

République algérien démocratique et populaire
Ministre des études supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane MIRA-Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Filière : Ecologie et Environnement
Spécialité : Biodiversité et Sécurité Alimentaire



Réf :

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

MASTER

Thème

**Contribution à L'étude de l'impact des métaux lourds
(Pb, Cr, Cd, Ni) des eaux souterraines sur la sante humaines
Du bassin versant de Oued Ed Douss**

Présenté par :

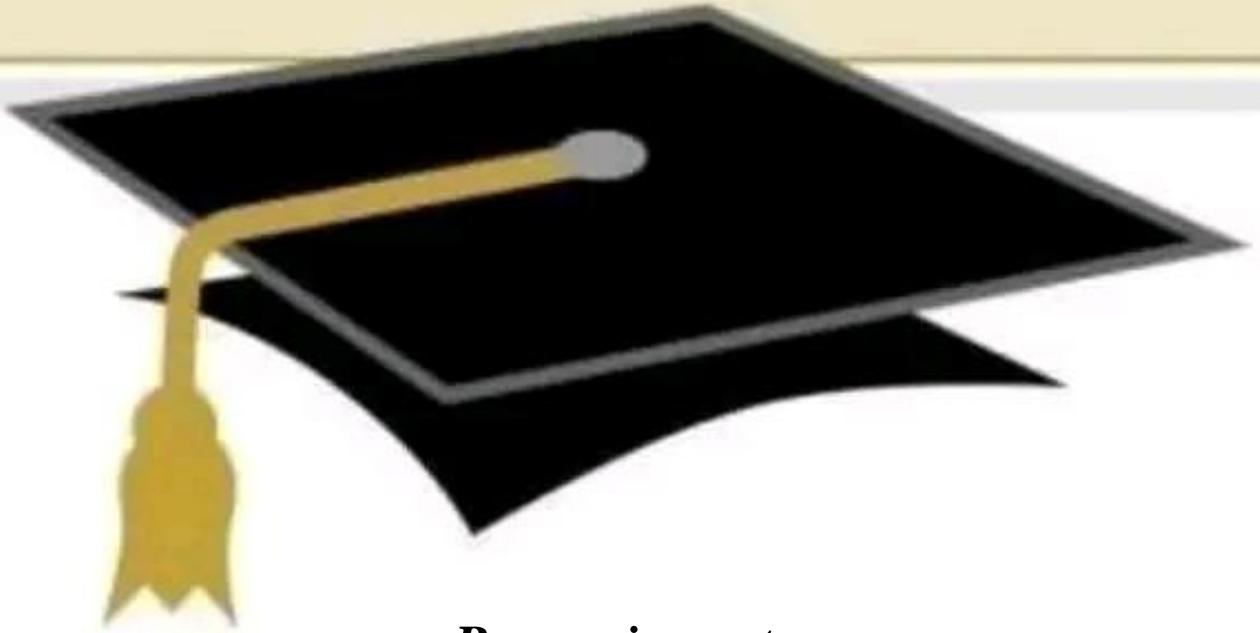
MAAFA Massinissa & DJELLAB Ounissa

Soutenu le : 06/07/2022

Devant le jury composé de :

Mme Abdelli Meriem	MCB	Présidente
Mr. Khemmoudj Kaddour	MCA	Encadreur
Mme Kherfella Aiteche Tassadit	MAA	Examinatrice

Année universitaire : 2021 / 2022



Remerciement

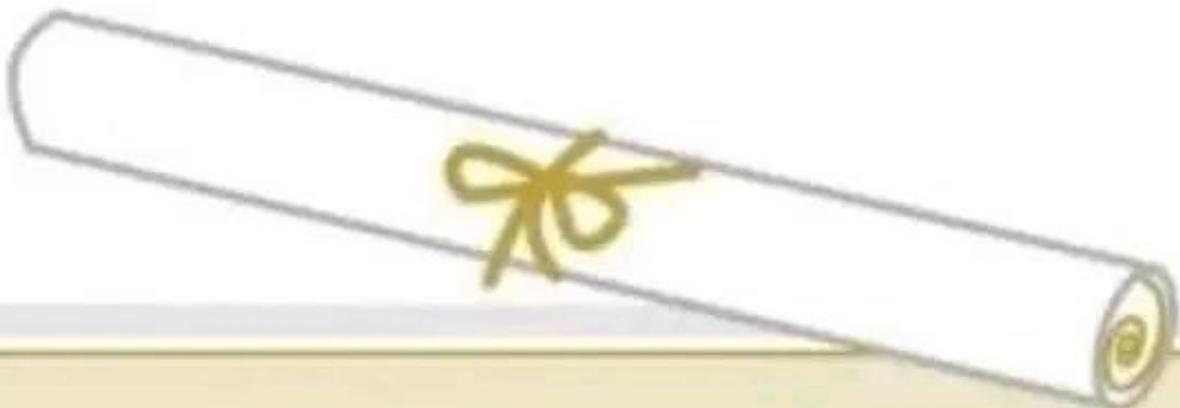
En premier, nous remercions le bon dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et de la patience pour être ce que nous sommes aujourd'hui et pour mener à terme ce modeste travail

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre encadreur Monsieur Khemmoudj Kaddour, pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.

Nous remercions aussi très sincèrement les membres de jury. La présidente Mme Abdelli Meriem ainsi que l'examinatrice Mme Kherfella Tassadit, D'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre modeste travail.

Nos vifs remerciements à tous nos enseignants, en signe d'un grand respect et d'un profond amour

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail





Dédicace

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma mère et mon père et mes frères et sœurs que j'adore

Je dédie ce modeste travail A toutes les meilleures personnes qui m'aiment et qui m'aident dans ma vie. Dalil et Liza

Je le dédie aussi à toutes les personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin, mes aimables amis, Djamal Boutaghane, Maachi Razik, Madi Massinissa, Madi Rahim et Lounis Islem.

Massinissa



Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce travail

-A ma mère pour son amour ses encouragements et ses réifiées

-A mon père pour son soutien son affection et la confiance qu'il m'accordé

*-A mes sœurs Fadila, Linda, Dihia qui n'ont pas cessée me conseiller ,
encouragée et soutenue tout au long de mes études*

Que dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur.

-A mes frères : Sofiane, Housseem je vous souhaite tout le bonheur du monde.

-ma princesse Miral

Je dédie aussi ce travail à mes chères copines Yasmina, Chabha.

Et a tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connus

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

Ounissa



Sommaire

- Liste des tableaux
- Liste des figures
- Liste des abréviations
- Introduction

Chapitre 1 : Généralité sur l'eau

I-1 Qu'est-ce que l'eau	01
I-2 L'intérêt de l'eau	02
I-3 Notion, Classification des ressources hydrique.....	02
I-3-1 Notion de ressources en eau.....	02
I-3-2 Classification des ressources hydrique.....	03
I-3-2-1 Les ressources conventionnelles.....	03
I-3-2-a Les eaux superficielles	03
I-3-2-b les eaux souterraines.....	04
I-4 L'eau en algerie	04
I-4-1 la politique de l'eau en Algérie.....	04
I-4-2 Disponibilités de l'eau en algerie du nord.....	05
I-4-3 Les principaux problèmes hydrauliques en algérie.....	05
I-5 Généralité sur la Pollution des eaux.....	06
I-5-1 Définition de pollution des eaux.....	06

Chapitre 2 : Généralité sur les métaux

II- Qu'est-ce que les métaux	07
II -1 Définition des métaux.....	07
II-2 Classification des métaux lourds.....	07

II-2-1 Les éléments traces essentiels.....	07
II-2-2 Les éléments traces non essentiels.....	07
II-3 Origine des métaux lourds.....	08
II-3-1 Origine naturelle des métaux lourds.....	08
II-3-2 Origines anthropiques des métaux lourds.....	09
II-4 Les métaux lourds dans l'eau.....	09
II-5 La toxicité des métaux lourds.....	10
II-6 Effets des métaux lourds sur la santé humaine.....	10
II-7 Présentation de quelque exemple des métaux lourds.....	12
II-7-1 Le cadmium.....	12
II-7-1-1 Généralités et sources.....	12
II-7-1-2 Utilisation du Cd.....	13
II-7-2 Plomb.....	14
II-7-2-1 Généralités et sources de plomb.....	14
II-7-2-2 Utilisation du plomb.....	15
II-7-3 Nickel	15
II-7-3-1 Généralités sur le nickel.....	15
II-7-3-2 Utilisation du nickel.....	15
II-7-4 Le Chrome (Cr).....	16
II-7-4-1 Généralité sur le chrome.....	16
II-7-4-2 Utilisation du chrome	16

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

III-1 Description de la zone d'étude	17
III-1-1 Situation géographique du bassin versant de Oued Ed Douss.....	17

III-1-2 les caractéristiques physiques de la zone d'étude.....	18
III-1-2-1 les réseaux hydrographiques de la région d'étude	18
III-1-2-2 Ouvrages de stockage de Bassin versant.....	18
III-1-2-3 la géologie.....	19
III-1-2-3-a la formation maestrichtienne.....	19
III-1-2-3-b Sénonien	19
III-1-2-3-c Les pointements triasiques	19
III-1-2-3-d Miocène	19
III-1-2-4 La pédologie	20
III-1-2-5 Le couvert végétal du bassin versant d'Oued Ed Douss.....	21
III-1-2-6 la faune et la flore.....	21
III-1-3 Les caractéristiques socio-économiques de la zone d'étude.....	22
III-1-3-1 La population	22
III-1-3-2 L'activité agricole.....	22
III-1-3-2 L'activité socio-économique.....	23
III-1-4 caractéristiques morphométriques du bassin versant	23
III-1-4-1 bassin versant	23
III-1-4-2 Paramètres du relief	24
III-1-4-2-a Altitudes minimale et maximale	24
III-1-4-3-b Altitude moyenne.....	24
III-1-4-4 Hydrologie et hydrogéologie	24
III-1-4-4-a La surface	24
III-1-4-4-b Le périmètre	25
III-1-4-4-c La densité de drainage.....	25

III-1-4-4-d L'indice de compacité de Gravelius (KG).....	25
III-1-5 Caractéristiques climatiques de la région.....	26
III-1-5-1 Température	27
III-1-5-2 Les précipitations	28
III-1-5-3 L'humidité.....	29
III-1-5-4 le vent	30
III-2 Matériels	31
III-2-1 Matériels utilisés	31
III-2-2 Logiciels	31
III-3 Méthodes	32
III-3-1 échantillonnage.....	32
III-3-2 Flaconnage.....	33
III-3-3 Conditionnement et transport des échantillons	33
III-4 analyse	34
III-4-1 Analyse des éléments traces métalliques (ETM) par la spectrophotométrie.....	34
III-4-2 Evaluation de risque pour la sante humaine	35

Chapitre 4 : Résultats et Discussion

III-1 Introduction.....	40
III-2 Présentation des résultats	40
III-3 variation des valeurs d'exposition par voie ingestion et dermique dans les populations exposées au plomb et au cadmium	41
III-3-1 Cas de Plomb	43
III-3-2 Cas de cadmium	43
III-4 Variations des valeurs d'exposition par voie ingestion et dermique dans les populations exposées au chrome et au nickel	43

III-4-1 cas de chrome	45
III-4-2 cas de nickel	45
III-5 Variations des valeurs HQ par voie ingestion et dermique dans les populations exposées	46
III-5-1 cas de plomb	47
III-5-2 cas de cadmium	47
III-5-3 cas de chrome.....	49
III-5-4 cas de nickel	49
III-6 signification des valeurs HQ	49
III-7 variation des valeurs HI.....	50
III-7-1 cas de plomb.....	50
III-7-2 cas de cadmium	50
III-7-3 cas de chrome	50
III-7-4 cas de nickel.....	51
III-8- discussion des résultats présentés dans les cartes	51
III-9 les risque des métaux lourds sur la santé humaine (risque au cancer)	55
III-9-1 Autre risque sur la santé qui peuvent être provoqués par les métaux Lourds.....	56
• Conclusion	
• Reference bibliographiques	
• Résumés	

Listes des tableaux

Tableau N°1	Classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev)	08
Tableau N°2	Effets de certains métaux lourds sur la santé.	11
Tableau N°3	Principales données physico-chimiques du plomb	14
Tableau N°4	la faune et la flore de Barrage Lekhal	22
Tableau N°5	Les valeurs moyennes de la température mensuelles, de la région oued Ed douss de l'année (2008/2018).	27
Tableau N°6	Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations, de la région oued Ed douss de l'année (2008/2018)	29
Tableau N°7	Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité, de la région oued Ed douss de l'année (2008/2018)	30
Tableau N°8	les valeurs de la vitesse moyenne mensuelle interannuelle de la région d'oued Ed douss en (2008-2018)	31
Tableau N°9	Types de population	37
Tableau N°10	Valeurs limites cas des eaux souterraines	38
Tableau N°11	Valeurs limites des eaux de surface	38
Tableau N°12	référence facteur de dose	39
Tableau N°13	teneurs moyennes des métaux lourds dans les eaux sous terraines d'oued Ed douss	40
Tableau N°14	des résultats de dose journalière d'exposition par voie d'ingestion et cutané chez les enfants et les adultes par les métaux lourds (Pb et Cd)	41
Tableau N°15	des résultats de dose journalière d'exposition par voie d'ingestion et cutané chez les enfants et les adultes par les métaux lourds (Cr et Ni)	44
Tableau N°16	Dose de référence HQ (risque non cancérigène)	46
Tableau N°17	Dose de référence HQ (risque non cancérigène risque cancérigène et non cancérigène des métaux lourds)	48
Tableau N°18		50

LISTE DES FIGURES

Liste des figures

Figure N°1	emplacement de oued ed douss sur le bassin versant de la soummam	17
Figure N°2	la carte des réseaux hydrographique de Bassin versant d'ouedEd douss	18
Figure N°3	Carte géologique du bassin versant d'oued Ed douss	20
Figure N°4	Carte des sols du bassin versant oued Ed douss	21
		24
Figure N°5	bassin versant topographique	
Figure N°6	carte bioclimatique du bassin versant de oued Ed Douss	27
Figure N°7	Histogramme des températures moyennes de la région oued Ed douss en (2008-2018)	28
Figure N°8	Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations de la région d'oued Ed douss en mm en (2008-2018)	29
Figure N°9	Histogramme d'Humidité mensuelles de la région d'oued Ed douss en(2008-2018)	30
Figure N°10	Histogramme des vents mensuelles de la région d'oued Ed ous(2008-2018)	31
Figure N°11	carte des points de prélèvements d'eau du bassin versant oued Ed dous	33
Figure N°12	Spectromètre d'absorption atomique (SAA) Bejaia	35
Figure N°13	carte de risque cas de Pb	51
Figure N°14	carte de risque cas Cd	52
Figure N°15	carte de risque Cr	53
Figure N°16	carte de risque Ni	54

Liste des abréviations

S : Surface

A.E.P.: Alimentation en Eau Potable.

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ADN : Acide désoxyribonucléique

As : arsenic

T : Température

BW : Poids moyen du Corps Humain

Cd : Cadmium

Ceau : Concentration en éléments chimique dans la solution

CF : Facteur de conversion unitaire

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

ED : Durée d'exposition

EF : Fréquence d'exposition

ET : Temps d'expositions

ETM : Eléments-Traces Métalliques

Expo : Dose d'exposition à calculer

Hg : Mercure

HI : indice de référence

HQ : dose de référence

InhR : taux d'inhalation

IR : Taux d ingestions **KG** : Indice de Gravelius **l** : largeur

L : Longueur

Mn : Manganèse

MNT : Modèles Numériques de Terrain

Ni : Nickel

ONM : Office National de la Météorologie

P : Périmètre

P : Précipitation

Pb : Plomb

PCB : Les polychlorobiphényles

PEF : Facteur d'émission de particules

RfD : référence facteur de dose

SA : Zone de peau exposée

SAA : Spectrométrie Absorption Atomique

Sn : étain

TDS : Total Dissolved Solids

U.S.: United States

Zn : Zinc

Introduction

Introduction

Deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène : H₂O. Ramené ainsi à sa plus simple expression, le monoxyde de dihydrogène devient banal, une molécule parmi tant d'autres. Couvrant près des trois quarts de la Terre – la planète bleue – et comptant pour un volume d'environ 1,4 milliard de kilomètres cubes. (**Igor Shiklomanov, 1993**).

L'eau est d'une importance biologique et économique capitale. L'hydrosphère est le fondement de la vie et des équilibres écologiques. L'eau est à la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industrielle, énergétique et agricole, et un moyen de transport. Ses usages sont donc multiples mais, s'agissant de santé humaine, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat. (**Festy et al.,2003**).

Les ressources en eaux comprennent les eaux souterraines, les eaux superficielles et les eaux mixtes. Les nappes phréatiques sont couramment utilisées en milieu rural par forage de puits, Les nappes alluvionnaires sont des eaux souterraines circulant parallèlement au lit des rivières, dans des alluvions sableuses, elles peuvent fournir des quantités d'eau beaucoup plus importantes que les nappes profondes. Les « eaux vaclusiennes » sont des eaux superficielles, pénétrant par des fissures ou des failles, à travers des roches imperméables, Les eaux de surface (rivières, lacs, barrages, etc.) sont très largement utilisées aujourd'hui, car ce sont les seules capables de fournir des quantités considérables pour des consommations diverses (**Festy et al.,2003**).

L'Algérie se situe parmi les pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques et se trouve loin de la consommation théorique fixée par habitant et par an par la Banque Mondiale et qui est de 1000 m³. (**Banque Mondiale, 2005**) , Selon le CNES Il faut rappeler que la consommation par habitant et par an en Algérie a été divisée par 3 en l'espace de 40 ans (**CNES, 2005**) , Elle est passée de 1500 m³ en 1962 à 500 m³ en 2003 et 361 m³ en 2004, (**Aquastat, 2005**) , elle sera selon les prévisions de l'ANRH de 430 m³ en 2030 .L'Algérie avec 90% de son territoire désertique et un climat méditerranéen au nord, a connu au cours des 25 dernières années, une sécheresse intense et persistante qui a affecté les régimes des rivières, l'alimentation des nappes aquifères et le niveau de remplissage des réservoirs et des barrages perturbant ainsi l'ensemble des activités socioéconomiques et l'environnement. Cette situation exceptionnelle n'a fait qu'aggraver un déficit structurel. Cette crise des ressources génère des conflits entre utilisateurs, impliquant les pouvoirs publics dans le règlement des différends,

(politique de l'eau en Algérie)

La pollution de l'eau s'entend comme, une modification défavorable ou nocive de propriétés physico-chimiques et biologique par les activités humaines qui les rendant impropres à l'utilisation normale établit, la pollution peut atteindre tous les milieux tels que les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les lacs, la mer, ainsi que les eaux souterraines **(Schmitzberger, 2008)**.

On appelle métaux lourds tous éléments chimiques ayants une masse volumique qui dépasse 5mg/cm³, et avec un numéro atomique élevé en général supérieur à celui du sodium (Z=11) **(Adriano, 2001)**.

Les métaux lourds se caractérisent par une bonne conductivité de chaleur et d'électricité, avec une capacité de former des liaisons métalliques et de perte d'électrons **(Lacoue-Labarthe, 2007)**

La présence de métaux lourds dans l'environnement résulte des causes naturelles et des activités humaines. Ces métaux lourds posent un problème particulier, car ils ne sont pas biodégradables **(NASEEM et TAHIR ,2001)**.

Les métaux lourds associés aux notions de la pollution et de la toxicité sont généralement : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn). **(Emilie ,2004 ; Boulkrah ,2008)**.

Ils englobent l'ensemble des métaux présentant un caractère toxique pour la santé et l'environnement **(Boulkrah ,2008)**.

D'un point de vue scientifique et technique, Les métaux lourds sont les éléments métalliques naturels dont la masse volumique dépasse 5g/cm³ et qui possèdent un numéro atomique élevé.

Aujourd'hui, la contamination de l'eau par les éléments métalliques présente des risques de préoccupation prioritaire qu'il s'agisse de risques aigus ou de risques chroniques avec la problématique difficile des conséquences pour la santé humaine des faibles doses répétées de toxiques cumulatifs ou **(additifs ,1992)**.

Plusieurs travaux ont été réalisés sur les métaux lourds, **(Casa ,2005 ;Kadem,2005)**, mais jusqu'à présent aucun travail n'a été réalisé sur l'évaluation des risques des métaux lourds (Pb ; Cd ; Cr, Ni) sur la santé humaine dans le Bassin versant d'oued douss.

Notre étude a été menée sur le bassin versant d'oued Douss (wilaya de Bouira) ses caractères à vocation agricole, les eaux superficielles stockées dans les réservoirs artificiels occupent une bonne partie de la surface totale, cette démarche entreprise par l'état Algérien vise à promouvoir l'activité agricole et augmenter le rendement et la productivité des terrains.

Enfin, l'objectif de notre travail est de montrer la Contribution à l'étude des risques des métaux lourds (Pb, Cr, Cd) sur la santé humaine des eaux souterraines dans le bassin versant d'oued douss.

Le présent travail contient :

- La première partie (chapitre 1) : c'est la synthèse bibliographique, qui englobe l'introduction et quelques généralités sur le thème.
- La deuxième partie (chapitre 2) : consacré au matériel et méthodes ou on a présente une description de la zone d'étude et les différentes techniques et matériels utilisés pour réaliser ce travail.
- La troisième partie (chapitre 3) : c'est la partie de résultats et discussion dans laquelle nous avons interpréter et évaluer les résultats obtenus.
- Enfin en terminant notre travail par une conclusion et quelques perspectives de recherches.

Chapitre I
Généralité sur
l'eau

I-1 Qu'est-ce que l'eau

L'eau est à l'origine de la vie, Les premières formes de vie sont apparues dans l'eau. Pendant très longtemps, la vie n'a existé que dans l'eau. L'eau a toujours joué un rôle fondamental dans le développement des activités humaines. Il joue un rôle d'une importance biologique et économique capitale, l'hydrosphère et le fondement de la vie et des équilibre écologique, l'eau la fois un aliment, éventuellement un médicament, une matière première industriel, énergétique et agricole, et une moyenne de transport. Ses usages sont donc multiples mais, s'agissant de la santé humaine, ils sont dominés par l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les loisirs aquatiques dont la baignade et, surtout, la fourniture collective ou individuelle d'eau potable, utilisable à des fins alimentaires (eau de boisson, cuisine) mais aussi domestiques et hygiène.

L'eau est également vitale pour l'organisme : Un homme peut résister sans manger pendant près de 40 jours. Mais, s'il ne boit pas, il meurt au bout de 3 jours. 70% du poids corporel de l'homme adulte est composé d'eau. L'eau est aussi nécessaire à la propreté corporelle et à l'hygiène publique. Mais elle peut transporter les germes de plusieurs maladies et être la cause de la mort de beaucoup d'enfants. D'après l'OMS 80% des maladies sont dues à un manque d'hygiène ou à un manque d'eau. (<https://www.ecophylle.org/l-accompagnement-de-demarches-3/53-fiches-resources/786-eau-generalites>).

L'eau est un corps incolore, inodore et insipide qui constitue un élément fondamental dans la vie de tous les êtres vivants (**Larousse, 2002**).

C'est le seul composé pouvant se retrouver dans les trois états de la matière, (solide, liquide, ou gazeux), aux températures ordinaires (**Rodier, 1978**)

A l'état solide, ou glace, elle constitue glaciers et calottes glaciaires. Elle se trouve également sous forme de neige et de grêle. Dans certains nuages elle se présente à l'état liquide formé de gouttelettes d'eau. Sur les végétaux elle se présente sous forme de rosée. Elle se trouve à l'état de gaz ou vapeur d'eau dans le bouillard et les nuages. L'eau s'accumule sous la surface de la terre dans les interstices des roches, formant ainsi un vaste réservoir d'eaux souterraines qu'alimentent les pluies, les sources (**Artz, 1981**). L'eau provenant des précipitations (Pluie, neige, grêle), peut s'infiltrer dans

le sol ou ruisseler à sa surface. elle peut circuler d'un réservoir à un autre en changeant d'état.

I-2 L'intérêt de l'eau

L'eau est l'une des choses les plus importantes sur terre. Chaque être vivant a besoin d'eau pour sa survie. Sans eau, les plantes, les animaux, tout, périrait. Nos corps sont composés d'environ 75% d'eau. Donc, nous marchons littéralement avec des sacs d'eau. L'eau permet à notre sang de circuler à travers les vaisseaux sanguins, fournissant ainsi au corps des nutriments essentiels. L'eau permet également d'éliminer les déchets du corps via le système excréteur. Notre besoin d'eau devient très apparent quand nous avons soif (<https://www.une-eau-pure.com/limportance-de-leau/>)

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

I-3 Notion, Classification des ressources hydrique

I-3-1 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. (<https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/ressource-hydrique/>)

I-3-2 Classification des ressources hydrique

Les types des ressources hydriques les réserves disponibles des eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface retenues ou en écoulement (barrages, lacs, rivières) et des eaux de mer (**Festy et Tricard, 1989**).

Deux types de ressources naturelles :

- Les ressources conventionnelles à savoir les eaux superficielles (de surface) et les eaux Souterraines.
- Les ressources non conventionnelles ou "ressources palliatives" notamment le dessalement d'eau de mer pour l'Alimentation en eau potable, Déminéralisation des eaux saumâtres, Eaux usées épurées pour l'irrigation essentiellement.

I-3-2-1 Les ressources conventionnelles

I-3-2-a Les eaux superficielles

Appelé aussi eau de surface, Les eaux superficielles constituées des oueds, lacs, étangs, sebkhas et chotts ainsi que les terrains et végétations compris dans leurs limites (**Jopa, 2005**).

Elles se constituent par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. (**Dussart, 1992**)

Elles ont pour origine les eaux de ruissellement ou les nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau puis de rivière (**Boeglin, 2000**).

Ces eaux se rassemblent en cours d'eau caractérisés par une surface de contact eau Atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs, lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échanges eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (**Maiga, 2005**).

Les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des Continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissellement (**Degremont, 2005**).

Les eaux de surface sont caractérisé par :

- La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène
- La charge importante en matière en suspension, tout au moins pour les eaux courantes.
- La présence de matières organiques d'origine, naturelle.
- La présence de plancton (phytoplancton et zooplancton).
- Les variations journalières (température et pluviométrie) (**Ramade, 2000**).

I-3-2-b les eaux souterraines

Ce sont les eaux des nappes phréatiques. Ce sont des ressources en eau naturelles renouvelables et non renouvelables, (fourniture de l'eau pour la population dans la plupart des régions de monde se fait par le biais les eaux souterraines (**Michel, 2000**).

Les eaux qui ne s'évapore pas, ne retourne pas à la mer par ruissellement que s'infiltrant dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. La fuite et la pénétration des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques et la structure des terrains qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

Les eaux souterraines contiennent des molécules d'eau autour desquelles sont dissous des ions (majeurs, mineurs, et traces), des gaz dissous (oxygène, gaz carbonique) et parfois de la matière organique dissoute. Les origines de ces composants sont diverses et proviennent de sources naturelles ou anthropiques (déchets, activités industrielles, agriculture, mines...).

Si certains de ces composants présentent un danger pour la santé humaine et pour

L'environnement, ils sont considérés comme des polluants (**Luzolo, 2012**).

Les eaux souterraines sont toutes les eaux qui se trouvent sous la surface du sol, dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol. Elles sont représentées sous trois formes, l'eau de constitution, l'eau de rétention et l'eau libre (c'est l'eau de gravité, l'eau disponible pour les nappes phréatiques et les aquifères, et qui est donc disponible et exploitable, par un forage ou un puits) (**Collin, 2004**).

I-4 L'eau en algerie

I-4-1 la politique de l'eau en Algérie

A l'instar des autres pays, l'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant à toutes les mutations nées aussi bien des changements climatiques, de

l'évolution, des enjeux et des besoins sociaux-économiques ainsi que d'une perception du coût réel de l'eau et des conséquences économiques.

Dès 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassin et les Comités de Bassin. Le territoire algérien a été subdivisé en 5 grands bassins versants créant dans chacun d'entre eux des organismes de bassin: Agences de Bassin hydrographique et Comités de bassin hydrographique. <http://www.riob.org/lettre/istanbul-2012/euro-riob.html>

I-4-2 Disponibilités de l'eau en algérie du nord

En Algérie, l'eau est une ressource de plus en plus précieuse. La concurrence que se livrent l'agriculture, l'industrie et l'A.E. P pour avoir accès à des disponibilités limitées en eau grève d'ores et déjà les efforts de développement de nombreux pays. La pluviométrie moyenne annuelle en Algérie du nord est évaluée entre 95 et 100 10^9 m³. Plus de 80 10^9 m³ s'évaporent, 3 10^9 m³ s'infiltrent et 12.5 10^9 s'écoulent dans les cours d'eau. Dans l'Algérie du nord, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages. En 2002, l'Algérie dispose de 52 grands barrages d'une capacité de 5,2 milliards de m³. Le reste (7.3 10^9 m³) se déverse directement dans la mer. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par une sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire de notre pays, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Le découpage de l'Algérie du Nord en quatre régions repose sur les critères suivants :

- Les caractéristiques géographiques et naturelles des régions
- Le groupement des bassins versants et sous bassins hydrographiques, entre lesquels existent des nécessités de transfert (**Remini ,2010**).

I-4-3 Les principaux problèmes hydrauliques en algérie

L'Algérie est l'une des pays les plus déficitaires en eau. De par son appartenance à la zone géographique du "Middle-East and North Africa (MENA)" et la quasi-totalité de son territoire (87%) classé en zone désertique, la moyenne pluviométrie annuelle varie de 1600 mm dans l'extrême nord-est à 12 mm à l'extrême sud-ouest. Néanmoins, la pluviométrie

moyenne du territoire, toutes zones confondues n'est que de l'ordre de 89 mm. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau **Sahel et al, 2010)**

La rareté grandissante des ressources en eau qui résulte de la diminution des quantités disponibles par habitant, la dégradation de la quantité et les objectifs de développement économique et social imposent donc l'élaboration et la définition d'une stratégie de gestion de l'eau à moyen et à long terme. Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années de sécheresse qui ont touché l'ensemble du territoire, ont montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau. Cette ressource vitale est menacée dans sa qualité et dans sa quantité. Malgré la construction de nouveaux barrages et le recours au dessalement, l'Algérie enregistrera un déficit en eau de 1 milliard de m³ d'ici l'an 2025 **(Remini,2010).**

I-5 Généralité sur la Pollution des eaux

I-5-1 Définition de pollution des eaux

C'est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestre et aquatique, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux **(JORA, 2003).**

Les pollutions sont « des déversements, écoulements, rejets, dépôt direct ou indirect de matières de toute nature et, plus généralement tout à fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux de la mer » **(Faurie et al.,2002).**

Chapitre II
Généralité sur
métaux

II- Qu'est-ce que les métaux

II -1 Définition des métaux

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, doté 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 et ce depuis l'antiquité.

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g par cm³. (**Adriano, 2001**) Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles, "en traces". (**Baker et Walker, 1989**).

II-2 Classification des métaux lourds

La classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement "lourds" (exemple : le zinc) et certains éléments ne sont pas des métaux mais des métalloïdes (exemple : l'arsenic). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfère à l'appellation métaux lourds, celle de: "Eléments en Traces Métalliques" (ETM) ou par extension "éléments traces (**Miquel M. 2001**). On distingue ainsi :

II-2-1 Les éléments traces essentiels

Ce 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 (**Loué, 1993**).

Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe), etc

II-2-2 Les éléments traces non essentiels

Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule, mais un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd). (**Chiffolleau, 2004**).

Ce sont des micropolluants de nature à entraîner des nuisances, même quand ils sont rejetés en quantités très faibles. Leur toxicité se développe par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire.

Tableau 1 : Classification périodique des éléments (tableau de Mendeleïev)

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Classification des éléments par groupe :

- Non-métaux (gris)
- Métaux alcalins (orange)
- Métaux alcalino-terreux (jaune)
- Métaux de transitions (violet)
- Métaux pauvres (vert)
- Métalloïdes (vert clair)
- Halogènes (bleu)
- Gaz nobles (bleu foncé)
- Lanthanide (rouge)
- Actinide (rouge foncé)

II-3 Origine des métaux lourds

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement proviennent de source naturelle et anthropogène.

II-3-1 Origine naturelle des métaux lourds

Les métaux lourds sont présents naturellement dans les roches, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique (**Bourrelier et Berthelin ,1998**). 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 (**Afnor ,1988**).

II-3-2 Origines anthropiques des métaux lourds

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. **(Weiss, et al 1999)**.

II-4 Les métaux lourds dans l'eau

La contamination des eaux par les métaux lourds se fait principalement par les éléments suivants: le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le nickel (Ni), le plomb (Pb) **(Aylett , 1979)**.

Il est assez difficile de prévoir l'évolution des métaux dans l'environnement, car ils peuvent subir un grand nombre de transformations (oxydation, réduction, complexation, etc.), et car cette évolution dépend fortement du milieu. En effet, la migration des métaux lourds vers la nappe phréatique est fonction de nombreux paramètres : **(Fishbein , 1981)**.

- la forme chimique initiale du métal,
 - la perméabilité du sol et du sous-sol,
 - la porosité du sol,
 - le pH : dans un milieu acide, les métaux risquent de se solubiliser, alors que dans un milieu alcalin, ils peuvent former des hydroxydes métalliques,
- l'activité biologique : certains micro-organismes ont la capacité d'ingérer des métaux, alors que d'autres les solubilisent par acidogènes,
- le potentiel redox du sol,
 - la composition minéralogique du sol : il peut y avoir formation de composés,
 - la teneur en matières organiques du sol:(complexation des métaux par les substances humiques)
- (Fishbein , 1981)**.

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, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc. **(Fishbein , 1981)**.

II-5 La toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du Chrome (Cr), de l'Arsenic (As) et du Titane (Ti) (**Casas et Stello, 2005**)

Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères (**Casas et Stello, 2005**). D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb).

Dans la présente étude deux métaux ont été étudiés en particulier : le Cadmium, le Plomb, les deux métaux (Pb et Cd) ont la propriété de transport et changent de forme chimique, ils ont une conductivité électrique élevée qui expliquent leur utilisation dans de nombreuses industries. Enfin, ils présentent une certaine toxicité pour l'homme (**Casas et Stello, 2005**).

II-6 Effets des métaux lourds sur la santé humaine

Pour l'homme, la problématique des métaux lourds est majeure car elle affecte toutes les caractéristiques de la vie.

En effet, la cellule est l'unité biologique fondamentale la plus petite or les métaux lourds peuvent entraîner sa dégénérescence. Certains d'entre eux sont cancérogènes, il peut donc y avoir atteinte de l'entité élémentaire de la vie. Les métaux lourds peuvent entraîner chez l'homme des pathologies touchant à son intégrité physique et mentale. Il n'est alors plus capable de réagir et de s'adapter aux diverses situations.

Les métaux lourds peuvent s'accumuler au sein de l'organisme et donc perturber son organisation interne. Certains d'entre eux ont des effets tératogènes et d'autres peuvent entraîner des troubles de la fécondité. Comme nous le voyons donc, chaque fonction fondamentale et vitale de l'homme est mise en danger par la présence des métaux lourds dans son environnement. Le tableau 2 regroupe les effets de certains métaux lourds sur la santé (**Galsomies, 1999**).

Tableau 2 : Effets de certains métaux lourds sur la santé (**Galsomies ,1999**).

Métaux	Effet sur la santé
Arsenic	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cancérogène et atteinte de différents organes (foie, système nerveux, peau...) ➤ Pas d'organes cibles pour les expositions de longues durées.
Cadmium	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Potentiel toxique élevé ➤ Dommages rénaux pour des expositions chroniques à faible dose ➤ Oxydes, chlorures, sulfates et le cadmium sont classés cancérogènes
Chrome	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Chromates endommagent le système respiratoire pour des expositions à long terme ➤ Troubles dermatologiques, anémie ➤ · Composés avec du chrome VI responsable d'eczéma ; Cr VI cancérogène (groupe A1: cancer prouvé chez l'homme)
Cuivre	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet irritant par inhalation, allergie par contact ➤ · Lésion du foie par voie orale sur période longue
Mercure	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tous les composés du mercure sont toxiques à de faibles doses ➤ Cerveau et rein touchés
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Intoxication chronique responsable de dommages irréversibles sur le système nerveux central et périphérique ➤ · Sous la forme organique peut perturber le développement du fœtus
Nickel	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Allergie par contact avec la peau et par présence dans la nourriture pour personne sensible ➤ · Composés du nickel sont cancérogènes (groupe A1) pour le nez, poumon
Plomb	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entraîne l'anémie forte dose ➤ Perturbe le système nerveux et les reins ➤ Effet mutagène de l'acétate et du phosphate de plomb (expérience animale)
Vanadium	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Effet irritatif à forte dose pour les yeux, le nez, les bronches
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pas d'effet cancérogène du zinc par voie orale ou par inhalation ➤ Mais, le chromate de zinc est cancérogène

II-7 Présentation de quelque exemple des métaux lourds

II-7-1 Le cadmium

II-7-1-1 Généralités et sources

En 1808, le cadmium fut découvert par Magnus Martin af Pontin, mais c'est en 1817 que l'allemand Friedrich Stromeyer le prépara pour la première fois (**Mahan, 1987**).

L'origine du nom cadmium vient du grec « kadmeia » ou du latin « cadmia », ancien nom donné au carbonate de zinc « calamine ».

Le cadmium était extrait de ce minerai dans les environs de la ville de Thèbes, qui fut fondée par Kadmos (**Anonyme, 2007**). Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd appartenant au groupe IIB des métaux de transition dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev avec un numéro atomique 48 et une masse atomique d'environ 112,4 g/mol (**Nriagu et al, 1980**). C'est un métal blanc, mou et malléable. Il ternit au contact de l'air (**Callender et Elsevier-Pergamon, Oxford, 2003**). A l'état naturel, les ions Cd^{2+} ne forment pas de liaisons stables avec le carbone, mais ils peuvent être intégrés dans des complexes stables avec des composés organiques comme les cyanures et les amines (**Cossa, 1989**).

En effet, l'ion (Cd^{2+}) est un accepteur intermédiaire qui peut former des complexes stables avec des bases de Lewis avec une affinité plus forte pour le soufre que pour l'Azote et l'Oxygène (**Jacobson et Turner, 1980 ; Narbonne, 1996**).

Les principales sources d'exposition au cadmium de la population générale sont :

- la nourriture : le Cd est présent de façon importante dans certains aliments comme les fruits de mer, les abats, certaines céréales (riz, blé, etc.), les champignons et les légumes et, dans une moindre mesure, dans le poisson, les fruits et la viande (**F.A.O/W.H.O., 2004**).
- l'eau : l'apport de cadmium dans l'eau de boisson est en général inférieur à 0,1 $\mu\text{g/l}$ (**F.A.O/W.H.O., 2004**).
- les feuilles de tabac : le tabagisme constitue un apport important de cadmium (environ 1 μg par cigarette) (**Nandi et al, 1969**). Les apports moyens journaliers sont d'environ 10 à 35 μg chez l'adulte non-fumeur (**Satarug et Moore, 2004**).

II-7-1-2 Utilisation du Cd

Le cadmium est principalement un sous-produit de l'industrie métallurgique du zinc, sous forme de sulfure de cadmium en association avec du sulfure de zinc, mais également du plomb, du cuivre ou des phosphates, aussi bien lors de l'extraction, que de la fonte ou du raffinage de ces minerais.

Le cadmium utilisé souvent est sous forme métallique (80%), comme électrode négative, notamment des batteries d'accumulateurs rechargeables Ni-Cd ou de piles électriques alcalines. Il est utilisé (Environ 10%), comme pigments de couleur rouge foncée et jaune de peintures, de verres, d'émaux ou de matières plastiques. Ces pigments à base de cadmium sont extrêmement résistants à hautes températures. Le cadmium peut être utilisé pour réduire les points de fusion de certains alliages, notamment dans des baguettes de soudure ou de brasure, dans la fabrication de roulements à billes, de câbles électriques, de cellules photoélectriques et de semi-conducteurs. Le cadmium est également déposé par des procédés électrolytiques ou par trempage (cadmiage) sur des métaux afin de leur conférer un revêtement anticorrosion. Il est également présent comme stabilisant pour les matières plastiques, comme le polychlorure de vinyle (PVC), afin de leur conférer une plus grande résistance à la chaleur et aux rayonnements ultraviolets. Il est présent à l'état d'impureté dans certains engrais phosphatés, dans certains métaux ferreux ou non ferreux, lors de la combustion de matières organiques d'origine fossile (pétrole, gaz, charbon...) et dans les boues des usines de traitement des eaux usées et d'incinération. Il est utilisé comme composé luminescent pouvant être employé entre autres dans les tubes cathodiques, les lampes fluorescentes et les compteurs à scintillations. Il sert aussi comme semi-conducteur dans des cellules photovoltaïques et autres produits électroniques (ex : photorécepteur dans le système électro photographique des photocopieurs). Le cadmium entre aussi dans diverses réactions chimiques, notamment comme catalyseur.

II-7-2 Plomb

II-7-2-1 Généralités et sources de plomb

Le plomb est l'élément de numéro atomique 82. Il existe sous forme métallique, inorganique, et organique. Il prend une forme inorganique lorsqu'il est associé à certains composés pour former des sels de plomb (chlorure, nitrate, oxyde, phosphate et sulfate)

Le plomb organique se présente sous forme de plomb tétra méthyle et tétra éthyle, ces deux composés étaient utilisés pour augmenter l'indice d'octane dans l'essence (ANSES, 2013).

Tableau 3 : Principales données physico-chimiques du plomb (ANSES, 2013).

Nom	Masse molaire (g/mole)	Solubilité dans l'eau	Point de fusion	Point d'ébullition (°C)	Tension de vapeur	Aspect
Pb, plomb métallique	207,2	insoluble	327	1740	0,133 kPa à 973°C	Solide gris
PbO ₂ , dioxyde deplomb	239,2	insoluble	290	-	-	Poudre cristalline
PbO, oxyde deplomb	223,21	Peu soluble	888 à 897	1472		Cristaux jaunes

Le plomb est un produit naturel de la désintégration de l'uranium (Mahan , 1987). Le plomb a deux états d'oxydation 2+ et 4+. L'état tétravalent est un très fort oxydant, mais il n'est pas fréquent dans l'environnement, en revanche l'état divalent est le plus stable dans l'environnement (Callender , 2003).

Les apports naturels de plomb dans l'environnement ne représentent qu'environ 4% des émissions totales et se font essentiellement sous forme inorganique (Nriagu et al., 1979). Les émissions de cet élément sont donc notamment liées à des activités anthropiques, l'industrie minière, la métallurgie et la sidérurgie représentent environ 80% des émissions de Pb dans l'environnement (Nriagu et al., 1992).

L'exposition alimentaire (denrées alimentaires et eau de boisson) est la voie principale d'exposition au plomb. Une enquête environnementale (Projet Plomb-Habitat) a été réalisée auprès d'un échantillon de 484 enfants issus de l'enquête d'imprégnation de la population française. Elle comportait des observations sur le logement et son occupation, ainsi que des prélèvements d'eau de robinet, de poussières domestiques, de sols extérieurs, de peinture et éventuellement d'autres sources connues de plomb (cosmétiques, plats) pour analyse. Les sources majeures d'exposition (en dehors de l'exposition alimentaire) des enfants sont : la peinture au plomb, la poussière et la contamination du sol (ANSES, 2013).

II-7-2-2 Utilisation du plomb

L'utilisation du plomb est directement liée à la métallurgie. La métallurgie a connu son apogée sous l'empire romain, lorsque le plomb était utilisé pour la production de la monnaie, les canalisations, la vaisselle, etc. Actuellement, plusieurs applications de ce métal sont trouvées, ainsi, le plomb avec l'arsenic et l'antimoine sont utilisés encore dans la fabrication de munitions de guerre ou de chasse (Anonyme, 2007). Le Pb est utilisé dans l'industrie du verre et il est d'une grande utilité pour construire des protections pour atténuer les rayons γ , les rayons X. Les accumulateurs électriques sont devenus la principale utilisation du plomb (Fergusson, 1990 ; Anonyme, 2007). En 2004, les batteries au plomb, destinées à l'automobile ou à l'industrie, représentent 72% de la consommation de plomb. Le plomb est considéré comme un polluant à l'échelle du globe (Grousset et al., 1999). Dans les écosystèmes, il est considéré comme un élément non mobile et est majoritairement retrouvé associé aux particules (Gaillardet et al., 2003).

II-7-3 Nickel

II-7-3-1 Généralités sur le nickel

Le nickel est un élément chimique, de symbole Ni de numéro atomique 28. L'étymologie du mot provient du suédois Koppers nickel, ce qui signifie « faux cuivre » cuivre et de l'allemand Kuper nickel, pour « cuivre du diable ».

II-7-3-2 Utilisation du nickel

Le nickel entre dans la composition de plusieurs familles d'alliages métalliques. En dehors des aciers inoxydables (qui n'appartiennent pas à la famille des alliages de nickel

mais à celle des aciers), les alliages de nickel peuvent être classés en trois catégories : (**John Tunder Mann et al, 2007**)

- Les alliages fer-nickel
- Les alliages cuivre-nickel (corpo nickel)
- Les superalliages

Des sels de nickel (hydrocarbonate, chlorure, sulfate, hypophosphite....) sont utilisés dans différents industries telles que l'électronique, la catalyse, la galvanoplastie la cathode des piles alcalines et la bijouterie.

II-7-4 Le Chrome (Cr)

II-7-4-1 Généralité sur le chrome

Le chrome assez répandu dans le sol, son nom vient du grec (karma= couleur), c'est un métal de masse atomique 52, n°24 dans la classification de Mendeleïev. Il a un aspect blanc vif et brillant, quelque fois légèrement jaunâtre, il est très dur (il raye le verre), mais n'est ni malléable, ni ductile, il est inaltérable à l'air (**Augier , 2008**).

II-7-4-2 Utilisation du chrome

Le chrome fut utilisé au début de XIXème siècle, dans les procédés de pigmentation aux bichromates pour la photographie. Il est utilisé dans un grand nombre d'applications industrielles exploitant ses qualités dans le processus de tannage, dans le chromage électrolytique, l'industrie de peinture et la photographie.

Chapitre III
Matériel et
méthodes

III-1 Description de la zone d'étude

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

III-1-1 Situation géographique du bassin versant de Oued Ed Douss

Oued Edouss est située au sud-est d'Alger, entre 36.344476° à 36.362603° N de longitude et de 30° à $60^\circ 45'$ E de latitude (https://geographic.org/geographic_names/name.php?uni=-669823&fid=233&c=)

Le bassin versant d'oued Edous, on particulier le plateau de Bouira, est limité au nord par le massif de Djurdjura, au sud par les monts des Bibans à Sour EL Ghouzlan, à l'ouest par les formations collinaire para-autochtones du crétacée à l'est par le plateau de bled El madjen (Hadjout et Benkhalata, 1997).

Oued Ed Douss est parmi les dix sous bassin versant du bassin versant d'oued Soummam (figure 2) qui situé dans le sud-est d'Alger, entre $3^\circ 40'$ à $5^\circ 45'$ N de longitude et 30° à $60^\circ 45'$ E de latitude. Sa superficie est de 9125 km^2 .

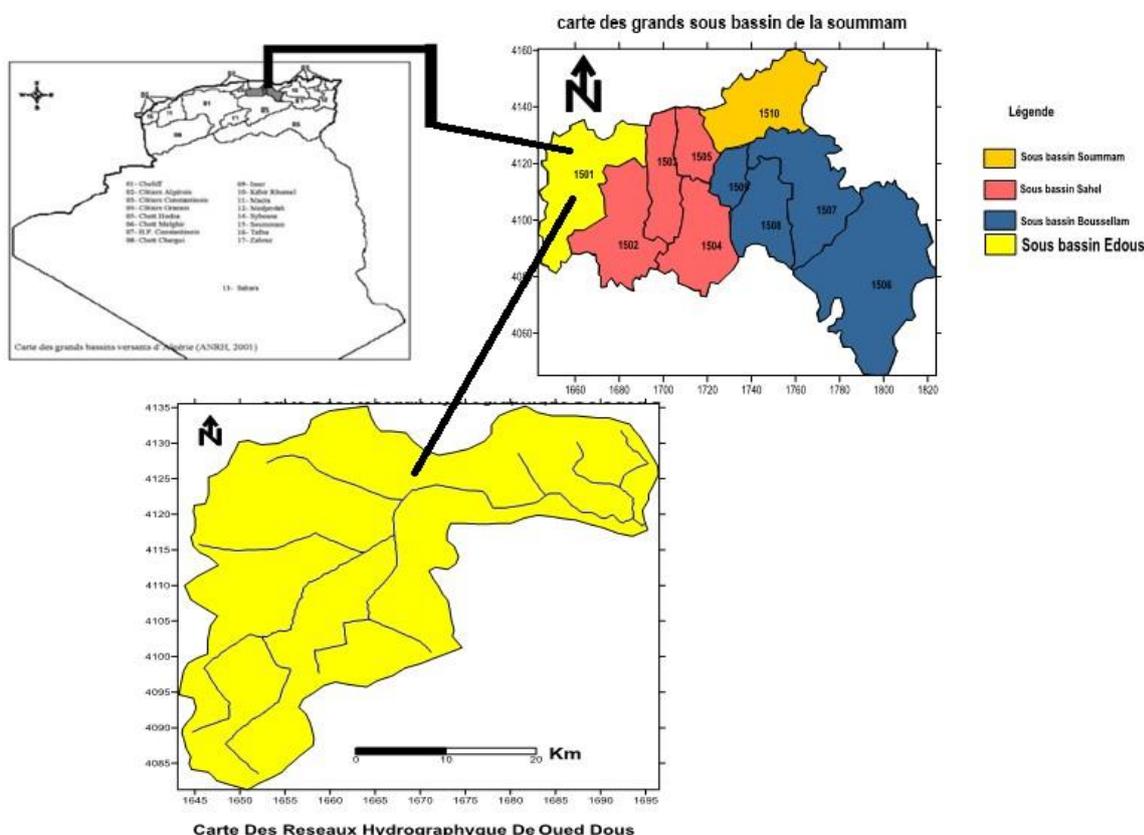


Figure 1 : emplacement d'oued Ed Douss sur le bassin

versant de la Soummam (moi-même)

III-1-2 les caractéristiques physiques de la zone d'étude

III-1-2-1 les réseaux hydrographiques de la région d'étude

Le bassin versant d'oued Ed Douss est composé par un réseau hydrographique moyennement dense et qui s'inscrit dans une topographie collinaire et une morphologie en lanière (figure 3), l'oued principal appelé Ed Douss doit son importance à la surface importante du bassin versant drainée.

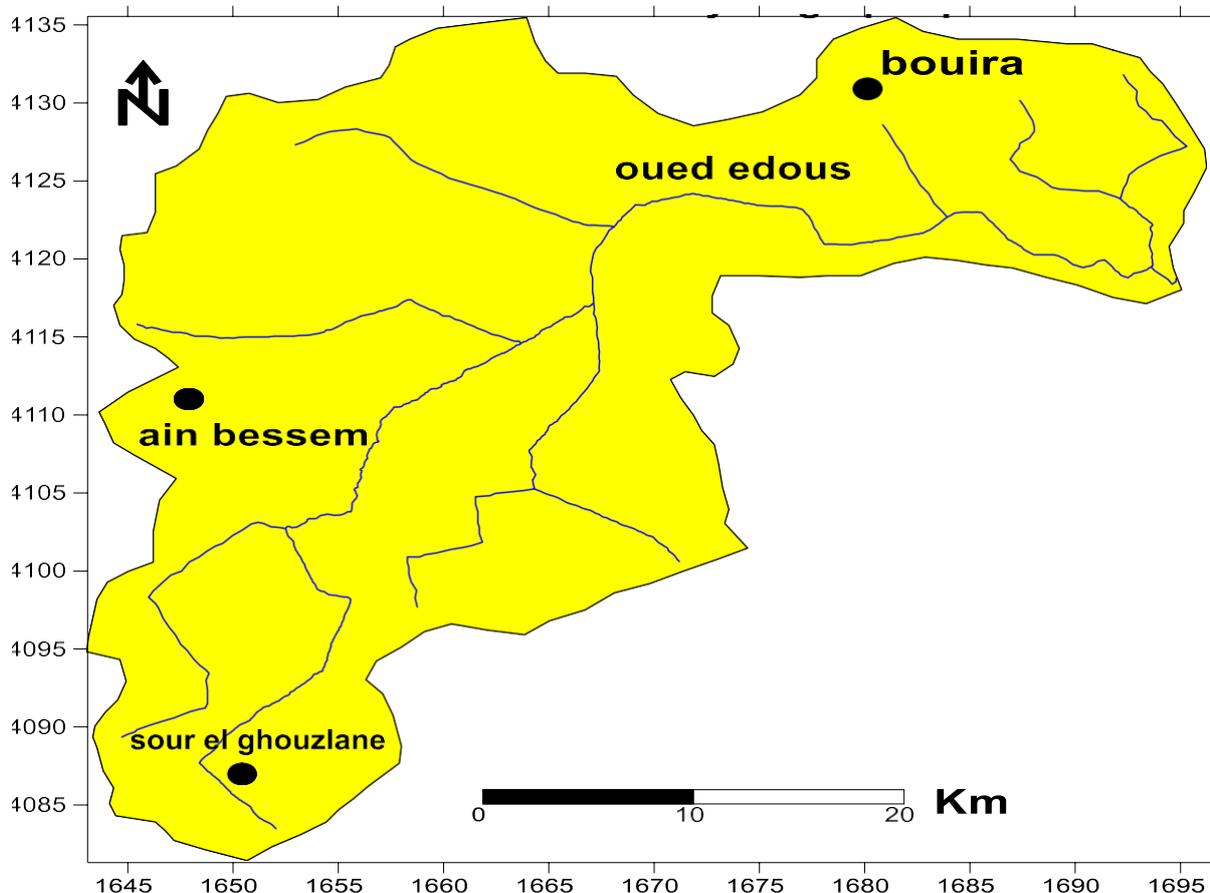


Figure 2 : la carte des réseaux hydrographiques de Bassin versant D'oued Ed Douss

III-1-2-2 Ouvrages de stockage de Bassin versant

Les ouvrages de stockage du bassin versant d'oued D'house sont représentés par les retenues collinaires et le grand barrage d'oued lekhal. (ZERROUK et ZSUFFA, 1988)

Dans la présente étude, le choix des retenues collinaires se trouvant à l'intérieur du périmètre de l'étude est défini selon les paramètres -suivants :

- La répartition spatiale géographique à l'échelle du bassin versant.
- La nature et l'importance des activités socio-économiques.
- Le phénomène urbanistique.
- L'activité agricole.

III-1-2-3 la géologie

La série stratigraphique affleurant en bordure du plateau de Bouira (figure 4) est la suivante :
(Hadjout et Benkhalata, 1997)

II-1-2-3-a la formation maestrichtienne

Apparaît au nord. Elle est formée d'argiles feuilletées brunes et verdâtres, intercalées de lits de quartzites d'ordre décimétrique. Les quartzites sont fendillés craquelés.

II-1-2-3-b Sénonien

Affleure à l'ouest du plateau. Il est constitué de marnes schisteuses bleuâtres et de calcaires marneux.

II-1-2-3-c Les pointements triasiques

En position anormal sur cette formation affleurent à l'oued Djemaa. Ce trait se compose d'argiles bariolées, jaunâtres et violacée. Sur la rive droite de l'oued Djemaa avec des gros amas de gypse du trias

II-1-2-3-d Miocène

Constitue l'essentiel du remplissage de Bouira, il est formé d'argiles rouges, de bancs de poudingues plus au moins cimentés avec des intercalations de minces couches de sables. Il est caractérisé par une rapide variation de faciès dans le plan et profile. La succession des différentes formations du miocène se voit très bien sur le Ras Bouira.

Carte geologique du bassin versant de Oued Ed Douss

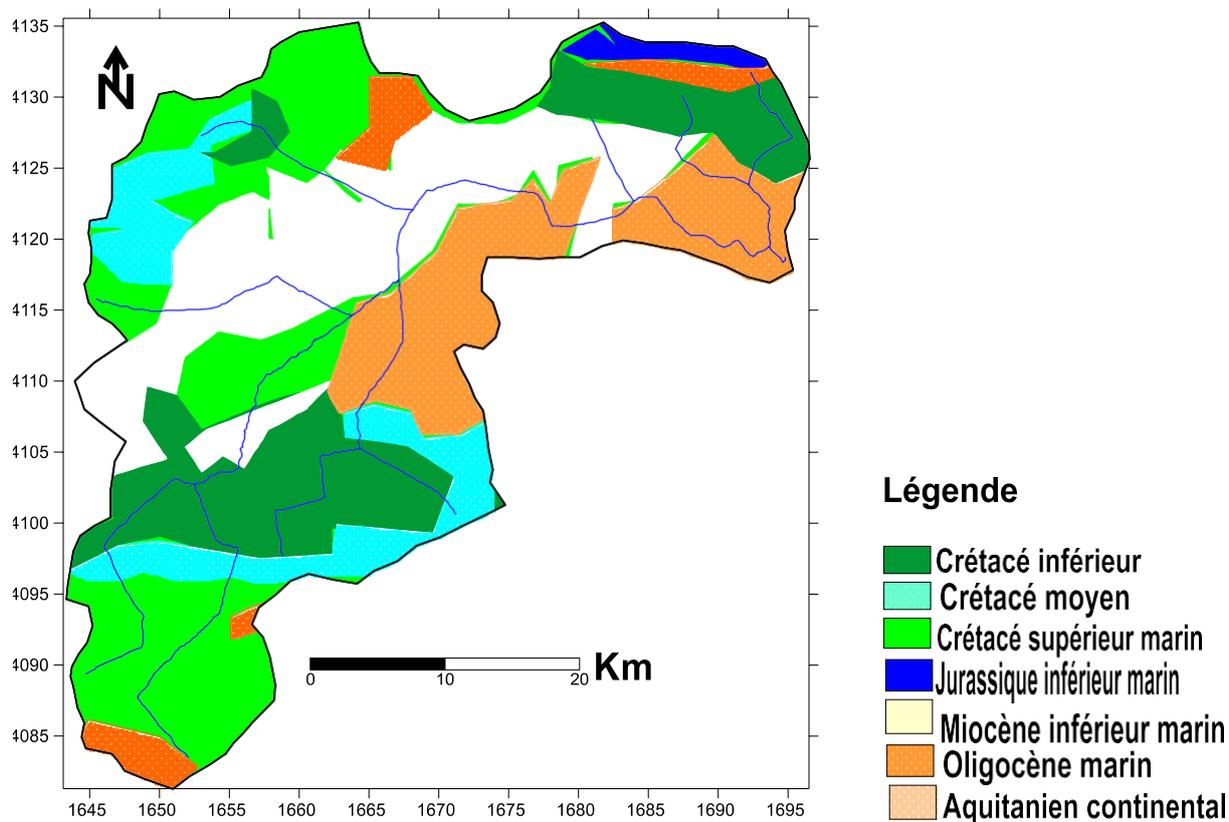


Figure 3 : Carte géologique du bassin versant d'oued Ed Douss

III-1-2-4 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).

Dans notre zone d'étude la majorité des sols sont des sols calcaires qui ont généralement une texture légère et sont donc perméables. Au nord-est du bassin, on rencontre des sols insaturés qui ne contiennent pas de calcaire dont l'argile peut être plus abondante en surface qu'en profondeur. Leurs roches mères sont généralement imperméables ou donnent des produits de décomposition imperméables (figure 5).

Carte des sols du bassin versant de Oued Ed Douss

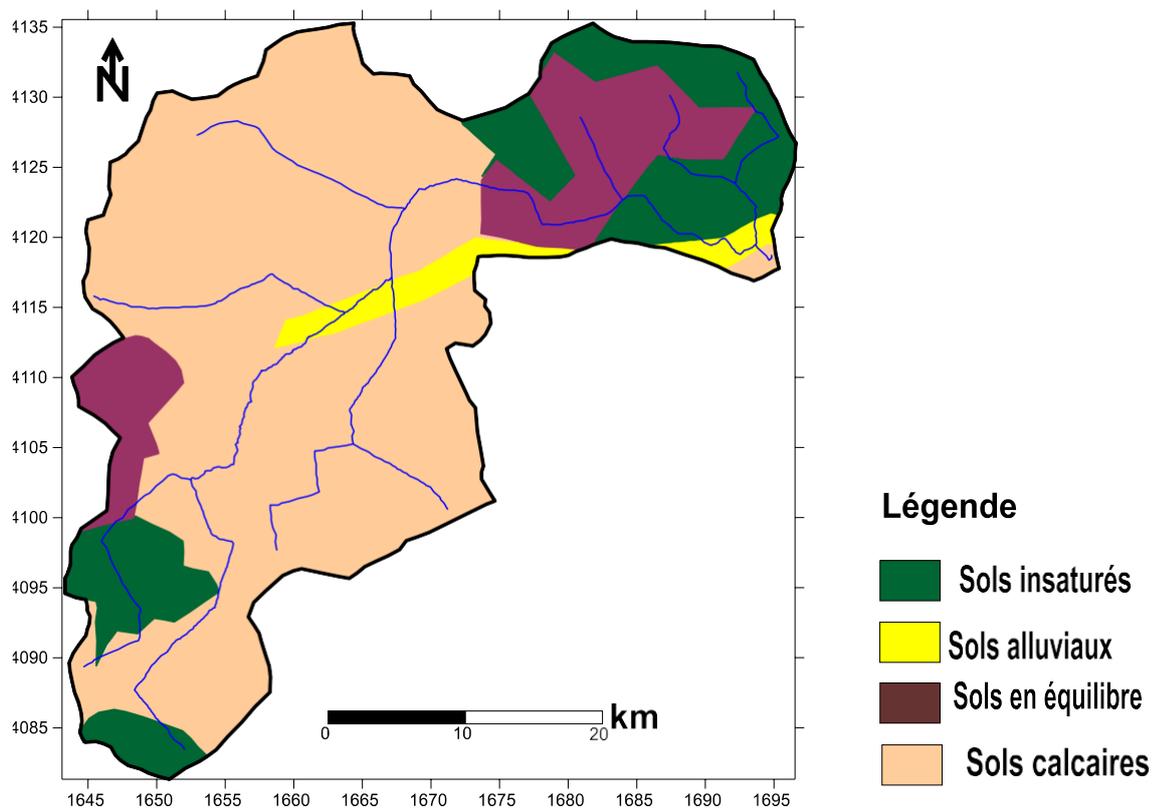


Figure 4 : Carte des sols du bassin versant d'oued Ed Douss

III-1-2-5 Le couvert végétal du bassin versant d'Oued Ed Douss

La végétation est le résultat des facteurs : climat, relief, lithologie où s'ajoute le facteur humain (défrichage, reboisement). Elle est un facteur de restriction si elle est bien maintenue. La couverture végétale protège le sol contre l'érosion, améliore la capacité d'infiltration des eaux dans le sol, diminue le ruissellement superficiel et apporte au sol des matières organiques (feuilles, branches). (Addad, 2007).

Le plateau de Bouira est considéré comme l'une des régions les plus fertiles, grâce à l'épaisseur des terres végétales, le relief moins accentué ainsi que les conditions climatiques favorables en font une excellente région agricole.

La végétation dans le bassin de l'oued Edous reste étroitement liée à la pluviométrie, elle est dense par le pin d'alep, avec d'autre mosaïque de végétation comme le saule, les olives, le chêne liège, Eucalyptus ...etc.

Pour le domaine agricole, il comporte tous les terrains à vocation agricole cultivées ou laissés en jachère, les terrains agricoles occupent la quasi-totalité de la surface du bassin versant, pour les cultures pratiquées on peut citer : la culture stratégique occupe une surface importante (la culture céréale, la pomme de terre), la culture maraîchères et élevage les animaux domestique.

III-1-2-6 la faune et la flore

Le bassin versant de oued Ed Douss est peuplé par une riche et diverses espèces faunistiques et floristiques (tableau 4) abritées par les reliefs du bassin versant et surface humide mais aussi au niveau des cours d'eau, le tableau suivant résume les espèces majoritaires abrité dans le barrage lekhal ; cet inventaire des espèces a été dressé par les services de conservation des forêts de la wilaya de Bouira en 2014.

Tableau 4 : la faune et la flore de Barrage Lekhal (CFB, 2015)

La faune	La flore
Canard colvert (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Pin d'Alep (<i>Pinus halepensis</i>)
Foulque macroule (<i>Fulica atra</i>)	Cyprès (<i>Cupressus sempervirens</i>)
Grand cormoran (<i>Phalacrocorax aristotelis</i>)	Tamarix (<i>Tamarix africana</i>)
goéland leuciphée (<i>Chroicocephalus genei</i>)	Marrube (<i>Marrubium vulgare</i>)
grèbe castagneux (<i>Tachybaptus ruficollis</i>)	Eucalyptus (<i>Eucalyptus globulus</i>)
Grèbe huppé (<i>Podiceps cristatus</i>)	Aubépine (<i>Cratagus monogyna</i>)
Tortues d'eau douce	
Corbeau	

III-1-3 Les caractéristiques socio-économiques de la zone d'étude

III-1-3-1 La population

La population totale de la wilaya est estimée 695583 habitants soit une densité de 160 habitants

/ km² (ANDI, 2013).

III-1-3-2 L'activité agricole

La wilaya dispose de deux grands périmètres agricoles : à l'Est (périmètre de M'chedallah): 1.600 ha et à l'Ouest (périmètre des Aribis (Ain Bessem)) : 2.200 h

La production agricole au niveau de la wilaya est à prédominance céréalière et oléicole. (ANDI, 2013).

Le Bassin versant d'oued Ed Douss se caractérise par une agriculture mixte, traditionnelle (Irrigation gravitaire) et moderne (irrigation par canaux d'aspersion), tout dépend du type de culture. Les principales activités des périmètres irrigués sont essentiellement les cultures Maraichères et l'arboriculture.

III-1-3-2 L'activité socio-économique

La région d'étude du bassin versant d'oued Ed Douss' est d'une vocation principalement agricole et d'élevage, mise à part quelque activité industrielle représentées par l'usine des détergents, la cimenterie de Sour El_Ghozlan quelques petites unités industrielles.

III-1-4 caractéristiques morphométriques du bassin versant

III-1-4-1 bassin versant

On appelle bassin versant, ou bassin de drainage, d'une rivière considérée en un point donné de son cours, l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de la rivière. Si le sol est imperméable, il est bien évident que les limites du bassin sont définies topographiquement par la ligne de crête le séparant d'un bassin voisin (bassin topographique). Pour les sols perméables, le bassin versant réel peut différer du bassin topographique (figure 6), sauf dans le cas d'une circulation interne particulièrement intense (terrain karstique, basaltes, couches sableuses très puissantes), cet effet est surtout sensible pour de très petits bassins. En pratique, on admet la plupart du temps que le bassin versant coïncide avec le bassin topographique. (Roche, 1963)

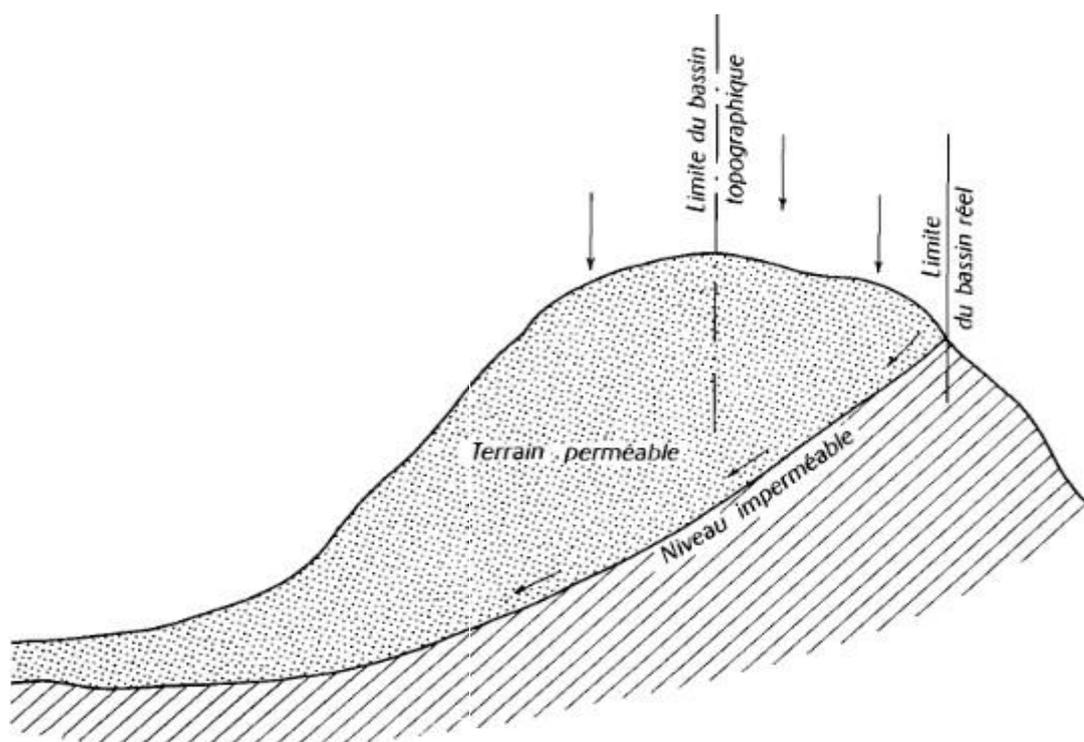


Figure 5 : bassin versant topographique (Roche, 1963)

III-1-4-2 Paramètres du relief

Le relief détermine en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement, l'infiltration et l'évaporation. Le relief d'Oued Ed Douss présente une forme assez irrégulière, et se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

III-1-4-2-a Altitudes minimale et maximale

Les altitudes minimale et maximale de notre bassin sont lues directement à partir de la carte. L'altitude minimale (H_{min}) est celle qui correspond à l'exutoire près de la mer ; tandis que l'altitude maximale (H_{max}) représente le point le plus élevé du bassin (MUSY, 2004). Dans notre cas on obtient :

$$H_{min} = 400 \text{ m}$$

$$H_{max} = 2150 \text{ m}$$

III-1-4-3-b Altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique, elle est définie comme

suit :

$$H_{moy} = \frac{1}{A} \sum H_i \cdot A_i$$

Tel que :

H_{moy} : altitude moyenne du bassin versant en (m).

A_i : aire comprise entre deux courbes de niveaux.

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveaux

III-1-4-4 Hydrologie et hydrogéologie

III-1-4-4-a La surface

Elle correspond à l'air délimitée par l'ensemble des points les plus hauts qui constituent la ligne de partage des eaux. Elle est mesurée à l'aide d'un planimètre, son unité est le Km².

Notre bassin versant couvre une surface de :

$$S = 901,56 \text{ km}^2$$

III-1-4-4-b Le périmètre

Il est exprimé en Km, peut être mesuré à l'aide d'un curvimètre et n'est généralement pas utilisé directement, mais à travers des valeurs qui en dérive. Comme la longueur du rectangle équivalent

« L ». Il est donné par la formule : $P = 2(L+I)$

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent, $L = 92,81 \text{ km}$

I : largeur du rectangle équivalent, $I = 9,71 \text{ km}$

Le périmètre du bassin versant d'oued Ed Douss est de :

$$P = 205,05 \text{ Km}$$

III-1-4-4-c La densité de drainage

La densité hydrographique appelée aussi la fréquence de drainage est définie comme le nombre de drains du bassin par unité de surface, et elle est donnée par la relation suivante :

$$Dd = \sum L_i / A$$

Dd : densité de drainage (km/km²)

Li : longueur de cours d'eau, Li= 635,79 km

A : surface du bassin versant, A= 901,56 km²

$$\mathbf{Dd = 071 \text{ km}}$$

III-1-4-4-d L'indice de compacité de Gravelius (KG)

C'est le rapport entre le périmètre du bassin versant et la circonférence du cercle ayant la même superficie que le bassin versant

Il est établi en comparant le périmètre stylisé du bassin considéré à celui d'un cercle ayant la même surface.

L'indice de Gravelius est donné par la formule :

$$\mathbf{K=p/(2\sqrt{\pi A}) =0,28(p/\sqrt{A})}$$

$$\mathbf{K= 0,28(205,05/\sqrt{901,56})}$$

$$\mathbf{K= 1.91}$$

P= périmètre du bassin versant en (Km), P=205,05 km

A= superficie en (Km²), A= 901,56 km² On a :

K= 1 pour un carré

K= 1,28 pour un rectangle latéral

K= 1,12 pour un rectangle dont la longueur est 5 fois supérieure à la largeur (**BENNABI, 1985**)

Dans notre cas l'indice de Gravelius 1,91 donc notre bassin versant à une forme allongée

III-1-5 Caractéristiques climatiques de la région

L'objectif de la caractérisation du climat est de fournir un aperçu sur le contexte climatique dans lequel les ouvrages sont inscrits. Dans la zone qui nous intéresse, on relève particulièrement les données à partir de la station de Bouira. Qui nous semble la plus représentative.

Les principaux paramètres climatiques qui nous permettent de caractériser le climat de la région sont : les précipitations, la température, l'humidité et le vent

Carte bioclimatique du bassin versant d'oued Ed Douss

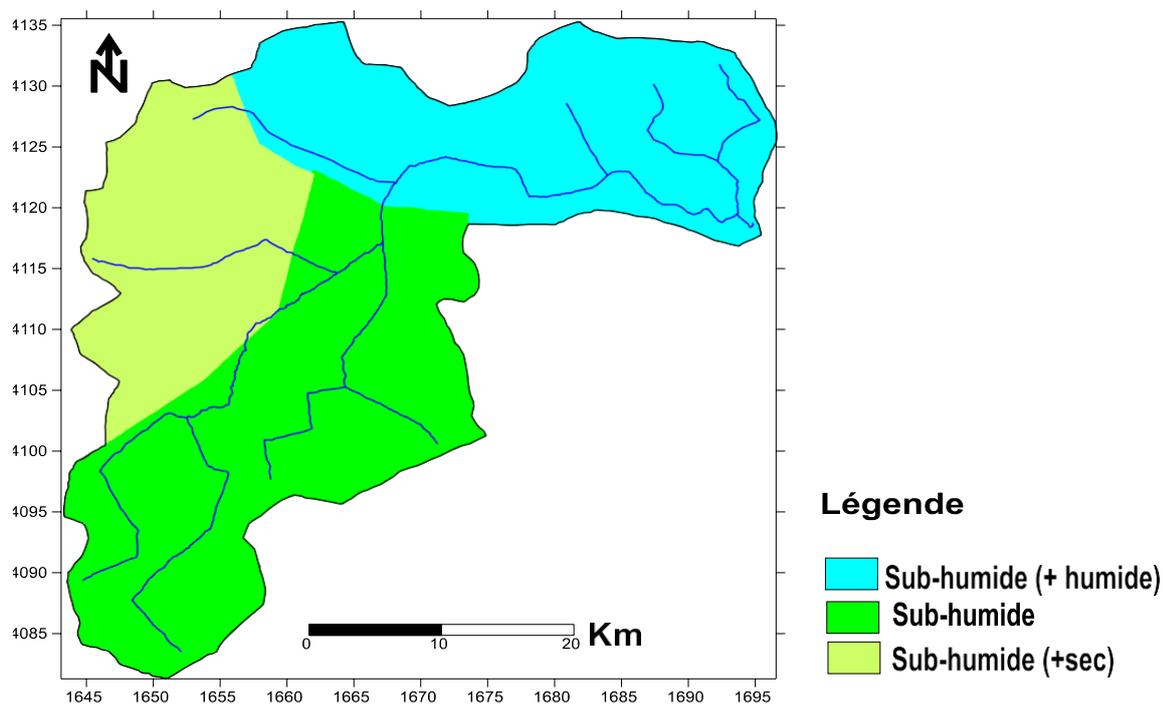


Figure 6 : carte bioclimatique du bassin versant d'oued Ed Douss

III-1-5-1 Température

La température est un facteur de première importance qui a une influence sur la croissance et la survie des végétaux ainsi le fonctionnement du système racinaire. Elle contrôle les phénomènes métaboliques et conditionne la répartition des espèces et des communautés dans la biosphère (**Ramade, 1984**)

L'étude des températures moyennes mensuelles et annuelles est déterminante pour évaluer le bilan hydrologique à l'échelle d'un bassin versant. Les valeurs moyennes de la température mensuelles, de la région oued Ed Douss de l'année (2008/2018), sont représentées dans le tableau (tableau 5)

Tableau 5 : Les valeurs moyennes de la température mensuelles, de la région oued Ed Douss de l'année (2008/2018)

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mas	Av	Mai	JUI	Juill	Aout
T°c	23.3	19.3	12.8	9.4	8.7	9.2	12.2	14.6	19.1	24.5	27.8	27.7

Selon les courbes des températures moyennes (figure 8) on observe Que les mois les plus chauds sont Juillet et Août avec des moyennes des températures Mensuelles :

27.8 °C et 27.7 °C, cependant les mois les plus froid sont Janvier et février avec Une moyenne de température mensuelle égale à 8.7°C et 9.2 sur la période d'observation (2008-2018).

Du point de vue de ces valeurs en peut dire que ce climat est caractérisé par un hiver froid Et une saison d'été chaude

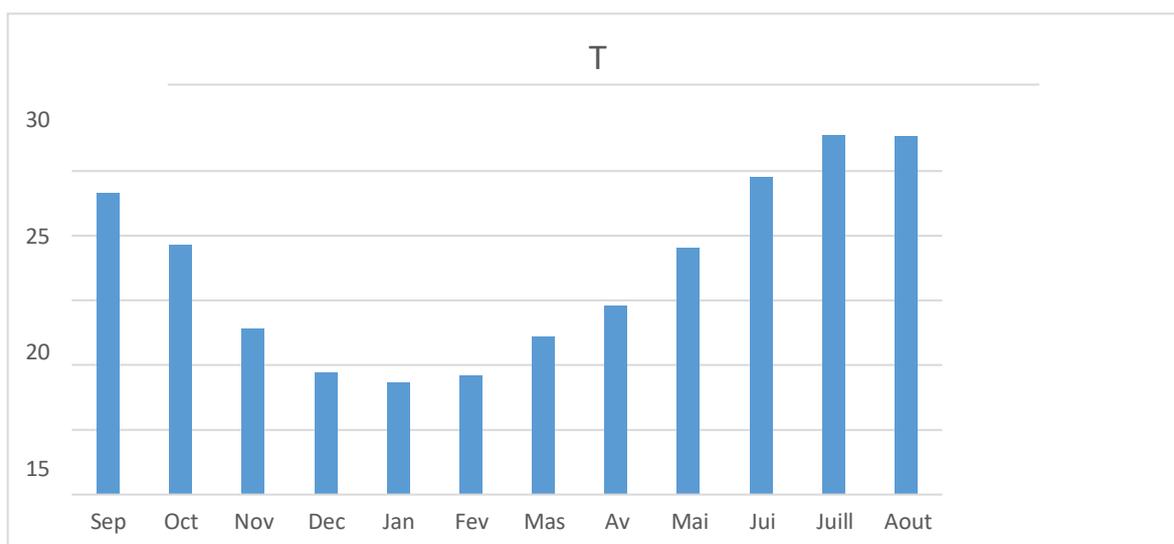


Figure 7 : Histogramme des températures moyennes de la région oued Ed Douss en (2008-2018)

III-1-5-2 Les précipitations

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

La précipitation est le facteur primordial dans le comportement hydrologique de la région, la dispose de la végétation dépend des pluies, de la neige, de la grêle, de la Rosée, de la gelée, des brouillards et des brumes, mais aussi de l'évaporation et la porosité du Sol (**Faurie,1998**). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression

Tableau 6 : Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations, de la région oued Ed Douss de l'année (2008/2018)

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mas	Av	Mai	JUI	Juill	Aout
P(mm)	32	40	70	92	80	52	46	50	44	12	6	17

Les maximas des précipitations moyennes mensuelles (tableau 6) sont observés en mois de Décembre, Janvier, Novembre. Avec des moyennes Mensuelles : 92°C et 80°C et 70°C 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 6 mm

On constate que : le mois de Décembre est le plus arrosé avec 92 mm, et le mois de juillet est le moins arrosé avec 6mm.

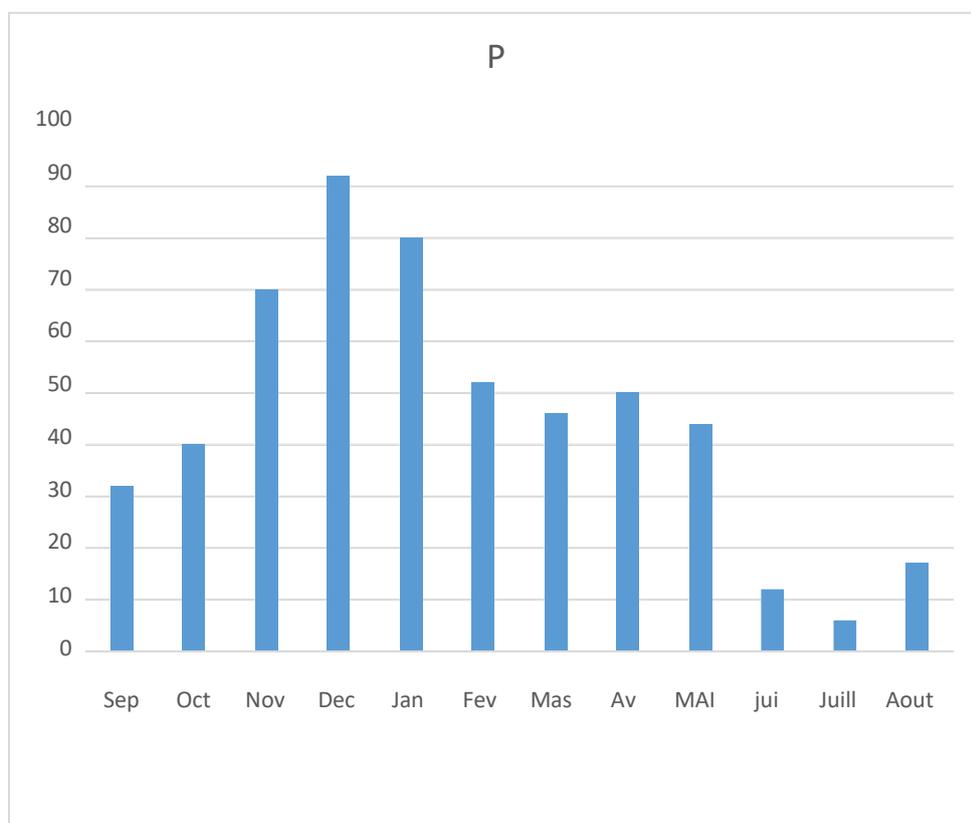


Figure 8 : Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations de la région d'oued

Ed Douss en mm en (2008-2018)

III-1-5-3 L'humidité

La disponibilité en eau du milieu et l'hygrométrie atmosphérique jouent un rôle essentiel dans l'écologie des organismes, en conjonction avec la température dont dépendent les pertes en eau des organismes (**Barbault, 2003**)

Tableau 7 : Les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité, de la région oued Ed Douss de l'année (2008/2018)

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mas	Av	Mai	JUI	Juill	Aout
H%	65	71	74	85	84	88	75	71	67	55	49	54

D'après les données des moyennes mensuelles interannuelles d'humidité représentées dans Le Tableau (7) et la figure (10) On peut tirer les informations suivantes : La moyenne la plus forte Pour la période d'étude est mois de février d'une valeur 88%, et la plus faible valeur est au mois de juillet d'une valeur de 49 %.

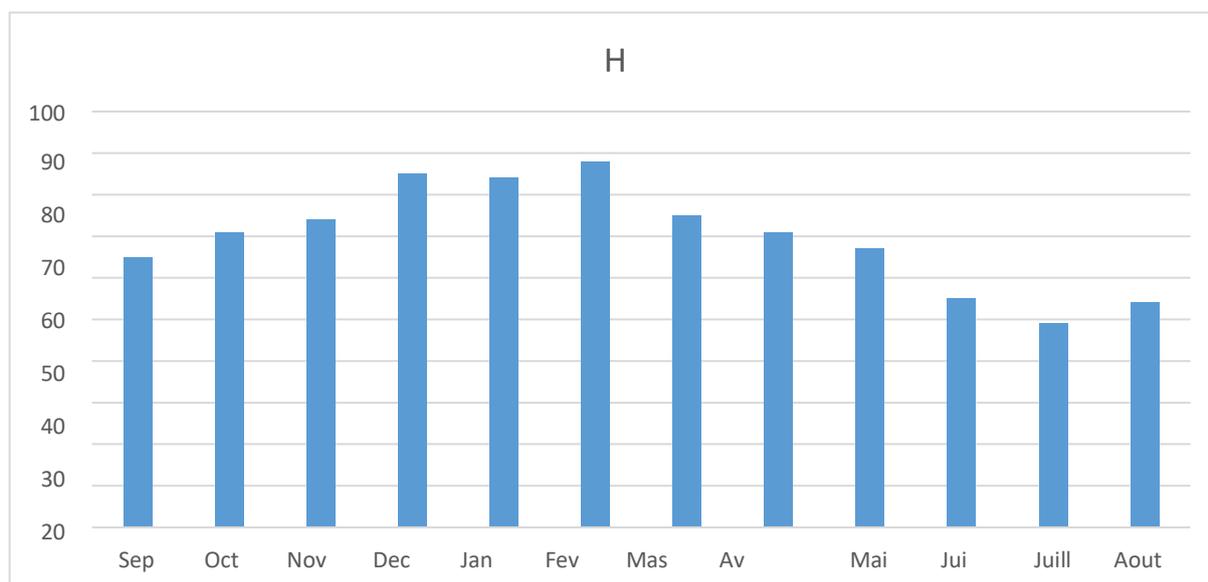


Figure 10 : Histogramme d'Humidité mensuelles de la région d'oued Ed Douss en (2008-2018)

III-1-5-4 le vent

Il constitue dans certaines conditions, un facteur écologique limitant par sa fréquence, sa Température et son degré hygrométrique, le vent exerce sur la végétation en place une Influence considérable (Detneche , 2002).

Le Tableau 8 : les valeurs de la vitesse moyenne mensuelle interannuelle de la région d'oued Ed Douss en (2008-2018)

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mas	Av	Mai	JUI	Juill	Aout
Vent m/s	2.1	2	2.2	2.3	2.2	2.4	2.5	2.9	2.6	2.5	2.5	2.4

Selon la courbe de vent (figure 11), les valeurs de la vitesse moyenne mensuelle interannuelle ne présentent pas de variabilité importante, les valeurs s'oscillent entre 2.9 m/s au mois avril et 2 m/s au mois d'octobre

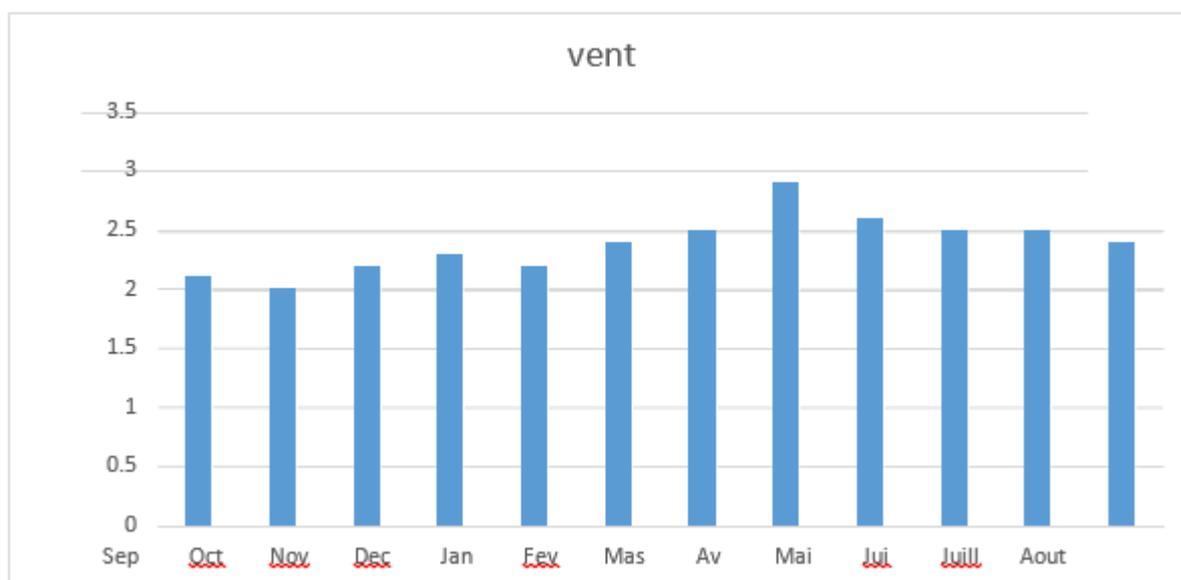


Figure 10 : Histogramme des vents mensuelles de la région d'oued Ed Douss (2008-2018)

III-2 Matériels

III-2-1 Matériels utilisés

Le matériel suivant a 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.

III-2-2 Logiciels

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, importés 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.

D'après Les opérations présent en considération sont les suivantes (**Alami, 2011**) :

- Mettre en forme notre fichier Excel,
- Afficher nos données sous surfer et connaître les outils à disposition ;
- Créer une grille x , y , z
- Créer différents types de cartes et le superposer
- Mettre en forme nos cartes

- Réaliser des profils de plage
- Réaliser des calculs de volume
- Calculer des longueurs et des surfaces
- Créer des zones de Blank
- Calculer des volumes par rapport à une zone choisie de la plage.

III-3 Méthodes

III-3-1 échantillonnage

Pour évaluer les risques des métaux lourds (Pb, Cr, Cd, Ni) sur la santé humaine dans le Bassin versant d'oued Ed Douss, nous avons en premier lieu identifié l'ensemble des plans d'eau se trouvant dans le périmètre du bassin Versant (figure 12), Chaque plan d'eau a fait l'objet d'un prélèvement (échantillonnage).

Les étapes de l'échantillonnage influencent directement la qualité des résultats obtenus. Des Précautions élémentaires sont alors nécessaires afin de minimiser les risques associés à la contamination et de permettre le maintien de l'intégrité des échantillons.

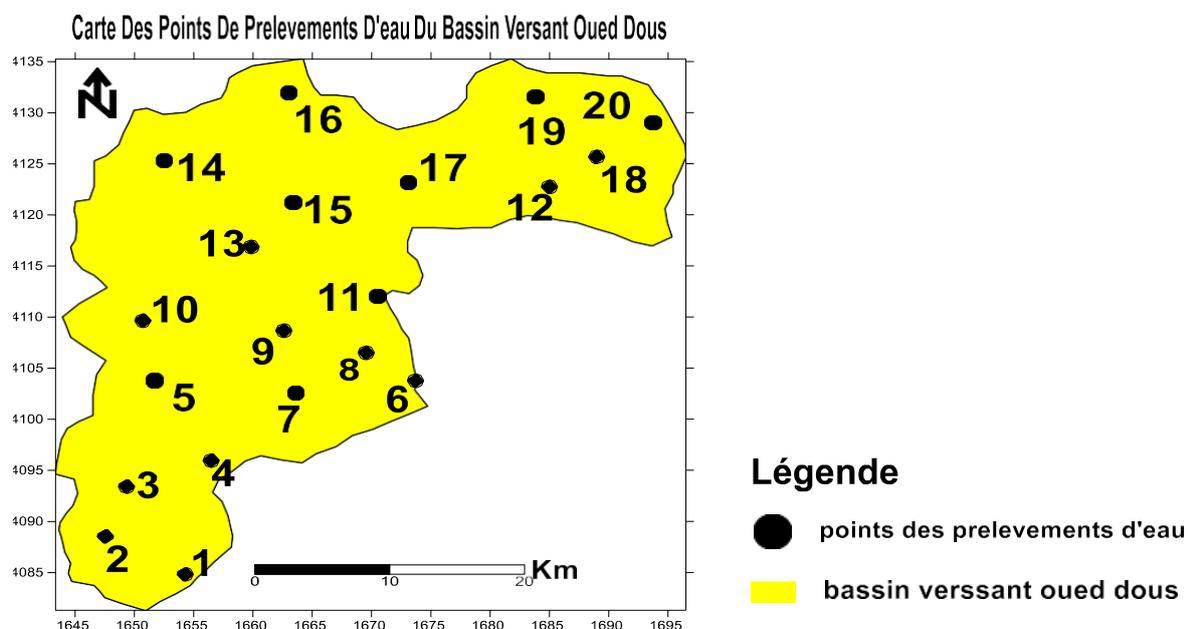


Figure 11 : carte des points de prélèvements d'eau du bassin versant oued Ed Douss

III-3-2 Flaconnage

Tous nos prélèvements ont été effectués dans des contenants en plastiques d'une capacité de deux litres préalablement rincés au méthanol, puis rincés plusieurs fois avec l'échantillon pour assurer la représentativité de l'échantillon. Sur le goulet de chaque flacon remplis, nous avons placé une feuille d'aluminium afin d'empêcher tout contact entre l'échantillon et le bouchon.

III-3-3 Conditionnement et transport des échantillons

Tous les flacons ont été immédiatement étiquetés pour éviter tous les risques de confusion sur l'identité des échantillons (lieu et date de prélèvements) qui est immédiatement transportés au laboratoire des analyses de Spectrométrie absorption atomique (SAA).

A l'arrivé 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.

III-4 analyse

III-4-1 Analyse des éléments traces métalliques (ETM) par la spectrophotométrie

Les métaux lourds : Pb, Cr, Cd, Ni. Ont été analysés au spectromètre d'absorption atomique en mode four (SAA), c'est une technique de spectroscopie proposé par Walsh en 1955 servent à déterminer la concentration des éléments métalliques. Elle est basée sur le principe que les atomes libres peuvent absorber la lumière d'une certaine longueur d'ondes déterminer. La détermination spectroscopie d'espèces atomiques peut seulement être réalisée à partir d'un échantillonne à l'état gazeux dans lequel les atomes sont séparés les uns des autres. Le SAA est une méthode utilisée largement pour reconstituer l'analyse des métaux d'échantillons biologiques, métallurgiques, pharmaceutiques et atmosphériques (Rodier, 2009).



Figure 12 : Spectromètre d'absorption atomique (SAA)
Bejaia

III-4-2 Evaluation de risque pour la sante 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 cancérigènes, 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 cancérigènes (USEPA 2016). Les effets des risques non cancérigènes 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'évaluation des risques pour la santé humaine a été définie comme le processus d'estimation 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. Les expressions numériques pour l'évaluation des risques sont données par l'équation 1 et 2 (USEPA, 2016).

- Dose d'exposition par ingestion d'eau

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

- Dose d'exposition dermique

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

Les débits de dose absorbés par voie cutanée peuvent être calculés par le coefficient de Perméabilité K_p propre à la substance chimique donnée.

$$\log K_p = 0.71 * \log K_{ow} - 0.0061 * MW - 2.72$$

Tableau 9 : Types de population (USEPA, 2016).

cc	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 d'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 Cops Humain (Kg)		
AT	Temps moyen d 'exposition (jours)= 25550 jours		
CF	Facteur de conversion unitaire = 0.0001l/cm ³		
ET	Temps d'expositions = 0.58 heures/jour		

K_P = 0.35	$\text{Log } K_p = 0.71 * \log K_{ow} - 0.0061 * MW - 2.72$ K_{OW} Octanol/ eau Coefficient de partition MW Poids moléculaire K_{OW} = COP CW K_P = cm /h
	SA Zone de peau exposée = 18 cm²

Tableau 10 : Valeurs limites cas des eaux souterraines
(USEPA, 2016).

Parameters	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 11 : Valeurs limites des eaux de surface (USEPA,
2016)

Paramètres	Valeurs limites eau de surface	
Expo	Dose d'exposition a calculé	
Ceau	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 / an	

Risque non cancérogène

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

$$HI = \sum HQ$$

Tableau 12 : référence facteur de dose (USEPA, 2016).

Elements chimiques	RfD ingestion	RfD Dermique
Cd	0.5	0.2
Cr	0.5	0.3
Pb	1.4	0.42
Ni	0.5	0.45

Chapitre III
Résultats et
discussion

III-1 Introduction

Le présent chapitre s'intéresse à la présentation et l'interprétation des analyses physico-chimique des échantillons d'eaux effectués de 20 puits étudié de bassin versant d'oued Ed Douss, afin de déterminer les risques de ces eaux pour la santé humaine.

III-2 Présentation des résultats

Les résultats suivants (tableau 13) montrent les teneurs moyennes des métaux lourds dans les eaux sous terraine de bassin versant d'oued Ed Douss.

Tableau 13 : teneurs moyennes des métaux lourds dans les eaux sous terraine d'oued Ed

Points	Douss					
	X	Y	Pb (mg/l)	Cd(mg/l)	Cr(mg/l)	Ni(mg/l)
P1	4089	1654	0,056	0,0034	0,0012	0,0007
P2	4087	1648	0,045	0,0057	0,0026	0,0009
P3	4095	1647	0,067	0,0051	0,0017	0,0011
P4	4100	1660	0,024	0,0062	0,0028	0,0034
P5	4105	1657	0,033	0,0071	0,0031	0,0016
P6	4102	1672	0,042	0,034	0,0014	0,0013
P7	4103	1664	0,067	0,012	0,002	0,0025
P8	4110	1667	0,078	0,026	0,0015	0,0019
P9	4108	1660	0,072	0,056	0,0029	0,0028
P10	4112	1650	0,069	0,063	0,0032	0,0032
P11	4114	1668	0,121	0,037	0,0038	0,0037
P12	4123	1680	0,096	0,072	0,0041	0,0043
P13	4119	1657	0,084	0,064	0,0047	0,0051
P14	4127	1652	0,062	0,059	0,0052	0,0059
P15	4122	1664	0,145	0,052	0,0056	0,0066
P16	4129	1662	0,135	0,026	0,0062	0,0075
P17	4125	1672	0,139	0,032	0,0069	0,0082
P18	4124	1686	0,214	0,047	0,0071	0,0123
P19	4129	1682	0,258	0,069	0,0076	0,0126
P20	4138	1690	0,367	0,058	0,0083	0,0134

- La concentration maximale du Pb est de 0,367 mg/l au point P20, et la concentration est de 0,024 mg/l au point P4. Alors sa concentration moyenne est de 0,195 mg/l.
- La concentration maximale du Cd est de 0,072 mg/l au point P12, et la concentration minimale est de 0,0034 mg/l au point P1. Alors sa concentration moyenne est de 0,037 mg/l.
- La concentration maximale du Cr est de 0,0083 mg/l au point P20, et la concentration minimale est de 0,0012 au point P1. Alors sa concentration moyenne est de 0,0047 mg/l.
- La concentration maximale du Ni est de 0,0134 mg/l au point P20, et la concentration minimale est de 0,0007 mg/l au point P1. Alors sa concentration moyenne est de 0,007 mg/l.

III-3 variation des valeurs d'exposition par voie ingestion et dermique dans les populations exposées au plomb et au cadmium

Dans le tableau suivant (tableau 14) on remarque une différence des valeurs d'exposition entre l'enfant et l'adulte, soit par voie cutané soit par voie d'ingestion.

Tableau 14 : des résultats de dose journalière d'exposition par voie d'ingestion et cutané chez les enfants et les adultes par les métaux lourds (Pb et Cd)

Unité	Kg/jour							
Equation Exposition ingestion/dermique	$\mathbf{Expo}_{\text{ingestion}} = \frac{C_{\text{EAU}} \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$				Equation 1			
	$\mathbf{Expo}_{\text{dermique}} = \frac{C_{\text{EAU}} \times SA \times K_p \times ET \times ED \times CF}{BW \times AT}$				Equation 2			
ETM	Pb				Cd			
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 (puits)							
P1	$1,76 \times 10^{-3}$	$4,12 \times 10^{-3}$	$3,21 \times 10^{-7}$	$7,5 \times 10^{-7}$	$1,07 \times 10^{-4}$	$0,25 \times 10^{-3}$	$0,19 \times 10^{-7}$	$0,45 \times 10^{-7}$
P2	$1,42 \times 10^{-3}$	$3,31 \times 10^{-3}$	$2,58 \times 10^{-7}$	$6,02 \times 10^{-7}$	$1,79 \times 10^{-4}$	$0,41 \times 10^{-3}$	$0,27 \times 10^{-7}$	$0,76 \times 10^{-7}$
P3	$2,11 \times 10^{-3}$	$4,93 \times 10^{-3}$	$3,84 \times 10^{-7}$	$8,97 \times 10^{-7}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$0,37 \times 10^{-3}$	$0,92 \times 10^{-7}$	$0,68 \times 10^{-7}$
P4	$0,75 \times 10^{-3}$	$1,76 \times 10^{-3}$	$1,37 \times 10^{-7}$	$3,21 \times 10^{-7}$	$1,95 \times 10^{-4}$	$0,45 \times 10^{-3}$	$0,56 \times 10^{-7}$	$0,30 \times 10^{-7}$
P5	$1,04 \times 10^{-3}$	$2,43 \times 10^{-3}$	$1,89 \times 10^{-7}$	$4,42 \times 10^{-7}$	$2,24 \times 10^{-4}$	$0,52 \times 10^{-3}$	$0,40 \times 10^{-7}$	$0,95 \times 10^{-7}$
P6	$1,32 \times 10^{-3}$	$3,09 \times 10^{-3}$	$2,41 \times 10^{-7}$	$5,62 \times 10^{-7}$	$10,37 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$1,95 \times 10^{-7}$	$4,55 \times 10^{-7}$
P7	$2,11 \times 10^{-3}$	$4,93 \times 10^{-3}$	$3,84 \times 10^{-7}$	$8,97 \times 10^{-7}$	$3,78 \times 10^{-4}$	$0,88 \times 10^{-3}$	$0,68 \times 10^{-7}$	$1,60 \times 10^{-7}$
P8	$2,46 \times 10^{-3}$	$5,74 \times 10^{-3}$	$4,47 \times 10^{-7}$	$10,45 \times 10^{-7}$	$8,20 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-3}$	$1,49 \times 10^{-7}$	$3,48 \times 10^{-7}$
P9	$2,27 \times 10^{-3}$	$5,30 \times 10^{-3}$	$4,13 \times 10^{-7}$	$9,64 \times 10^{-7}$	$17,68 \times 10^{-4}$	$4,12 \times 10^{-3}$	$3,21 \times 10^{-7}$	$7,50 \times 10^{-7}$
P10	$2,17 \times 10^{-3}$	$5,68 \times 10^{-3}$	$3,96 \times 10^{-7}$	$9,24 \times 10^{-7}$	$19,89 \times 10^{-4}$	$4,64 \times 10^{-3}$	$3,61 \times 10^{-7}$	$8,44 \times 10^{-7}$
P11	$3,82 \times 10^{-3}$	$8,91 \times 10^{-3}$	$6,94 \times 10^{-7}$	$16,21 \times 10^{-7}$	$11,68 \times 10^{-4}$	$2,72 \times 10^{-3}$	$2,12 \times 10^{-7}$	$4,95 \times 10^{-7}$
P12	$3,03 \times 10^{-3}$	$7,07 \times 10^{-3}$	$5,51 \times 10^{-7}$	$12,86 \times 10^{-7}$	$22,27 \times 10^{-4}$	$5,30 \times 10^{-3}$	$4,13 \times 10^{-7}$	$9,64 \times 10^{-7}$
P13	$2,65 \times 10^{-3}$	$6,18 \times 10^{-3}$	$4,82 \times 10^{-7}$	$11,25 \times 10^{-7}$	$20,20 \times 10^{-4}$	$4,64 \times 10^{-3}$	$3,67 \times 10^{-7}$	$8,57 \times 10^{-7}$
P14	$1,95 \times 10^{-3}$	$4,65 \times 10^{-3}$	$3,56 \times 10^{-7}$	$8,3 \times 10^{-7}$	$18,62 \times 10^{-4}$	$4,34 \times 10^{-3}$	$3,38 \times 10^{-7}$	$7,90 \times 10^{-7}$
P15	$4,57 \times 10^{-3}$	$10,68 \times 10^{-3}$	$8,32 \times 10^{-7}$	$19,42 \times 10^{-7}$	$8,20 \times 10^{-4}$	$1,91 \times 10^{-3}$	$2,98 \times 10^{-7}$	$6,96 \times 10^{-7}$
P16	$4,26 \times 10^{-3}$	$9,94 \times 10^{-3}$	$7,75 \times 10^{-7}$	$18,08 \times 10^{-7}$	$16,41 \times 10^{-4}$	$3,83 \times 10^{-3}$	$1,49 \times 10^{-7}$	$3,48 \times 10^{-7}$
P17	$4,38 \times 10^{-3}$	$10,23 \times 10^{-3}$	$7,98 \times 10^{-7}$	$18,62 \times 10^{-7}$	$10,10 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-3}$	$1,83 \times 10^{-7}$	$4,28 \times 10^{-7}$
P18	$6,75 \times 10^{-3}$	$15,76 \times 10^{-3}$	$12,28 \times 10^{-7}$	$28,67 \times 10^{-7}$	$14,83 \times 10^{-4}$	$3,46 \times 10^{-3}$	$2,69 \times 10^{-7}$	$6,29 \times 10^{-7}$
P19	$8,14 \times 10^{-3}$	19×10^{-3}	$14,81 \times 10^{-7}$	$34,56 \times 10^{-7}$	$21,78 \times 10^{-4}$	$5,08 \times 10^{-3}$	$3,96 \times 10^{-7}$	$9,24 \times 10^{-7}$
P20	$11,58 \times 10^{-3}$	$27,03 \times 10^{-3}$	$21,07 \times 10^{-7}$	$49,16 \times 10^{-7}$	$18,31 \times 10^{-4}$	$4,72 \times 10^{-3}$	$3,33 \times 10^{-7}$	$7,77 \times 10^{-7}$

III-3-1 Cas de Plomb

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $11,58 \times 10^{-3}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,75 \times 10^{-3}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $27,03 \times 10^{-3}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $3,78 \times 10^{-3}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $21,07 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $1,37 \times 10^{-7}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $9,64 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,45 \times 10^{-7}$ kg/jour

III-3-2 Cas de cadmium

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $22,27 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $1,07 \times 10^{-4}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $5,3 \times 10^{-3}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,25 \times 10^{-3}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $4,13 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,19 \times 10^{-7}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $49,16 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $3,21 \times 10^{-7}$ kg/jour

III-4 Variations des valeurs d'exposition par voie ingestion et dermique dans les populations exposées au chrome et au nickel

Dans le tableau suivant (tableau 15) on remarque une différence des valeurs d'exposition entre l'enfant et l'adulte, soit par voie cutané soit par voie d'ingestion.

Tableau 15 : des résultats de dose journalière d'exposition par voie d'ingestion et cutané chez les enfants et les adultes par les métaux lourds (Cr et Ni)

Unité	Kg/jour							
Equation Exposition ingestion/dermique	Expo ingestion = $\frac{C_{EAU} \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$				Equation 1			
	Expo dermique = $\frac{C_{EAU} \times SA \times K_p \times ET \times ED \times CF}{BW \times AT}$				Equation 2			
ETM	Cr				Ni			
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 (puits)							
P1	0,88×10 ⁻⁴	3,78×10 ⁻⁵	0,68×10 ⁻⁸	1,60×10 ⁻⁸	0,22×10 ⁻⁴	0,51×10 ⁻⁴	0,40×10 ⁻⁸	0,93×10 ⁻⁸
P2	1,91×10 ⁻⁴	8,20×10 ⁻⁵	1,49×10 ⁻⁸	3,48×10 ⁻⁸	0,28×10 ⁻⁴	0,66×10 ⁻⁴	0,51×10 ⁻⁸	1,20×10 ⁻⁸
P3	1,25×10 ⁻⁴	5,36×10 ⁻⁵	0,97×10 ⁻⁸	2,27×10 ⁻⁸	0,31×10 ⁻⁴	0,81×10 ⁻⁴	0,31×10 ⁻⁸	1,47×10 ⁻⁸
P4	2,06×10 ⁻⁴	8,48×10 ⁻⁵	1,60×10 ⁻⁸	3,75×10 ⁻⁸	1,07×10 ⁻⁴	2,50×10 ⁻⁴	1,95×10 ⁻⁸	4,55×10 ⁻⁸
P5	2,28×10 ⁻⁴	9,78×10 ⁻⁵	1,78×10 ⁻⁸	4,15×10 ⁻⁸	0,50×10 ⁻⁴	1,17×10 ⁻⁴	0,91×10 ⁻⁸	2,14×10 ⁻⁸
P6	1,03×10 ⁻⁴	4,42×10 ⁻⁵	0,80×10 ⁻⁸	1,87×10 ⁻⁸	0,41×10 ⁻⁴	0,95×10 ⁻⁴	0,76×10 ⁻⁸	1,71×10 ⁻⁸
P7	1,47×10 ⁻⁴	6,31×10 ⁻⁵	1,14×10 ⁻⁸	2,67×10 ⁻⁸	0,78×10 ⁻⁴	1,84×10 ⁻⁴	1,43×10 ⁻⁸	3,34×10 ⁻⁸

P8	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,73 \times 10^{-5}$	$0,86 \times 10^{-8}$	2×10^{-8}	$0,59 \times 10^{-4}$	$1,39 \times 10^{-4}$	$1,09 \times 10^{-8}$	$2,54 \times 10^{-8}$
P9	$2,13 \times 10^{-4}$	$9,15 \times 10^{-5}$	$1,66 \times 10^{-8}$	$3,88 \times 10^{-8}$	$0,88 \times 10^{-4}$	$2,06 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-8}$	$3,75 \times 10^{-8}$
P10	$2,35 \times 10^{-4}$	$10,10 \times 10^{-5}$	$1,83 \times 10^{-8}$	$4,28 \times 10^{-8}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$2,35 \times 10^{-4}$	$1,83 \times 10^{-8}$	$4,28 \times 10^{-8}$
P11	$2,79 \times 10^{-4}$	$11,99 \times 10^{-5}$	$2,18 \times 10^{-8}$	$5,09 \times 10^{-8}$	$1,16 \times 10^{-4}$	$2,72 \times 10^{-4}$	$2,12 \times 10^{-8}$	$4,95 \times 10^{-8}$
P12	$3,02 \times 10^{-4}$	$12,94 \times 10^{-5}$	$2,35 \times 10^{-8}$	$5,49 \times 10^{-8}$	$1,35 \times 10^{-4}$	$3,16 \times 10^{-4}$	$2,46 \times 10^{-8}$	$5,76 \times 10^{-8}$
P13	$3,46 \times 10^{-4}$	$14,83 \times 10^{-5}$	$2,69 \times 10^{-8}$	$6,29 \times 10^{-8}$	$1,61 \times 10^{-4}$	$3,75 \times 10^{-4}$	$2,92 \times 10^{-8}$	$6,83 \times 10^{-8}$
P14	$3,83 \times 10^{-4}$	$16,41 \times 10^{-5}$	$2,98 \times 10^{-8}$	$6,96 \times 10^{-8}$	$1,86 \times 10^{-4}$	$4,34 \times 10^{-4}$	$3,38 \times 10^{-8}$	$7,90 \times 10^{-8}$
P15	$3,75 \times 10^{-4}$	$16,10 \times 10^{-5}$	$3,21 \times 10^{-8}$	$7,50 \times 10^{-8}$	$2,08 \times 10^{-4}$	$4,86 \times 10^{-4}$	$3,78 \times 10^{-8}$	$8,84 \times 10^{-8}$
P16	$4,56 \times 10^{-4}$	$19,57 \times 10^{-5}$	$3,56 \times 10^{-8}$	$8,30 \times 10^{-8}$	$2,36 \times 10^{-4}$	$5,52 \times 10^{-4}$	$4,30 \times 10^{-8}$	$10,04 \times 10^{-8}$
P17	$5,08 \times 10^{-4}$	$21,78 \times 10^{-5}$	$3,96 \times 10^{-8}$	$9,24 \times 10^{-8}$	$2,58 \times 10^{-4}$	$6,04 \times 10^{-4}$	$4,70 \times 10^{-8}$	$10,98 \times 10^{-8}$
P18	$5,23 \times 10^{-4}$	$22,41 \times 10^{-5}$	$4,07 \times 10^{-8}$	$9,51 \times 10^{-8}$	$3,88 \times 10^{-4}$	$9,06 \times 10^{-4}$	$7,06 \times 10^{-8}$	$16,47 \times 10^{-8}$
P19	$5,59 \times 10^{-4}$	$23,99 \times 10^{-5}$	$4,36 \times 10^{-8}$	$10,18 \times 10^{-8}$	$3,97 \times 10^{-4}$	$9,28 \times 10^{-4}$	$7,23 \times 10^{-8}$	$16,88 \times 10^{-8}$
P20	$6,11 \times 10^{-4}$	$26,20 \times 10^{-5}$	$4,76 \times 10^{-8}$	$11,11 \times 10^{-8}$	$4,23 \times 10^{-4}$	$9,87 \times 10^{-4}$	$7,69 \times 10^{-8}$	$17,95 \times 10^{-8}$

III-4-1 cas de chrome

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $6,11 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,88 \times 10^{-4}$ kg/jour.

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $26,20 \times 10^{-5}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,25 \times 10^{-5}$ kg/jour.

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $4,76 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,68 \times 10^{-7}$ kg/jour.

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $11,11 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $1,60 \times 10^{-7}$ kg/jour.

III-4-2 cas de nickel

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $4,23 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,22 \times 10^{-4}$ kg/jour.

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $9,87 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,51 \times 10^{-4}$ kg/jour.

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $7,69 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,40 \times 10^{-8}$ kg/jour.

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $17,95 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,93 \times 10^{-8}$ kg/jour.

III-5 Variations des valeurs HQ par voie ingestion et dermique dans les populations exposées

Dans les tableaux suivants (tableau 16) et (tableau 17) on remarque une différence des valeurs d'exposition entre l'enfant et l'adulte, soit par voie cutané soit par voie d'ingestion.

Tableau 16 : Dose de référence HQ (risque non cancérigène)

Unité	Kg/l/jour							
RISK NON CONCIREGENE $HQ = \frac{Exp}{Rfd}$	HQ : Dose de référence							
	Rfd : référence facteur de dose							
ETM	Pb				Cd			
Voie D'exposition	Ingestion		Cutané		Ingestion		Cutané	
Type de population exposée	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Nature de l'eau Contaminée	Les eaux souterraines (les puits)							
P1	$1,26 \times 10^{-3}$	$2,94 \times 10^{-3}$	$7,64 \times 10^{-7}$	$17,86 \times 10^{-7}$	$2,14 \times 10^{-4}$	$0,5 \times 10^{-3}$	$0,95 \times 10^{-7}$	$2,25 \times 10^{-7}$
P2	$1,01 \times 10^{-3}$	$2,36 \times 10^{-3}$	$6,14 \times 10^{-7}$	$14,33 \times 10^{-7}$	$3,58 \times 10^{-4}$	$0,82 \times 10^{-3}$	$0,54 \times 10^{-7}$	$3,8 \times 10^{-7}$
P3	$1,51 \times 10^{-3}$	$3,52 \times 10^{-3}$	$9,14 \times 10^{-7}$	$21,36 \times 10^{-7}$	$3,2 \times 10^{-4}$	$0,74 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-7}$	$3,4 \times 10^{-7}$
P4	$0,54 \times 10^{-3}$	$1,26 \times 10^{-3}$	$3,26 \times 10^{-7}$	$7,64 \times 10^{-7}$	$3,9 \times 10^{-4}$	$0,9 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-7}$
P5	$0,74 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$4,5 \times 10^{-7}$	$10,52 \times 10^{-7}$	$4,48 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-3}$	2×10^{-7}	$4,75 \times 10^{-7}$
P6	$0,94 \times 10^{-3}$	$2,21 \times 10^{-3}$	$5,74 \times 10^{-7}$	$13,38 \times 10^{-7}$	$20,74 \times 10^{-4}$	5×10^{-3}	$9,75 \times 10^{-7}$	$22,75 \times 10^{-7}$

P7	$1,51 \times 10^{-3}$	$3,52 \times 10^{-3}$	$9,14 \times 10^{-7}$	$21,36 \times 10^{-7}$	$7,56 \times 10^{-4}$	$1,76 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-7}$	8×10^{-7}
P8	$1,76 \times 10^{-3}$	$4,1 \times 10^{-3}$	$10,64 \times 10^{-7}$	$24,88 \times 10^{-7}$	$16,4 \times 10^{-4}$	$3,82 \times 10^{-3}$	$7,45 \times 10^{-7}$	$17,4 \times 10^{-7}$
P9	$1,62 \times 10^{-3}$	$3,79 \times 10^{-3}$	$9,83 \times 10^{-7}$	$22,95 \times 10^{-7}$	$35,36 \times 10^{-4}$	$8,24 \times 10^{-3}$	$16,05 \times 10^{-7}$	$37,5 \times 10^{-7}$
P10	$1,55 \times 10^{-3}$	$4,06 \times 10^{-3}$	$9,43 \times 10^{-7}$	22×10^{-7}	$39,78 \times 10^{-4}$	$9,28 \times 10^{-3}$	$18,05 \times 10^{-7}$	$42,2 \times 10^{-7}$
P11	$2,73 \times 10^{-3}$	$6,36 \times 10^{-3}$	$16,52 \times 10^{-7}$	$38,60 \times 10^{-7}$	$2,33 \times 10^{-4}$	$5,44 \times 10^{-3}$	$10,6 \times 10^{-7}$	$24,75 \times 10^{-7}$
P12	$2,16 \times 10^{-3}$	$5,05 \times 10^{-3}$	$13,12 \times 10^{-7}$	$30,62 \times 10^{-7}$	$44,54 \times 10^{-4}$	$10,6 \times 10^{-3}$	$20,65 \times 10^{-7}$	$48,2 \times 10^{-7}$
P13	$1,89 \times 10^{-3}$	$4,41 \times 10^{-3}$	$11,48 \times 10^{-7}$	$26,79 \times 10^{-7}$	$40,4 \times 10^{-4}$	$9,28 \times 10^{-3}$	$18,35 \times 10^{-7}$	$42,85 \times 10^{-7}$
P14	$1,39 \times 10^{-3}$	$3,32 \times 10^{-3}$	$8,48 \times 10^{-7}$	$19,76 \times 10^{-7}$	$37,24 \times 10^{-4}$	$8,68 \times 10^{-3}$	$16,9 \times 10^{-7}$	$39,5 \times 10^{-7}$
P15	$3,26 \times 10^{-3}$	$7,63 \times 10^{-3}$	$19,81 \times 10^{-7}$	$46,24 \times 10^{-7}$	$16,4 \times 10^{-4}$	$3,82 \times 10^{-3}$	$14,9 \times 10^{-7}$	$34,8 \times 10^{-7}$
P16	$3,04 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-3}$	$18,45 \times 10^{-7}$	$43,05 \times 10^{-7}$	$32,82 \times 10^{-4}$	$7,66 \times 10^{-3}$	$7,45 \times 10^{-7}$	$17,4 \times 10^{-7}$
P17	$3,13 \times 10^{-3}$	$7,31 \times 10^{-3}$	19×10^{-7}	$44,33 \times 10^{-7}$	$20,2 \times 10^{-4}$	$4,7 \times 10^{-3}$	$9,15 \times 10^{-7}$	$21,4 \times 10^{-7}$
P18	$4,82 \times 10^{-3}$	$11,26 \times 10^{-3}$	$29,24 \times 10^{-7}$	$68,26 \times 10^{-7}$	$29,66 \times 10^{-4}$	$6,92 \times 10^{-3}$	$13,45 \times 10^{-7}$	$31,45 \times 10^{-7}$
P19	$5,81 \times 10^{-3}$	$13,57 \times 10^{-3}$	$35,26 \times 10^{-7}$	$82,29 \times 10^{-7}$	$21,78 \times 10^{-4}$	$10,16 \times 10^{-3}$	$19,8 \times 10^{-7}$	$46,2 \times 10^{-7}$
P20	$8,27 \times 10^{-3}$	$19,31 \times 10^{-3}$	$50,17 \times 10^{-7}$	$117,05 \times 10^{-7}$	$36,62 \times 10^{-4}$	$9,44 \times 10^{-3}$	$16,65 \times 10^{-7}$	$38,85 \times 10^{-7}$
HI ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	0,04894	0,12287	0,000029 699	0,000069 32	0,041913	0,1088	0,000021 349	0,000048 895

III-5-1 cas de plomb

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $8,27 \times 10^{-3}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,54 \times 10^{-3}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $19,31 \times 10^{-3}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $1,26 \times 10^{-3}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $50,17 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $3,26 \times 10^{-7}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $117,05 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $7,64 \times 10^{-7}$ kg/jour.

III-5-2 cas de cadmium

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $44,54 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $2,14 \times 10^{-4}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $10,60 \times 10^{-3}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,5 \times 10^{-3}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $20,65 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,54 \times 10^{-7}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $48,2 \times 10^{-7}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $1,5 \times 10^{-7}$ kg/jour

Tableau 17 : Dose de référence HQ (risque non cancérigène)

Unité	Kg/l/jour							
RISK NON CONCIREGENE	HQ : Dose de référence							
$HQ = \frac{Exp}{Rfd}$	Rfd : référence facteur de dose							
ETM	Cr				Ni			
Voie D'exposition	Ingestion		Cutané		Ingestion		Cutané	
Type de population exposée	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Nature de l'eau Contaminée	Les eaux souterraines (les puits)							
P1	$1,76 \times 10^{-4}$	$7,56 \times 10^{-5}$	$2,27 \times 10^{-8}$	$5,33 \times 10^{-8}$	$0,44 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-4}$	$0,89 \times 10^{-8}$	$2,07 \times 10^{-8}$
P2	$3,82 \times 10^{-4}$	$16,4 \times 10^{-5}$	$4,97 \times 10^{-8}$	$11,6 \times 10^{-8}$	$0,56 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-4}$	$1,13 \times 10^{-8}$	$2,67 \times 10^{-8}$
P3	$2,5 \times 10^{-4}$	$10,72 \times 10^{-5}$	$3,23 \times 10^{-8}$	$7,57 \times 10^{-8}$	$0,62 \times 10^{-4}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$0,69 \times 10^{-8}$	$3,27 \times 10^{-8}$
P4	$4,12 \times 10^{-4}$	$16,96 \times 10^{-5}$	$5,33 \times 10^{-8}$	$12,5 \times 10^{-8}$	$2,14 \times 10^{-4}$	5×10^{-4}	$4,33 \times 10^{-8}$	$10,11 \times 10^{-8}$
P5	$4,56 \times 10^{-4}$	$19,56 \times 10^{-5}$	$5,93 \times 10^{-8}$	$13,83 \times 10^{-8}$	1×10^{-4}	$2,34 \times 10^{-4}$	$2,02 \times 10^{-8}$	$4,76 \times 10^{-8}$
P6	$2,06 \times 10^{-4}$	$8,84 \times 10^{-5}$	$2,67 \times 10^{-8}$	$6,23 \times 10^{-8}$	$0,82 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-4}$	$1,69 \times 10^{-8}$	$3,8 \times 10^{-8}$
P7	$2,94 \times 10^{-4}$	$12,62 \times 10^{-5}$	$3,8 \times 10^{-8}$	$8,9 \times 10^{-8}$	$1,56 \times 10^{-4}$	$3,68 \times 10^{-4}$	$3,18 \times 10^{-8}$	$7,42 \times 10^{-8}$
P8	$2,2 \times 10^{-4}$	$9,46 \times 10^{-5}$	$2,87 \times 10^{-8}$	$6,67 \times 10^{-8}$	$1,18 \times 10^{-4}$	$2,78 \times 10^{-4}$	$2,42 \times 10^{-8}$	$5,64 \times 10^{-8}$
P9	$4,2 \times 10^{-4}$	$18,3 \times 10^{-5}$	$5,53 \times 10^{-8}$	$12,93 \times 10^{-8}$	$1,76 \times 10^{-4}$	$4,12 \times 10^{-4}$	$3,56 \times 10^{-8}$	$8,33 \times 10^{-8}$

P10	$4,7 \times 10^{-4}$	$20,2 \times 10^{-5}$	$6,1 \times 10^{-8}$	$14,27 \times 10^{-8}$	$2,02 \times 10^{-4}$	$4,7 \times 10^{-4}$	$4,07 \times 10^{-8}$	$9,51 \times 10^{-8}$
P11	$1,4 \times 10^{-4}$	$23,98 \times 10^{-5}$	$7,27 \times 10^{-8}$	$16,97 \times 10^{-8}$	$2,32 \times 10^{-4}$	$5,44 \times 10^{-4}$	$4,71 \times 10^{-8}$	11×10^{-8}
P12	$6,04 \times 10^{-4}$	$25,88 \times 10^{-5}$	$7,83 \times 10^{-8}$	$18,3 \times 10^{-8}$	$2,7 \times 10^{-4}$	$6,32 \times 10^{-4}$	$5,47 \times 10^{-8}$	$12,8 \times 10^{-8}$
P13	$6,92 \times 10^{-4}$	$29,66 \times 10^{-5}$	$8,97 \times 10^{-8}$	20,97	$3,22 \times 10^{-4}$	$7,5 \times 10^{-4}$	$6,49 \times 10^{-8}$	$15,18 \times 10^{-8}$
P14	$7,66 \times 10^{-4}$	$32,82 \times 10^{-5}$	$9,93 \times 10^{-8}$	$23,2 \times 10^{-8}$	$3,72 \times 10^{-4}$	$8,68 \times 10^{-4}$	$7,51 \times 10^{-8}$	$17,56 \times 10^{-8}$
P15	$0,75 \times 10^{-4}$	$32,2 \times 10^{-5}$	$10,7 \times 10^{-8}$	25×10^{-8}	$4,16 \times 10^{-4}$	$9,72 \times 10^{-4}$	$8,4 \times 10^{-8}$	$19,64 \times 10^{-8}$
P16	$9,12 \times 10^{-4}$	$39,14 \times 10^{-5}$	$11,87 \times 10^{-8}$	$27,67 \times 10^{-8}$	$4,72 \times 10^{-4}$	$11,04 \times 10^{-4}$	$9,56 \times 10^{-8}$	$22,31 \times 10^{-8}$
P17	$10,16 \times 10^{-4}$	$43,56 \times 10^{-5}$	$13,2 \times 10^{-8}$	$30,8 \times 10^{-8}$	$5,16 \times 10^{-4}$	$12,08 \times 10^{-4}$	$10,44 \times 10^{-8}$	$24,4 \times 10^{-8}$
P18	$10,46 \times 10^{-4}$	$44,82 \times 10^{-5}$	$13,57 \times 10^{-8}$	$31,7 \times 10^{-8}$	$7,76 \times 10^{-4}$	$18,12 \times 10^{-4}$	$15,69 \times 10^{-8}$	$36,6 \times 10^{-8}$
P19	$11,18 \times 10^{-4}$	$47,98 \times 10^{-5}$	$14,53 \times 10^{-8}$	$33,93 \times 10^{-8}$	$7,94 \times 10^{-4}$	$18,56 \times 10^{-4}$	$16,07 \times 10^{-8}$	$37,51 \times 10^{-8}$
P20	$12,22 \times 10^{-4}$	$52,4 \times 10^{-5}$	$15,87 \times 10^{-8}$	$37,03 \times 10^{-8}$	$8,46 \times 10^{-4}$	$19,74 \times 10^{-4}$	$17,09 \times 10^{-8}$	$39,89 \times 10^{-8}$
HI ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$)	0,010877	0,005130	0,000001 5644	0,000003 654	0,006226	0,015468	0,000001 2741	0,000002 9447

III-5-3 cas de chrome

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $12,22 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,75 \times 10^{-4}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $52,4 \times 10^{-5}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $7,56 \times 10^{-5}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $15,87 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $2,27 \times 10^{-8}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $37,03 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $5,33 \times 10^{-7}$ kg/jour

III-5-4 cas de nickel

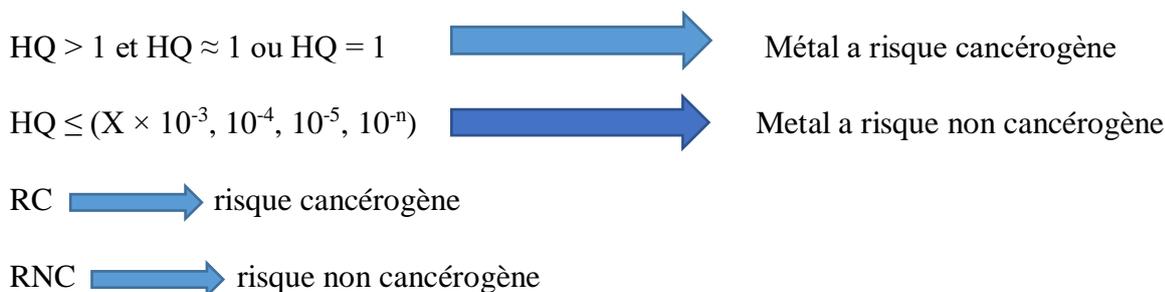
La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'adulte est de $8,46 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,44 \times 10^{-4}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie d'ingestion chez l'enfant est de $19,74 \times 10^{-4}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $1,02 \times 10^{-4}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'adulte est de $17,09 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $0,69 \times 10^{-8}$ kg/jour

La valeur maximale d'exposition par voie cutané chez l'enfant est de $39,89 \times 10^{-8}$ kg/jour alors que la valeur minimale est de $2,07 \times 10^{-8}$ kg/jour.

III-6 signification des valeurs HQ



Après la comparaison des résultats des valeurs HQ obtenus on remarque que :

La contamination par Pb > Cd > Ni > Cr

Les valeurs de dose de référence obtenus sont inférieures à 1 ce qui veut dire que les métaux lourds étudiés n'ont aucun risque sur les populations étudiées soit par voie d'ingestion ou par voie cutanée (tableau 17)

Tableau 18 : risque cancérogène et non cancérogène des métaux lourds

Voie d'exposition	Voie d'ingestion		Voie cutané	
	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Pb	RNC	RNC	RNC	RNC
Cd	RNC	RNC	RNC	RNC
Cr	RNC	RNC	RNC	RNC
Ni	RNC	RNC	RNC	RNC

III-7 variation des valeurs HI

III-7-1 cas de plomb

On remarque que la valeur de l'indice de référence HI la plus élevée est celle des enfants qui est de $0,12287 \mu\text{g/kg/j}$ par voie d'ingestion.

III-7-2 cas de cadmium

On remarque que la valeur de l'indice de référence HI la plus élevée est celle des enfants qui est de 0, $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ par voie d'ingestion.

III-7-3 cas de chrome

On remarque que la valeur de l'indice de référence HI la plus élevée est celle des adultes qui est de 0,010877 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ par voie d'ingestion.

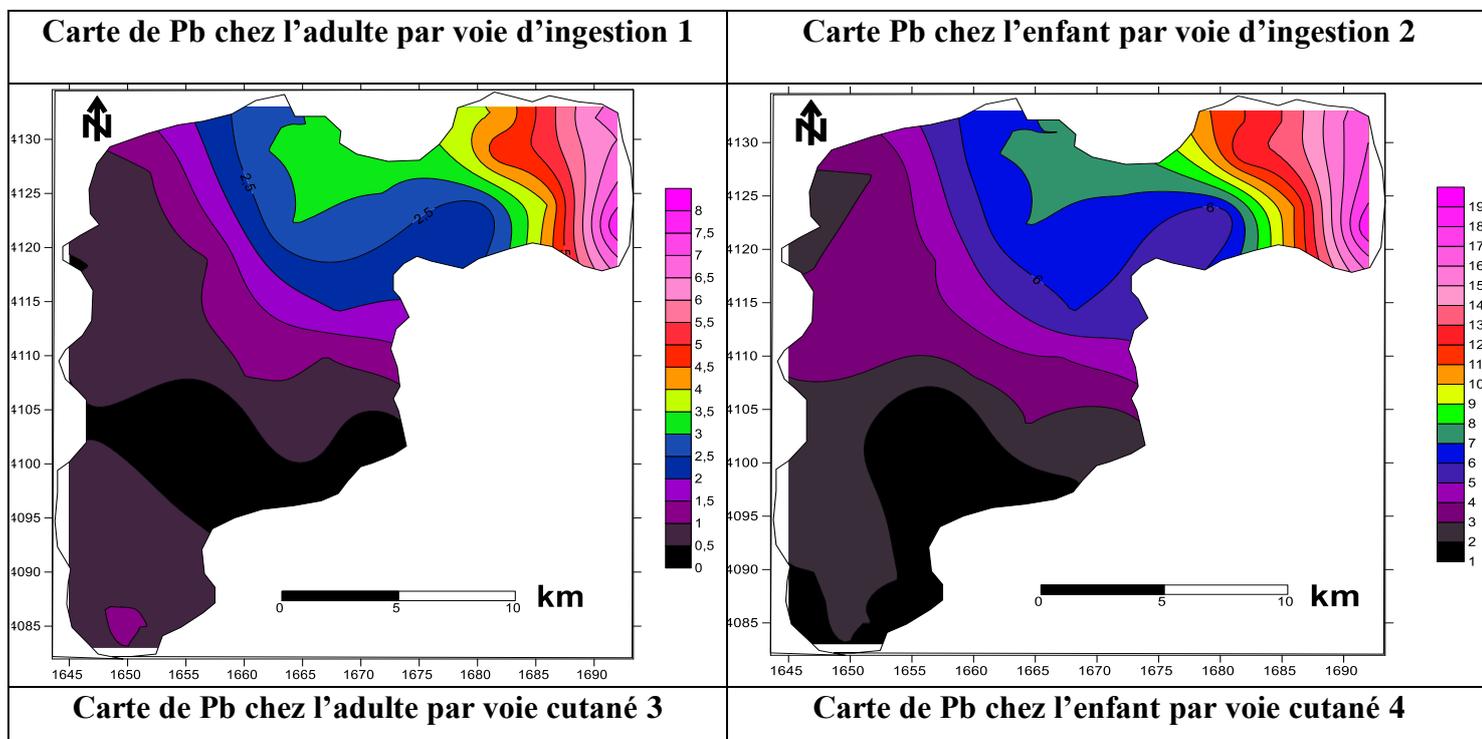
III-7-4 cas de nickel

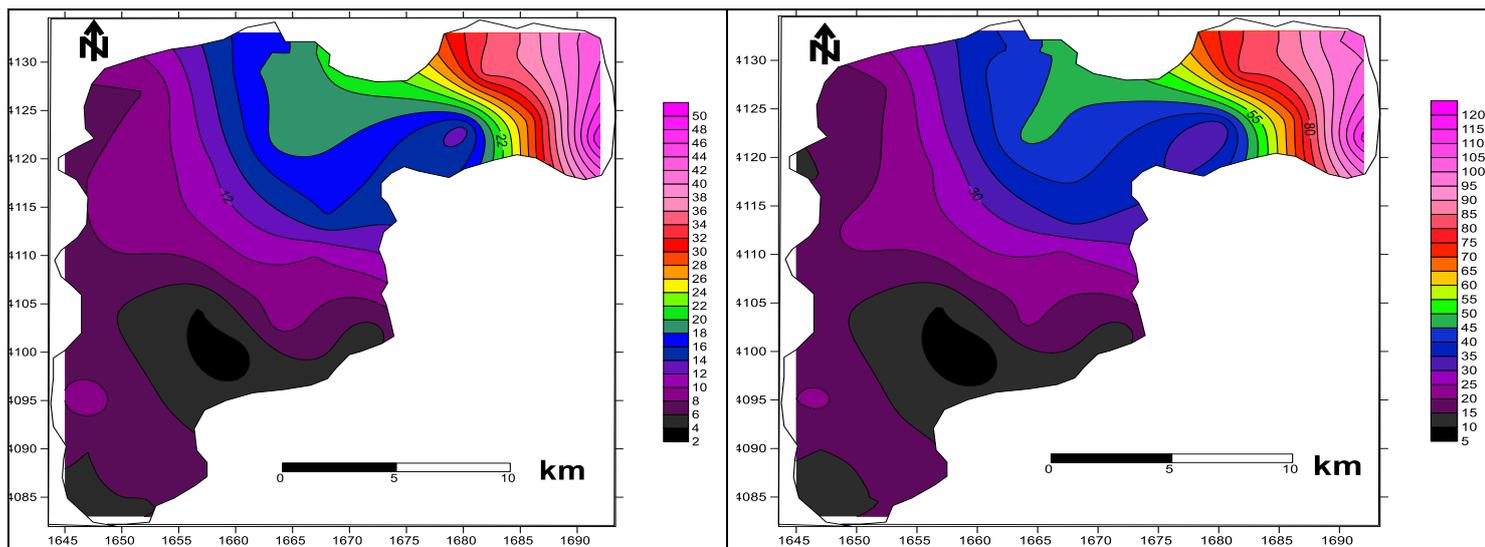
On remarque que la valeur de l'indice de référence HI la plus élevée est celle des enfants qui est de 0,015468 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ par voie d'ingestion.

III-8- discussion des résultats présentés dans les cartes

Nôtres résultats sont présentés dans des cartes a risque de contamination de chaque métal.

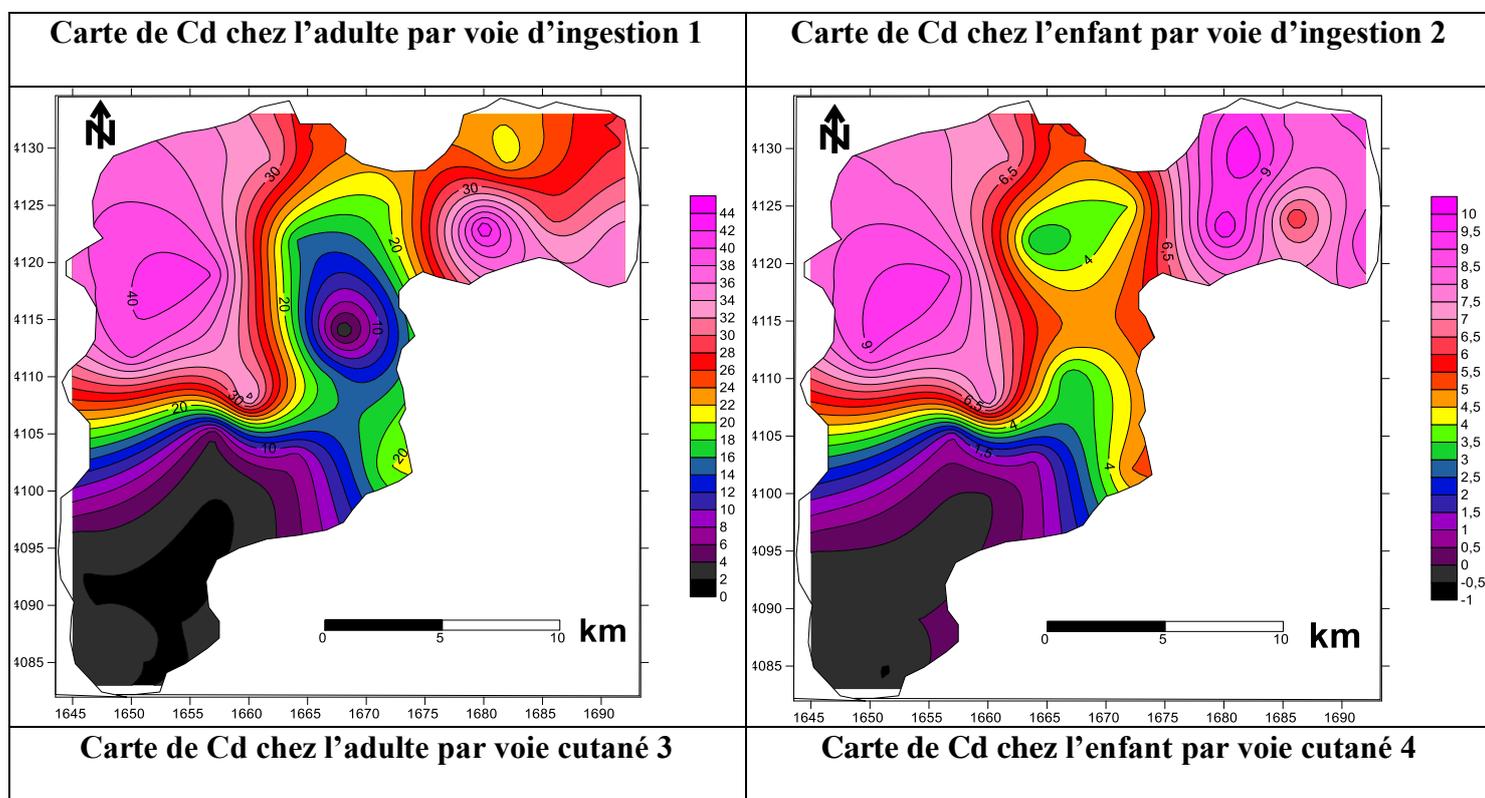
Figure 13 : carte de risque cas de Pb

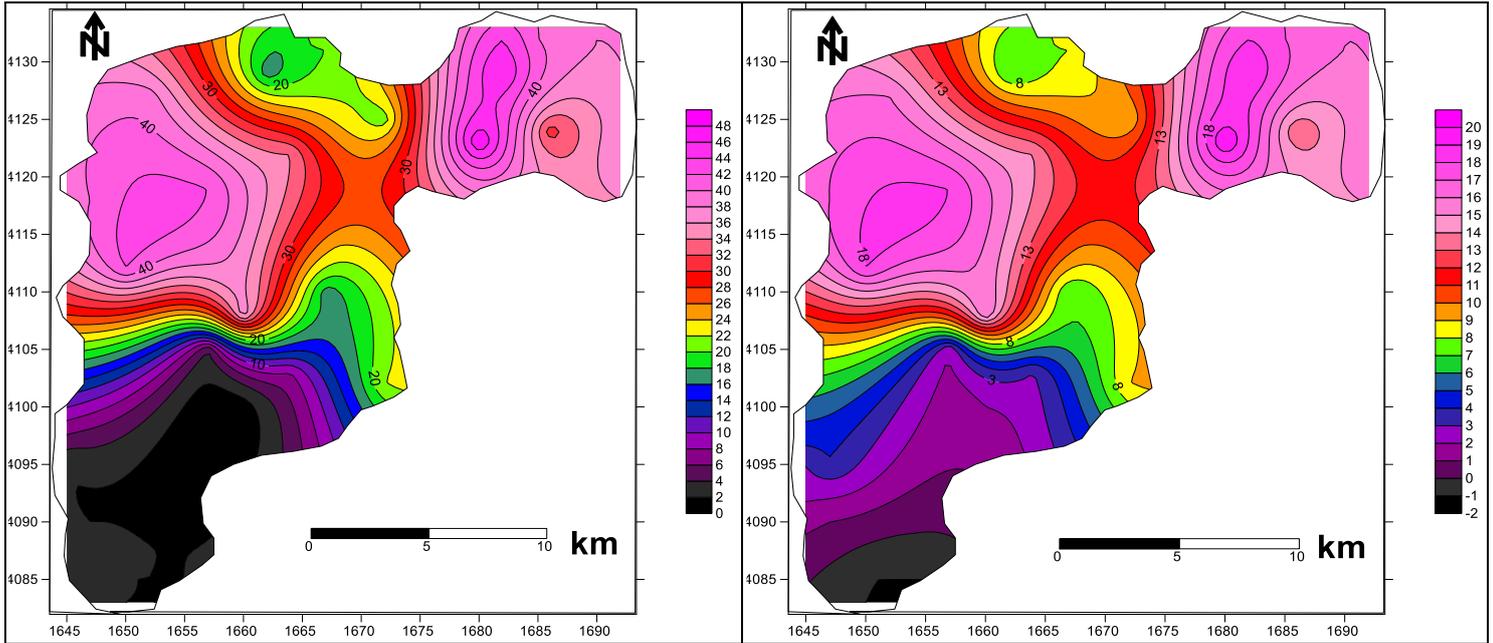




Les cartes (1) et (2) montrent que la région d’oued Ed Douss est vulnérable a la pollution par le pb chez les adultes et les enfants par voie d’ingestion (figure 15) , car la région d’oued Ed Douss est une région agricole ou on trouve l’utilisation des produit chimique est des pesticides qui cause la pollution des eaux de cette région, alors il est nécessaire de faire des études mensuelles pour cette région afin d’éviter la contamination des populations.

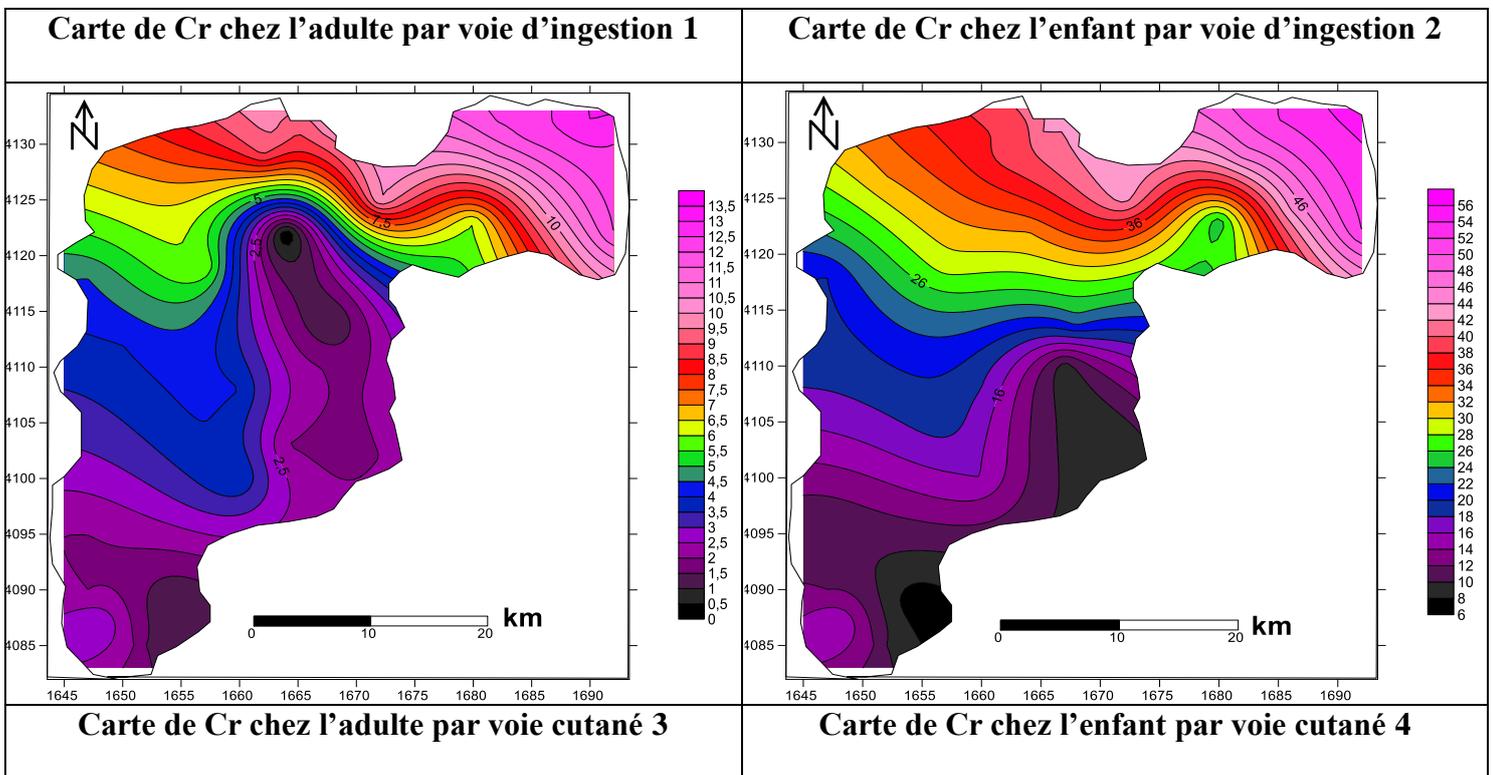
Figure 14 : carte de risque cas Cd

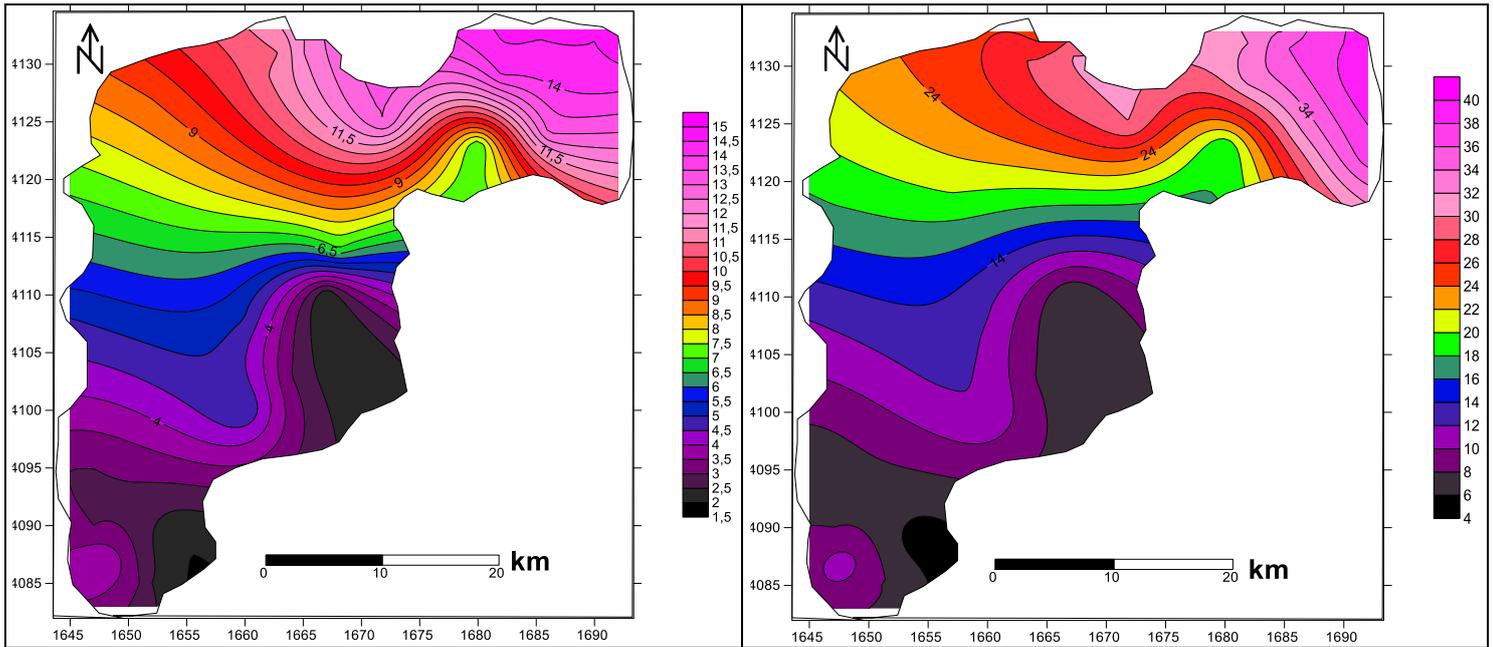




Les cartes (1) et (2) montrent que la région d'oued Ed Douss est vulnérable à la pollution par le Cd chez les adultes et les enfants par voie d'ingestion (figure 16), car la région d'oued Ed Douss est une région agricole où on trouve l'utilisation de produits chimiques tels que des pesticides qui causent la pollution des eaux de cette région, alors il est nécessaire de faire des études mensuelles pour cette région afin d'éviter la contamination des populations

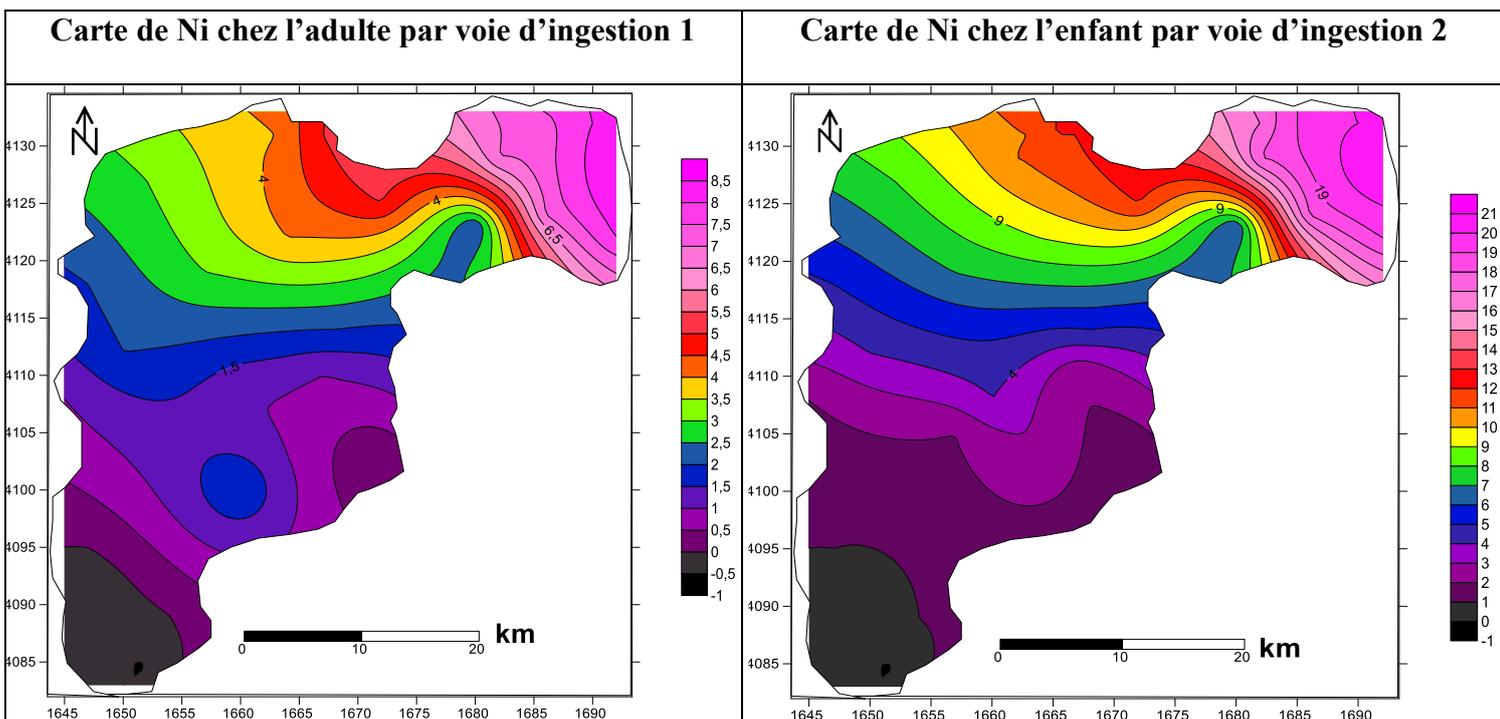
Figure 15 : carte de risque Cr

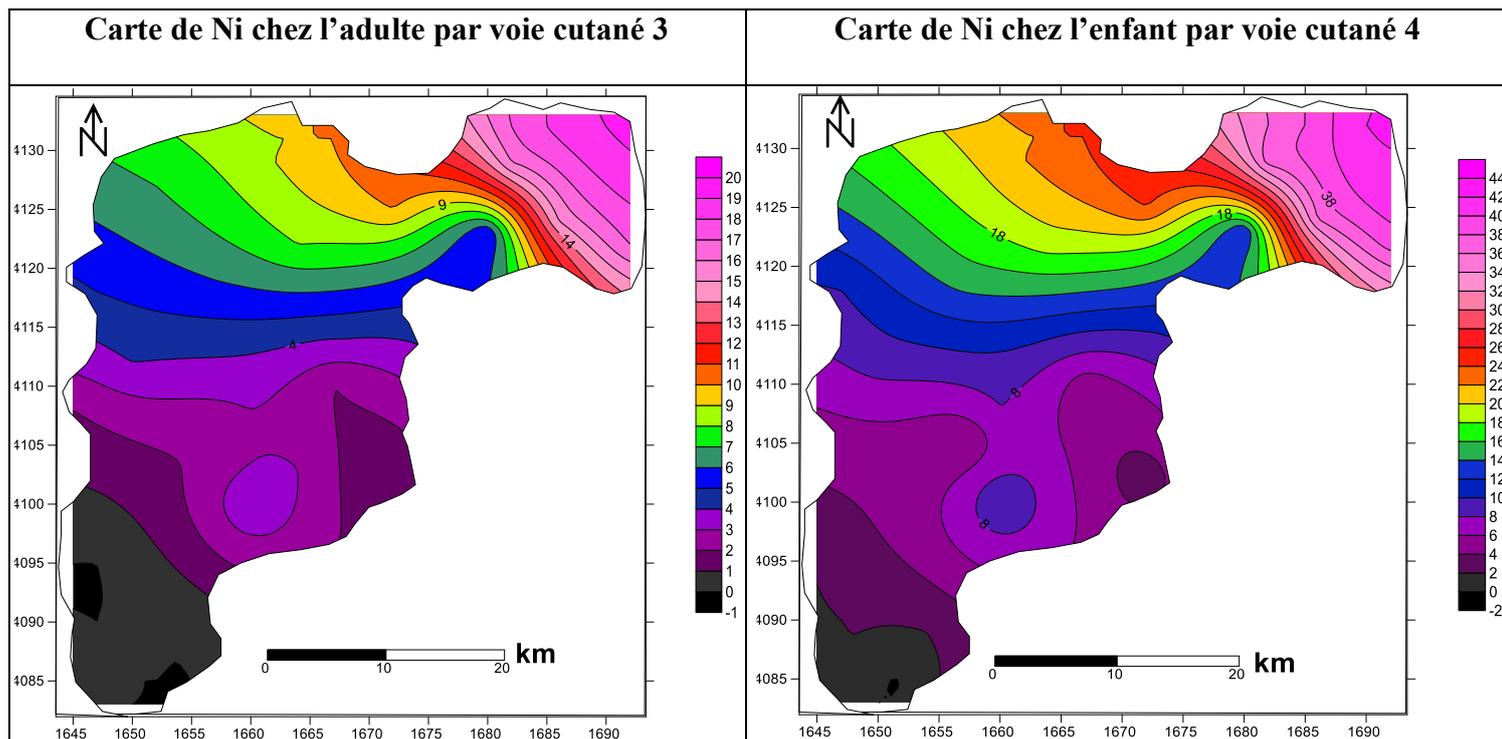




La carte (1) montre que la région d’oued Ed Douss est vulnérable à la pollution par le Cr chez les adultes par voie d’ingestion (figure 17), car la région d’oued Ed Douss est une région agricole ou on trouve l’utilisation des produit chimique est des pesticides qui cause la pollution des eaux de cette région, alors il est nécessaire de faire des études mensuelles pour cette région afin d’éviter la contamination des populations.

Figure 16 : carte de risque Ni





Les cartes (1) et (2) montrent que la région d'oued Ed Douss est vulnérable à la pollution par le Ni chez les adultes et les enfants par voie d'ingestion (figure 18), car la région d'oued Ed Douss est une région agricole où on trouve l'utilisation de produits chimiques tels que des pesticides qui causent la pollution des eaux de cette région, alors il est nécessaire de faire des études mensuelles pour cette région afin d'éviter la contamination des populations.

III-9 les risques des métaux lourds sur la santé humaine (risque au cancer) :

Les eaux souterraines ou de la surface contiennent un mélange complexe de métaux lourds. Ces

Métaux sont issus de processus géologiques, donc naturels ou proviennent de l'activité humaine (Trafic routier, des unités industrielles, les décharges publiques, les pesticides...).

A propos de notre étude, on a effectué le dosage des métaux lourds pour confirmer l'existence de ces éléments et leur risque cancérigène sur la santé humaine dans le bassin versant de oued Ed Douss

La toxicité de ces métaux lourds est déterminée par le mode d'absorption (inhalation, ingestion, Contact cutané) et par l'espèce chimique des métaux (métal natif, forme ionisée, sel, composés Anorganiques ou organiques).

Ainsi, les résultats obtenus ont montré de fortes variations entre l'exposition par voie ingestion, et voie cutané selon population exposée (adultes, enfants).

Les métaux lourds ne présentent pas tous le même risque en raison de leurs effets sur les Organismes, de leurs propriétés chimiques, physicochimiques et biologiques (**Nadjiba et al., 2018**).

Ce qui confirme la relation entre ces métaux lourds qui se trouve dans les eaux souterraines ou de surface et le risque d'apparition du cancer.

III-9-1 Autre risque sur la santé qui peuvent être provoqués par les métaux Lourds

L'exposition d'une manière permanente à des métaux ou composés métalliques sous plusieurs formes (fumée, particules ou poussières) est à l'origine de pathologies graves tel que des atteintes respiratoires aiguës ou chroniques.

Les organes cibles des métaux lourds sont multiples : les ions métalliques se fixent sur les Globules rouges (Pb, Cd, CH₃Hg).

Les métaux s'accumulent dans le foie et les reins (organes très vascularisés), les dents et les os accumulent le plomb.

D'autre part, les métaux solubles dans les lipides comme le plomb, tétra-Ethyle ou le méthyl-mercure peuvent pénétrer dans le système nerveux central.

Le danger est encore plus grand pour les enfants car chez eux la barrière hémato-encéphalique N'est pas entièrement développée (intoxication au plomb possible). Par diffusion passive et grâce à leur solubilité dans les lipides, le cadmium, le plomb, le nickel, le méthyl-mercure (CH₃Hg), traversent le placenta et peuvent s'y concentrer (**Omar, 2015**).

Les métaux transférés à l'homme peuvent être la cause d'un stress oxydatif qui représente l'un des facteurs potentialisant la genèse de maladies pluri factorielles telles que les maladies

cardiovasculaires, le diabète, les rhumatismes, l'asthme, les cancers et les maladies Neurodégénératives (**Nadjiba et al., 2018**).

Ci-dessous nous reprenons les notions s'appliquant à la toxicité des métaux lourds :

- Irritantes : si, n'étant pas corrosives, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, elles peuvent provoquer une réaction inflammatoire.
- Nocives : si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, elles peuvent entraîner la mort ou nuire à la santé de manière aiguë ou chronique.
- Mutagènes : si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, elles peuvent entraîner des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.
- Cancérogènes : si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, elles peuvent induire le Cancer ou en augmenter la fréquence.
- Toxiques pour la reproduction : si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, elles peuvent produire ou augmenter la fréquence d'effets nocifs non héréditaires dans la progéniture (substances tératogènes) ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives mâles ou femelles.
- Très toxiques : si, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée en très petites quantités, elles entraînent la mort ou nuisent à la santé de manière aiguë ou chronique (**Sirven, 2006**).

Conclusion

Conclusion

Les eaux souterraines est une réserve précieuse, d'une importance capitale dont le monde a besoin. Mais le risque de la contamination de cette réserve est inévitable.

Notre étude a été réalisée dans le but d'évaluer la contamination des eaux souterraines du bassin versant d'oued Ed Douss par les métaux lourds.

L'étude été effectuée à travers l'analyse de la teneur des métaux lourds dans les eaux souterraines d'oued Ed Douss, appliquée sur 20 échantillons prélevé dans différents puits.

Les résultats des analyses montrent une variation des taux et des teneurs mesurées des paramètres étudiés, ainsi que ces eaux ne sont pas cancérogènes.

La classification des eaux souterraines de cette région selon la dose de références HQ montré que les métaux étudié a risque non cancérogène.

Dans l'ensemble, les eaux d'oued Ed Douss sont bonnes et peuvent alors être utilisées à la consommation humaine.

En fin, cette étude a donné des résultats intéressants mais méritent d'être achevée par d'autres enquête notamment une étude des paramètres chimique de pollution, les métaux lourds, les pesticides ainsi qu'une étude bactérienne car cette région c'est une région agricole, ces travaux permettront de disposer d'une base de données pour un suivi de la qualité des eaux souterraines de la région.

recommandation :

- ✓ Création des stations dépurations des eaux usées.
- ✓ La pratique de l'agriculture biologique qui respecte les systèmes et cycles naturels, maintenir et améliorer l'état des eaux.
- ✓ Création des stations de recyclage des déchets afin d'éviter la propagation des décharges publique dans les lieux publique et aquatique.
- ✓ L'utilisation des micro-organismes pour l'élimination des métaux lourds contenus dans des effluents.
- ✓ La filtration sur minéraux de type zéolite ou beringite est également performante.
- ✓ Faire un suivit d'analyses hydro chimique d'eaux souterraines.

*Références
bibliographique*

Références bibliographiques

- Addad, D (2007). Qualité d'eau du barrage de Foug El Khanga sur Oued Cherrf et sources de la pollution. Mémoire de magister. Centre universitaire L'arbi Ben m'Hidi, Oum El Bouaghi, 60 p.
- (1992). World Health Organization: our planet, our health. Genève. 282
- ADJELANE M. et BOUREBAA K., (2018) « Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux d'alimentation de quelques réservoirs de la ville de Bejaia cas du réservoir Egzib et réservoir central. Bejaia-Algérie ». Mémoire de master en Biodiversité et sécurité alimentaire, Université A. MIRA – Bejaia., p 2.
- Adriano, D.C (2001) Trace Elements in Terrestrial.
- AFNOR, (1988) Prélèvement et dosage du plomb dans les aérosols. Paris-La Défense, sept 1988.
- Alami, S (2011), Tutoriel d'utilisation de surfer 9. Institut de recherche pour le Développement (IRD). Fort de France.23p.
- ANDI, (2013). Agence Nationale De Développement De L'investissement.
- Anonyme, (2007) Sociedad Comercial y Editorial santiago Ltda., in Britannica Encyclopedia. : Lima. p. 2800.
- ANSES, (2003) Agence Nationale de sécurité sanitaire alimentation, environnement, travail. Exposition au plomb : effets sur la santé associés à des plombémies inférieures à 100µg/l. rapport d'expertise collective, Edition Scientifique.
- 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.
- Augier H. (2008). Le livre noir de l'environnement, état des lieux planétaires sur les pollutions, édition Alphée, Jean-Paul Bertand ; 600pp.
- Aylett, B. J. (1979). The chemistry and biochemistry of cadmium. In Webb, M. ed. Topics in environmental health . The chemistry , biochemistry and biology of cadmium . 2 : 1-44.
- Remini , B (2010). Larhyss Journal, 8, 27-46.

- 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.
- Baker AJM, Walker PL, (1989). Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. In: Shaw A, dir. Heavy metal tolerance in plants Evolutionary aspects. Florida : CRC Press; 155-77.
- Banque Mondiale (1985), étude technique n° 5.
- Barbault, R. (2003). Écologie général-structure et fonctionnement de la biosphère-5^e édition. Dunod- France.
- BENNABI, M. (1985). Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'Oued Sahel-Soummam (Algérie). Hydrologie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, Français.
- Boeglin, J.C, (2000). Contrôle des eaux douces et de consommation humaine, Edition France. 3-4-5p.
- Bouchereau, J.M., (1992) Estimation des émissions atmosphériques de métaux lourds en France pour le Cr, le Cu, Le Ni, Le Pb et le Zn. Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), Paris.
- BOULKRAH. H. ;(2008). « Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants », Mémoire de Magister, Université du 20 août 1955 Skikda.
- BOURRELIER, P.H., BERTHELIN J. (1998) - Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. Rapport n°42, Académie des Sciences. (Ed). Lavoisier, 300p.
- Elichegaray C, Bouallala S, Maitre A, Ba M, (2009). État et évolution de la pollution atmosphérique. Revue des Maladies Respiratoires Vol 26, N°, pp 191-206.
- Callender, E., (2003) Heavy Metals in the Environment-Historical Trends. In: B.S. Lollar (Ed.). Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry. Elsevier-Pergamon, Oxford, p. 67-105.
- Casas et Stellio., (2005) : Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, mytilus galloprovincialis, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin.314p.
- CEVITAL. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master, Université de Bejaia. 2-3-4p.
- Chalgou, T. Naili, A. (2017). Etude physico-chimique et microbiologique de la floculationcoagulation et de l'adoucissement de l'eau du puits de forage d'Ibourassen

- Chiffolleau JF. (2004) La contamination métallique. Ifremer. 39.
- Chouteau, C, (2004). Développement d'un biocapteur conductimétrique bi-enzymatique à cellules algales. Chimie, Procédés, Environnement. N° d'ordre : 04- ISAL-0066, 179 p.
- CHROME, Usages - Encyclopædia Universalis.
- CNES (2005), Rapport sur le développement humain .
- Collin, J. J, (2004). Les eaux souterraines, Connaissance et gestion, France, Edition BRGM, p 56.
- Conservation les Forêts de Bouira (CFB). (2015).
- Cossa, D, (1989) le cadmium en milieu marin- biogéochimie et écotoxicologie, Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER. p. 16.
- Adriano D.C, (2001). Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. Second edition . Springer-Verlag, New York.
- D'après Roche (1963) - Hydrologie de surface, Ed. Gauthier-Villars, Paris.
- Degremont, G. (2005). Mémento technique de l'eau. Tome 1. 10ème Ed. Degrémont
- Detneche, T. (2002). évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution agricole et industrielle, thèse de doctorat en hydrologie de l'environnement, université de Franche-Comté, France ,312p.
- Dussart (1992), Limnologie, L'étude des eaux continentales, 2ème édition, Boubée, p 736.
- EMILIE. B. (2004). « Gestion des chlorures de métaux lourds : stabilisation d'un phosphate d'étain dans un vitrifiat silicaté », Thèse de doctorat, Université des sciences et technologies de Lille.
- Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. 2nd Edition, Springer, New York, 867.
- Mekhalif, F. (2009). Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Skikda, 158p Pollution biologique.
- Zougaghe, F ; Moali, A, (2009). Variabilité structurelle des peuplements de macro-invertébrés benthiques dans le bassin versant de la Soummam (Algérie, Afrique du Nord). Revue d'Ecologie, Terre et Vie, Société nationale de protection de la nature, 64 (4), pp.305-321. fihal-03530584f.

- Evaluation of certain food additives and contaminants. 61st report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminants, W.H.O., Editor. (2004): World Health Organization, Geneva.
- Faurie C., Ferra C., Médori P., Dévaux J., Hemptinne J.L. (2002). *Ecologie approche scientifique et pratique*. 5eme éd.Éditions TEC & DOC .Paris.405p.
- Fergusson, J.E. (1990) *The heavy elements: Chemistry environmental impact and health effects*, U.K. Oxford, Editor, Pergamon Press.
- Festy B, Hartemann P, Ledrans M, Levallois P,Payment P, Tricard D (2003). *Qualité de l'eau*. In : *Environnement et santé publique - Fondements et pratiques*, pp.333-368.
- Festy, B., Tricard, D, (1989). *Environnement, l'eau*. In *qualité de l'eau*, Gérin M., Gosselin P., Cordier S., Viau C., Quénel P., Dewailly E. rédacteurs. Edisem/ TEC et DOC, Paris. 595-611p.
- Fishbein L., (1981) : *Sources, transports and alterations of metal compounds: an overview*. I.arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel.
- Gaillardet, J., J. Viers, and Dupré, B. (2003) *Trace elements in river waters*, in: Drever Elsevier (Ed.), *Surface and Ground Water, Weathering, and Soils*, Oxford : p. 1-47.
- GALSOMIES L. (1999) *Retombées atmosphériques des métaux en France : estimation par dosage dans les mousses ; ADEME édition*.
- Genin, B., Chauvin, C.H., Ménard, F, (2003). *Cours d'eau et indices biologique*. Paris ,Educagri, 216p.
- Grousset, F.E. (1999) *A 70 year record of contamination from industrial activity along the Garonne River and its tributaries (SW France)*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 48: p. 401-414.
- Hadjout, T., Benkhalata, H (1997). *Actualisation de l'étude hydrogéologie du plateau de Bouira*. Université de Blida.
- Igor Shiklomanov, (1993) « *World Fresh Water Resources* » in Peter Gleick (dir.), *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, New York, Oxford University Press, p. 13.
- Jacobson, K.B. (1980) and J.E. Turner, *The interaction of cadmium and other metal ions with protein and nucleic acid*, . *Toxicology*, 16: p. 1-37),(Narbonne., *Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation: evaluation et gestion du risque*. Conseil supérieur d'hygiène publique de France- Section de l'alimentation et de la nutrition, Tec et Doc1996.

- John Tunder Mann John K .Tien, Timothy E .Hobson (2007), Kirk-Othmer encyclopédie of chemical technology 4 th Ed : Nickel and Nickel Alloys, vol 17, John Wiley & Sons.
- Kadem, (2005) Evaluation et comportement des métaux lourds(Cd-Cr-Cu-Ni-Pb-Zn- et Mn) dans les sols à vocation agricole et à végétation naturelle soumis à une pollution atmosphérique.(El-Hadjar-Annaba-Est algérien).Influence de la végétation sur la dynamique de ces métaux.
- Schweitzer L, Noblet J, (2018). Water Contamination and Pollution. Chapter 3.6
- Loué A. (1993) Oligo-éléments en agriculture. 2. Paris Nathan.
- Ashref-Dar., M. Kaushik1., G. Villarreal-Chiu., J.F (2020). Pollution status and biodegradation of organophosphate pesticides in the environment. Abatement of Environmental Pollutants .Trends and Strategies, Pages 25-66.
- Mahan, B.H., (1987) Química. Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S. A.
- Maiga, S. A, (2005). Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako. Evaluation saisonnière, Thèse de doctorat en Pharmacie, Bamako, 77p.
- Miquel M. (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat 2001 ; (261): 360.
- MUSY, A. E. (2004). Hydrologie, une science de la nature, Coll. Gérer,l'environnement Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, ISBN2-88074-546-2, 314 pages.
- Nadjiba, T., Aya, S., Rachid, R , (2018). Evaluation of Hepatotoxicity, Nickel on an Indicator Model of Pollution (*Oryctolagus cuniculus*). Advances in Science, Technology & Innovation, 567–569p.
- Nandi, M., (1969), Cadmium content of cigarettes. Lancet, 2 : p. 1329-1330].
- NASEEM. R , TAHIR .S., (2001). «Removal of Pb (II) from aqueous/acidic solutions by using bentonite as an adsorbent», Water Research, Vol. 33(11), 3982–3986.
- Nasser ZERROUK, (1988) Isthn ZSUFFA, Hydrol. continent., vol. 3, no 2 : 141.153
- Nriagu, J.O., (1980) Cadmium in the Environment. Part I: Ecological Cycling, N.Y. John Wiley & Sons, Editor.
- Nriagu, J.O., (1979) Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace-metals to the atmosphere. Nature, 279 : p. 409-411.

- Omar, Y, (2015). Bioaccumulation de quelques métaux lourds (Pb, Zn et Cu) d'origine routière au moyen d'une mousse (*BrylumArgenteumHedw*) dans la ville de Tiaret (Algérie). Classes de pollution et cartographie, Thèse doctorat (sciences de l'environnement) Université DjillaliLiabes de Sidi Bel Abbes, Faculté des Sciences de la Nature de la Vie. 121p.
- Jarvis P.J, (2000). Biological invasions, competition and the niche. In *Ecological Principles and Environmental issues*. Pearson Education. pp 244–274.
- Ramade, F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions.les polluants de l'environnement à l'homme. Ediscience, Paris, 144 p.
- Ramade, F. (2003). *Éléments d'écologie, écologie fondamentale*. Ed. Dunod, Paris, 688 p.
- Rédaction de futura, le tableau périodique Mendeleïev. © Guillaume Le Bloas, fotolia, futura-science.
- Roche, D-A. Miquel, J et Gaume, E. (2012). *Hydrologie quantitative : processus, modèles et aide à la décision*. Ed. Springer-Verlag France. 7p.
- Rodier, J. (2009). *L'analyse de l'eau .9eme édition*, Dunod.S, 880 p.
- Sahel Souleyman . Bengrina Mohammed Hamza . Mahcene Zoubida (2010). la problématique de l'eau en Algérie du nord pages 1264-1285.
- Satarug, S. and M.R. (2004) Moore, Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environ Health Perspect*, 112: p. 1099-1103.
- Schmitzberger K, (2008). *La prévention des pollutions, la pollution de l'eau*, édition agence de l'eau, Rhin-Meuse, p127-130.
- Sirven, J.B, (2006). Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS), Spécialité : laser et matière dense, Ecole doctorale de sciences physiques et de l'ingénieur, l'université bordeaux 1, 40p.
- Lacoue-Labarthe T, (2007). Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique & Environnement Marin, Rochelle, 200 p.
- Hsien T.Y, Rorrer G.L, (1995). *Sep. Sci. Technol*, vol. 30, pp. 2455–2475.
- USEPA (2016) United States Environmental Protection Agency, EPA/540/1-89/002
- WEISS D., SHOTYK W., KEMPF O., (1999). *Archives of Atmospheric Lead Pollution. NaturWissenschaften*. Mémoire de magister de l'université de Tlemcen-Algérie.
- (1992). World Health Organization: our planet, our health. Genève. 282p.

Référence numérique

- (https://geographic.org/geographic_names/name.php?uni=-669823&fid=233&c=)
- April 04, 2015[cited 2015; Available from: -
http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4440].
- cited 2015; Available from: http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4440.
- <http://www.riob.org/lettre/istanbul-2012/euro-riob.html>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27eau#/media/Fichier:Cycle_de_l'eau.png
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l%27eau#/media/Fichier:Cycle_de_l'eau.png
- (<https://www.ecophylle.org/l-accompagnement-de-demarches-3/53-fiches-resources/786-eau-generalites>)
- <https://www.ecophylle.org/l-accompagnement-de-demarches-3/53-fiches-resources/786-eau-generalites>.
- <https://www.une-eau-pure.com/limportance-de-leau/>
- <https://www.une-eau-pure.com/limportance-de-leau/>
- <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/ressource-hydrique/>

Résumé

Résumé

L'objectif de notre travail est d'étudier les dangers des métaux lourds (Pb, Cd, Cr, Ni) sur la santé humaine par l'analyse des eaux souterraines du bassin versant d'oued Ed Douss (Bouira), à partir des points de prélèvements, on a déterminé la concentration des métaux lourds étudiés dans les sites de prélèvements. On a décrit les résultats obtenus dans des tableaux d'exposition pour les métaux étudiés par la voie d'ingestion et dermique et le dosage de références HQ et l'indice de références HI montrent que la contamination par le Pb > Cd > Ni > Cr qui veut dire que le Pb est risqué d'être cancérigène dans les prochains délais par rapport aux autres métaux lourds.

On a réalisé des cartes grâce aux résultats de dosage de références obtenus pour chaque métal par différentes expositions et populations, grâce à ces cartes des risques on a localisé au niveau de la région d'oued Ed Douss la zone la plus vulnérable à la contamination par ses métaux lourds sont les enfants et les adultes en voie d'ingestion, puisque l'ingestion de ces eaux influence directement sur les principaux organes du corps humain.

Mots clé : métaux lourds, eaux souterraines, risque cancérigène, voie dermique, voie d'ingestion, contamination, exposition, carte de risque, santé humaine.

Abstract

The objective of our work is to study the dangers of heavy metals (Pb, Cd, Cr, Ni) on human health by analyzing the groundwater of the watershed of Oued Ed Douss (Bouira), from the sampling points, we have determined the concentration of heavy metals studied in the sampling sites. The results obtained were described in exposure tables for the metals studied by the ingestion and dermal route and the HQ reference dosage and HI reference index show that the contamination by Pb > Cd > Ni > Cr which means that Pb is likely to be carcinogenic in the next time compared to other heavy metals.

Maps have been made thanks to the results of reference dosage obtained for each metal by different exposures and populations. Thanks to these risk maps, the most vulnerable zone in the region of Oued Edouss to contamination by heavy metals is the children and adults who ingest these waters, since the ingestion of these waters directly influences the main organs of the human body.

Key words : heavy metals, groundwater, carcinogenic risk, dermal route, ingestion route, contamination, exposure, risk map, human health