2009). Evaluation de la pollution métallique de la côte atlantique marocaine (port laâyoune, foug l'oued et laâsilia). Diplôme. Etudes Supérieur Approfondies. Université IbnTofail, Faculté sciences Kenitra. Maroc. P 76.

Elazhari, A., (2013). Etude de la contamination par les éléments traces métalliques des sédiments de l'oued Moulouya et de la retenue du barrage Hassan II en aval de la mine abandonnée Zeïda, Haute Moulouya. Université Cadi Ayyad. Marrakech.115p

Errahmani, D. (2009). Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger. Thèse de doctorat. P 79.

FAO. (2020). <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QL>

Flora, S. J. S., Mittal, M., &Mehta, A. (2008). Heavy metalinducedoxidative stress &itspossible reversal by chelationtherapy. Indian Journal of MedicalResearch, 128(4), 501-523p.

Furini, A. (2012). Plants and Heavy Metals, Springer-Briefs in Biometals, DOI: 10.1007/978- 94-007-4441- 7-1.

Garnier, R. (2005). Toxicité du plomb et de ses dérivés. EMC-Toxicologie-pathologie, 2(2), 67-88.

Goff, F., & Bonnomot. (2004). Devenir et comportement des métaux dans l'eau :biodisponibilité et modèles BLM. Rapport de synthèse de Ministère de l'écologie et du développement durable. Direction de l'eau. Avenue de Ségur. Paris.P:87.

Gouzy, A., & Ducos, G. (2008). La connaissance des éléments traces métalliques . un défi pour la gestion de l'environnement. Air pur. P 6-10.

Gump, B.B., Hruska, B., Parsons, P.J., Palmer., C.D, MacKenzie, J.A., Bendinskas, K., et al. (2020).Contributions alimentaires à l'augmentation du plomb, du mercure et du cadmium de

fond chez les enfants de 9 à 11 ans : prise en compte des différences raciales. Recherche environnementale.185:109308.

Gupta, N., Yadav, K. K., Kumar, V., Kumar, S., Chadd, R. P., & Kumar, A. (2019). Trace elements in soil-vegetables interface: translocation, bioaccumulation, toxicity and amelioration-a review. Science of the Total Environment, 651, 2927-2942.

Gupta, R. A., Shah, N., Wang, K. C., Kim, J., Horlings, H. M., Wong, D. J., and Wang, Y. (2010). Long non-coding RNA HOTAIR reprograms chromatin state to promote cancer metastasis. Nature, 464(7291), 1071.

Han, D., Cheng, J., Hu, X., Jiang, Z., Mo, L., Xu, H., ... & Wang, H. (2017). Spatial distribution, risk assessment and source identification of heavy metals in sediments of the Yangtze River Estuary, China. Marine pollution bulletin, 115(1-2), 141-148.

Han, W., Gao, G., Geng, J., Li, Y., Wang, Y. (2018). Ecological and health risks assessment and spatial distribution of residual heavy metals in the soil of an e-waste circular economy park in Tianjin, China. Chemosphere, 197, 325-335.

Hashemi, M. (2020). Heavy metals concentrations in dairy cow feedstuffs from the south of Iran, Food Additives & Contaminants: Part B. 13(1): 10-15.

Henry, M. (1992). Les Viandes de boucherie ; in : « Alimentation et Nutrition Humaine ».ESF, 1^{er} édition.

Hill, S. J., & Fisher, A. S. (2017). Atomic Absorption , Methods and Instrumentation. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (3rd ed.). Elsevier Ltd.

Hoenner, V. (2006). Evaluation de la pollution par les HAP et les métaux lourds en alsace.Thèse Doctorat, Université de Luise Pasteur, Strasbourg, aspa, 19p.

Hopkin.(1989) « Ecophysiology of metals in terrestrial invertebrates ». Elsevier, Applied science, NY, USA. p366.

Hu, B., Jia, X., Hu, J., Xu, D., Xia, F., & Li, Y. (2017). Assessment of Heavy Metal Pollution and Health Risks in the Soil-Plant-Human System in the Yangtze River Delta , China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(19), 1042 .

Hu, W., Huang, B., Tian, K., Holm, P. E., & Zhang, Y. (2017). Chemosphere Heavy metals in intensive greenhouse vegetable production systems along Yellow Sea of China : Levels , transfer and health risk. *Chemosphere*, 167, 82-90.

Hui, Y. H. (2012). *Handbook of Meat and Meat Processing*. 2nd Edition, Taylor & Francis, Florida, 957p.

Hurlbut, Jr.C.S., et Klein, C. (1982). *Manual de Mineralogía de Dana*. Editorial Reverté, Barcelona, 564 pp.

Huss, J. (2011). Les risques sanitaires des métaux lourds et d'autres métaux. Rapport, Conseil et Assemblée parlementaire de l'Europe, 13p.

Huynh, T. M. D. (2009). Impact des métaux lourds sur les interactions plante/ver de terre/microflore tellurique (Thèse de Doctorat). Université Paris-Est, France. 170p.

Inraa. (2003). Rapport National Sur les Ressources Génétiques Animales en Algérie. Rapport, TNRA Algérie. 16p.

ISO, (1994). Qualité de l'eau : Dosage du cadmium par spectrométrie d'absorption atomique. Suisse : ISO 5961, 10p.

Izah, S. C., & Angaye, T. C. (2016). Heavy metal concentration in fishes from surface water in Nigeria: Potential sources of pollutants and mitigation measures. *Sky Journal of Biochemistry Research*, 5(4), 31-47.

Jadhav, S., Sarkar, S., Patil, R., Tripathi, H. (2007). Effets de l'exposition subchronique via l'eau potable à un mélange de huit métaux contaminant l'eau : une étude biochimique et histopathologique chez des rats mâles. *Archives de la contamination environnementale et de la toxicologie*. 53:667-77p.

Jan, A. T., Ali, A., & Haq, Q. M. R. (2011). Glutathione as an antioxidant in inorganic mercury induced nephrotoxicity. *Journal of postgraduate medicine*, 57(1), 72p.

Joubert, A., Jauzein, M., Lucas, L., Joulian, C., & Garrido, F. (2006). Étude des processus biogéochimiques prépondérants responsables de la mobilité du Pb, Cd, Zn, As et Hg du sol vers l'hydrosphère. Rapport de fin de première année de thèse. BRGM/RP-54483-FR, 151p.

Jouve, J.L. (1996). Volailles et ovoproduits (La qualité Microbiologique des aliments : Maîtrise et critères). Edition : Polytechnica, Paris.

Kakkar, P., & Jaffery, F. N. (2005). Biological markers for metal toxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 19(2), 335-349p.

Koyabizo, Y.F. (2009). La poule, l'aviculture et le développement science et technique de base, 1-152p.

Lakehal, S. (2018). Évaluation de la qualité de certains produits carnés produits localement par des techniques histologiques. Thèse de Magister en Biologie, El-Hadj Lakhedar (Batna 1), Batna, 97p.

Lamprea, K. (2009). Caractérisation et origine des métaux traces, hydrocarbures aromatiques polycycliques et pesticides transportés par les retombées atmosphériques et les eaux de ruissellement dans les bassins versants séparatifs péri-urbains. Thèse de doctorat. Spécialité : Génie civil. Ecole Centrale de Nantes (ECN). Paris. 296p.

Lane, T. W., & Morel, F. M. (2000). Regulation of carbonic anhydrase expression by zinc, cobalt, and carbon dioxide in the marine diatom *Thalassiosira weissflogii*. *Plant physiology*, 123(1), 345-352p.

Layachi, N. (2013). L'effet combiné des Vitamines C (Acide Ascorbique) et E (A-Tocophérol) Sur La Toxicité Du Cadmium Chez Les Rats Wistar (Doctoral dissertation, Université de Annaba-Badji Mokhtar).

Levet, D., Lehen, A., Jacques, S., Mouchelin, J., & Berly, A. (2008). Guide pratique des substances toxiques dans les eaux douces et littorales du bassin Seine-Normandie. *Aquascop*. 31p.

Li, P. H., Kong, S. F., Geng, C. M., Han, B., Lu, B., Sun, R. F., ... and Bai, Z. P. (2013). Assessing the hazardous risks of vehicle inspection workers' exposure to particulate heavy metals in their work places. *Aerosol and Air Quality Research*, 13(1), 255-265.

Li, S., & Zhang, Q. (2010). Risk assessment and seasonal variations of dissolved trace elements and heavy metals in the Upper Han River, China. *Journal of hazardous materials*, 181(1-3), 1051-1058.

Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Giofre, F., Martino, D., Calo, M., & Naccari, F. (2004). Levels of "toxic" and "essential" metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environment international*, 30(1), 1-6.

López-Alonso, M. (2012). Animal feed contamination by toxic metals. In *Animal Feed Contamination* (183-204p). Woodhead Publishing.

lourds à l'aide de plantes et de microorganismes, thèse en Biologie des Organismes.

Magnin, M., Bouvarel, I. (2011). Gérer l'alimentation pour contribuer au bien-être des poulets de chair. *INRA Production Animale*, 2011, 24 (2), 181-190p.

Marangoni, F., Corsello, G., Cricelli, C., Ferrara, N., Ghiselli, A., Lucchin, L., & Poli, A. (2015). Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: an Italian consensus document. *Food & nutrition research*, 59(1), 27606.

Malia Frey (2020), "Chicken Breast Nutrition Facts and Health Benefits" Retrieved Edited.

Amiard-Triquet, C. (1989). Bioaccumulation et nocivité relatives de quelques polluants métalliques à l'égard des espèces marines. *Bull. Ecol*, 20(2), 129-151.

Martineau, C. (2008). Caractérisation de la cytotoxicité et de l'accumulation du cadmium dans différentes lignées ostéoblastiques humaines et murines.

Martin-Garin, A., & Simon, O. (2004). Fiche radionucléide: Cadmium 109 et environnement. Direction de l'environnement et de l'intervention-Service d'étude du comportement des radionucléides dans les écosystèmes IRSN. 14p.

Matthews-Amune, O. C., & Kakulu, S. (2012). Comparison of digestion methods for the determination of metal levels in soils in Itakpe, Kogi State, Nigeria. *International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology*, 13(2), 42.

Meshref, A. M., Moselhy, W. A., & Hassan, N. E. H. Y. (2014). Heavy metals and trace elements levels in milk and milk products. *Journal of food measurement and characterization*, 8, 381-388.

Michael, B. ., Patrick, O., Vivian. T. (2015). Cancer and Non-cancer Risks Associated With Heavy Metal Exposures from Street Foods: Evaluation of Roasted Meats in an Urban Setting Department of Food Technology, Faculty of Sciences, Kyambogo University, P. O. Box 1, Kyambogo, Ugand, p 25-29.

Michel Houdart,(2003). Entre terre et mer, les 250 ans du littoral; Direction de l'Environnement et de l'Aménagement du Littoral; IFREMER. pp 1.3.

Miquel, M.G .(2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Rapport l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et Technologiques, 365pp.

Mizanur,R., Abdullah.M., Omar,S.,S.(2022). Evaluation of selected toxic Elements in chicken fish integrated of Bangladesh and associated risks to human health.

Mohamad, A.,& Youssef, A. (2020). Évaluation de la teneur en métaux lourds dans les aliments pour animaux, la litière, Viande, produits à base de viande, foie et œufs de table de poulets. 8- 22p.

Mohod, C.V. (2015). A Review on the Concentration of the Heavy Metals in Vegetable Samples like Spinach and Tomato Grown Near the Area of Amba Nalla of Amravati City. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(5), 2788–2792.

Mosleh, Y. Y. I., & Almagrabi, O. A. E. (2013). Heavy metal accumulation in some vegetables irrigated with treated wastewater. *Int. J. Green Herbal Chem*, 2, 81-90.

Mustapha, M. H ., Salim ,Y ., Dahiru ,A. G.(2015). Assessment of Heavy Metals in Some Organs of Local Chickens Sold At Central Market of Wudil Metropolis. Pages 3226-3231.

Nakib, L. (2010). Mise au point d'une technique d'extraction des éléments trace métallique dans les produits de la mer et leurs dosages spectrométrie d'absorption atomique. Thèse de magister : Hygiène alimentaire. Université Mentouri. Constantine. P 103.

Nakib, L., & Mehennaoui, S. (2010). Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique,24p.

Nielsen, S. S. (2017). Food Analysis Laboratory Manual Thirth Edition (Springer).249p.

Noela, C., & Samuel, E. (2022). Teneur en métaux lourds dans la volaille et les poulets locaux (libre parcours) élevés dans la région de Gwagwalada Conseil d'Abuja, Nigéria.43-57p.

Nwude, D.O., Babayemi, J.O., et Abhulimen, I. O.(2011). « Quantification des métaux chez les bovins : un cas de bovins à l'abattage à l'abattoir d'Ota, au Nigeria » Journal de toxicologie et des sciences de la santé environnementale, 3(9). 271-274

O'Halloran, T.V., Culotta, V.C. (2000). Metallochaperones, an intracellular shuttle service for metal ions. Journal of Biological chemistry, 275(33). 25057-25060.

Onianwa, P. C., Lawal, J. A., Ogunkeye, A. A., & Orejimi, B. M. (2000). Cadmium and nickel composition of Nigerian foods. Journal of Food Composition and Analysis, 13(6), 961- 969.

Ouali, A. (1991). Conséquences des traitements technologiques sur la qualité de la viande. INRAE Productions Animales, 4(3), 195-208.

Pepper, I. L., Gerba, C. P., and Brusseau, M. L. (2012). Environmental and pollution science (pollution science series). Academic Press, 212-232.

Pillet ,S.(2001). Evaluation du risque immuotoxicologique lié à l'exposition au cadmium chezles phoques gris. Thèse de doctorat, univ de Liège. 334p

Ramade, F.(1992). Précis d'écotoxicologie. Edition Masson, Collection d'Ecologie.

Ramade, F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions, les pollutions de l'environnement à l'homme. Ediscience international, Paris, 50-186pp.

Regoli, L. (2005). The relative contributions of different environmental sources to human exposure and the EU cadmium risk assessment meeting of UNECE task force on heavy metals. Presentation for the UNECE Long-Range-Trans-boundary Air Pollutants–Task Force on Heavy Metals, 16-18p.

Rekibi, F. (2015). Analyse compétitive de la filière tomate sous serre. Cas de la Wilaya de Biskra. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider-Biskra. 140p.

Ricoux, C., & Gastowtt, B. (2005). Evaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de forts consommateurs de produits de la pêche de rivière contaminés par des toxiques de l'environnement. Institut de veille sanitaire.

Rinklebe, J., Antoniadis, V., Shaheen, S.M., Rosche, O., Altermann, M. (2019). Health risk assessment of potentially toxic elements in soils along the Central Elbe River, Germany. *Environ. Int.* 126: 76–88.

Rodier, J. (1996). Analyse de l'eau naturelle et des eaux résiduaires et eaux de mers; 81m• édition DUNOD, Paris.

Roesijadi, G. (1994). Metallothionein induction as a measure of response to metal exposure in aquatic animals. *Environmental Health Perspectives*, 102(suppl 12), 91-95p.

Saka, S., Bahi, A., & Aouacheri, W. (2011). L'effet du stress oxydant induit par l'acétate de plomb sur le système enzymatique du glutathion chez les rats. In *Annales de Toxicologie Analytique* (Vol. 23, No. 3, pp. 139-145). EDP Sciences.

Sanita di Toppi, L., Pawlik-Skowroilska, B. (2003). *Abiotic Stresses in Plants*, © Kluwer Academic Publishers, 133-156

Santé Canada. (2013). Les effets du plomb sur la santé humaine. In Santé Canada. Vie saine. <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/envIRON/lead-plomb-fra.php> (Page consultée le 12 avril 2013).

Sarmani, S. B. (1989). The determination of heavy metals in water, suspended materials and sediments from Langat River, Malaysia. *Hydrobiologia*, 176(1), 233–238.

Savary, P. (2003). Guide des analyses de la qualité de l'eau. Dossier d'expert, Editions Techni. Cités, 87-194pp.

Senouci ,C., and Naak, N. (2018). La consommation des protéines animales dans la Wilaya de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 72p.

Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, N. K. (2016). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of hazardous materials*, 325, 36-58.

Skoog, D.A., Holler, F.J., Crouch, S.R. (2017). Principles of instrumental analysis, 7th edition. Cengage learning. 992p.

SOW, O. (2012). Manuel d'aviculture du poulet de chair. Par Aryana. Formateur au CFPH Sénégal. Site internet :<http://www.laviculteur.sitew.ch/Aviculture.B.htm#Aviculture.B>

Srivastava, N.K., Majumder, C.B. (2008). Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 151, 1-8.

Stankovic, S., Kalaba, P., Stankovic, A. R. (2014). Biota as toxic metal indicators. *Environmental Chemistry Letters*, 12(1). 63-84.

Staron ,T .(1982). Viandes et alimentation humaine. Ed. APRIA, Paros, 140p.

Tian, H. Z., Zhu, C. Y., Gao, J. J., Cheng, K., Hao, J. M., Wang, K., ... & Zhou, J. R. (2015). Quantitative assessment of atmospheric emissions of toxic heavy metals from anthropogenic sources in China: historical trend, spatial distribution, uncertainties, and control policies. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 15(17).

Tremel-Schaub, A., & Feix, I. (2005). Contamination des sols: transferts des sols vers les plantes. EDP Sciences.

United States, Environmental Protection Agency (USEPA), (2017). Integrated Risk Information System. Université Henri Poincaré. Nancy I. 6-8 et 17p.

Uveges, J. L., Corbett, A. L., & Mal, T. K. (2002). Effects of lead contamination on the growth of *Lythrum salicaria* (purple loosestrife). *Environmental Pollution*, 120(2), 319-323.

Viala, A. Botta, A. (2005). Toxicologie. 2^e édition, Lavoisier(25-46), 109 p.

Waalkes, M. P. (2000). Cadmium carcinogenesis in review. Journal of inorganicbiochemistry, 79(1-4), 241-244p.

Watier, B. (1992). Vitamines et technologie alimentaire In" Aspects nutritionnels des constituants des aliments. Influence des technologies". Edition. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. pp: 197-216.

Zhang, X. Y., Lin, F. F., Wong, M. T., Feng, X. L., & Wang, K. (2009). Identification of soil heavy metal sources from anthropogenic activities and pollution assessment of Fuyang County, China. Environmental monitoring and assessment, 154(1-4), 439.

Zorrig, W., Rouached, A., Abdelly, C., & Berthomieu, P. (2010). Étude des déterminismes moléculaires contrôlant l'accumulation du cadmium chez la laitue (*Lactuca sativa*). In Journées Internationales de Biotechnologie de l'Association Tunisienne de Biotechnologie.

Thème : évaluation des risques sanitaires des éléments traces métalliques liées à la consommation des volailles en Algérie (Cas de la wilaya de jijel)

Présenté par :

Moula Chahinez

Boufetta Amina

Bouhellouf Roumaissa

Date de soutenance

Juillet 2023

Résumé

La contamination par les éléments traces métalliques (ETMs) est considérée comme un problème sérieux en raison de leur toxicité et de leur capacité à s'accumuler dans la chaîne alimentaire y compris la viande du poulet. Cette étude vise à évaluer les teneurs en Pb et Cd dans la viande du poulet ainsi les risques sanitaires liés à la consommation de cet aliment dans la wilaya de Jijel. Pour cela 4 sites ont été choisis. Les échantillons ont subi une extraction et une analyse par SAA. Les risques sanitaires ont été évalués à l'aide des indices de risques (HQ, HI et ILCR). Les résultats montrent que tous les échantillons présentent des concentrations en Pb et Cd ($2,1 \pm 1,19$ et $0,42 \pm 0,14$ mg.kg⁻¹) supérieures aux limites maximales. Les concentrations du Pb sont plus élevés que celles du Cd. Concernant les risques sanitaires, on constate que les consommateurs de la viande de poulet de la wilaya de Jijel sont survenus à un risque non cancérigène (HI et HQ > 1) et cancérigène (ILCR < 10⁻⁴) provoqué par le Cd.

Mots clés : éléments traces métalliques, Cadmium, Plomb, poulet, évaluation de risque, Jijel.

Abstract

heavy metal contamination is considered a serious problem due to their toxicity and their ability to accumulate in the food chain, including chicken meat. This study aims to evaluate the Pb and Cd contents in chicken meat as well as the health risks associated with the consumption of this food in Jijel city. For this, 4 sites have been chosen. The samples were extracted and analyzed by AAS. The health risks were evaluated using the risk indices (HQ, HI and ILCR). The results show that all the samples have concentrations of Pb and Cd (2.1 ± 1.19 and 0.42 ± 0.14 mg.kg⁻¹) above the maximum limits. The concentrations of Pb are higher than those of Cd. Regarding the health risks, we note that consumers of chicken meat from Jijel city have come to a non-carcinogenic (HI and HQ > 1) and carcinogenic (ILCR < 10⁻⁴) risk caused by Cd.

Key words : heavy metals, Cadmium, lead, chicken, health risk, Jijel.

المخلص

يعتبر التلوث بالعناصر النزرة المعدنية مشكلة خطيرة بسبب سميتها وقدرتها على التراكم في السلسلة الغذائية، بما في ذلك لحم الدجاج تهدف هذه الدراسة الى تقييم محتويات الرصاص والكاديوم في لحوم الدجاج وكذلك المخاطر الصحية المرتبطة باستهلاك هذا الطعام في ولاية جيجل. لهذا، تم اختيار 4 مواقع. تم استخراج العينات وتحليلها من قبل (SAA). تم تقييم المخاطر الصحية باستخدام مؤشرات المخاطر (HQ, HI et ILCR). اظهرت النتائج ان جميع العينات تحتوي على تركيزات من الرصاص والكاديوم. تركيزات الرصاص اعلى من تلك الموجودة في الكاديوم (2.1 ± 1.19 و $0,42 \pm 0,14$ ملغ/كغ). فيما يتعلق بالمخاطر الصحية، نلاحظ ان مستهلكي الدجاج من ولاية جيجل قد وصل والى مخاطر غير مسرطنة (HI و $HQ > 1$) ومسببة السرطان ($ILCR < 10^{-4}$) بسبب الكاديوم.

الكلمات المفتاحية : المعادن الثقيلة، الكاديوم، الرصاص، الدجاج، تقييم المخاطر، جيجل.