

Résumé

Bien que largement utilisés, les cosmétiques peuvent contenir du plomb, un métal lourd toxique, qui présente des risques pour la santé. Cette étude a pour objectif d'évaluer la teneur en plomb dans divers produits cosmétiques disponibles sur le marché algérien et de vérifier leur conformité en fonction des normes de sécurité.

Des produits appartenant à diverses catégories, gammes de prix, couleurs, et origines géographiques ont été collectés aléatoirement dans les wilayas de Tizi-Ouzou et de Bouira pour être analysés par spectrométrie d'absorption atomique à flamme SAAF après avoir subi une étape de prétraitement selon le protocole de l'ISO 21392:2021.

Sur les 125 échantillons analysés, 25 (20 %) présentaient des niveaux détectables de plomb qui dépassaient les seuils de sécurité fixés par diverses réglementations. La positivité au plomb a été retrouvée le plus souvent dans les khôls (75%), les produits à bas prix (30%), les produits locaux (45,16%), avec une concentration maximale de 2749,95 mg/kg, largement supérieure aux normes, ainsi que dans les produits de couleur orange (50%) avec une concentration maximale de 36,75 mg/Kg.

Dans le but de préserver la santé des consommateurs, il est essentiel de mettre en place une réglementation rigoureuse, renforcer les contrôles et entreprendre des actions de sensibilisation afin d'informer les consommateurs.

Mots clés : plomb, Cosmétiques, Protocole ISO 21392:2021, Risques pour la santé, spectrométrie d'absorption atomique à flamme SAAF.

Abstract

Although widely used, cosmetics can contain lead, a toxic heavy metal that poses health risks. This study aims to assess the lead content in various cosmetic products available on the Algerian market and verify their compliance with safety standards.

Products from different categories, price ranges, colors, and geographic origins were randomly collected from the wilayas of Tizi-Ouzou and Bouira. These products were analyzed by flame atomic absorption spectrometry (FAAS) after undergoing a pretreatment step according to the ISO 21392:2021 protocol.

Of the 125 samples analyzed, 25 (20%) had detectable lead levels that exceeded the safety thresholds set by various regulations. Lead positivity was most commonly found in kohl (75%), low-priced products (30%), local products (45.16%), each with a maximum concentration of 2749,95 mg/kg, far exceeding standards, as well as in orange-colored products (50%) with a maximum concentration of 36.75 mg/kg.

To protect consumers health, it is essential to implement stringent regulations, enhance controls, and undertake awareness-raising actions to inform consumers.

Keywords: Lead, Cosmetics, Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS), ISO 21392:2021 Protocol, Health Risks.

I. Introduction

Le plomb est un élément naturellement présent dans la croûte terrestre (1) et appartient au groupe des « métaux lourds » (2). Ce métal, de couleur gris bleuâtre, est non essentiel pour les êtres vivants, contrairement aux oligoéléments et il est toxique même à de faibles concentrations (3). Mondialement utilisé dans les processus de fabrication, de recyclage ainsi que dans les produits de consommation (peintures, pigments, jouets, bijoux, cosmétiques...), une contamination importante de l'environnement et une exposition humaine s'ensuivent, entraînant un problème de santé majeur (1). Bien que de nombreux pays aient pris des mesures pour réduire l'exposition environnementale au plomb, comme l'interdiction du plomb dans l'essence et les peintures, le problème reste préoccupant (1).

De plus en plus utilisés ces dernières années et de manière quotidienne, les cosmétiques sont devenus une source supplémentaire d'exposition au plomb. Selon l'Union Européenne, les cosmétiques sont définis comme étant toute substance ou mélange destiné à être mis en contact avec les parties externes du corps humain (épiderme, système pileux, ongles, lèvres et organes génitaux externes) ou avec les dents et les muqueuses de la cavité buccale en vue exclusivement ou principalement à les nettoyer, les parfumer, modifier leur aspect, les protéger, les maintenir en bon état ou corriger les odeurs corporelles (4). Le plomb peut être présent dans les cosmétiques en raison de contaminations lors des processus de fabrication, notamment par la soudure au plomb, les colorants à base de plomb dans les matériaux de fabrication ou la poussière contaminée, en plus de pouvoir être utilisé délibérément pour stabiliser la couleur, produire certaines teintes, comme le rouge dans les rouges à lèvres, rendre les couleurs plus éclatantes et aider les produits à résister à l'humidité (5, 6). Même des produits naturels et traditionnels comme le henné et le kohl peuvent contenir du plomb.

En raison de sa toxicité, l'utilisation du plomb est interdite ou restreinte par la réglementation dans plusieurs pays. En effet, Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) classe les composés de Pb inorganique dans le groupe 2A (probablement carcinogène) et le plomb élémentaire 2B (peut-être cancérigène) (7). Le plomb peut être inhalé, ingéré ou absorbé en contact avec la peau et les muqueuses, s'accumulant dans l'organisme avec le temps. Les symptômes d'intoxication aiguë au plomb incluent des nausées, des vomissements, des douleurs abdominales, des diarrhées, une hépatite cytolytique, une atteinte rénale aiguë tubulaire et des troubles neurologiques centraux, notamment des confusions, des hallucinations et un coma convulsif (8). L'intoxication chronique, ou saturnisme, se manifeste à travers divers

organes. Les effets les plus courants comprennent des troubles du comportement comme l'apathie et l'irritabilité. S'ajoute l'hypertension artérielle, l'anémie normochrome normocytaire régénérative, la neuropathie des membres, l'encéphalopathie lors d'intoxications massives, la colique saturnine et la néphropathie chronique tubulo-interstitielle et glomérulaire (8). Chez les femmes enceintes, le plomb stocké dans le corps peut traverser le placenta et contaminer le fœtus, entraînant un saturnisme congénital (9). Chez les enfants de moins de six ans, le plomb est particulièrement nocif. Il peut endommager la mémoire, réduire l'intelligence, entraver la croissance et le développement. Chez ces enfants, l'exposition au plomb peut également provoquer de l'hyperactivité, des troubles du sommeil (9).

Pour protéger les consommateurs, de nombreuses réglementations ont été mises en place à travers le monde pour limiter la présence de plomb dans les produits cosmétiques. En Allemagne, l'Office Fédéral de la Protection des Consommateurs et de la Sécurité Alimentaire (BVL) impose des limites très strictes avec une teneur maximale en plomb fixée à moins de 2 mg/kg, ce qui en fait l'une des réglementations les plus rigoureuses en Europe (10). En revanche, les directives de l'Association des Nations de l'Asie du Sud-Est (ASEAN) qui regroupe dix pays, fixent cette limite à moins de 20 mg/kg (11). En Chine, le Standard de Sécurité Technique pour les Cosmétiques (STSC) stipule une limite de plomb à moins de 10 mg/kg (12). Le Canada adopte une approche similaire avec une limite de plomb dans les cosmétiques, également fixée à 10 mg/kg (13). Aux États-Unis, la Food and Drug Administration (FDA) a établi une limite maximale de 10 mg/kg pour le plomb dans les cosmétiques pour les lèvres et dans les cosmétiques appliqués extérieurement (14). Il existe aussi une réglementation algérienne mais elle manque de précision. Ces variations dans les limites autorisées montrent les différences significatives dans les normes de sécurité et les niveaux de tolérance de la présence de plomb dans les produits cosmétiques à travers le monde.

Malgré l'existence de ces réglementations, des études montrent que certains produits sur le marché dépassent encore ces seuils. Compte tenu de ces défaillances dans le respect des normes, et vu l'utilisation croissante des cosmétiques ainsi que la nocivité avérée du plomb pour la santé humaine, il nous a semblé important de réaliser une étude dont l'objectif a été de doser le plomb dans les cosmétiques disponibles sur le marché algérien, en utilisant la technique de spectrométrie d'absorption atomique flamme et en suivant la procédure de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO 21392:2021). Nous avons tenu compte

dans le choix des produits à analyser quatre paramètres : la catégorie, le prix (bas moyen, élevé), la couleur et le pays d'origine.

II. Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1 Matériel utilisé

Pour mener cette étude, nous avons utilisé un ensemble spécifique d'instruments et de réactifs. Le dosage du plomb dans les produits cosmétiques a été réalisé au moyen d'un spectromètre d'absorption atomique à flamme (SHIMADZU AA-6200) couplé à un logiciel d'analyse (WizAard) installé sur un ordinateur (HPL1908w) pour l'analyse des résultats. La source d'énergie utilisée était une lampe à cathode creuse spécifique au plomb. La flamme, alimentée par de l'acétylène (provenant de PHYWE SYSTEME GMBH & Co.KG) et de l'air fourni par un compresseur (22901 Ahrensburg Germany), a permis l'atomisation des échantillons.

Les réactifs incluaient de l'acide chlorhydrique pur à 37% (HCl), de l'acide nitrique pur à 69% (HNO₃), une solution standard de plomb à 1000 µg/mL (BIOCHEM Chemopharma) et de l'eau ultra-pure provenant d'un système de purification Human Power 1 Scholar®. Nous avons également utilisé une balance analytique de marque KERN, une plaque chauffante de la marque Heidolph (MR 3001 K), un agitateur ainsi que de la verrerie de laboratoire standard comprenant des béchers, des tubes à essai de 5 ml, des éprouvettes graduées et des tubes en verre borosilicaté. Les micropipettes réglables de la marque DRAGONLAB® (10-100 µL et 100-1000 µL) avec leurs embouts ont été indispensables. Le logiciel Excel 2016 a été utilisé pour les différents calculs.

1.2 Type, lieu et durée de l'étude

Cette étude était de type expérimental, transversal et descriptif. Elle a été menée au laboratoire de toxicologie de la faculté de médecine de Tizi Ouzou, sur une période s'étendant d'octobre 2023 à avril 2024.

1.3 Échantillonnage

Dans le cadre de notre étude sur les produits cosmétiques, nous avons procédé à un échantillonnage rigoureux pour assurer la représentativité et la diversité des produits analysés. Nous avons collecté un total de 90 produits cosmétiques provenant de diverses sources, notamment la famille, les collègues de notre université, et divers magasins situés dans les wilayas de Tizi-Ouzou et Bouira. De ces produits, nous avons extrait 125 échantillons distincts pour une analyse approfondie.

Les critères suivants ont été rigoureusement appliqués lors de la sélection des produits cosmétiques.

Nous avons inclus une variété de produits cosmétiques pour assurer une représentation équilibrée des catégories suivantes : rouges à lèvres, fards à paupières, fards à joues, fonds de teint, mascaras, eyeliners, crayons pour les yeux et khôl. Cette diversité nous permet de couvrir une large gamme de produits couramment utilisés par les consommateurs.

Afin de capturer les variations en termes de qualité et de composition des ingrédients en fonction du prix, nous avons inclus des produits appartenant à trois gammes de prix distinctes : bas, moyen et élevé.

Nous avons également pris en compte l'origine des produits pour refléter la diversité géographique. Cette diversité géographique nous permet d'étudier les différences potentielles dans la formulation des produits cosmétiques selon leur provenance.

Pour assurer une variété de couleurs, les produits sélectionnés couvrent une large gamme de nuances couramment utilisées. Il est important de noter que dans notre étude, nous avons pris en compte chaque couleur présente dans les palettes de fards à paupières et de fards à joues comme un échantillon distinct.

Ces critères de sélection nous ont permis de constituer un échantillonnage représentatif des produits cosmétiques disponibles sur le marché, en tenant compte de la diversité des types de produits, des prix, des origines géographiques et des couleurs (**tableau 01**).

Tableau 01 : liste de caractéristiques des échantillons.

Produits		Rouges à lèvres	Fards à paupières	Fards à joues	Fond de teint	Mascara	Eyliner	Crayons pour les yeux	Khôl	Total	%
Effectifs		23	42	20	10	15	6	5	4	125	100
Prix	Bas	13	17	9	5	9	2	3	2	60	48
	Moyen	6	18	8	2	4	2	2	1	43	34.4
	Élevé	4	7	3	3	2	2	0	1	22	17.6
Origine	Local	10	4	4	3	6	0	1	3	31	24.8
	Chine	7	27	11	3	7	4	4	0	63	50.4
	Europe	4	11	5	4	2	2	0	0	28	22.4
	Les pays du golfe	2	0	0	0	0	0	0	1	3	2.4
Couleur	Beige	0	9	0	10	0	0	0	0	19	15.2
	Marron	7	10	7	0	0	0	0	0	24	19.2
	Orange	0	0	4	0	0	0	0	0	4	3.2
	Rouge	9	0	0	0	0	0	0	0	9	7.2
	Rose	5	12	7	0	0	0	0	0	24	19.2
	Violet	2	11	2	0	0	0	0	0	15	12
	Noir	0	0	0	0	15	6	4	4	29	23,2
	Gris	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,8

2. Méthodes

2.1 Prétraitement

Afin de doser le plomb dans les échantillons récoltés, une étape de prétraitement s'avère être cruciale dans le but d'obtenir un minéralisat exempt de toute matière organique. Pour cela, les échantillons sont soumis à une digestion conformément au protocole établi par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO 21392:2021).

Pour ce faire, 200 mg de chaque échantillon ont été prélevés puis mis dans des tubes préalablement décontaminés et numérotés dans lesquels 1 ml d'eau a été ajouté avant d'être mélangé rigoureusement à l'aide d'un vortex. L'ajout de 1 ml d'eau n'est pas nécessaire pour les échantillons avec une teneur élevée en eau. Par la suite, 5 ml d'acide nitrique ont été ajoutés dans tous les tubes avant de les faire passer au vortex. Après avoir fermé les tubes et les avoir laissés de côté pendant cinq minutes, 1 ml d'acide chlorhydrique (HCL) a été ajouté, en veillant à ce que les tubes soient aussitôt fermés.

Les échantillons ont ensuite été traités en utilisant un programme de chauffage en trois étapes. Placés sur la plaque chauffante, les tubes subissent une augmentation de température, de la température ambiante jusqu'à 200 °C. Puis la température est maintenue à 200 °C pendant 80 minutes. Pour finir, les échantillons sont refroidis jusqu'à 50 °C.

Pour contourner la limite de quantification, un processus de concentration est appliqué. Les tubes, dont les bouchons ont été enlevés, sont placés sur une plaque chauffante réglée à 150 °C pendant 35 minutes.

Enfin, après avoir mesuré les volumes des filtrats récupérés lors de la filtration, les échantillons sont versés dans des tubes secs fermés, puis analysés par spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF).

2.2.1 Protocole de validation

Cette méthode est déjà validée selon le protocole établi par la Société Française des Sciences et Techniques Pharmaceutiques (SFSTP 2003-2006) V2 (15, 16), qui repose sur le profil d'exactitude. Ce protocole de validation permet d'assurer que la méthode analytique est précise, fiable et conforme aux exigences réglementaires et scientifiques de la SFSTP.

2.2.2 Gamme d'étalonnage

Pour quantifier la concentration de plomb dans les échantillons à analyser, une gamme d'étalonnage a été rigoureusement établie avec cinq niveaux de concentration : 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm et 20 ppm. Trois contrôles de qualité ont été préparés à des concentrations spécifiques de 7,5 ppm, 12,5 ppm et 17,5 ppm.

Les solutions de calibrage et les contrôles de qualité ont été préparés à partir d'une solution diluée de plomb à 100 ppm, qui elle-même a été élaborée à partir d'une solution mère de plomb à 1000 ppm (mg/L).

Les dilutions de chaque gamme standard et les points de contrôle ont ensuite été analysés par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme (SAAF).

2.2.3 Analyse des échantillons

Les échantillons ont été analysés par spectroscopie d'absorption atomique SAA flamme, qui est une technique analytique, employée exclusivement pour la quantification d'éléments métalliques (17).

Après la minéralisation, les échantillons sont aspirés et transformés en aérosol par le nébuliseur avant d'être atomisés par la flamme, qui est alimentée par deux gaz, le plus souvent air-acétylène, dont la température peut atteindre environ 2500°C. Pendant ce temps, la lampe à cathode creuse, dont la cathode est constituée de l'élément à doser (Pb), émet un faisceau lumineux d'une longueur d'onde spécifique de cet élément (Pb), qui traverse la flamme où il est absorbé par les atomes libres de l'élément à doser. Le détecteur détecte la différence entre le faisceau émis par la lampe et celui transmis par la flamme (17).

2.2.4 Conversion de la concentration du plomb

Il est nécessaire de convertir les concentrations du plomb dans les échantillons, initialement exprimées en mg/l, en mg/kg, à l'aide de l'équation suivante (18) :

$Pb \text{ (mg/kg)} = (C.V.F) / PE$ Avec :

C : concentration de plomb mesurée par SAAF (mg/l)

V : volume de dilution de l'échantillon en litre

F : facteur de dilution (F=1 dans notre étude)

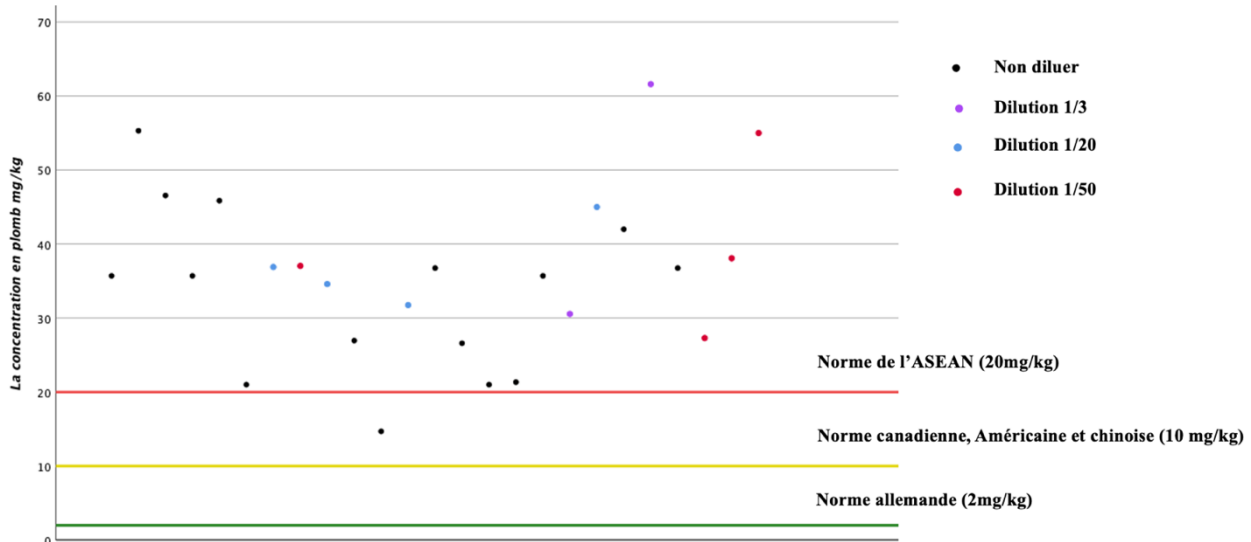
PE : prise d'essai de l'échantillon exprimée en kg (PE=200mg)

III. Résultats

1. Resultats du dosage

Dans le cadre de notre étude, nous avons analysé un total de 125 échantillons provenant de différents types de produits cosmétiques. Parmi ces échantillons, 25 ont dépassé les seuils de sécurité établis par plusieurs organismes de réglementation internationaux pour le plomb, représentant 20% des échantillons totaux. Les rouges à lèvres ont montré des concentrations de plomb variant entre 35,7 mg/kg et 55,3 mg/kg avec une concentration moyenne de 43,31 mg/kg. Les fards à paupières ont révélé des concentrations encore plus élevées, avec une moyenne de 506,53 mg/kg et une valeur maximale atteignant jusqu'à 1852,2 mg/kg, tandis que la plus basse est de 14,7 mg/kg. Les fards à joues ont également présenté des niveaux significatifs de plomb, avec des concentrations variant de 21 mg/kg à 899,85 mg/kg avec une concentration moyenne de 161,85 mg/kg. Le khôl, un produit traditionnellement utilisé autour des yeux, a révélé des concentrations de plomb particulièrement élevées, avec une moyenne atteignant 2006,31 mg/kg et une valeur maximale de 2749,95 mg/kg, ce qui représente la valeur la plus élevée parmi nos échantillons. Étant donné l'utilisation de ce produit à proximité des muqueuses oculaires, ces niveaux sont extrêmement préoccupants.

Les résultats des concentrations pour les 25 échantillons non conformes sont présentés dans la **Figure 01**



La figure 01 : nuage de points qui met en évidence les concentrations de plomb détecté.

La description générale des 25 produits cosmétiques non conformes dans notre étude est présentée dans le **Tableau 02**

Tableau 02 : résumé des caractéristiques des 25 échantillons non conformes

<i>Échantillon</i>	Catégorie	Prix	Origine	Couleur	Concentration	
					Mg/L	Mg/Kg
<i>Échantillon 09</i>	Rouge à lèvres	Bas	Local	Violet	1,02	35,7
<i>Échantillon 10</i>	Rouge à lèvres	Bas	Local	Rose	1,58	55,3
<i>Échantillon 14</i>	Rouge à lèvres	Bas	Local	Rouge	1,33	46,55
<i>Échantillon 16</i>	Rouge à lèvres	Bas	Chine	Rouge	1,02	35,7
<i>Échantillon 24</i>	Fard à paupières	Moyen	Local	Violet	1,31	45,85
<i>Échantillon 32</i>	Fard à paupières	Bas	Chine	Violet	0,6	21
<i>Échantillon 51</i>	Fard à paupières	Bas	Local	Rose	21,08	737,8
<i>Échantillon 52</i>	Fard à paupières	Moyen	Local	Marron	52,92	1852,2
<i>Échantillon 53</i>	Fard à paupières	Moyen	Local	Violet	19,77	691,95
<i>Échantillon 58</i>	Fard à paupières	Bas	Chine	Violet	0,77	26,95
<i>Échantillon 64</i>	Fard à paupières	Moyen	Chine	Rose	0,42	14,7
<i>Échantillon 65</i>	Fard à paupières	Bas	Chine	Rose	18,14	634,9
<i>Échantillon 67</i>	Fard à joues	Bas	Local	Orange	1,05	36,75
<i>Échantillon 68</i>	Fard à joues	Bas	Local	Rose	0,76	26,6
<i>Échantillon 69</i>	Fard à joues	Moyen	Chine	Orange	0,6	21
<i>Échantillon 71</i>	Fard à joues	Moyen	Chine	Rose	0,61	21,35
<i>Échantillon 83</i>	Fard à joues	Bas	Chine	Violet	1,02	35,7
<i>Échantillon 84</i>	Fard à joues	Bas	Local	Rose	2,62	91,7
<i>Échantillon 85</i>	Fard à joues	Bas	Chine	Marron	25,71	899,85
<i>Échantillon 108</i>	Mascara	Bas	Algérie	Noir	1,2	42
<i>Échantillon 110</i>	Mascara	Élevé	Europe	Noir	5,28	184,8
<i>Échantillon 118</i>	Crayon pour les yeux	Bas	Chine	Noir	1,05	36,75
<i>Échantillon 122</i>	Khôl	Bas	Local	Noir	39	1365
<i>Échantillon 124</i>	Khôl	Bas	Local	Noir	54,4	1904
<i>Échantillon 125</i>	Khôl	Bas	Local	Noir	78,57	2749,95

Dans la section suivante, nous présentons les résultats de notre analyse sur les 25 produits cosmétiques qui ont dépassé les seuils de sécurité établis en fonction de différentes variables.

- **Selon la catégorie**

Les résultats des échantillons positifs selon la catégorie sont représentés dans le **tableau 03**

Tableau 03 : Résultats des produits cosmétiques positifs selon la catégorie.

<i>Catégorie</i>	Nombre d'échantillon total (N)	Nombre d'échantillon positif (n)	Pourcentage d'échantillon positif (n/N) %	Valeur maximale du plomb		P valeur
				Mg/L	Mg/Kg	
<i>Rouge à lèvres</i>	23	4	17	1,58	55,3	P=0,0372<0,05 (Différence significative)
<i>Fard à paupières</i>	42	8	19	52,92	1852,2	
<i>Fard à joues</i>	20	7	35	25,71	899,85	
<i>Crayon pour les yeux</i>	5	1	20	1,05	36,75	
<i>Mascara</i>	15	2	13	5,28	184,8	
<i>Khôl</i>	4	3	75	78,57	2749,95	
<i>Fond de teint</i>	10	0	/	/	/	
<i>Eyelinier</i>	6	0	/	/	/	

Les résultats montrent une variation significative de la présence de plomb dans les produits cosmétiques selon leur catégorie. Le Khôl présente le taux de contamination le plus élevé, avec 75 % des échantillons positifs et une concentration maximale de 2749,95 mg/Kg. Les fards à joues et à paupières suivent, avec respectivement 35 % et 19 % d'échantillons positifs,

et des concentrations maximales de 899,85 mg/Kg et 1852,2 mg/Kg. Les rouges à lèvres et les mascaras affichent des taux de contamination plus faibles, soit 17 % et 13 %, avec des concentrations maximales de 55,3 mg/Kg et 184,8 mg/Kg. Aucun échantillon de fond de teint et d'eyeliner n'a été trouvé positif pour le plomb. La p-valeur ($P=0,0372 < 0,05$) indique une différence statistiquement significative de la contamination par le plomb entre les catégories de produits cosmétiques.

- **Selon l'origine**

Les résultats des échantillons positifs selon l'origine sont représentés dans le **tableau 04**

Tableau 04 : Résultats des produits cosmétiques positifs selon l'origine.

<i>Origine</i>	Nombre d'échantillon total (N)	Nombre d'échantillon positif (n)	Pourcentage d'échantillon positif (n/N) %	Valeur maximale du plomb		P valeur
				Mg/L	Mg/Kg	
<i>Local</i>	31	14	45,16	78,57	2749,95	P=0,0004 < 0,05 (Différence significative)
<i>Chine</i>	63	10	15,87	25,71	899,85	
<i>Europe</i>	28	1	3,57	5,28	184,8	
Les pays du golfe	3	0	/	/	/	

Les résultats montrent que les produits cosmétiques locaux ont le taux de plomb positif le plus élevé (45,16%) et la concentration maximale de plomb la plus élevée (2749,95 mg/kg). Les produits chinois ont un taux positif de 15,87% avec une concentration maximale de 899,85 mg/kg. Les produits européens ont le taux le plus bas (3,57%) et une concentration maximale de 184,8 mg/kg. Aucun produit des pays du Golfe n'a été trouvé positif. La valeur p de 0,0004 indique une différence significative selon l'origine des produits.

- Selon la couleur

Les résultats des échantillons positifs selon la couleur sont représentés dans le **tableau 05**

Tableau 05 : Résultats des produits cosmétiques positifs selon la couleur.

<i>Couleur</i>	Nombre d'échantillon total (N)	Nombre d'échantillon positif (n)	Pourcentage d'échantillon positif (n/N) %	Valeur maximale du plomb		P valeur
				Mg/L	Mg/Kg	
<i>Noir</i>	29	6	20	78,57	2749,95	P=0,0455 < 0,05 (Différence significative)
<i>Marron</i>	24	2	8.33	52,92	1852,2	
<i>Orange</i>	4	2	50	1,05	36,75	
<i>Rouge</i>	9	2	22.22	1,33	46,55	
<i>Rose</i>	24	7	29.17	21,08	737,8	
<i>Violet</i>	15	6	40	1,31	45,85	
<i>Beige</i>	19	0	/	/	/	
<i>Gris</i>	1	0	/	/	/	

Les résultats montrent que la contamination par le plomb varie selon la couleur des produits cosmétiques. Les produits de couleur orange ont le pourcentage le plus élevé d'échantillons positifs (50 %), suivis par le violet (40 %), le rose (29,17 %), le rouge (22,22 %) et le noir (20 %). Les produits marron ont un faible pourcentage d'échantillons positifs (8,33 %), et les produits beige et gris ne présentent aucune contamination. La concentration maximale de plomb est la plus élevée dans les produits noirs (2749,95 mg/kg), suivie par les marrons (1852,2 mg/kg). Une différence significative ($P=0,0455 < 0,05$) existe entre les couleurs et la présence de plomb, indiquant que certaines couleurs, notamment le noir et le marron, sont plus susceptibles de contenir du plomb.

- **Selon le prix**

Les résultats des échantillons positifs selon le prix sont représentés dans le **tableau 06**

Tableau 06 : Résultats des produits cosmétiques positifs selon le prix.

<i>Prix</i>	Nombre d'échantillon total (N)	Nombre d'échantillon positif (n)	Pourcentage d'échantillon positif (n/N) %	Valeur maximale du plomb		P valeur
				Mg/L	Mg/Kg	
<i>Bas</i>	60	18	30	78,57	2749,95	P=0,0180 < 0,05 (Différence significative)
<i>Moyen</i>	43	6	13,95	52,92	1852,2	
<i>Élevé</i>	22	1	4.54	5,28	184,8	

Les résultats montrent une corrélation significative entre la présence de plomb dans les produits cosmétiques et leur prix. Les produits à bas prix affichent un pourcentage plus élevé d'échantillons positifs pour la présence de plomb (30%), avec une valeur maximale de plomb de 2749,95 mg/Kg. En comparaison, les produits à prix moyen ont 13,95% d'échantillons positifs avec une valeur maximale de plomb de 1852,2 mg/Kg, et les produits à prix élevé montrent seulement 4,54% d'échantillons positifs avec une valeur maximale de plomb de 184,8 mg/Kg. La valeur P de 0,0180, inférieure à 0,05, indique une différence statistiquement significative entre les groupes.

III. Discussion

1. Protocole d'analyse et réglementation

Pour analyser la présence de plomb dans les cosmétiques commercialisés en Algérie, un protocole méthodique a été suivi. D'abord, les échantillons ont été prétraités conformément à l'ISO 21392:2021. Ensuite l'analyse a été effectuée par spectrométrie d'absorption atomique flamme (SAAF).

En Algérie, l'Arrêté interministériel du 8 Rabie Ethani 1444 (correspondant au 2 novembre 2022) stipule des limites strictes pour la présence de plomb dans les cosmétiques. Cet arrêté

exige l'absence totale de métaux lourds, y compris le plomb, dans la plupart des produits cosmétiques et d'hygiène corporelle. Cependant, une distinction est faite pour les poudres de maquillage et autres poudres similaires, pour lesquelles une limite maximale de 10 ppm de plomb est fixée (19).

L'absence de limites bien définies dans cet arrêté crée des ambiguïtés qui peuvent compliquer la mise en œuvre et la conformité des fabricants et des régulateurs. Pour cette raison, il est pertinent de se référer aux réglementations internationales qui offrent des limites claires et précises. Par exemple, l'Office Fédéral de la Protection des Consommateurs et de la Sécurité Alimentaire (BVL) en Allemagne impose une limite stricte de 2 mg/kg de plomb dans les cosmétiques, ce qui est la limite la plus basse en Europe. En revanche, l'ASEAN fixe cette limite à 20 mg/kg, tandis que la Chine, le Canada et la FDA aux États-Unis adoptent une limite de 10 mg/kg pour les cosmétiques destinés aux lèvres et ceux appliqués extérieurement (10).

Ces différences reflètent des approches variées en matière de tolérance et de précaution vis-à-vis de la présence de plomb dans les cosmétiques. Pour cette étude, une valeur de référence uniforme de 10 mg/kg a été choisie, car elle est largement utilisée dans plusieurs réglementations internationales, facilitant ainsi la comparaison et l'interprétation des résultats.

2. Conformité

Les résultats de notre analyse des 125 échantillons de cosmétiques montrent une conformité générale satisfaisante aux normes réglementaires en vigueur, avec 80 % des produits testés répondant aux exigences fixées par la FDA, la Chine, le Canada (10 mg/kg) et l'Allemagne (2 mg/kg). Cependant, il est préoccupant de noter que 20 % des échantillons ne respectaient pas ces normes, présentant une concentration moyenne en plomb de 464,56 mg/kg.

Un cas particulièrement alarmant est celui d'un khôl local de couleur noire à bas prix, qui a enregistré la teneur maximale en plomb de 2749,95 mg/kg. Cette concentration extrêmement élevée dépasse largement les seuils de sécurité établis et pourrait poser de sérieux risques pour la santé des utilisateurs.

Il y a eu des recherches dans ce domaine qui ont permis de comparer les résultats de la nôtre. Notamment, une étude menée au Pakistan en 2013 a permis de constater que sur les 15 produits cosmétiques examinés, 4 échantillons (26,6 %) dépassent 10 mg/kg (limites FDA, Chine, Canada), et 12 échantillons étaient supérieurs à la limite fixée par les autorités

allemandes 2 mg/kg (20). La concentration la plus élevée est observée aussi dans un khôl de couleur noire provenant de Pakistan a 1071 mg/kg. La moyenne des niveaux en plomb détectée dans cette étude est de 141,8 mg/kg.

De plus, une étude iranienne a examiné les concentrations de métaux lourds en tant qu'impuretés dans divers produits cosmétiques (21), en se basant sur des recherches menées entre 2010 et 2018. Les résultats de onze études ont révélé des concentrations de plomb (Pb) allant de 81,02 à 140,57 mg/kg dans les ombres à paupières, de 96,37 à 218,35 mg/kg dans les crayons pour les yeux, de 88,32 à 280,9 mg/kg dans les poudres, de 11,54 à 129,26 mg/kg dans les crèmes, et de 109,66 à 198,49 mg/kg dans les rouges à lèvres. Ces concentrations dépassent largement les normes internationales de sécurité pour le plomb dans les cosmétiques.

3. Facteurs associés à la teneur du plomb

- **Selon la catégorie**

L'analyse des niveaux de plomb dans les cosmétiques en fonction de leur type est essentielle pour identifier les produits présentant le plus grand risque de contamination. Notre étude a examiné divers types de cosmétiques, notamment ceux destinés à être appliqués sur les lèvres (les rouges à lèvres), particulièrement préoccupants en raison du risque d'ingestion par voie orale (22), ceux destinés à la zone périoculaire (fards à paupières, mascara, crayons pour les yeux et khôl), où la peau est la plus fine, ce qui facilite l'absorption dans la circulation sanguine des métaux pouvant être également absorbés par la conjonctive et lors de la lacrymation (22), et enfin, ceux destinés au reste du visage, comme le fond de teint et le fard à joues.

Le khôl, utilisé autour des yeux, affiche le taux de positivité le plus élevé à 75%, indiquant une contamination fréquente par le plomb, avec des concentrations maximales alarmantes de 2749,95 mg/Kg. Les fards à joues (35% de positivité) et à paupières (19%) suivent, avec des concentrations maximales de 899,85 mg/Kg et 1852,2 mg/Kg respectivement. Les crayons pour les yeux (20%), bien que présentant une concentration maximale plus basse de 36,75 mg/Kg, dépassent également les normes de sécurité. Le rouge à lèvres (17%) et le mascara (13%) montrent des niveaux de contamination inférieurs mais préoccupants, avec des concentrations maximales de 55,3 mg/Kg et 184,8 mg/Kg respectivement. En revanche, les

eyeliners et les fonds de teint ne présentent aucune contamination par le plomb dans les échantillons testés.

Selon une étude publiée, intitulée « A study of the composition of some eye cosmetics (kohl) used in the United Arab Emirates », 48% des khôls contiennent un composé de plomb (23). Des niveaux très élevés de Pb ont été observés dans le khôl, qui est généralement composé de galène (PbS) et de galène argentifère (Pb₂SO₄) (6). Ce qui corrobore nos résultats.

En ce qui concerne les rouges à lèvres et les fards à paupières, une étude sur cinquante échantillons de produits cosmétiques (35 rouges à lèvres et 15 fards à paupières) a révélé la présence de plomb à des concentrations variables. La teneur en plomb dans les fards à paupières était plus élevée que celle des rouges à lèvres (de 0,85 à 6,90 µg/g pour les fards à paupières et de 0,08 à 5,2 µg/g pour les rouges à lèvres) (8) comme dans le cas de notre étude, où la concentration maximale en plomb dans les fards à paupière était de 1852,2 mg/Kg, supérieure à celle des rouges à lèvres (55,3 mg/Kg), toutes deux bien plus élevées cependant que celles obtenues dans l'étude.

Selon une étude coréenne, réalisée sur plusieurs types de produits cosmétiques (rouge à lèvres, brillant à lèvres, baume à lèvres, fond de teint et eye-liner), le fond de teint affichait la moyenne la plus élevée à 1,155 mg/kg (24), ce qui est en désaccord avec notre étude, dans laquelle nous n'avons obtenu aucun positif pour les fonds de teint.

La présence de plomb dans certaines catégories de produits cosmétiques et son absence dans d'autres peuvent être attribuées à plusieurs facteurs interconnectés. Tout d'abord, les sources de contamination des matières premières jouent un rôle crucial. Les ingrédients utilisés dans des produits comme le khôl peuvent être plus susceptibles de contenir du plomb en raison de leur origine géographique et des méthodes d'extraction et de traitement. De plus, les procédés de fabrication varient également d'un produit à l'autre, avec des installations de production où les normes de contrôle de qualité et de sécurité peuvent être moins strictes, entraînant une contamination croisée ou une purification inadéquate des ingrédients. Enfin, la formulation des produits diffère, certains nécessitant l'utilisation de pigments et d'additifs qui contiennent des impuretés de plomb, particulièrement dans les produits de maquillage pour les yeux et les joues où des pigments intenses sont utilisés.

- **Selon l'origine**

Quatre sources Principales de provenance des produits cosmétiques ont été identifiées : la source locale (Algérie), la Chine, Europe et les pays du Golfe arabe. Les résultats statistiques montrent une différence significative ($P = 0,0004 < 0,05$) dans la contamination par le plomb des cosmétiques en fonction de leur origine. Un pourcentage élevé de produits locaux contaminés (45,16 %) a été détecté, avec une concentration maximale de plomb atteignant 2749,95 mg/kg. Ce taux élevé de contamination peut être attribué à des contrôles de qualité moins stricts et à une absence de réglementation qui se prononce sur des limites de plomb dans ces produits. Les cosmétiques provenant de Chine montrent un taux de contamination en plomb de 15,87 %, avec une concentration maximale de plomb de 899,85 mg/kg.

Bien que le pourcentage d'échantillons contaminés soit inférieur à celui de produits locaux, la contamination reste significative. En comparaison, les produits européens présentent un taux de contamination de 3.57 % avec une concentration maximale de plomb de 184,4 mg/kg ce qui indique un meilleur respect des normes de sécurité malgré quelques exceptions. Aucun des échantillons provenant de pays du Golfe arabe n'a montré de contamination par le plomb, bien que le nombre d'échantillons testés soit très faible (seulement 3), limitant ainsi la fiabilité de cette observation.

Ces résultats rejoignent les conclusions d'une étude menée par Volpe et al. en 2012 qui a évalué la teneur en métaux lourds dans 20 échantillons d'ombres à paupières fabriqués en Chine, en Italie et aux Etats-Unis (25). D'après cette étude, la concentration en Pb dans les fards à paupières importés de Chine variait de 9,53 mg/kg à 81,50 mg/kg contre 0,25 à 7,64 mg/kg pour les produits fabriqués en Italie et aux États-Unis. Ces résultats montrent que les produits chinois sont plus contaminés en plomb que ceux fabriqués en Italie et aux États-Unis.

La présence de plomb dans les produits cosmétiques varie selon leur origine en raison de plusieurs facteurs clés. Les pays avec des réglementations strictes, comme ceux en Europe et aux États-Unis, imposent des limites sévères sur les niveaux de plomb, ce qui réduit considérablement la contamination. En revanche, des pays comme l'Algérie et les pays de l'ASEAN peuvent avoir des normes moins strictes ou inexistantes, permettant une tolérance plus élevée de plomb. Les pratiques de fabrication et les contrôles de qualité jouent également un rôle crucial : les pays avec des procédures rigoureuses et des matières premières de haute qualité présentent moins de risques de contamination. De plus, la provenance des ingrédients et le niveau de sensibilisation aux dangers du plomb influencent

la présence de ce métal lourd dans les produits cosmétiques. En somme, une réglementation stricte, des contrôles de qualité rigoureux, de bonnes pratiques de fabrication et des sources d'ingrédients purifiées sont essentiels pour réduire la contamination par le plomb.

- **Selon la couleur :**

L'utilisation quotidienne par les femmes de cosmétiques colorés est une pratique courante dans le monde entier (22). Le plomb dans les cosmétiques peut être dû à sa présence dans les additifs colorants en tant qu'impureté ou à l'ajout par les fabricants de minéraux de plomb comme colorants, notamment le sulfate de Pb (galène) (noir), le chromate de Pb (jaune), le tétraoxyde de Pb (rouge) ... (1, 26) La couleur influe donc de manière importante sur le taux de plomb présent dans les produits.

Plusieurs teintes ont été choisies pour mener cette étude : beige, marron, orange, rouge, rose, violet, noir et gris.

Les résultats du test statistique indiquent qu'il existe une différence significative ($< 0,05$) entre la couleur des cosmétiques et la teneur en plomb. Les cosmétiques de couleur orange représentent le pourcentage le plus élevé des positifs (50%), suivis des cosmétiques de couleur violette (40%), rose (29.17%), rouge (22.22%), noir (20%) et marron (8.33%) tandis qu'il n'y a aucun positif pour ceux de couleur beige et gris.

Les produits cosmétiques de couleur noire se distinguent par des concentrations de plomb extrêmement élevées, atteignant jusqu'à 2749,95 mg/kg. Les produits marron et rose montrent également des concentrations en plomb très préoccupantes, avec des valeurs maximales respectives de 1852,2 mg/kg et 737,8 mg/kg. Les produits de couleur rouge, violette et orange présentent, quant à eux, des concentrations maximales inférieures aux précédents mais qui restent supérieures aux normes. Tous les positifs dépassent les normes, les rendant non conformes à leur utilisation.

Selon une étude publiée, intitulée « A Study of the Possible Harmful Effects of Cosmetic Products », la teneur en plomb dans les rouges à lèvres testés variait de 16,67 à 105,60 µg/g selon la couleur de l'échantillon. Les rouges à lèvres de couleur beige présentaient les plus faibles niveaux de plomb, ce qui coïncide avec notre étude dans laquelle aucun produit de couleur beige n'a montré de contamination par le plomb (27). Al-Saleh et al. ont constaté que

les échantillons de couleurs sombres étaient en général les plus pollués (27). Cette observation est similaire à celle de notre étude, dans laquelle les produits de couleur noire et ceux de couleur marron ont atteint les teneurs les plus élevées en plomb.

En 2012, une enquête de l'UE a été réalisée sur 223 articles pour les lèvres, représentant 55 marques, achetés dans 15 États membres de l'UE. Les teintes étudiées étaient le rouge, le marron, le violet et le rose. Dans le cas des rouges à lèvres, 48 % de tous les articles violets testés contenaient plus de 1 mg/kg de plomb, tandis que cette proportion était plus faible pour les autres couleurs (6), ce qui est similaire à notre étude. En effet, entre ces quatre couleurs, les produits de couleur violette présentent le pourcentage de positifs le plus élevé, soit 40 %. Cependant, notre étude ne corrobore pas entièrement celle de l'UE concernant la tendance des rouges à lèvres violets à contenir plus de plomb que les autres teintes. Dans notre étude, les produits de couleur violet et orange présentent des teneurs en plomb inférieures aux échantillons.

- **Selon le prix :**

Le test statistique a montré qu'il existe une différence significative ($< 0,05$) entre le prix des cosmétiques et la teneur en plomb. Dont la catégorie bas prix représente la majorité des échantillons non conforme avec une prévalence de 30%, comparé à 13,95% pour les cosmétiques à moyen prix, et pour le prix élevé un seul échantillon était non conforme sur un total de 22, avec une prévalence de 4,54%. La concentration maximale en plomb 2749,57 mg/kg a été détectée dans un produit à bas prix (khôl).

En effet, les résultats d'une étude publiée par la société chimique américaine ACS étaient similaires à nos résultats où les produits à bas prix étaient là plupart des cas non conformes, dont la teneur en plomb dans les produits a eu tendance à diminuer avec l'augmentation du prix (28). Tous les produits contenant plus de 40 mg/kg coutaient moins de 5 USD, tandis que les concentrations des échantillons coutant plus de 5 USD étaient inférieures à 20 mg/kg. En 2021, une autre étude menée en Libye à l'université Zawia a révélé que la quantité de plomb présente dans les rouges à lèvres diffère en fonction des prix, dont la majorité des produits non conformes était à bas prix (29).

La présence accrue de plomb dans les catégories de produits cosmétiques à bas prix par rapport aux produits plus onéreux peut s'expliquer par plusieurs facteurs. Tout d'abord, les fabricants de cosmétiques à bas prix utilisent souvent des matières premières moins

coûteuses, qui sont de moindre qualité et peuvent contenir des impuretés telles que le plomb. De plus, les procédures de contrôle de qualité pour ces produits sont généralement moins strictes, ce qui permet à des substances toxiques de passer à travers les mailles du filet. Les additifs et pigments utilisés pour donner de la couleur ou d'autres propriétés aux cosmétiques à bas prix peuvent aussi contenir du plomb, alors que les fabricants de produits plus chers optent pour des alternatives plus sûres et plus coûteuses. La réglementation et la surveillance jouent également un rôle crucial : les grandes entreprises produisant des cosmétiques haut de gamme sont soumises à des normes plus rigoureuses et sont plus surveillées, tandis que les petits fabricants ou ceux des produits à bas prix peuvent être moins contrôlés. Enfin, une différence de connaissance et de sensibilisation aux dangers du plomb peut également être un facteur : les fabricants de produits à bas prix peuvent être moins informés ou moins soucieux des risques pour la santé, comparativement à ceux des produits de haute gamme qui investissent davantage dans la recherche et la sécurité.

Contraintes et Défis Méthodologiques

Les contraintes et difficultés rencontrées pendant cette étude sont nombreuses et variées. Voici les principales :

1. **Qualité et diversité des échantillons** : Assurer la représentativité et la diversité des produits cosmétiques analysés a été un défi. L'échantillonnage a dû inclure une variété de produits couvrant différentes gammes de prix, origines géographiques, et couleurs pour obtenir des résultats représentatifs.
2. **Problèmes techniques et analytiques** : Le dosage du plomb nécessite des équipements spécifiques et précis comme le spectromètre d'absorption atomique à flamme. La préparation des échantillons, la calibration des instruments et la conversion des résultats ont impliqué des étapes complexes et rigoureuses.
3. **Réglementations variées** : Les limites réglementaires sur la teneur en plomb varient d'un pays à l'autre, rendant difficile l'interprétation et la comparaison des résultats. Par exemple, l'Allemagne impose une limite stricte de 2 mg/kg, tandis que d'autres pays comme les États-Unis et le Canada adoptent une limite de 10 mg/kg.

4. **Limitations méthodologiques** : Certaines étapes, comme le prétraitement des échantillons et la concentration des solutions, nécessitent une manipulation précise pour éviter toute contamination croisée et garantir la fiabilité des résultats.

Ces contraintes montrent la complexité d'une telle étude et les nombreux défis à surmonter pour obtenir des résultats fiables et représentatifs.

Recommandation

Suite à nos résultats sur la teneur en plomb dans les produits cosmétiques et ses effets néfastes, nous formulons les recommandations suivantes :

- **Réalisation d'études complémentaires :**

- Mener des recherches sur la présence d'autres métaux lourds dans divers cosmétiques pour mieux comprendre les dangers et améliorer les méthodes de prévention.

- **Amélioration des méthodes de traitement des échantillons :**

- Développer des méthodes de traitement d'échantillons plus fiables et sensibles pour détecter les substances toxiques dans les cosmétiques.

- **Renforcement de la réglementation nationale :**

- Établir une réglementation claire et uniforme en Algérie concernant les limites maximales de plomb dans les cosmétiques, alignée sur les normes internationales (par exemple, FDA, BVL, ASEAN).
- Mettre en place des contrôles rigoureux et réguliers des produits cosmétiques par des laboratoires accrédités.

- **Éducation et sensibilisation :**

- Informer les consommateurs des risques liés à l'exposition au plomb dans les cosmétiques via des campagnes de sensibilisation.
 - Former les fabricants sur les meilleures pratiques pour éviter la contamination par le plomb.
- **Collaboration internationale :**
- Partager des informations sur les meilleures pratiques de réglementation et les nouvelles découvertes scientifiques avec d'autres pays et organisations.
 - Participer à l'harmonisation des normes de sécurité des cosmétiques au niveau international.

Conclusion

Notre étude a examiné la présence de plomb dans divers produits cosmétiques en Algérie. Pour ce faire, nous avons analysé 125 échantillons de cosmétiques et détecté des niveaux de plomb dans 25 d'entre eux, ce qui représente 20 % de l'échantillon total. Les résultats révèlent que ces produits dépassent largement les seuils de sécurité établis par plusieurs organismes de réglementation internationaux, avec des concentrations particulièrement élevées dans les rouges à lèvres, les fards à paupières, les fards à joues et le khôl, atteignant jusqu'à 2749,95 mg/kg. Ces résultats soulèvent des préoccupations majeures quant à la sécurité des produits cosmétiques disponibles sur le marché algérien, en particulier ceux fabriqués localement et certains importés de Chine. Ils mettent en évidence la nécessité urgente d'une réglementation stricte et uniforme alignée sur les normes internationales, ainsi qu'un renforcement des contrôles et des inspections pour garantir la conformité des produits cosmétiques. Les autorités algériennes doivent mettre à jour les normes en vigueur, définir des limites claires pour les métaux non réglementés, et instaurer des contrôles qualité rigoureux des produits cosmétiques vendus sur les marchés algériens. Les fabricants sont appelés à faire preuve de conscience professionnelle en ce qui concerne les procédés de fabrication et la composition chimique des cosmétiques. Cette étude devrait servir de base pour de futures recherches visant à améliorer les conditions opérationnelles et à actualiser les normes de sécurité pour mieux protéger la santé publique.

Références

1. Al-Saleh I, Al-Enazi S, Shinwari N. Assessment of lead in cosmetic products. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2009;54(2):105-13.
2. Lead in Cosmetics: U.S. Food and Drug Administration; 2022 [Available from: <https://www.fda.gov/cosmetics/potential-contaminants-cosmetics/lead-cosmetics>].
3. Nawel BN. Evaluation physicochimique de l'exposition au cadmium chez les insuffisants rénaux chroniques par spectrophotométrie d'absorption atomique 2023.
4. Produits cosmétiques: ministre du Travail, de la Santé et des Solidarités; 2021 [Available from: <https://sante.gouv.fr/soins-et-maladies/autres-produits-de-sante/article/produits-cosmetiques>].
5. Lewis J. True Colors: Unmasking Hidden Lead in Cosmetics from Low- and Middle-Income Countries. *Environ Health Perspect.* 2022;130(4):42001.
6. Bocca B, Pino A, Alimonti A, Forte G. Toxic metals contained in cosmetics: a status report. *Regul Toxicol Pharmacol.* 2014;68(3):447-67.
7. Feizi R, Jaafarzadeh N, Akbari H, Jorfi S. Evaluation of lead and cadmium concentrations in lipstick and eye pencil cosmetics. *Environmental Health Engineering and Management.* 2019;6:277-82.
8. Nourmoradi H, Foroghi M, Farhadkhani M, Vahid Dastjerdi M. Assessment of lead and cadmium levels in frequently used cosmetic products in Iran. *J Environ Public Health.* 2013;2013:962727.
9. Li Y, Fang Y, Liu Z, Zhang Y, Liu K, Jiang L, et al. Trace Metal Lead Exposure in Typical Lip Cosmetics From Electronic Commercial Platform: Investigation, Health Risk Assessment and Blood Lead Level Analysis. *Front Public Health.* 2021;9:766984.
10. Ian Axford DSH, Gary Bird, Dr Sarah Singh & Kirsty Macintyre. A Feasibility Study Investigating Action Limits for Certain Heavy Metal Impurities in Cosmetic Products. 2023.
11. ASEAN GUIDELINES ON LIMITS OF CONTAMINANTS FOR COSMETICS: Association of South East Asian Nations (ASEAN); 2019 [Available from: <https://www.hsa.gov.sg/docs/default-source/hprg-cosmetics/asean-guidelines-on-limits-of-contaminants-for-cosmetics-ver-3.pdf>].

12. Safety and Technical Standards for Cosmetics: China National Institutes for Food and Drug Control (NIFDC); 2022 [Available from: https://members.wto.org/crnattachments/2022/TBT/CHN/22_3007_00_x.pdf].
13. Innocuité des ingrédients cosmétiques: Government of Canada; [updated 2020-07-15. Available from: <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/securite-produits-consommation/cosmetiques/etiquetage/inocuite-ingredients.html>].
14. Limiting Lead in Lipstick and Other Cosmetics: U.S. Food and Drug Administration; 2022 [Available from: <https://www.fda.gov/cosmetics/cosmetic-products/limiting-lead-lipstick-and-other-cosmetics#:~:text=FDA%20regulations%20usually%20limit%20lead,to%20pose%20a%20health%20risk>].
15. STP PHARMA PRATIQUES-volume 16-N 01- janvier/février 2006.
16. STP PHARMA PRATIQUES-volume 13-N 03- mai/juin 2003.
17. La spectrophotométrie d'absorption atomique [Available from: <https://chimieanalytique.com/spectrophotometrie-absorption-atomique/2/>].
18. International Organization for S. ISO 21392:2021 – Cosmétiques – Méthodes analytiques – Détection et quantification des traces de métaux lourds. 2021.
19. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 07. 2023.
20. Ullah H, Noreen S, Fozia D, Rehman A, Waseem A, Zubair S, et al. Comparative study of heavy metals content in cosmetic products of different countries marketed in Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan 2013.
21. Ghaderpoori M, Kamarehie B, Jafari A, Alinejad AA, Hashempour Y, Saghi MH, et al. Health risk assessment of heavy metals in cosmetic products sold in Iran: the Monte Carlo simulation. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2020;27(7):7588-95.
22. Borowska S, Brzóska MM. Metals in cosmetics: implications for human health. *J Appl Toxicol.* 2015;35(6):551-72.
23. Hardy AD, Sutherland HH, Vaishnav R. A study of the composition of some eye cosmetics (kohl) used in the United Arab Emirates. *J Ethnopharmacol.* 2002;80(2-3):137-45.
24. Choi C, Hwang Y, Park A, Jung S, Kim H, Kim J. A Study on Heavy Metal Concentrations of Color Cosmetics in Korea Market. *Journal of the Society of Cosmetic Scientists of Korea.* 2014;40:269-78.

25. Volpe MG, Nazzaro M, Coppola R, Rapuano F, Aquino RP. Determination and assessments of selected heavy metals in eye shadow cosmetics from China, Italy, and USA. *Microchemical Journal*. 2012;101:65-9.
26. Zhao D, Li J, Li C, Juhasz AL, Scheckel KG, Luo J, et al. Lead Relative Bioavailability in Lip Products and Their Potential Health Risk to Women. *Environ Sci Technol*. 2016;50(11):6036-43.
27. Kaličanin B, Velimirović D. A Study of the Possible Harmful Effects of Cosmetic Beauty Products on Human Health. *Biol Trace Elem Res*. 2016;170(2):476-84.
28. Zhao D, Li J, Li C, Juhasz AL, Scheckel KG, Luo J, et al. Lead Relative Bioavailability in Lip Products and Their Potential Health Risk to Women. *Environmental Science & Technology*. 2016;50(11):6036-43.
29. Ellafi Z. Determine the amount of lead in some lipstick products in Libya supermarket. 2021.