

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de biologie et de l'environnement
Filière: Sciences biologiques
Spécialité: toxicologie industrielle et environnementale.



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

*Contribution à L'étude D'évaluation Des risques
des métaux lourds (Pb ,Cd ,Cr ,Zn) Sur La santé
Humaine Cas Nappe Phréatique Boulimat
(Bejaia).*

Présenté par :

Toumi Badiaa

Soutenu le : **02 Juillet 2019.**

Devant le jury composé de :

M^{me} **KHERFALLAH**
M^r **KHEMMOUDJ**
M^{me} **GHERBI**

MAA
MCB
MCB

Présidente
Encadreur
Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Tout d'abord, on remercie Dieu, le généreux qui a enseigné à l'Homme ce qu'il ne savait pas et aussi nous avoir donnés la force afin d'accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier vivement :

- *Notre promoteur M^r KHEMMOUDJ pour avoir acceptés de nous encadrer en nous donnant confiance afin de réaliser ce modeste travail, dont tout le mérite lui revient. On les remercie pour son aide et leur remarques ainsi tous les conseils qu'elles n'ont cessés de nous prodiguer tout au long de ce travail.*

• *Notre remerciement s'adressent également à:*

• *La présidente de jury M^{me} kherffelah.T pour nous avoir consacré son temps et son aide précieux et ses conseils et M^{me} Gherbi de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.*

• *A tous nos professeurs de département sciences biologie et de l'environnement.*

• *Et enfin nous tenons à remercier de tout cœur les personnes ayant participés de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*



Dédicaces

Au terme de toutes ces années d'étude, je dédie ce modeste travail en signe de respect et de remerciement, à ceux qui ont donné un sens à mon existence qui m'ont soutenu jours et nuits durant tout mon parcours.

À vous très chers parents, je vous dis merci pour votre soutien moral et financier et surtout pour vous ma très chère mère pour tous ses sacrifices, sa patience, sa confiance et son amour.

À Mes très chères sœurs romila et rabha.

À Mes très chers frères : hani, nadjim, pidro, fahim.

À Ma belle sœur katia.

À Mes amis islem kitoune, jugourtha, fadila, aldja, nourdine, assia, sabrina.

À tout la promotion toxicologie industrielle et environnementale 2019.

*Il est une autre richesse que celle
De l'or ou
D'argent, c'est l'amour de sa famille
Et de ces amies.*

BADIAA



Sommaire

- Liste des tableaux
- Liste des figures
- Liste d'abréviations

Introduction	01
--------------------	----

Chapitre I : partie bibliographique

I.1.Généralité sur les ressources en eau.....	03
I.1.1. L'état de l'environnement Algérie.....	03
I.1.2. Notion, classification des ressources en eau	04
I.1.2.1. Notion de ressources en eau.....	04
I.1.2.2. Classification des ressources en eau.....	05
I.1.3. Les ressources en eau sont-elles victimes de pollution.....	07
I.2. Contamination des ressources en eau	07
I.2.1. Les principales sources de contamination de l'eau	07
I.2.2. Différents types de pollution de l'eau.....	08
I.3. C'est Quoi un métal	09
I.3.1. Définition	09
I.3.2. Sources d'émission	10
I.3.3. Les sources naturelles	10
I.3.4. Les sources anthropiques	10
I.3.5. Classification des métaux lourds	11
I.3.5.1. Caractéristiques des métaux « éléments traces métalliques	12
I.3.5.1.1. Propriétés physico-chimiques des métaux lourds	12
I.3.5.1.2. Caractéristique du zinc	12
I.3.5.1.3. Caractéristique du cadmium	13

I.3.5.1.4.caractéristiques le chrome	15
I.3.5.1.5.caractéristiques physico-chimiques du plomb	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1.Présentation de la zone d'étude	18
II.1.1. Situation géographique de la région d'étude	18
II.1.2. Les caractéristiques physiques de la région d'étude	19
II.2.Climatologie de la région	20
II. 3. Le bassin versant	24
II.3.1.Caractéristiques d'un bassin versant.....	25
II.4. Echantillonnage	25
II.5.Le choix des sites.....	25
II.6.Matériels utilisés.....	27
II.7.Les logiciels utilisées.....	28
II.7.1.Présentation de logiciel Surfer.....	28
II.7.2.Analyse des éléments traces métalliques (ETM) par la spectrophotométrie.....	28
II.7.3. Évaluation de Risque pour la santé Humaine	30

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1.Variations des valeurs d'exposition par voie ingestion et dermique dans les populations exposées	36
III.2.La variation des valeurs HQ par voie cutané et voie ingestion soit chez l'adulte ou l'enfant	39
I.3.Comparaison entre les valeurs de dose HQ des eaux souterraines et eaux de surfaces de boulimat (Bejaia) et les valeurs limites de HQ	41
III.4.Variations des valeurs HI	42
III.5.Interprétation des cartes.....	42
III.6.Discussion et Risque au cancer	47

III.7.3.D'AUTRE RISQUES SUR LA SANTÉ QUI PEUVENT ETRE PROVOQUES PAR LES METAUX LOURDS	48
Conclusion perspectives	49
• Références bibliographiques	

Liste des figures

FIGURE	TITRE	PAGE
FIGURE N°1	Schéma représentant les composantes de la molécule d'eau.	05
FIGURE N°2	Les eaux superficielles (Surface).	06
FIGURE N°3	Les ressources en eau souterraines	07
FIGURE N°4	Les différentes menaces de la pollution de l'eau.	08
FIGURE N°5	Les principaux métaux lourds (ETM).	09
FIGURE N°6	Schéma conceptuel général d'exposition des personnes aux métaux lourds.	17
FIGURE N°7	Localisation de la zone d'étude.	18
FIGURE N°8	Carte du réseau hydrographique de la région de boulimat.	20
FIGURE N°9	Histogramme des températures moyennes mensuelles de la région de Bejaia (2008-2019).	21
FIGURE N°10	Histogramme des précipitations mensuelles de la région de Bejaia (2008-2019).	22
FIGURE N°11	Histogramme d'Humidité mensuelles de la région de Bejaia (2008-2019).	23
FIGURE N°12	Histogrammes des vents mensuels de la région de Bejaia (2008-2019).	24
FIGURE N°13	Schéma explicatif d'un bassin versant.	24
FIGURE N°14	Sites de prélèvement des eaux de surface.	26
FIGURE N°15	Sites de prélèvement des eaux souterraines.	26
FIGURE N°16	Spectromètre d'absorption atomique (SAA).	29
FIGURE N°17	Coupe schématique de la peau du corps humain.	34
FIGURE N°18	Carte de risque cas de Cd (2019).	43
FIGURE N°19	Carte de risque cas de Cr (2019) .	44
FIGURE N°20	Carte de risque cas de Pb (2019).	45
FIGURE N°21	Carte de risque cas de Zn (2019).	46

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
I	Le rapport entre le flux lie a l'activité humaine et le flux naturel.	10
II	Quelques exemples de sources industrielles et agricoles.	11
III	Classification de quelques métaux lourds selon leur densité et leurs toxicité.	12
VI	Températures moyennes mensuelles (°c) (2008/2019).	21
V	Les moyennes des précipitations mensuelles (P) de la région De Bejaia (2008/2019).	22
IV	Moyennes mensuelles de l'humidité (%) dans la région de Bejaia (2008/2019).	23
VII	Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en mètre par seconde Dans la région de Bejaia, période (2008/2019).	23
VIII	Caractéristiques physique du bassin de la région d'étude Boulimat.	25
IX	Types de population.	31
X	Valeurs limites cas des eaux souterraines.	32
XI	Valeurs limites des eaux de surface.	32
XII	références facteur de dose.	33
XIII	Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans les eaux de surfaces et les eaux souterraines.	34
XIV	Des résultats Dose journalière d'exposition par voie d'ingestion et cutané chez les enfants et les adultes par les métaux	35/36
XV	Dose de référence HQ (risque non cancérigène).	38
XVI	Variations des valeurs HQ dans les populations exposées.	39
XVII	Final des résultats de HQ risque non cancérigène et cancérigène par les métaux lourds.	41

Liste des abréviations

Cd : Cadmium.

Cr : Chrome.

ETM : Élément trace métallique.

EXP : Exposition.

H : Humidité.

HI : Indice de risque.

HQ : Dose de référence.

Km : kilomètre.

P : précipitation.

P450 : Cytochrome.

Pb : Plomb.

PET : Poly téréphtalate d'éthylène.

RFD : Référence facteur de dose.

T : Température.

V : Vent

INTRODUCTION

L'environnement recouvre l'ensemble des éléments biotiques et abiotiques, qui entourent une espèce et qui lui permettent de vivre. Notre environnement c'est notre support de vie et toutes ses composantes : l'air, l'eau (ressources hydriques), sols, roches, végétaux, les animaux (**Anonyme 1, 2019**).

Il est localement menacé ou très dégradé par la pollution et l'eutrophisation. Chaque jours des centaines de tonnes de polluants sont déversés dans l'environnement parmi eux les métaux lourds qui sont considérés comme des polluants graves de l'environnement aquatiques tels que les ressources en eaux , à cause de leur rémanence et leur tendance a la bioaccumulation dans les organismes aquatiques.

Les métaux lourds tels que le plomb (Pb), le cadmium (cd), le chrome(Cr) et Zinc (Zn) sont des polluants engendrés par la plupart du temps par l'activité humaine, ils ont un fort impact toxicologique sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur la santé humaine .Qu'est-ce qu'un métal ?

Du point de vue scientifique et technique les métaux lourds sont définis comme des éléments métalliques qui ayant une densité supérieure a 5g/m^3 .

La contamination des écosystèmes aquatiques par métaux lourds demeure un sérieux problème d'environnement de plus inquiétant surtout à cause des affections notées sur la santé humaine.

Plusieurs travaux ont été réalisé sur les métaux lourds : (**Jean, 2006**) , (**Kadem,2005**) (**Kebir , 2011**) mais jusqu'a présent aucun travail na était réalisé sur l'évaluation des risques des métaux lourds (Pb ; Cd ; Cr,Zn) sur la santé humaine dans le Bassin versant de Boulimat .

En fin le présent travail, vient pour combler cette lacune .les métaux choisis Pb, Cd, Cr sont les plus représentés et les plus problématiques de l'environnement.

Le présent travail contient :

Chapitre 1 : il est consacré a une synthèse bibliographique sur des généralités des ressources en eaux et la pollution ainsi que les métaux lourds.

Chapitre 2 : consacré au matériel et méthodes présente une description de la zone d'étude et les différentes techniques et matériels utilisés pour réaliser ce travail.

Chapitre 3 : résultats et discussions dans laquelle nous avons interpréter et évaluer les résultats obtenus.

On termine par une conclusion et des perspectives de recherches.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.Généralité sur les ressources en eau

I.1.1 L'état de l'environnement en Algérie

L'Algérie constitue le plus vaste pays africain, totalisant 2,381,741 Km² avec 2 millions de km² de désert et plus de 381,000 Km² à dominance climatique semi-aride et subhumide, son territoire s'étend sur plus de 2000 Km du nord au sud, de la méditerranée aux confins du Sahara. Toutefois, la question des ressources naturelles du pays reste une préoccupation majeure et sont loin de correspondre à ce que l'on pourrait attendre d'une telle superficie, car d'une part, elles sont limitées et fragilisées par les conditions climatiques, d'autre part, accélérées de plus en plus par les actions anthropiques (**Nodelkoska, 2000**).

Sur le plan environnemental et à travers le travail de localisation des décharges publiques, il a été constaté qu'un grand nombre de ces dernières constituent une véritable menace dans la mesure où leur emplacement (à proximité d'oueds, de zones d'habitations et au-dessus de nappes phréatiques...) aggrave la situation; auxquelles s'ajoutent la pollution par les eaux usées, les rejets industriels, les déchets hospitaliers.....etc. (**Ismail,2006**).

Ceci a engendré des atteintes aux écosystèmes, qui malheureusement, ne sont plus des périls, mais des réalités tangibles et le plus grand de tous les dangers, c'est qu'elles deviennent banales, c'est-à-dire acceptées. C'est pour cela qu'il est impératif de se rendre compte de la nécessité d'avoir un équilibre à long terme entre l'environnement naturel et l'environnement créé par l'homme.

Cela exigera sans aucun doute, que nous modifiions notre manière d'appréhender L'environnement et que nous adaptions notre comportement à ses besoins.

Afin de prendre conscience de la gravité de la crise environnementale en Algérie, il semblait prioritaire d'exposer la situation actuelle et l'impact sur les différents compartiments de notre environnement.

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales du pays. L'eau reste une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement.

Sa protection et sa bonne gestion sont donc une nécessité. L'eau est une ressource précieuse. Elle est un élément clé pour la vie, la source originale de l'homme et aussi la matière première indispensable à la survie de notre société. En effet, l'eau est à la base de toute vie humaine sur la terre.

I.1.2. Notion, classification des ressources en eau

La Terre est l'unique planète du système solaire, dont la surface est recouverte de grande quantité d'eau.

Selon le nouveau Larousse encyclopédique, l'eau est un liquide incolore transparent, inodore, insipide, corps composé dont les molécules sont formées de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (H₂O).

Elle est utilisée pour de nombreux usages essentiels : les boissons, l'hygiène, l'entretien de l'habitation, les loisirs, l'industrie, l'irrigation des cultures et l'abreuvement du cheptel.

L'eau se définit aussi comme étant un : liquide couramment utilisé dans l'étude des propriétés générales des substances liquides. L'étude de la dynamique des fluides, la presse hydraulique, les vases de communications sont autant d'applications de la physique de l'eau (**Bouziani, 2000**).

I.1.2.1. Notion de ressources en eau

La ressource en eau désigne la quantité d'eau dont dispose, ou peut disposer un ou ensemble d'utilisateurs pour couvrir leurs besoins.

L'eau de la planète est présentée naturellement sous diverses formes : dans l'atmosphère, sur et sous la surface de la Terre, et au sein des océans. il existe des ressources en eau naturelles renouvelables et des ressources en eau naturelles non renouvelables.

Elles représentent la quantité d'eau de surface ou souterraine disponible à l'échelle mensuelle ou annuelle dans une région et susceptible de satisfaire les besoins domestiques, industrielles, et agricoles.

La formule chimique de l'eau présentée dans la figure 01 :

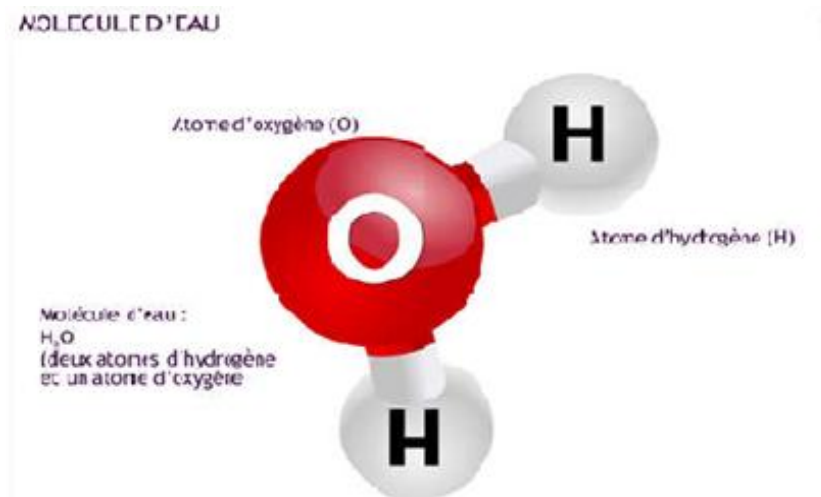


Figure 01 : Schéma représentant les composantes de la molécule d'eau.(Anonyme2,2008).

I.1.2 .2.Classification des ressources en eau

L'eau couvre les trois quarts de la surface de notre planète. Elle constitue les rivières, les eaux souterraines, les lacs, les mers, les océans. Elle est présente dans les sols et constitue les êtres vivants. Deux types de ressources naturelles :

- Les ressources conventionnelles à savoir les eaux superficielles (de surface) et les eaux souterraines.
- Les ressources non conventionnelles notamment le dessalement de l'eau de mer et l'épuration des eaux usées.

Dans notre travail on s'intéresse qu'aux ressources conventionnelles (eaux de surface) entre autres les eaux souterraines.

I.1.2.2.1.Les ressources conventionnelles

Il s'agit ici d'eau provenant de sources d'eau douce, de rivière, de puits, de retenues et barrages, de lacs et ruisseaux, de forages, de l'eau qu'on peut tout simplement utiliser à l'état naturel même si celle-ci a subi une légère déminéralisation.

Les ressources conventionnelles se subdivisent en deux catégories :

a. Les eaux superficielles (Surface)

Elles se constituent par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (Dussart,1992) . Peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère (La vapeur d'eau de l'atmosphère) comme immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour

souvent élevé (figure02).

Les eaux de surface se caractérisent par :

- les variations saisonnières, et à degré moindre, journalières des paramètres physiques (température, turbidité et coloration).
- Les concentrations en matières solides finement dispersées ou à l'état colloïdal peuvent être importantes tout en étant aléatoires suite à des pluies soudaines, des orages et des pollutions accidentelles.
- la fragilité de cette ressource très vulnérable à la pollution d'origine urbaine, industrielle et agricole.



a-oued saket



b-oued djerba(boulimat)

Figure 02 : les eaux superficielles (Surface) 2019.

b. Les ressources en eaux souterraines

Les ressources en eaux souterraines dépendent de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des ressources de pollution (pollution des nappes), mais l'activité humaine constitue une menace sur elles (**Michel, et al 2000**). (figure03)



Figure 03 : Les ressources en eau souterraines 2019. |

I.1. 3. Les ressources en eau sont-elles victimes de pollution?

L'eau est une ressource vitale pour tous les êtres vivants. Malheureusement, elle est aujourd'hui devenue rare et précieuse. Elle est menacée par une pollution qui prend des dimensions de plus en plus importantes, liée notamment aux activités humaines, à l'industrialisation et l'urbanisation des milieux dans de nombreux pays. La pollution provoque une dégradation de la qualité de l'eau.

I.2. Contamination des ressources en eau

L'eau, ressource naturelle de plus en plus rare, est une partie du patrimoine d'une nation d'une manière spécifique et patrimoine de l'humanité, d'une manière générale. En Algérie, la question des ressources en eau reste une préoccupation majeure, car 95% du territoire a un climat aride, aggravé par les risques de pollution qui rendrait inutilisable le peu de ressources dont dispose le pays. (Lucky, *al* 1977). .

I.2.1. Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes

- Les eaux usées domestiques et industrielles.
- La production agricole
- Les polluants atmosphériques

Les anciennes décharges

I.2.2. Différents types de pollution de l'eau

Sans surprise, c'est l'homme qui est le principal responsable de la pollution de l'eau, même si des phénomènes naturels rares (éboulements, inondations, etc.) peuvent aussi engendrer un arrêté préfectoral qui interdit la consommation d'eau du robinet. Il existe deux types de pollution :

- La pollution organique : elle est due à des micro-organismes (bactéries et virus) présents dans l'eau. Elle est générée par les excréments, les ordures ménagères animales (viande périmée, vieux os, etc.) et les déchets végétaux (herbe de tonte, élagage, etc.).
- La pollution chimique: elle est générée par : les nitrates et phosphates des pesticides, les médicaments humains et animaliers, les produits ménagers, la peinture, les métaux lourds et les acides et hydrocarbures utilisés dans l'industrie.

Les métaux lourds constituent une menace pour l'environnement en raison de leur toxicité. En outre, les eaux souterraines et superficielles peuvent également être contaminées en raison de la lixiviation continue des métaux lourds. Contamination des eaux souterraines par les métaux lourds peuvent constituer un problème plus grave et permanent.

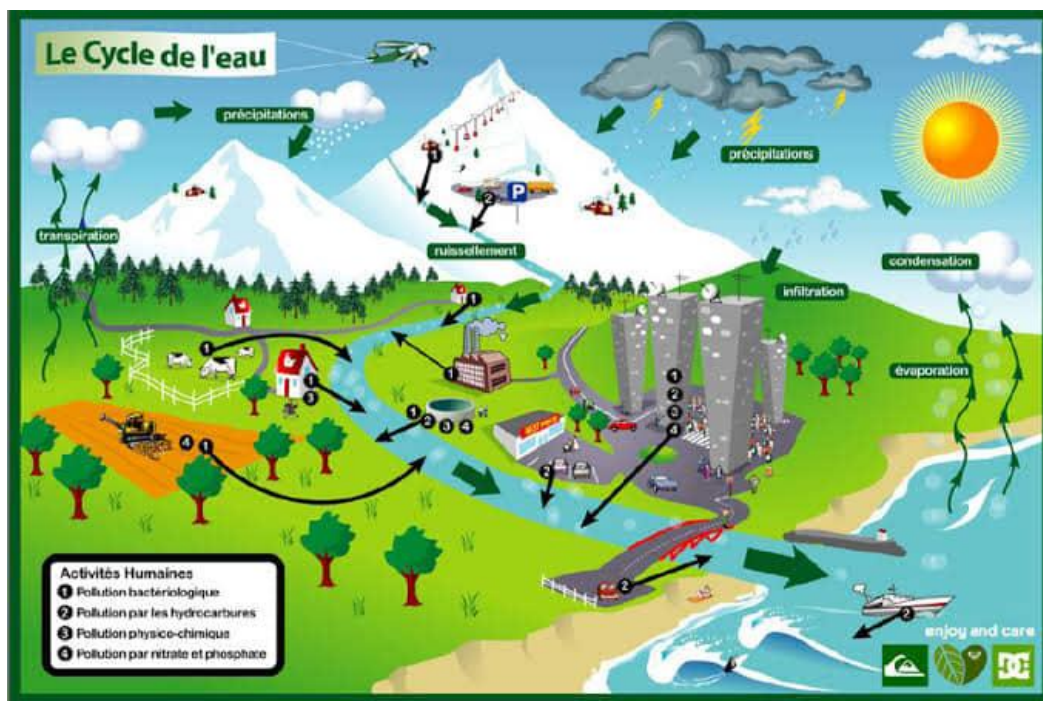


Figure 04 : Les différentes menaces de la pollution de l'eau.

(Source : www.enpreinteh2o.com).

I.3.C'est Quoi un métal

I.3.1. Définition

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (Gérard, 2001).

On appelle aussi métaux lourds les éléments métalliques naturels, de densité supérieure à 5g/m³ et tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z=11) (Aarris, 2008).

Parmi les différents éléments métalliques émis dans l'environnement lors des activités anthropiques, le zinc, le plomb, le chrome, le cadmium, le cuivre et le nickel sont les plus couramment mesurés dans les études environnementales en raison de la diversité des sources d'émission (figure 05).



Figure 05 : Les principaux métaux lourds (ETM) (Anonyme 3, 2016).

I.3.2. Sources d'émission

Les ETM sont diffusés vers l'atmosphère lors de processus naturels comme l'érosion éolienne, les activités volcaniques, les embruns marins et les feux de forêts. Cependant, les activités anthropiques telles que la combustion de combustibles fossiles, l'incinération des ordures ménagères et industrielles, les industries du ciment et les fonderies, l'entretien des routes, le chauffage et le trafic automobile (combustion du carburant), la corrosion des véhicules, l'abrasion des freins et pneumatiques et la dégradation des pots catalytiques ont conduit à une augmentation de leurs concentrations dans les compartiments environnementaux (air, eau, sol).

I.3.3. Les sources naturelles

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des Continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme D'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma. Le tableau 01 montre le rapport entre le flux lié à l'activité humaine et le flux naturel (Miquelet al, 2001).

Tableau I : Le rapport entre le flux lié à l'activité humaine et le flux naturel (Miquel al, 2001). .

Elément	Flux lié a l'Homme/Flux naturel %
Cadmium	1.897
Mercuré	27.500
Chrome	1.610
Arsenic	2.786
Plomb	34.583

I.3.4. Les sources anthropiques

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait, des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (Mckenzie et al, 1997).

Les sources anthropogènes sont les suivantes:

- Activités pétrochimiques
- Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment...).
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations).

- Incinération de déchets.
- Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents).
- Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles.

Le tableau 02 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent Provenir les métaux présents dans l'environnement.

Tableau II : Quelques exemples de sources industrielles et agricoles (**Brignon.,2005**)..

utilisation	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd ,Hg ,Pb, Zn ,Mn, Ni
Pigments et peintures	Ti ,Cd ,Hg ,Pb ,Zn, Mn, Sn, Cr, Al ,As,Cu ,Fe
Alliages et soudures	Cd,As ,Pb,Zn,Mn,Sn,Ni,Cu
Biocides pesticides ,herbicides	As,Hg,Pb,Cu ,Sn ,Zn,Mn
Agents de catalyse	Ni,Hg,Pb,Cu,Su
Verre	As,Sn,Mn
Engrais	Cd,Hg,Pb,Al,As,Cr,Cu ,Mn,Ni,Zn
Matières plastiques	Cd,Sn,Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn,Hg
Textiles	Cr,Fe,Al
Raffineries	Ni,v ,Pb,Fe,Mn,Zn
Carburants	Ni,Hg,Cu,Fe,Mn ,Pb ,Cd

I.3.5.Classification des métaux lourds

- ❖ **Les métaux essentiels** : sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les Tissus biologiques (**Loue., 1993**). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la Concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), Du zinc (Zn), du fer (Fe).
- ❖ **Les métaux toxiques** : ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**Bbehazin, et al 2014**).

Tableau III : Classification de quelques métaux lourds selon leur densité et leur toxicité
(Adriano, 2001).

Métaux	Plantes	Animaux	Densité/cm ³
Cd	T	T	8.65
Cr		E	7.20
Ni	T	E	8.90
Pb	T	T	11.34
Zn	ET	E	7.14

T= Toxique ;E = Essentie

I.3.5.1. Caractéristiques des métaux « éléments traces métalliques »

I.3.5.1.1. Propriétés physico-chimiques des métaux lourds

Les métaux lourds possèdent les propriétés physiques générales des métaux (bonne conductivité thermique et électrique). Ils sont fortement électropositifs et donnent par perte d'électrons des cations métalliques de charge variable. Ces cations métalliques, qui présentent à la fois des densités de charge élevées et un caractère électrophile, peuvent former avec des ligands des liaisons ioniques, covalentes ou intermédiaires, et donnent naissance à des complexes plus ou moins stables (Diard, 1996).

I.3.5.1.2. Caractéristiques du zinc

a-Utilisations : Le zinc et ses composés ont de nombreuses applications industrielles :

- Revêtement anticorrosion des métaux.
- Revêtement protecteur dans le bâtiment.
- Fabrication de piles électriques (Zn).
- Fabrication de pigments pour peintures, émaux, matières plastiques, caoutchouc (ZnO, ZnS).
- Industrie textile, papetière (ZnSO, Zn Cl).
- Flux de soudage, électrolyte pour batteries (ZnCl).
- Conservation du bois (ZnCl, ZnSO), des peaux (ZnSO).
- Fabrication des engrais et fongicides (ZnSO).

b-Propriétés physiques

Le zinc est un métal blanc bleuté, brillant lorsqu'il est poli. De dureté faible à moyenne à température ambiante, il devient malléable et ductile lorsqu'il est chauffé (entre 100 °C et 150 °C), fragile, cassant et pulvérisable à 210 °C, stable à l'air sec, mais se couvre d'une pellicule blanche de carbonate lorsqu'il est exposé à l'air humid.

c-Propriétés chimiques

- Chauffé à des températures élevées, le zinc brûle avec émission de fumées bleu-verdâtre d'oxyde de zinc. La poudre de zinc peut s'enflammer spontanément en présence d'humidité.
- À température ordinaire et en atmosphère parfaitement sèche, le zinc pur est stable. L'oxydation ne commence d'une manière sensible que vers 225 °C.
- En présence d'humidité, dès la température ordinaire, le zinc se recouvre d'une mince couche de carbonate basique qui protège le métal contre une corrosion plus poussée.
- Le zinc réagit lentement avec l'ammoniaque et l'acide acétique, plus rapidement avec l'acide nitrique (avec formation d'oxydes d'azote et parfois d'azote).
- Il est insensible à la plupart des substances organiques, à condition que celles-ci soient exemptes d'acidité et d'humidité.
- La poudre de zinc peut réagir de manière explosive avec divers produits : soufre, chlorates, chlorures, fluorures, nitrate de potassium...

d-Pathologie - Toxicologie

Le zinc et ses composés sont absorbés par les voies respiratoire et digestive en quantités très variables. Après absorption, le zinc est présent dans tous les tissus, mais les plus fortes quantités sont observées dans le foie, la prostate, les muscles et les os. Il est éliminé principalement dans les fèces.

I.3.5.1.3. Caractéristique du cadmium

a-Utilisation : Les composés de cadmium peuvent notamment être utilisés :

- Comme source de cadmium pour le cadmiage.
- Comme pigments pour le plastique, le verre, les céramiques, le textile, les feux d'artifice, les glaçures, les émaux et autres couleurs utilisées dans le domaine artistique.
- Dans la fabrication d'émaux résistants et de plastiques thermorésistants.

- Dans la métallisation des plastiques.
- Dans les systèmes d'imagerie infrarouge.
- Dans diverses réactions chimiques, notamment comme catalyseur.

b-Propriétés physiques

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

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

c-Propriété chimique :

- À température ordinaire et à sec, le cadmium n'est pas attaqué par l'oxygène ; il s'oxyde lentement en présence d'humidité.
- Chauffé à des températures élevées, il brûle en émettant des vapeurs jaune-rougeâtre d'oxyde de cadmium.
- Il se dissout lentement dans les acides chlorhydrique et sulfurique dilués, avec dégagement d'hydrogène. Avec l'acide nitrique dilué, il se forme des oxydes d'azote.
- Le cadmium et ses composés catalysent un grand nombre de réactions en chimie organique, en particulier des réactions de polymérisation.

d-Pathologie – Toxicologie

L'absorption du cadmium et de ses sels, à la suite d'une exposition par voie orale ou cutanée, est très limitée (< 6 %) ; ils sont ensuite distribués principalement au niveau du foie et des reins. Par inhalation, la rétention pulmonaire est comprise entre 20 et 50 %, selon la durée de l'exposition, le sel de cadmium utilisé, la forme et la taille des particules. Le cadmium est alors retrouvé dans les poumons et, en quantités très faibles, dans le foie et les reins.

I.3.5.1.4. Caractéristiques le chrome

a-Utilisations : Le trioxyde de chrome est utilisé dans les activités suivantes :

- traitements de surface et protection des métaux contre la corrosion (chromage électrolytique).
- fabrication de produits de traitement du bois.
- fabrication de catalyseurs, de pigments.
- intermédiaire de fabrication d'autres composés du chrome (dioxyde de chrome).

b-Propriétés physiques

Le trioxyde de chrome se présente sous la forme de cristaux, de paillettes, de granulés ou d'une poudre de couleur rouge foncé, à reflets violacés. Il est hygroscopique, très soluble dans l'eau (62,5 g dans 100 g d'eau à 20 °C) et ses solutions ont un caractère acide fort ($\text{pH} < 1$ pour une solution à 1 %).

c-Propriétés chimiques :

Le trioxyde de chrome est un composé extrêmement réactif en raison de son pouvoir oxydant puissant. Il réagit violemment (jusqu'à l'incendie et l'explosion) avec les substances réductrices et la plupart des poudres métalliques (soufre, phosphore, sulfure d'hydrogène, ammoniacque et sels d'ammonium, sodium, potassium, sélénium et leurs sels). Un très grand nombre de matières organiques (papier, bois, graisses, solvants...) sont oxydées par le trioxyde de chrome et peuvent s'enflammer par simple contact avec celui-ci.

d-pathologie –toxicologie

La voie respiratoire est la voie principale d'absorption du trioxyde de chrome. Son action sur la peau est surtout locale. La toxicité du trioxyde de chrome résulte de son pouvoir corrosif et des espèces réactives générées lors de sa réduction.

I.3.5.1.5. Les caractéristiques physico-chimiques du plomb

Le plomb existe sous les états d'oxydation (0), (+II) et (+IV), mais dans l'environnement, il est principalement sous l'état (+II). Le degré (+IV) n'existe que dans des conditions oxydantes sévères. Le degré (+II) est stable dans pratiquement toutes les conditions environnementales.

Le plomb est rarement sous sa forme élémentaire. Il existe sous forme métallique, inorganique et organique. Il prend une forme inorganique lorsqu'il est associé à certains

composés pour former les sels du plomb. Parmi les sels de plomb les plus fréquemment rencontrés, on retrouve ceux des chlorures, du chromate, du nitrate, des phosphates et des sulfates.

Quand au plomb organique, il se présente le plus souvent sous forme de plomb tétra méthyle et de plomb tétra éthyle, deux additifs utilisés pour augmenter l'indice d'octane dans les essences. La corrosion chimique du plomb est très lente. Lorsque le plomb est en contact avec de l'air humide, Une fine couche d'oxyde de plomb (PbO) se forme à la surface du métal. En présence de l'eau et de l'oxygène, le plomb métallique est converti en hydroxyde de plomb (Pb(OH)₂).

a- Solubilité du plomb et de ces composés

Le plomb élémentaire ne se dissout pas dans l'eau sous les conditions normales (20°C, et pression = 1 bar). Le plomb se lie fréquemment au soufre sous forme de sulfure (S²⁻), ou au phosphore sous forme de phosphate (PO₄). Sous ces formes, le plomb est extrêmement insoluble, et il est alors immobilisé dans l'environnement.

Le plomb métallique est résistant à l'acide sulfurique. Il est par contre rapidement dissout dans l'acide nitrique. Les sels du plomb sont généralement solubles dans l'eau, surtout si elle contient des nitrates ou des sels d'ammonium. Par contre, la présence dans l'eau de sels calcaires peut empêcher sa solubilisation.

b-La toxicité du plomb

L'exposition au plomb peut entraîner des effets nocifs sérieux sur la santé, et peut même être mortelle à de fortes doses. Le plomb peut s'accumuler dans le corps, et son exposition, même à de très faibles doses, peut s'avérer dangereuse. Le plomb est particulièrement nocif pour les nourrissons, les jeunes enfants et les femmes enceintes, et peut nuire de façon permanente au développement des enfants, y compris le développement intellectuel et le développement comportemental.

c- Les voies d'exposition

Le plomb peut pénétrer dans l'organisme humain par trois voies:

- Par inhalation de vapeur de plomb ou de poussières
- Par ingestion, qu'il s'agisse du plomb d'abord inhalé et ingéré à la suite des processus d'épuration pulmonaire, ou du plomb ingéré directement avec les aliments ou avec les poussières se trouvant sur les mains ou les objets portés à la bouche notamment chez le

jeune enfant.

- Par voie cutanée, plus rarement L'importance relative de ces différentes voies diffère selon qu'il s'agit d'un enfant ou d'un adulte.

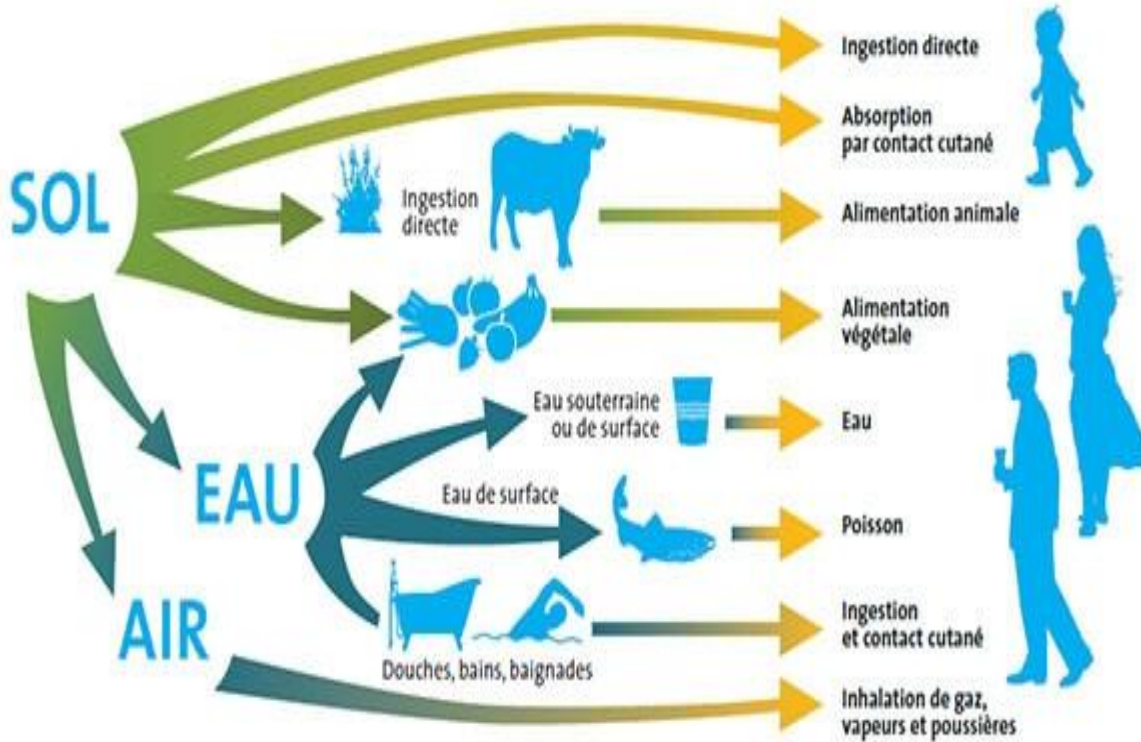


Figure 06 : schéma conceptuel général d'exposition des personnes aux métaux lourds (**Anonyme 4, 2008**).

***MATERIELS ET
METHODES***

II.1. Présentation de la zone d'étude

La description de la région d'étude comporte la situation géographique et les caractéristiques physiques.

II.1.1. Situation géographique de la région d'étude

Boulimat est un village touristique en Algérie, et fait partie du parc national de Gouraya, se situe dans la frange littorale ouest à 15 Km de chef lieu de la wilaya de Bejaïa via la route national 24. Le village de Boulimat à pour coordonnées géographiques. Latitude : $36^{\circ}.50'96''$ nord. Longitude : $4^{\circ}.48'45''$ est. Limité au Nord par la méditerranée, Sud par la commune d'OuedGhir, Ouest par la commune de Toudja, Est par la commune de Bejaia. Figure7 (DPAT, 2006)

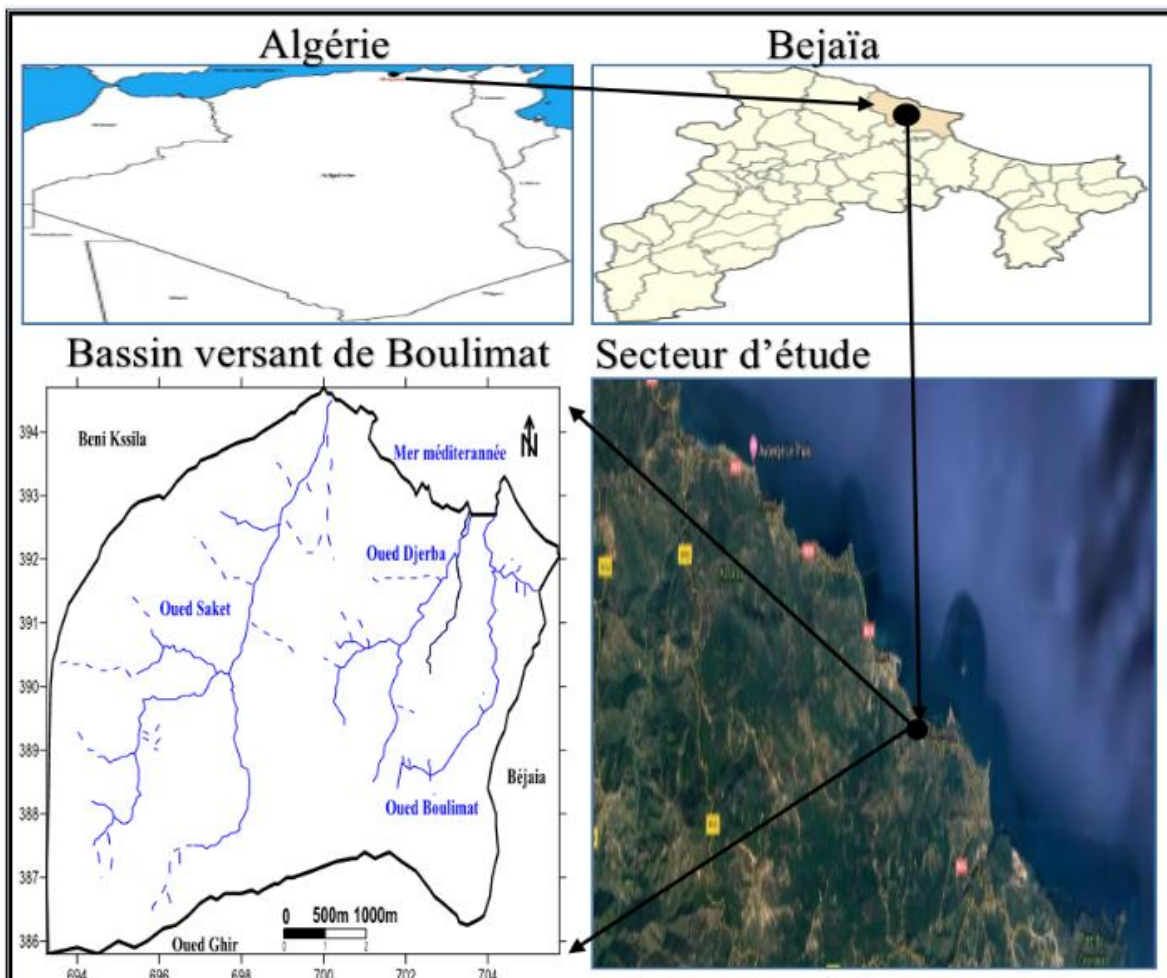


Figure 07 : Localisation de la zone d'étude (DPAT, 2006).

II.1.2. Les caractéristiques physiques de la région d'étude

a- Les reliefs

Le relief de la région est caractérisé par une prédominance de montagne une succession de falaises, de zones rocheuses et de plages soit de sables, de galets ou de plages mixtes; avec des pentes et des altitudes qui varient entre le niveau de la mer (Rebbas,2014).

b- La géologie

La géologie de la région de Boulimat est formée par trois grands ensembles de formations : La formation autochtones, les formations allochtones et le haut fond berbère.

- **Les formations autochtones** Sont caractérisées par la présence des alluvions tout le long des oueds et les argiles des Miocènes.
- **Les formations allochtones** Les argiles et les grés de la nappe des flysch ainsi les conglomérats qui occupent la quasi totale de terrain.
- Le haut fond berbère Il est caractérisé par la présence des gris et une alternance oligocène des faciès de la chaîne calcaire jurassique, et le socle des formations cristallophylliennes du paléozoïque.

c- La pédologie

La pédologie est la science ayant pour but d'étudier la pédogénèse des sous-sols rocheux, les particules, les caractéristiques et la taxonomie des sols (Arab et Felkhaoui, 2016). La région d'étude est formée par des dunes de sable sur tout au long du littoral, et par des sols alluvionnaires qui se trouvent autour des oueds et les affluents, et sol limoneux qui couvre la plus grande partie de terrain.

d- Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique(ou réseau de drainage) se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels permanents ou temporaire qui participent à l'écoulement. Il est l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin (Arab et Felkhaoui,2016). La région de Boulimat est composée des cours d'eau temporaires alimentés essentiellement pendant la période pluvieuse, et des affluents qui participent aussi à l'alimentation de la région. (Figure 08) . Les deux cours d'eau permanents sont : Oued Saket et, oued Djerba (oued zeberboue). Et les oueds temporaires qui sont temporaires et qui participent à l'alimentation de cette zone sont : oued ichraffen et oued oumademe.

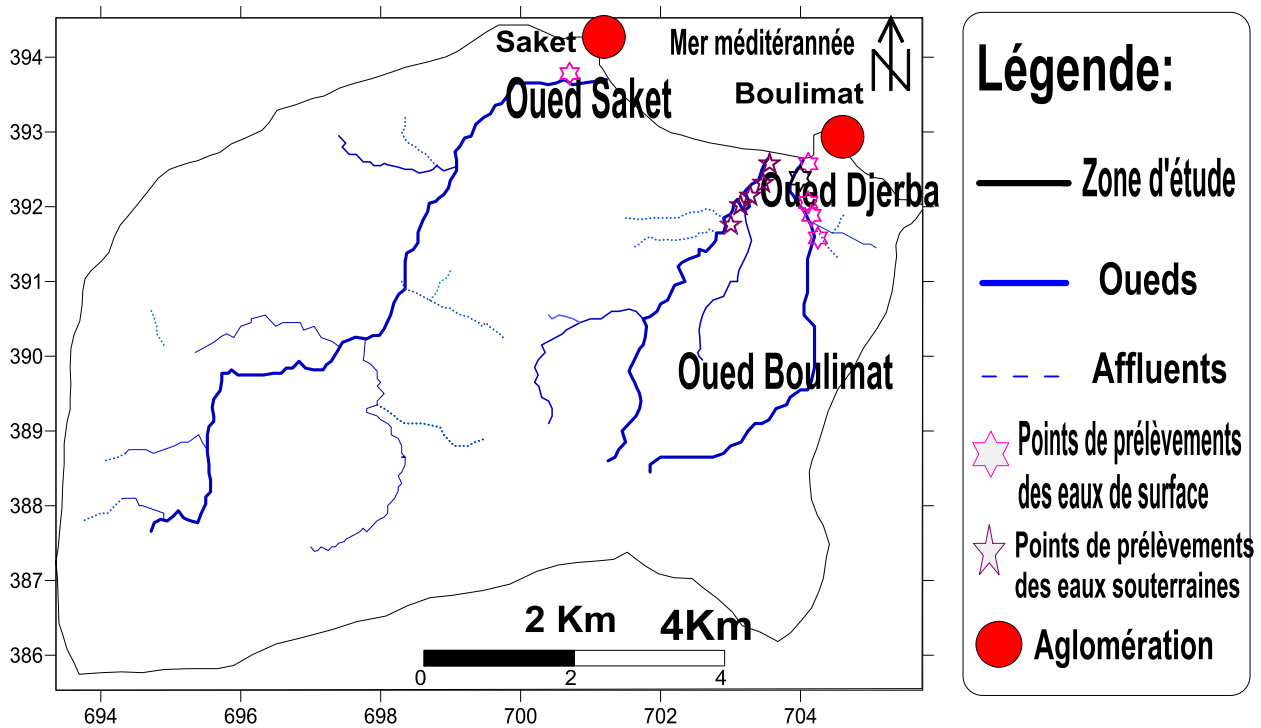


Figure 08 : carte du réseau hydrographique de la région de Boulimat (2019).

II.2. Climatologie de la région

Les données climatiques de la région proviennent de la station météorologique de Bejaia.

Cette station possède les caractéristiques suivantes :

- Coordonnées géographiques : 36°43'N. 05°04E.
- Altitude : 1.75m. Période : 2008-2018.
- Localisation : Aéroport Abane Ramdane. Bejaia.

a-Le climat

La région de Boulimat est soumise à un climat de type méditerranéen. Les données climatiques utilisées sont recueillies de la station météorologique de Bejaia, qui s'étalent sur une période de dix ans ; allant de 2008 au 2018.

b-Température

La température est l'un des facteurs majeurs de première importance, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition d'espèces et communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

Les valeurs moyennes de la température mensuelles de l'air, de la région Bejaïa de l'année (2008/2018), sont représentées dans le tableau suivant :(Tableau 04)

Tableau VI: Températures moyennes mensuelles (°c) (2008/2019).

Mo is	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T°	25.05	21.2	16.45	13.175	12.25	11.25	14.55	16.125	18.45	22.22	25.8	26.125

(Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).

Le maximum des moyennes des températures sont atteints en mois d'Aout (26.125°C), et le minimum en mois de février avec une température de (11.25°). On déduit que cette région côtière à un climat doux et tempéré.

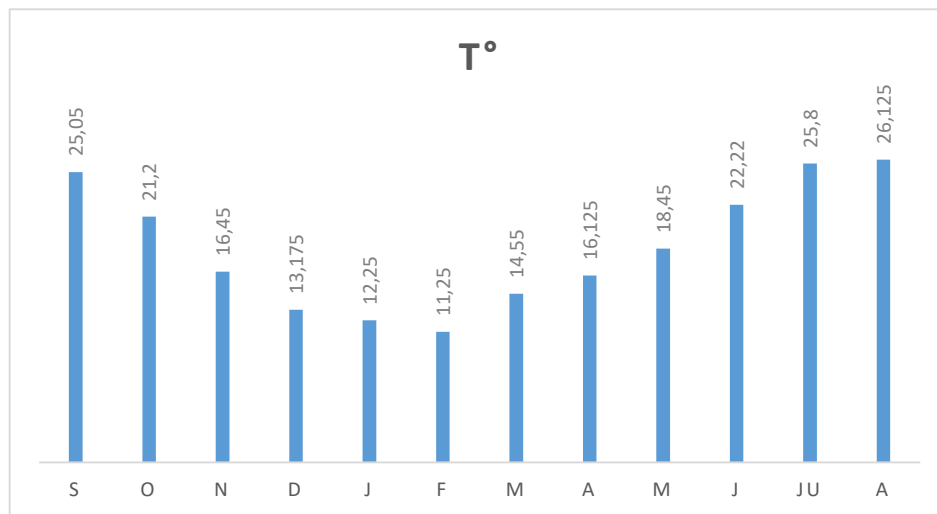


Figure 09 : Histogramme des températures moyennes mensuelles de la région de Bejaia (2008-2018).

c -Les précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique important (**RAMADE, 2003**). Elle exerce une influence sur la vitesse de développement des végétaux.

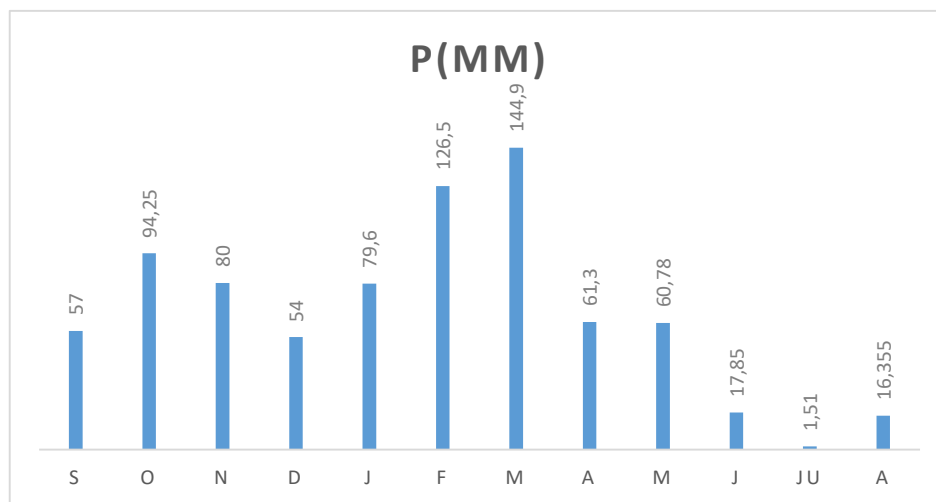
La distribution saisonnière des pluies n'est pas homogène, d'après le tableau 05, les précipitations moyenne annuelles sont abondante a notre station, elles dépassent les 794.045mm par an.

Tableau V : Les moyennes des précipitations mensuelles (P) de la région de Bejaia (2008/2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	57	94.25	80	54	79.6	126.5	144.9	61.3	60.78	17.85	1.51	16.355

(Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).

Les maximas des précipitations moyennes mensuelles sont observés en mois de mars, Février, Octobre, Novembre, Janvier. Par contre, les précipitations diminuent très fortement durant la période de Juin juillet à Aout. La valeur minimale est enregistrée au mois de Juillet avec 1.51 mm.

**Figure 10:** Histogramme des précipitations mensuelles de la région de Bejaia (2008-2018).

d-L'humidité

La disponibilité en eau du milieu et l'hygrométrie atmosphérique jouent un rôle essentiel dans l'écologie des organismes terrestres (**Barbault, 2000**). Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative de la région de Bejaïa, sont enregistré sur les dix ans précédents (2008/2018) sont représentés dans le tableau suivant : (Tableau 06).

Tableau VI : Moyennes mensuelles de l’humidité (%) dans la région de Béjaia (2008/2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JUI	A
H%	76.95	75.85	72.5	77.65	76.4	77.55	75.7	48.8	80.45	77.55	76.3	76.2

(Source : station météorologique sise à l’aéroport de Bejaia).

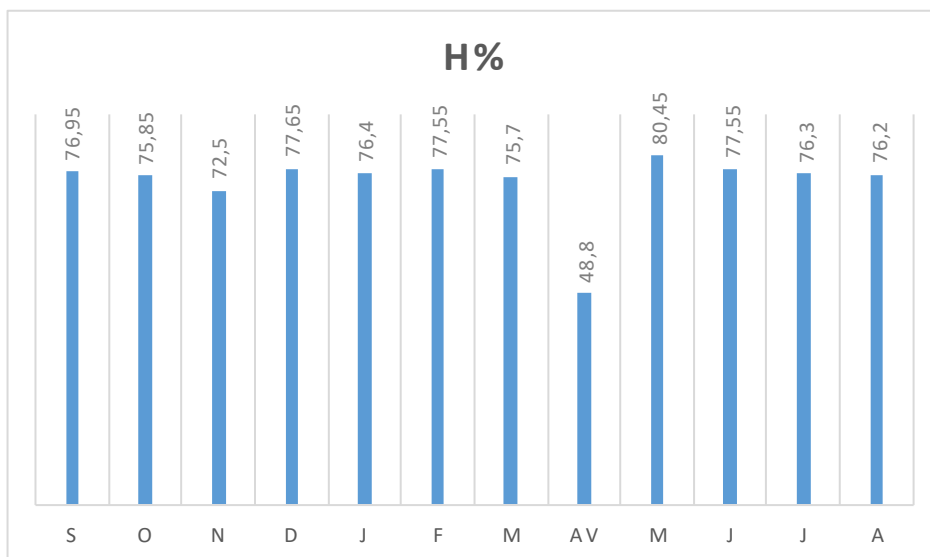


Figure 11 : Histogramme d’Humidité mensuelles de la région de Bejaia (2008-2018).

e-L e vent

La région de Bejaia reçoit dans la majorité du temps des vents modérés, avec 22.6% des vents calmes (vents <1m/s) et dominance des vents soufflants d’Ouest à Sud-ouest (43.6%) ; les vents d’Est ne représente que 13.3% (S.M.B., 2016). Le tableau 07 suivant représente la vitesse moyenne mensuelle.

Tableau VII : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en mètre par seconde dans la région de Bejaia, période (2008/2018).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	AV	M	J	J	A
V(m/s)	10.815	12.03	12.13	10.37	10.235	8.205	9.55	9.84	8.89	10.32	14.865	12.25

(Source : station météorologique sise à l’aéroport de Bejaia).

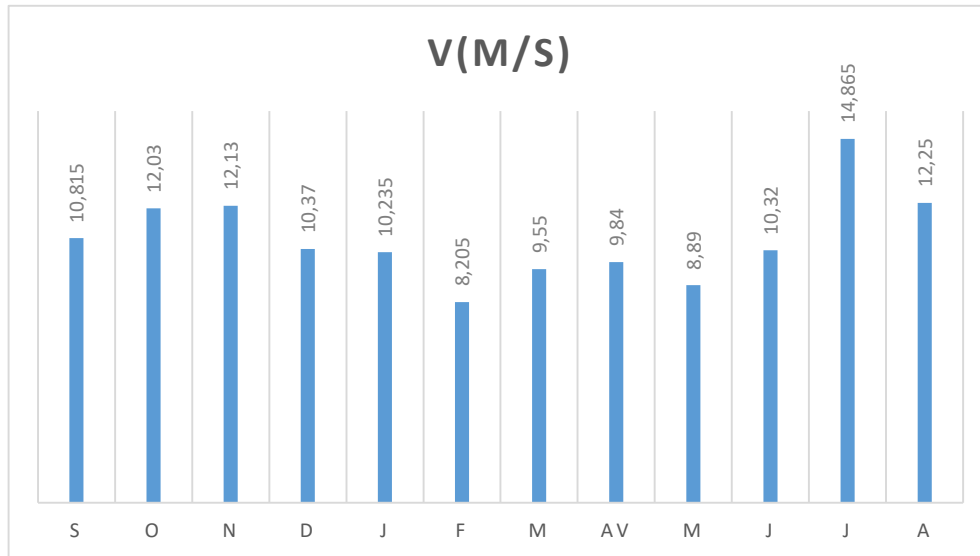


Figure 12 : Histogrammes des vents mensuels de la région de Bejaia (2008-2018).

II. 3. Le bassin versant

Selon la DCE (2005), le bassin versant ou bassin hydrographique est une portion de territoire délimité par les lignes de crêtes dont les eaux alimentent un exutoire commun (cours d'eau, lac, mer, océan). Cependant il faut faire la distinction entre un bassin topographique et un bassin versant hydrologique. Ce dernier le plus réaliste représente la portion de l'espace géographique (superficiel et souterrain) pour laquelle les eaux sont drainées vers un même cours d'eau, tandis que le bassin versant topographique comprend uniquement la surface topographique drainée sur ce cours d'eau (Figure13

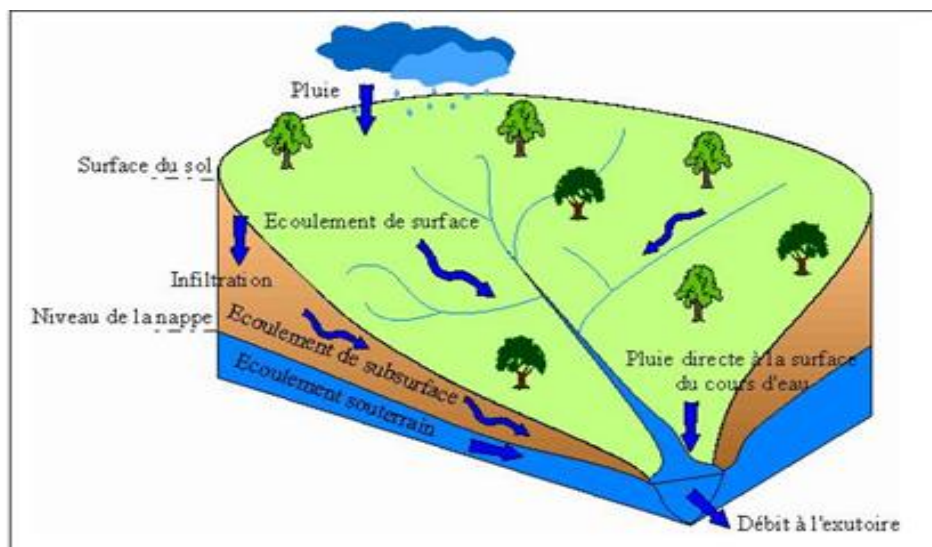


Figure 13 : Schéma explicatif d'un bassin versant.

II.3.1. Caractéristiques d'un bassin versant

Un bassin versant est caractérisé par trois composantes principales :
(Belkebiret Debbou, 2015).

- Sa limite, qui est définie soit topographiquement par les lignes de crêtes si le sol est perméable, soit géologiquement si le sol est perméable.
- Son organisation qui peut être reliée à la structure du réseau ou à la destruction des éléments de drainage.
- Composition, les types de recouvrement de surface, et quelques grandeurs géométriques.

Tableau VIII : Caractéristiques physique du bassin de la région d'étude Boulimat.

Paramètres	Densité de drainage	Périmètres	L'indice de compacité de Gravelius	Rectangle équivalent	Largeur De rectangle équivalent
Valeurs	0.55Km/Km ²	34.25Km	1.17	9.17Km	7.66Km

II.4. Echantillonnage

Pour évaluer les risques des métaux lourds (Pb, Cr, Cd) sur la santé humaine dans le sous bassin versant de la région de Boulimat, plusieurs prélèvements ont été réalisés dans différentes zones de la région d'étude à cause de la décharge public de Boulimat (Bejaia), qui se situe à quelques Kilomètres des sites de prélèvements qui aura un impact négatif sur la qualité de la nappes phréatiques et la santé humaine .

À l'arrivée aux sites les paramètres physicochimiques (Température, pH, salinité, conductivité, oxygène dissout.), sont enregistrés à l'aide d'un instrument de mesure multi paramètre de terrain (modèle HANNA 9828). L'utilisation de cet appareil consiste à faire prolonger la sonde appropriée dans l'eau, après calibrage puis attendre quelques secondes jusqu'à la stabilisation de l'affichage sur l'écran avant de relever le résultat de la mesure.

Les échantillons de l'eau sont obtenus au niveau des puits et des oueds. Nous prélevons un échantillon dans chaque site, qui est immédiatement transportés au laboratoire des analyses de Spectrométrie absorption atomique (SAA).

II.5. Le choix des sites

Le choix des sites d'échantillonnage à été fait selon l'origine de l'eau, et la répartition des points d'eau dans la nappe de la zone d'étude. Nous avons ciblé 5 sites pour les eaux

souterraines (Figure 15), et 5 sites pour les eaux de surfaces (Figure 14) pour nos prélèvements durant le mois d’avril 2019.



Figure 14 : Sites de prélèvement des eaux de surface 2019.



Figure 15 : sites de prélèvement des eaux souterraines 2019.

II.6. Matériels utilisés

Le matériel suivant à été nécessaire pour la réalisation de ce travail :

- un GPS.
- un multi-paramètre.
- Flacon.
- Glacière.
- tube à essai.
- un entonnoir.
- papier filtre.
- Filtre seringue.
- Tub a essaie.

Dans notre cas nous avons utilisé un GPS(Garmin) qui nous à permis d’avoir les coordonnées de localisation des sources.



GPS



Flacon-étiquettes



Glacière



tubes en verre



Filtre seringue

II.7. Le logiciel utilisée

II.7.1. Présentation de logiciel Surfer

Le logiciel Surfer d'origine américain, conçu par Golden Software, permet de réaliser des cartes à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) en coordonnées Lambert 93, ou bien en se basant sur une carte déjà préétablie. Ce logiciel permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières des points x, y, et z, afin de les ordonner. Ces grilles peuvent être importées depuis plusieurs sources pour produire différents types de cartes, incluant des contours, des vecteurs, des images ainsi que des cartes superficielles (**Baali et al, 2012**).

Surfer contient plusieurs options cartographiques qui permettent de produire une carte représentant le mieux possible les données utilisées. La carte peut être améliorée en affichant les points de données, en combinant plusieurs cartes ou en ajoutant des dessins ou des annotations.

Le logiciel permet donc, d'après (**Alami, 2011**) de :

- Mettre en forme des fichiers Excel.
- Afficher des données sous surfer et connaître les outils à disposition.
- Créer une grille de données x, y, z .
- Créer différents types de cartes et les superposer.
- Mettre en forme des cartes.
- Réaliser des calculs de volume.
- Calculer des longueurs et des surfaces

II.7.2. Analyse des éléments traces métalliques (ETM) par la spectrophotométrie

Les éléments traces métalliques ont été analysés au spectromètre d'absorption atomique en mode four (SAA) au niveau du laboratoire de génie des procédés de l'université de Bejaia.

- Les éléments analysés sont: le Plomb (Pb), le Zinc (Zn), le Cadmium (Cd).



Figure 16 : Spectromètre d'absorption atomique (SAA) (personnel 12019).

a-Principe

- Proposée par WALSH en 1955, la spectrophotométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux. Elle est basée sur la propriété des atomes de l'élément qui peuvent absorber des radiations de longueur d'onde déterminée.
- La solution de l'élément à analyser est nébulisée dans une flamme, ce qui provoque successivement l'évaporation du solvant, la vaporisation de l'élément sous forme de combinaisons chimique et en fin la dissociation de ces combinaisons avec production d'atomes libres à l'état fondamental (Rodier, 2009).

II.7.3.Évaluation de Risque pour la santé Humaine

Pour l'estimation des risques potentiels pour la santé humaine des polluants ont principalement été séparées en substances cancérigènes et non cancérigènes (USEPA, 2016). Pour les contaminants cancérologènes, les concentrations d'exposition observées ont été comparées aux seuils pour cancérigène n'a été appliquée que pour quantifier l'ampleur des risques pour la santé des polluants cancérigènes, mais ne quantifie pas l'ampleur du risque pour la santé des polluants non cancérologènes (USEPA 2016). Les effets des risques non cancérologènes sont généralement fondés sur le quotient de danger cible, un paramètre utilisé pour déterminer la dose d'exposition au polluant appelée dose de référence (RD). Si le quotient est inférieur à 1, il ne sera pas évident.

L'évaluations des risques pour la sante humaine a été définie comme le processus d'estimations de la probabilité de l'occurrence d'un événement et l'ampleur probable des effets sur la santé L'exposition humaine aux métaux pourrait se produire par trois voies principales, soit l'ingestion directe, l'inhalation et l'absorption cutanée par la peau. L'ingestion et l'absorption cutanée sont des voies d'exposition courantes dans l'eau. L'expressions numériques pour l'évaluation des risques sont données par l'équation 1 et 2 (USEPA, 2016).

Dose d'exposition par ingestion d'eau

$$\text{Expo}_{\text{ingestion}} = \frac{C_{\text{Eau}} \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{Equation 1}$$

Dose d'exposition dermique

$$\text{Expo}_{\text{dermique}} = \frac{C_{\text{eau}} \times SA \times k_p \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT} \quad \text{Equation 2}$$

Remarque :

Les débits de dose absorbés par voie cutanée peuvent être calculé par le coefficient de perméabilité K_p propre a la substance chimique donnée.

$$\log K_p = 0.71 * \log Kow - 0.0061 * MW - 2.72$$

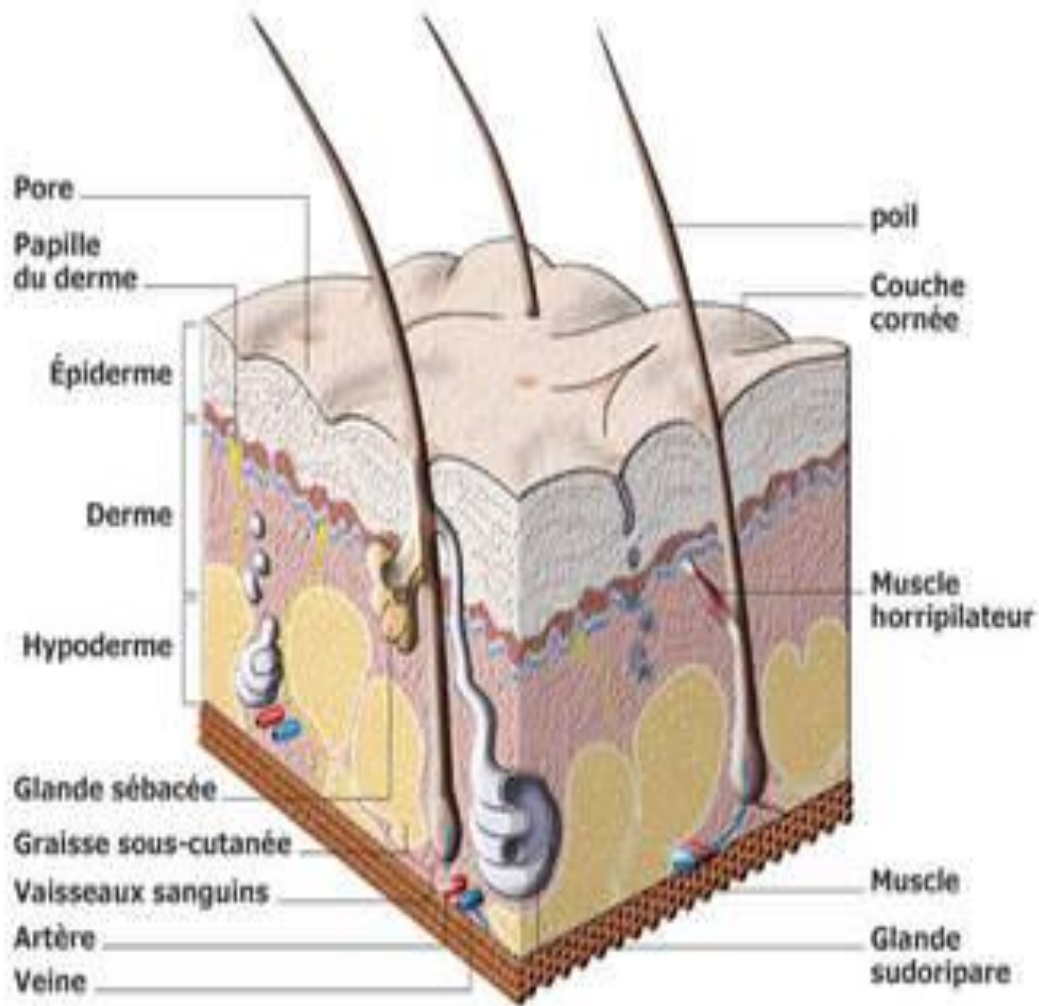


Figure 17 : Coupe schématique de la peau du corps humain (USEPA, 2016)

Tableau IX : Types de population (USEPA, 2016).

Milieu d'exposition	Population résidentiel	Population commercial/industrielle	Population Touristique
Eau souterraine			
Absorbation (ingestion)	L	C	A, C
Contact dermique	L		
Eau de surface			
Absorbions (ingestion)	L	C	A . C
Contact dermique	L	C	A , C
L : Exposition a vie	C : exposition des adultes	A : exposition des enfants	
Paramètre des équations			

I	Dose d'exposition mg/Kg (poids du corps humain)
C_{eau}	Concentration de élément chimique dans l'eau
Exposition ingestion/dermique .	kg/j
EF	Fréquence d'exposition (365 jours/an
ED	Durée d'exposition = 30 jours
IR	Taux d'ingestions = 2.2 l/jour
BW	Poids moyen du Corps Humain (Kg)
AT	Temps moyen d'exposition (jours)= 25550 jours
CF	Facteur de conversion unitaire = 0.0001l/cm³
ET	Temps d'expositions = 0.58 heures/jour
K_p = 0.35	$\log K_p = 0.71 * \log K_{ow} - 0.0061 * MW - 2.72$ K_{ow} = Octanol/ eau Coefficient de partition MW = Poids moléculaire $K_{ow} = C_{op} \times C_w$ K_p = cm /h
SA	Zone de peau exposée = 18 cm²

Tableau X: Valeurs limites cas des eaux souterraines (USEPA, 2016).

Paramètres	Valeurs limites : les eaux souterraines	
Expo	Dose d'exposition à calculer	
C_{eau}	Concentration des éléments chimique dans la solution	
CR	2 l/jour	
EF	365 jours/An	
ED	70 Ans pour un Adulte	6 Ans pour un enfant
BW	70 Kg poids moyens pour adulte	30 Kg pour un enfant
AT	ED × 365/ an	

Tableau XI : Valeurs limites des eaux de surface (USEPA, 2016)

Paramètres	Valeurs limites eau de surface	
Expo	Dose d'exposition à calculer	
C_{eau}	Concentration en éléments chimique dans l'eau	
CR	1.2 l/jour	
EF	365 jours/An	
ED	70 Ans pour un Adulte	6 Ans pour un enfant
BW	70 Kg poids moyens pour adulte	30 Kg pour un enfant
AT	ED × 365/ an	

Risque non cancérogène.

$$HQ = \frac{exp}{Rfd}$$

$$HI = \sum HQ$$

Tableau XII : référence facteur de dose (USEPA, 2016).

Éléments chimiques	RfD _{ingestion}	RfD _{Dermique}
Cd	0.5	0.2
Cr	0.5	0.3
Pb	1.4	0.42
Zn	300	60

RESULTATS
ET DISCUSSION

Tableau XIII: Teneurs moyennes en éléments traces métalliques dans les eaux de surfaces et les eaux souterraines (2019).

Unité	(µg/l)			
Eau souterraines				
Echantillons	Pb	Zn	Cd	Cr
P ₁	0.3627	0.7686	1.4918	1.8742
P ₂	1.0019	10.2068	1.2351	1.5636
P ₃	1.4990	1.6966	0.9670	1.0346
P ₇	0.2029	0.5444	1.0627	2.8935
P ₈	52.9868		1.0748	4.7326

Eau de surface				
Echantillons	Pb	Zn	Cd	Cr
O ₄	22.3782	13.4686	1.7792	1.9431
O ₅	41.9081	6.6640	3.682	1.3645
O ₆	0.0431	0.1619	0.9516	2.9326
O ₉	1.0013	6.6989	0.8865	1.4317
O ₁₀	0.0254	0.	0.8980	0.7317

Tableau XVI : Des résultats Dose journalière d'exposition par voie d'ingestion et cutané chez les enfants et les adultes par les métaux lourds (2019).

Unité	Kg/jour							
Equation Exposition ingestion/ dermique	$\text{Expo}_{\text{ingestion}} = \frac{C_{\text{Eau}} \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$				Equation 1			
	$\text{Expo}_{\text{dermique}} = \frac{C_{\text{eau}} \times SA \times k_p \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$				Equation 2			
ETM	Cd				Cr			
Voie d'exposition	Ingestion		Cutané		Ingestion		Cutané	
Type de population exposée	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Nature de l'eau contaminée	Eaux souterraines(les puits)							
P1	4.68×10^{-2}	1.09×10^{-2}	7.8×10^{-6}	1.81×10^{-5}	5.88×10^{-2}	1.37×10^{-1}	8.38×10^{-7}	2.3×10^{-5}
P2	3.88×10^{-2}	9.06×10^{-2}	6.4×10^{-6}	1.50×10^{-5}	4.91×10^{-2}	1.14×10^{-2}	8.2×10^{-6}	2×10^{-5}
P3	3.04×10^{-2}	7.09×10^{-2}	5.05×10^{-2}	1.17×10^{-5}	3.25×10^{-2}	7.6×10^{-2}	5.4×10^{-6}	1.26×10^{-5}
P7	3.34×10^{-2}	7.8×10^{-2}	5.55×10^{-6}	1.2×10^{-5}	4.28×10^{-2}	1×10^{-1}	7.12×10^{-6}	1.66×10^{-5}
P8	3.4×10^{-1}	7.9×10^{-2}	5.6×10^{-6}	1.3×10^{-5}	9.21×10^{-2}	2.21×10^{-1}	1.53×10^{-5}	3.57×10^{-5}
	Eaux de surfaces (les oueds)							
O4	5.6×10^{-2}	1.30×10^{-1}	9.3×10^{-6}	2.16×10^{-5}	9.09×10^{-2}	2.12×10^{-1}	1.5×10^{-5}	3.52×10^{-5}
O5	1.16×10^{-1}	2.70×10^{-1}	1.92×10^{-5}	4.48×10^{-5}	1.48×10^{-1}	3.47×10^{-1}	2.47×10^{-5}	5.76×10^{-5}
O6	3×10^{-2}	6.9×10^{-2}	4.96×10^{-6}	1.16×10^{-5}	6.10×10^{-2}	1.42×10^{-1}	1.01×10^{-5}	2.36×10^{-5}
O9	2.8×10^{-2}	6.5×10^{-2}	4.62×10^{-6}	1.08×10^{-5}	8.90×10^{-2}	2.07×10^{-1}	1.47×10^{-5}	3.45×10^{-5}
O10	2.82×10^{-2}	6.5×10^{-2}	4.68×10^{-6}	1.09×10^{-5}	4.5×10^{-2}	1.04×10^{-1}	7.47×10^{-6}	1.74×10^{-5}

Equation Exposition ingestion/ dermique	$\text{Expo}_{\text{ingestion}} = \frac{C_{\text{Eau}} \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$				Equation 1			
	$\text{Expo}_{\text{dermique}} = \frac{C_{\text{eau}} \times SA \times k_p \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$				Equation 2			
ETM	Zn				Pb			
Voie d'exposition	Ingestion		Cutané		Ingestion		Cutané	
Type de population exposée	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Nature de l'eau contaminée	Eaux souterraines (les puits)							
P1	2.41×10 ⁻²	5.63×10 ⁻²	4.01×10 ⁻⁶	9.4×10 ⁻⁶	1.14×10 ⁻²	2.1×10 ⁻²	1.896×10 ⁻⁶	4.41×10 ⁻⁶
P2	3.20×10 ⁻¹	7.48×10 ⁻¹	5.32×10 ⁻⁵	1.24×10 ⁻⁴	3.15×10 ⁻²	7.35×10 ⁻²	5.22×10 ⁻⁶	1.22×10 ⁻⁵
P3	5.33×10 ⁻¹	1.24×10 ⁻¹	8.85×10 ⁻⁶	2.06×10 ⁻⁵	4.71×10 ⁻²	1.1×10 ⁻¹	7.82×10 ⁻⁶	1.82×10 ⁻⁵
P7	1.71×10 ⁻²	4×10 ⁻²	2.84×10 ⁻⁶	6.63×10 ⁻⁶	6.38×10 ⁻³	1.5×10 ⁻²	1.05×10 ⁻⁶	2.47×10 ⁻⁶
P8	3.11×10 ⁻²	7.27×10 ⁻²	5.18×10 ⁻⁶	1.20×10 ⁻⁵	1.66×10 ⁰	3.89×10 ¹	2.76×10 ⁻⁴	6.45×10 ⁻⁴
O4	4.23×10 ⁻¹	9.87×10 ⁻¹	7.03×10 ⁻⁵	1.64×10 ⁻⁴	7.03×10 ⁻¹	1.641×10 ⁰	1.16×10 ⁻⁴	2.72×10 ⁻⁴
O5	2.1×10 ⁻¹	4.88×10 ⁻¹	3.47×10 ⁻⁵	8.11×10 ⁻⁵	1.31×10 ⁰	3.073×10 ⁰	2.18×10 ⁻⁴	5.10×10 ⁻⁴
O6	5.08×10 ⁻¹	1.18×10 ⁻²	8.45×10 ⁻⁷	1.97×10 ⁻⁶	1.35×10 ⁻³	3.16×10 ⁻³	2.24×10 ⁻⁷	5.24×10 ⁻⁷
O9	2.1×10 ⁻¹	4.91×10 ⁻¹	3.5×10 ⁻⁵	8.15×10 ⁻⁵	3.15×10 ⁻²	7.34×10 ⁻²	5.22×10 ⁻⁶	1.21×10 ⁻⁵
O10	8.52×10 ⁻³	1.98×10 ⁻²	1.4×10 ⁻⁶	3.30×10 ⁻⁶	8×10 ⁻⁴	1.9×10 ⁻³	1.32×10 ⁻⁷	3.09×10 ⁻⁷

III.1. Variations des valeurs d'exposition par voie ingestion et dermique dans les populations exposées

Dans le tableau précédent on remarque que ya des variations des valeurs de l'exposition par voie cutané et par voie d'ingestion soit par l'adulte ou l'enfant.

Pour le Cr

Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 1.48×10⁻¹ kg/jour et la valeur minimale est de 3.25×10⁻².

Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximal est de 1×10⁻¹ kg/jour et la valeur minimal est de 1.14×10⁻².

Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est de 0.01×10^{-5} kg/jour et la valeur minimale est de 8.38×10^{-7} .

Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 1.01×10^{-5} kg/jour et la valeur minimale est de 5.74×10^{-5} .

✓ **Pour le Cd**

Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 3.34×10^{-1} kg/jour et la valeur minimale est de 2.8×10^{-2} .

Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximale est de 2.70×10^1 kg/jour et la valeur minimale est de 1.09×10^{-2} .

Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est de 5.05×10^{-2} kg/jour et la valeur minimale est de 9.35×10^{-6} .

Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 4.48×10^{-5} kg/jour et la valeur minimale est de 1.09×10^{-5} .

✓ **Pour le Pb**

Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 1.66×10^0 kg/jour et la valeur minimale est de 8×10^{-4} .

Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximale est de 3.89 kg/jour et la valeur minimale est de 1.9×10^{-3} .

Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est de 2.76×10^{-4} kg/jour et la valeur minimale est de 1.32×10^{-7} .

Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 2.72×10^{-4} kg/jour et la valeur minimale est de 3.09×10^{-7} .

✓ **Pour le Zn**

Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximal est de 5.33×10^{-1} kg/jour et la valeur minimal est de 8.5×10^{-3} .

Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximal est de 9.87×10^{-1} kg/jour et la valeur minimal est de 1.18×10^{-2} .

Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximal est 5.32×10^{-5} kg/jour et la valeur minimal est de 8.45×10^{-7} .

Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximal est de 1.24×10^{-4} kg/jour et la valeur minimal est de 9.4×10^{-6} .

Tableau XV : Dose de référence HQ (risque non cancérigène) (2019).

Unité	µg/kg/jour							
RISK NON CANCIREGENE $HQ = \frac{exp}{Rfd}$					HQ : dose de référence Rfd : référence facteur de dose			
ETM	Cd				Cr			
Voie d'exposition	Ingestion		Cutané		Ingestion		Cutané	
Type de population exposée	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Nature de l'eau contaminée	Eaux souterraines (les puits)							
P1	9.36×10^{-2}	2.18×10^{-1}	39×10^{-6}	9.05×10^{-5}	11.76×10^{-2}	2.74×10^{-2}	27.93×10^{-7}	7.66×10^{-5}
P2	7.76×10^{-2}	18.12×10^{-2}	32×10^{-6}	7.5×10^{-5}	9.82×10^{-2}	2.28×10^{-1}	18×10^{-6}	6.66×10^{-5}
P3	6.08×10^{-2}	14.18×10^{-2}	25.15×10^{-2}	5.85×10^{-5}	6.5×10^{-2}	15.2×10^{-2}	23.73×10^{-6}	4.2×10^{-5}
P7	6.68×10^{-2}	15.6×10^{-2}	27.75×10^{-6}	6.5×10^{-5}	8.56×10^{-2}	2×10^{-1}	5.1×10^{-5}	5.53×10^{-5}
P8	6.8×10^{-1}	15.8×10^{-2}	28×10^{-6}	6.5×10^{-5}	18.42×10^{-2}	4.4×10^{-1}	3.06×10^{-5}	11.9×10^{-5}
HI(µg/kg/jour)	0.9788	0.637	0.25162675	0.000354	0.5506	0.6074306	0.000108151	0.0003595
Eaux de surfaces (les oueds)								
O4	11.2×10^{-2}	2.6×10^{-1}	46.5×10^{-6}	10.8×10^{-5}	18.18×10^{-2}	4.24×10^{-1}	5.03×10^{-5}	11.73×10^{-5}
O5	2.32×10^{-1}	5.4×10^{-1}	9.6×10^{-5}	22.4×10^{-5}	2.96×10^{-1}	6.94×10^{-1}	8.23×10^{-5}	19.2×10^{-5}
O6	6×10^{-2}	13.8×10^{-2}	24.8×10^{-6}	5.8×10^{-5}	12.2×10^{-2}	2.84×10^{-1}	3.36×10^{-5}	7.86×10^{-5}
O9	5.6×10^{-2}	13×10^{-2}	23.1×10^{-6}	5.4×10^{-5}	17.8×10^{-2}	4.14×10^{-1}	4.9×10^{-5}	11.5×10^{-5}
O10	5.64×10^{-2}	13×10^{-2}	23.4×10^{-6}	5.45×10^{-5}	9×10^{-2}	2.08×10^{-1}	24.9×10^{-5}	5.8×10^{-5}
HI(µg/kg/jour)	0.5164	1.198	0.0002138	0.0004985	0.8678	2.024	0.0004642	0.0005609

Tableau XVI : Variations des valeurs HQ dans les populations exposées.

RISK NON CANCIREGENE								
$HQ = \frac{exp}{Rfd}$								
ETM	Zn				Pb			
Voie d'exposition	Ingestion		Cutané		Ingestion		Cutané	
Type de population exposée	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Nature de l'eau contaminée	Eaux souterraines (les puits)							
P1	8.03×10^{-5}	1.87×10^{-3}	6.83×10^{-8}	1.56×10^{-7}	8.11×10^{-3}	1.92×10^{-2}	4.5×10^{-6}	10.5×10^{-6}
P2	1.06×10^{-3}	2.49×10^{-3}	8.86×10^{-7}	2.06×10^{-6}	2.25×10^{-2}	5.25×10^{-2}	12.42×10^{-6}	2.90×10^{-5}
P3	1.77×10^{-3}	4×10^{-4}	1.47×10^{-7}	3.43×10^{-5}	3.36×10^{-2}	7.85×10^{-3}	18.61×10^{-6}	4.33×10^{-5}
P7	5.7×10^{-5}	1.33×10^{-4}	4.74×10^{-8}	1.05×10^{-7}	4.55×10^{-3}	1.07×10^{-2}	2.5×10^{-6}	5.88×10^{-6}
P8	1.03×10^{-4}	2.42×10^{-4}	8.63×10^{-8}	2×10^{-7}	1.18×10^1	2.77×10^{-2}	6.57×10^{-4}	15.35×10^{-4}
HI($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$)	0.0030703	0.005135	0.000001235	0.000036821	11.86876	0.11795	0.00069503	0.00162368
Eaux de surfaces (les oueds)								
O4	1.41×10^{-3}	3.29×10^{-3}	1.17×10^{-6}	2.73×10^{-6}	5.02×10^{-1}	1.17×10^1	2.76×10^{-4}	6.47×10^{-4}
O5	7×10^{-4}	1.62×10^{-3}	5.78×10^{-7}	1.35×10^{-6}	9.3×10^{-1}	2.195×10^1	5.19×10^{-4}	12.14×10^{-4}
O6	1.93×10^{-5}	3.93×10^{-5}	1.40×10^{-7}	3.28×10^{-8}	9.6×10^{-4}	2.25×10^{-3}	5.33×10^{-7}	12.47×10^{-7}
O9	7×10^{-4}	1.63×10^{-3}	5.83×10^{-7}	1.35×10^{-6}	2.25×10^{-2}	5.24×10^{-2}	12.42×10^{-6}	2.88×10^{-5}
O10	2.84×10^{-5}	6.66×10^{-5}	2.33×10^{-8}	5.5×10^{-8}	5.71×10^{-4}	1.35×10^{-3}	3.1×10^{-7}	7.35×10^{-7}
HI($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	0.0028577	0.0066459	0.000002494	0.000005517	1.456031	33.706	0.000808263	0.001891047

III.2. La variation des valeurs HQ par voie cutané et voie ingestion soit chez l'adulte ou l'enfant

On a dans le tableau précédent les valeurs des HQ d'un métal varie d'une valeur a l'autres.

✓ Pour le Cr

HQ d'Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 2.96×10^{-1} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 6.5×10^{-2} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximale est de 2×10^0 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 2.74×10^{-2} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$.

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est de 24.9×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 27.93×10^{-7} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 19.2×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 4.2×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

✓ **Pour le Cd**

HQ d'Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 6.8×10^{-1} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 5.6×10^{-4} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximal est de 3.18×10^{-1} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimal est de 14.18×10^{-2} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est de 25.15×10^{-2} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 23.1×10^{-6} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 22.4×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 5.4×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

✓ **Pour le Pb**

HQ d'Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 1.18×10^{-1} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 5.71×10^{-4} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximale est de 2.195×10^0 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 1.35×10^{-3} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est de 6.57×10^{-4} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 3.1×10^{-7} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 15.35×10^{-4} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 7.35×10^{-7} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

✓ **Pour le Zn**

HQ d'Exposition par voie d'ingestion chez l'adulte la valeur maximale est de 1.77×10^{-3} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 1.93×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$.

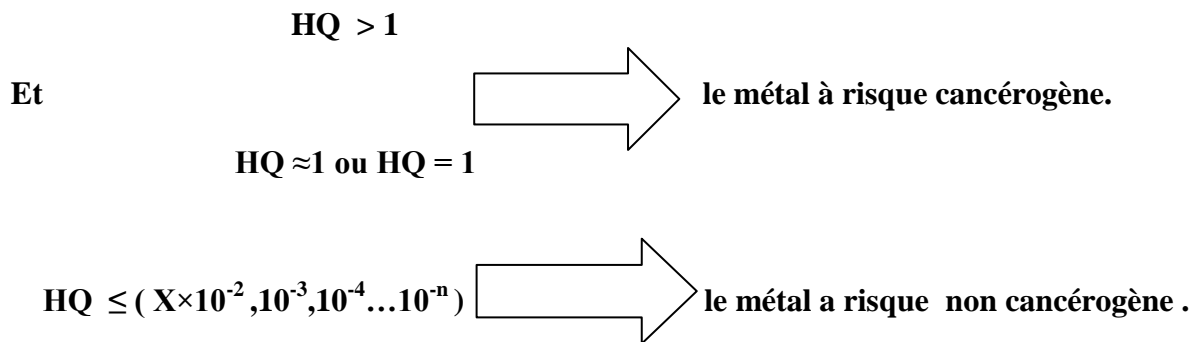
HQ d'Exposition par voie ingestion chez l'enfant la valeur maximale est de 3.29×10^{-3} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ la valeur minimal e est de 3.93×10^{-5} .

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'adulte la valeur maximale est 1.17×10^{-6} kg/jour et la valeur minimale est de 2.33×10^{-8} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$

HQ d'Exposition par voie cutané chez l'enfant la valeur maximale est de 3.43×10^{-5} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et la valeur minimale est de 3.28×10^{-8} $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$.

III.3.Comparaison entre les valeurs de dose HQ des eaux souterraines et eaux de surfaces de boulimat (Bejaia) et les valeurs limites de HQ

On a HQ :



Après avoir comparé les résultats obtenus du calcul des HQ avec les normes au valeurs cancérrogène et non cancérrogène On trouve que :

La contamination par $\text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Zn}$

Résultats

À risque non cancérrogène : RNC

À risque cancérrogène RC

Tableau XVII : Final des résultats de HQ risque non cancérrogène et cancérrogène par les métaux lourds.

Voie d'exposition Population	Voie ingestion		Voie cutané	
	Adulte	enfant	Adulte	Enfant
Cr	Rc	RC	RNC	RNC
Cd	RC	RC	RNC	RNC
Pb	RC	RC	RNC	RNC
Zn	RNC	RNC	RNC	RNC

Dans le tableau on remarque que les métaux lourds ont un risque cancérigène que par voie d'ingestion soit pour l'enfant ou par les adulte sauf le zinc il a aucun risque cancérigène sur la population exposée.

III.4. Variations des valeurs HI

✓ Le cas de cadmium :

On remarque que la valeur de l'indice de référence HI la plus élevée est celle des enfants et l'adulte qui varie entre 6.37 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ et 0.9788 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ par voie d'ingestion dans les eaux souterraines.

✓ Cas de Chrome :

On remarque que la valeur de HI chez les enfants par voie d'ingestion est plus considérée que chez les adultes dans les eaux souterraines.

✓ Cas du plomb :

la valeur du HI chez les enfants est très élevée chez les enfants elle varie de 0.1179 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$ à 33.076 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{jour}$.

✓ Cas de zinc :

La concentration du zinc chez toutes les populations est peu considérable par rapport aux autres métaux.

III.5. Interprétation des cartes

Nos résultats ont été projetés dans des cartes à risque de contamination de chaque métal, On a obtenu 16 cartes chaque métal a 4 cartes, 2 cartes ingestion pour (1 enfant / 1 Adulte) et 2 cartes cutané (1 Adulte / 1 enfant).

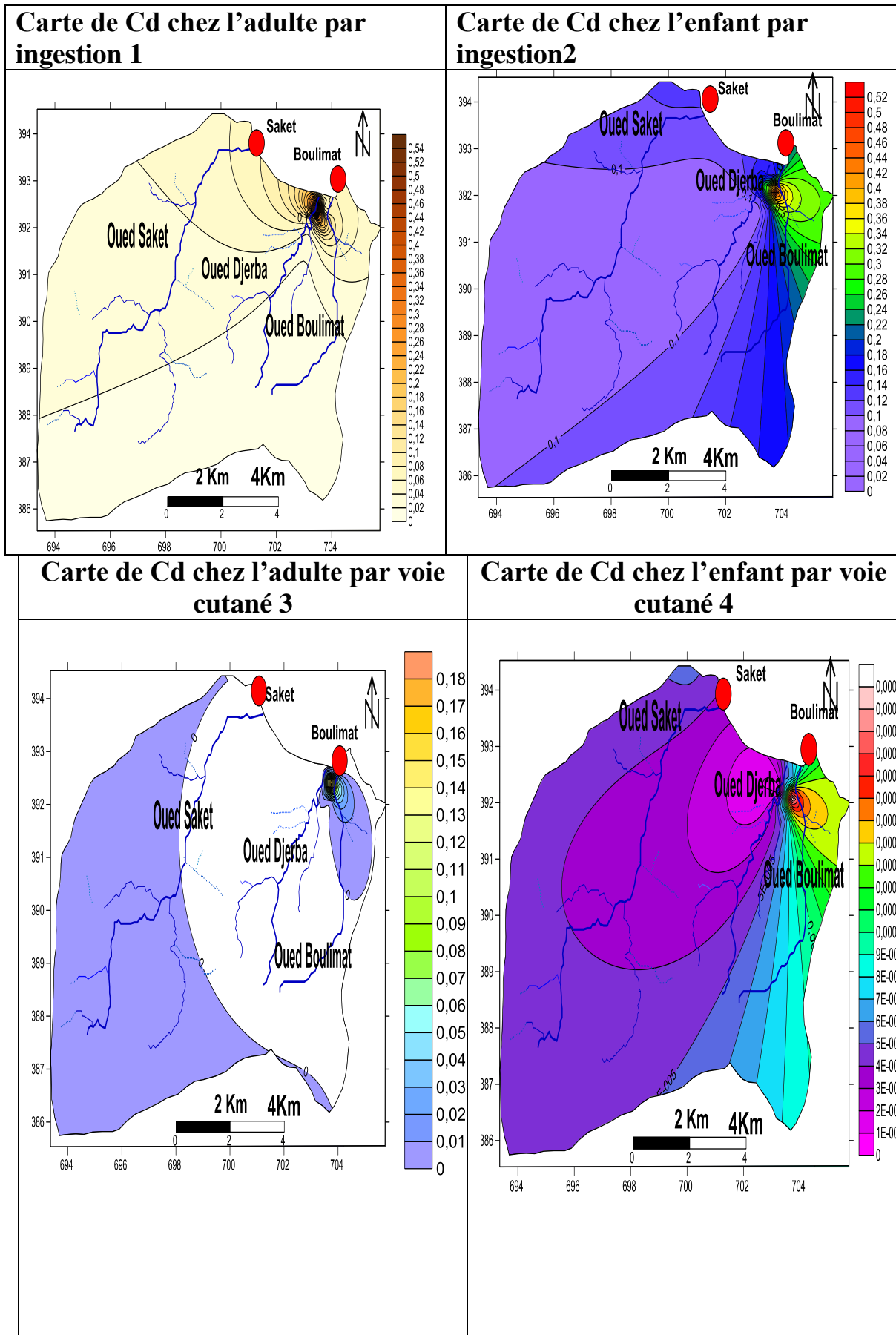


Figure 18 : Carte de risque cas de Cd (2019).

Dans la 1^{er} et 2^e carte on remarque que la contamination chez les adultes et les enfants par ingestion se localise au niveau de l'agglomération de Boulimat de Bejaïa, Carte 3 et 4 démontrent que la contamination par le Cd chez l'adulte et l'enfant par voie cutané se concentre au niveau de l'agglomération Boulimate de (Bejaia).

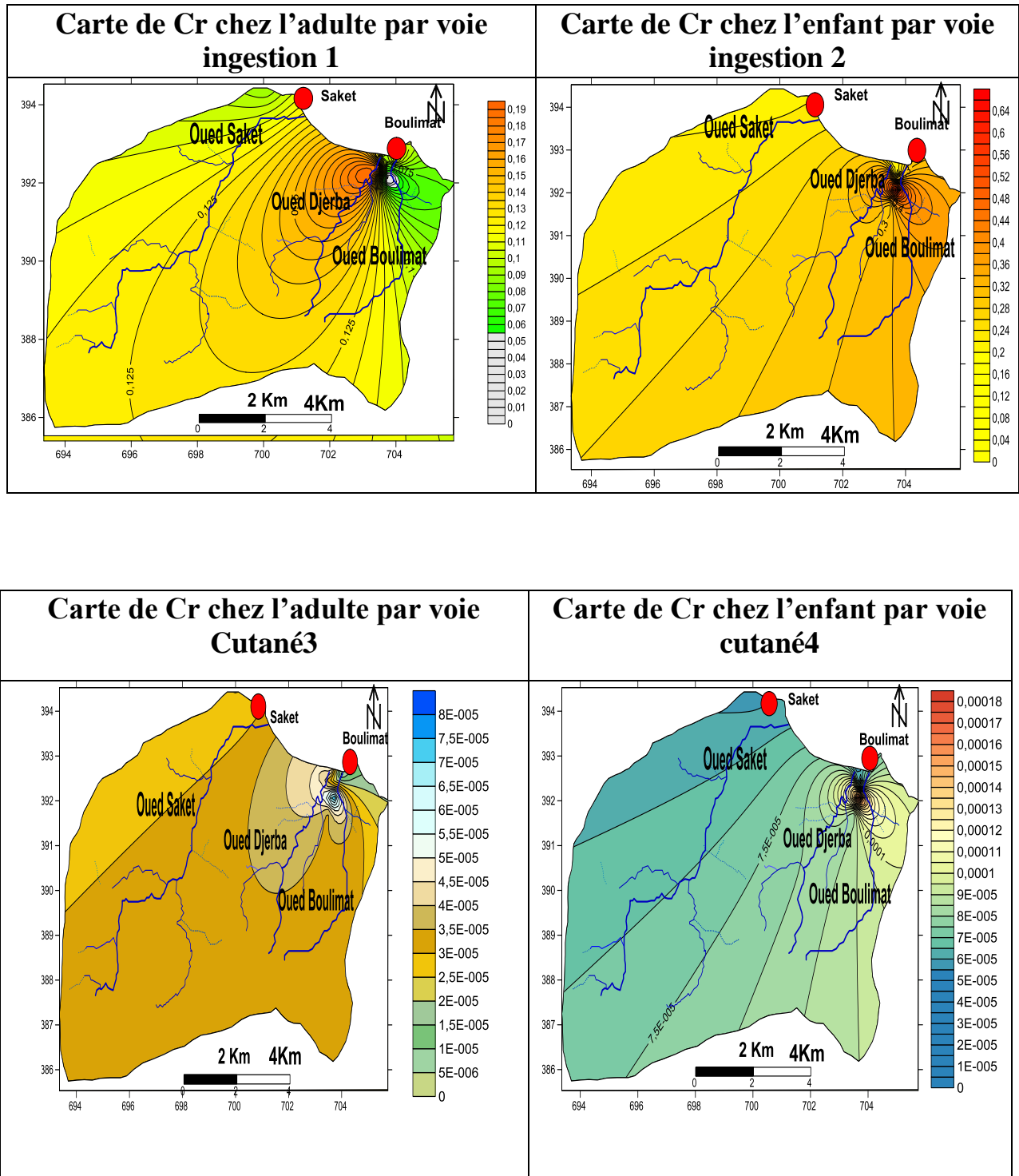


Figure 19 : Carte de risque cas de Cr (2019) .

La carte 1 et 2 démontrent que la contamination par le Cr chez les adultes et les enfants par voie ingestion et toujours localisée dans l'agglomération de boulimat (Bejaïa).

Les cartes 3 et 4 démontrent que l'agglomération de boulimat (Bejaïa) est plus vulnérable à la pollution par Cr

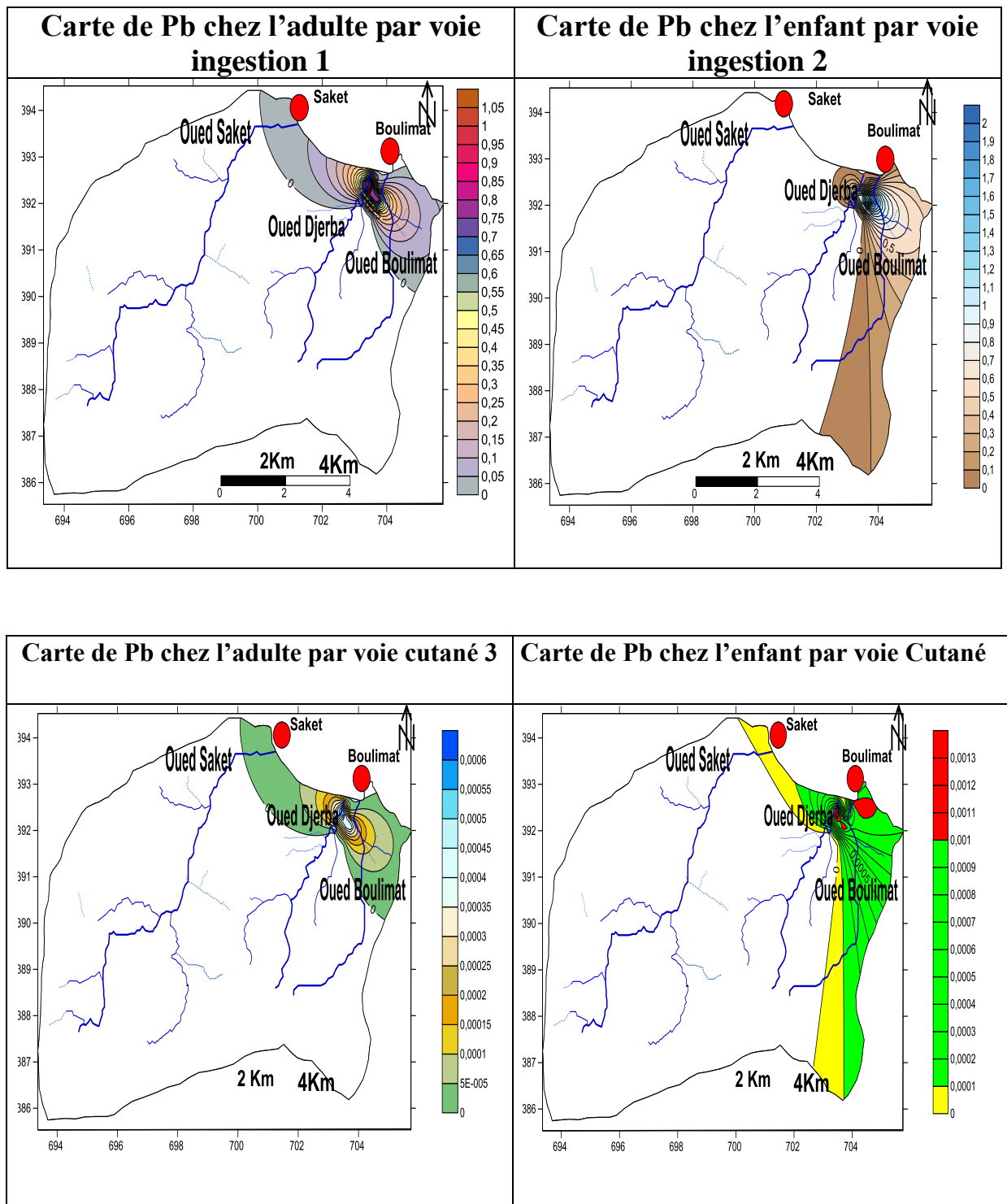


Figure 20 : Carte de risque cas de Pb (2019).

Dans la carte 1 et 2 la contamination par le Pb chez les adulte et enfants par voie ingestion est localisée au niveau de l'agglomération de boulimate (Bejaïa).

Carte 3et 4 la contamination par le Pb chez les adultes et les enfants est localisé dans la l'agglomérations de Boulimat(Bejaïa).

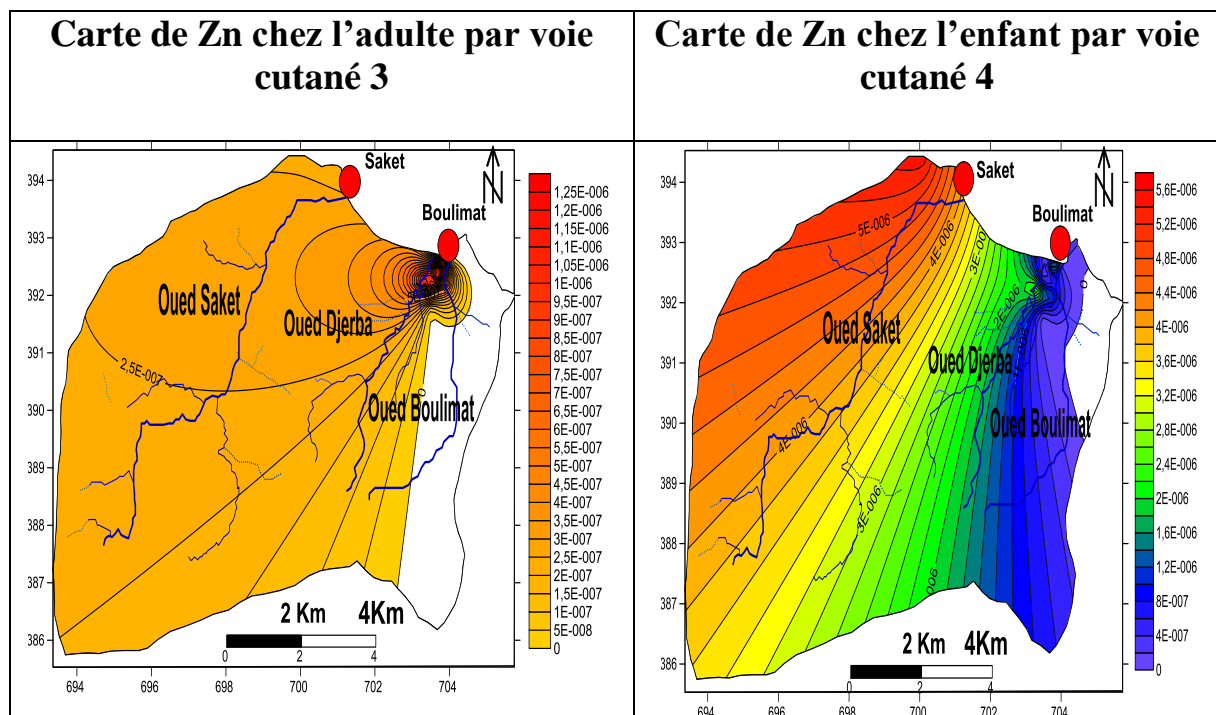
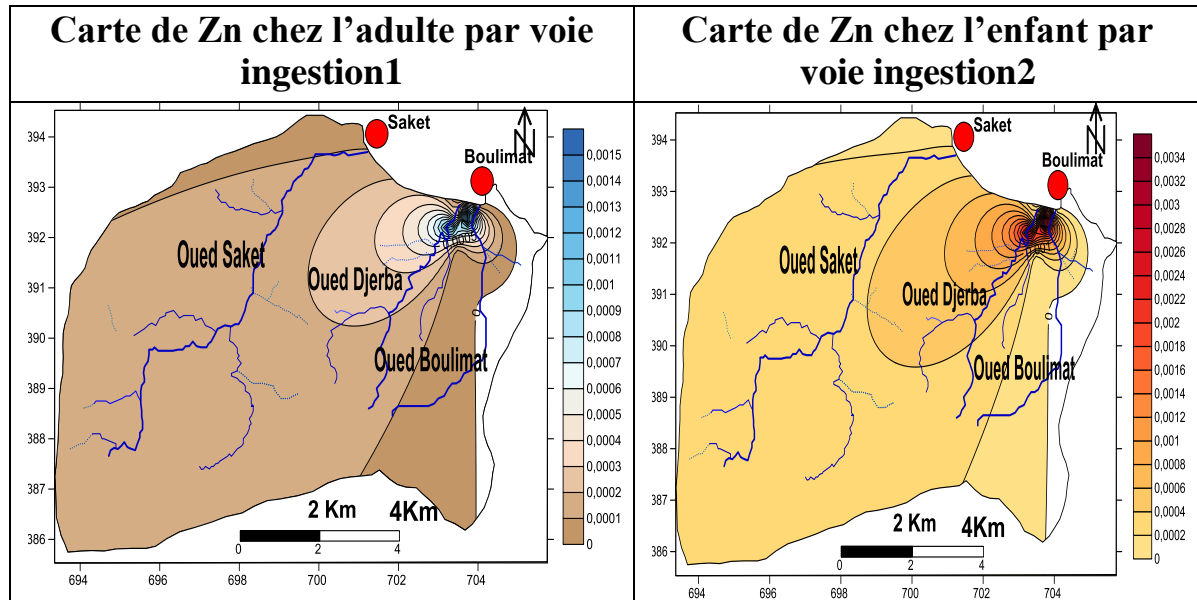


Figure21: Carte de risque cas de Zn (2019).

La cartel et 2 montre que la contamination par le zn chez les adultes et les enfants par voie ingestion est tes localisée dans l'agglomération de boulimate (Bejaïa).

Dans la carte 3 la contamination par le Zn chez les adultes par voie ingestion est localisée au niveau de l'agglomération boulimate (Bejaia).

Pour la carte 4 la contamination par le Zn chez les enfants est très remarquable dans l'agglomération de saket (Bejaia)par contre au niveau de l'agglomération de boulimat (Bejaia)est très faible .Donc je conclue que la agglomérations de boulimat Bejaia est plus contaminée par la pollution par les métaux lourds (Pb, Cd ,Cr)a cause du trafic routier et les eaux usées et le lixiviat des décharges publiques et le Zn dans ce cas il est considéré comme un oligo essentiel a l'organisme vivant car il se trouve a faible concentrations.

III.6.Discussion et Risque au cancer

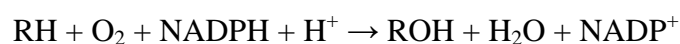
Les métaux lourds devient toxiques et cancérigène dans l'organisme par absorption , distribution , métabolisme et élimination par les phénomènes de la toxico cinétique . Ce phénomène explique la relation entre l exposition systématique d un métal ou un composé chimique dans l organisme humain.

Mes résultats explique que l effet cancérigène des métaux lourds se fait par les processus métaboliques selon l'âge , le sexe.

Le développement du cancer ingestion chez l enfant et les nouveau-nés est expliquée par la la capacité métabolique des enzymes P450 chez les nouveaux nés est extrêmement limitée par rapport à celle des adultes.

Les cytochromes P450 (CYP450) sont des hémoprotéines — protéines ayant une molécule d'hème comme cofacteur qui interviennent dans les réactions d'oxydoréduction d'un grand nombre de grosses ou de petites molécules, qu'il s'agisse de substrats naturels du métabolisme endogène ou de xénobiotiques (polluants, toxines, drogues, médicaments, etc.). Ce sont généralement les oxydases finales d'une chaîne de transport d'électrons. L'abréviation *P450* provient de la spectrophotométrie : lorsque ces enzymes sont à l'état réduit et complexées avec le monoxyde de carbone, le pic d'absorbance se situe à une longueur d'onde de 450 nm.

La réaction catalysée par les cytochromes P450 la plus courante correspond à une activité monooxygénase : un groupe hydroxyle est formé avec un atome d'oxygène provenant d'une molécule d'oxygène (O₂), l'autre atome d'oxygène étant réduit en eau (H₂O) à l'aide du NADPH :



Lorsque les effets du cancer chez les humains exposés sont attribués à l'exposition à un agent, l'option par défaut est au quels les données résultantes sont prédictives du cancer dans toutes autres population humaine exposée. La plupart des études portant sur les résultats du cancer chez les humains découlant de l'exposition à des agents sont souvent des études sur des humains exposés au travail. Selon le sexe, l'âge et la santé générale, les travailleurs peuvent ne pas être représentatifs de la population générale exposée aux mêmes agents dans l'environnement. Dans de telles études, il n'est pas possible d'observer des sous-populations susceptibles d'être sous-représentées, comme les fœtus, les nourrissons et les enfants, les femmes ou les personnes en mauvaise santé, qui peuvent réagir différemment des travailleurs en santé.

III.7.3.D'AUTRES RISQUES SUR LA SANTÉ QUI PEUVENT ETRE PROVOQUES PAR LES METAUX LOURDS

Les métaux lourds se stockent principalement dans les os, le foie, les reins et le cerveau. *"Chez l'homme, ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires. Certains, comme le cadmium, l'arsenic, le nickel et le chrome sont cancérigènes"* explique le ministère de l'Ecologie. Une exposition à de fortes doses de métaux lourds est donc impliquée dans de nombreuses pathologies sévères comme la sclérose en plaque, les maladie même joue un rôle dans le déclenchement de troubles psychologiques et neurologiques comme l'autisme.

***CONCLUSION ET
PERSPECTIVES***

Conclusion général

Au cours de cette contribution sur l'étude d'évaluation des risques des métaux lourds tels que le (Pb, Cd, Cr, Zn) sur la santé humaine cas nappes phréatiques de Boulimat (Bejaia), on conclue que la population la plus vulnérable a la contamination par les métaux sont les enfants par apport au adultes et que la voie d'exposition par ingestion a un effets transmissible que par voie cutané. La comparaison entre les valeurs obtenus des calculs HQ et la valeurs limites réglementaires du métal analysée on constate que $Pb > Cd > Cr > Zn$ dont les métaux lourds Pb, Cd, Cr ont un risque cancérigène même au faible dose par apport au zinc qui est un élément Oligo essentiel en respectant l'énormes réglementaires. En final, une fois les résultats obtenus des calculs de HQ ont été projeté sur des cartes on constate que la contamination par les ETM analysées sont localisés au niveau de l'agglomération de Boulimat par apport au zinc qui se trouve dans les deux agglomérations Saket et Boulimat donc c'est un Oligo élément essentiel dont la cause probablement de cette distribution de la contamination est liée au lixiviats de la décharge public de boulimat ainsi que le trafic routier. Malheureusement il est assez difficile de se protéger des expositions aux métaux lourds certaines règles simples permettent cependant de limiter cette exposition :

- Placer des stations d'épurations des eaux usées.
- Limité l'utilisation des pesticides.
- Contrôler le trafic routier.
- Contrôler les décharges publiques.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme2,2008, <http://misseden2008.over-blog.com>.
- **Anonyme4,2012**,[http://lepharmachien.com /metaux-lourds](http://lepharmachien.com/metaux-lourds).
- Anonyme 3,2016, <http://lepharmachien.com/metaux-lourds>.
- Anonyme1, 2019, www.google.com.
- Alami.S.,(2011),Tutoriel d'utilisation de surfer 9.Institut de recherche pour le Développement(IRD).Fort de France.23p.
- Arab,L.,Falkaoui,D,(2016).Etude de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution de la commune d'Aokas par la méthode de RISK. Mémoire de master en science environnementales non publié, Université d'Abd Arahmane.Mira de Bejaia.
- Arris.s, 2008 « Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sous produits de céréale » Thèse de doctorat de l'université de Constantine- Algérie.
- Adriano.D.c,(2001).Trace elements in terrestrial environment: Biochemistry, bioavailability and risks of metals, 2nd Edition .new York : Spinger- Varlag.
- Baali et al , (2012). Cartographie sous le logiciel surfer de la pluviométrie de la région Provence alpes cote d'Azur entre 1967 et 1997 et de la température du département du département des Alpes maritimes entre 1971 et 1990 .Projet d'ingénierie. Ecole polytechnique de l'Université de Nice –Sophia Antipolis.21p.
- Barbault, R. (2000). Ecologie générale, structure et fonctionnement de la biosphère. Ed.Dunod, Paris, 326p.
- Behanzin ,G. J., Adjou. E.S., Yessoufou.A.G., DahouEnon A.E. et Sezan A., 2014. Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes, Journal Applied Biosciences, Vol 83, pp 7499-7505.
- . Belkhir, H., Debbou, F. (2015). Evaluation de la vulnérabilité à la pollution de la région d'Aokas. Mémoire de Master en sciences environnementales, Université d'A. MIRA de Bejaia.
- Bouziani . M., « L'eau de la pénurie aux maladies », Édition Dar El Gharb, Algérie, 2000, p 47.
- Brignon,J.M., & Malherbe, L. (2005). Cadmium et ses dérivés. INERIS, données technico-économiques sur les substances chimiques en France, 25p.
- Larousse Encyclopédique, 2003.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Darmendrail.D.,Baize.D., Barbier, J., Freyssinet, P.,Mouvet, C., Salpéteur, I. ,Wavrer, P.(2000). Fonds géochimique naturel : État des connaissances à l'échelle nationale. BRGM/RP-50518-FR, p93.
- DPAT, Direction de la Planification et de l'Aménagement du territoire. (2006). Annuaire Statistique de la Wilaya de Bejaia.
- Dussart, Limnologie, L'étude des eaux continentales, 2ème édition, Boubée, 1992, p 736.
- Ismail, K.; Selda, T. Ö.; Murat, B. Fresenius Environmental Bulletin 2006, 15(1), 26.
- Lucky,T. D.; Venugopal, B. Plenum Press: New York, 1977.
- Loué .A. (1993). Oligo-éléments en agriculture. Ed. Nathan ,p45-177.
- Mckenzie A.B.(1997) Isotope evidence of the relative retention and mobility of lead, and radiocesuim in swttish ombrophic peats. The science of the total environment, vol.203,2, p. 115-127.
- Michel Bassand, Thai Thi Ngoc Du, Joseph Tarradellas, Antonio Cunha, Jean-Claude Bolay, Etropolisation, Crise Ecologique et Développement Durable, L'eau et l'habitat précaire à Ho Chi Minh-Ville, Vitenam, SCIENCE, TECHNIQUE, SOCIETE, France, 2000, p 145.
- Miquel.M.(2001). Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé.
- Nodelkoska, T. V.; Doran, P. M. 107, 315. Environnement. Pollution. 2000.
- Ramade, F. (1984). Eléments d'écologie, écologie fondamentale.Ed.McGraw-Hill, Paris, 397 p.
- Ramade, F. (2003).Élément d'écologie, écologie fondamentale. Ed. Dunod, Paris, 688 p.
- Rebbas, K. (2014). Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Bejaia. Thèse de Doctorat .Université Ferhat Abbas Sétif1. 114p.
- Rodier, J. (2009). L'analyse de l'eau .9eme édition, Dunod.
- USEPA (2016) United States Environmental Protection Agency,EPA/540/l-89/002
- Risk Assessment Guidance for Superfund,Vol. I Human Health Evaluation Manual, Office of Emergency and Remedial Response.

Abstract

In order to evaluate the risks of heavy metals such as (Pb, Cd, Cr) on human health in the water table of boulimate (bejaia), we used a method of physico chemical analysis (temperature, pH, conductivity) and dosing of heavy metals by spectrometry

Atomic Absorption (SAA) in the Process Engineering Laboratory of the University of Bejaia. The objective of its analyzes is to determine the concentration of heavy metals in surface water and groundwater (sampling sites).

The results obtained on exposure by ingestion and dermal and the reference dosage HQ and by reference index HI show that the concentration of Pb> Cd> Cr> Zn which means that lead has a considerable carcinogenic risk compared to other heavy metals . our reference assay results will be projected on relief maps in order to have risk maps for each metal by different exposures and populations.

Thanks to its map, the contamination by heavy metals (Pb , Cd, Cr, Zn) is localized in the agglomeration of boulimate than that of saket and the population most vulnerable to contamination by its heavy metals are children, because of their metabolic capacity P450 enzymes is extremely limited compared to that of adults. to conclude the children are more exposed to cancerogenic risk by metals than adults.

Key words: heavy metals, assessment, boulimate water table, cancerogenic risk, health, risk map.

Résumé

Dans le but d'évaluation des risques des métaux lourds tels que le (Pb ,Cd, Cr) sur la santé humaine dans la nappes phréatique de boulimate (Bejaia) .On a utilisé une méthode d'analyse physico chimique (températures ,PH, conductivité) et dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) dans le laboratoire de génie des procédés de l'université de Bejaia .l'objectif de ses analyses est de déterminer la concentration des métaux lourds dans les eaux de surfaces et les eaux souterraines (sites de prélèvements) .

Les résultats obtenus sur exposition par ingestion et dermiques et le dosage de référence HQ et par indice de référence HI montre que la concentration de Pb> Cd>Cr>Zn qui veut dire que le plomb a un risque cancérigène considérable par rapport aux autres métaux lourds. Nos résultats obtenus de dosage de référence seront projeté sur des cartes de reliefs a fin d'avoir des cartes de risque pour chaque métal par différents expositions et populations.

Grace a ses carte on résulte que la contamination par les métaux lourds (Pb, Cd, Cr ,Zn) se localise dans l'agglomération de boulimate que celle de saket et la population la plus vulnérable a la contamination par ses métaux lourds se sont les enfants ,en cause de leurs capacité métabolique des enzymes P450 est extrêmement limitée par rapport à celle des adultes . Pour conclure les enfants sont plus exposés au risque cancérigène par les métaux que les adultes

Mot clés : métaux lourds, évaluation, nappe phréatique de boulimate ,risque cancérigène ,santé ,carte de risque.