

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



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences biologiques de l'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 la géo accumulation des métaux
lourds dans les sédiments du barrage d'Ighil Emda (Kherrata)
et son impact sur la biodiversité aquatique**

Présenté par :

Yekken chabha & Medjdoub chabha

Soutenu le :26/09/2021

Devant le jury composé de :

Mr :Dadach Mohammed

MCB

Président

Mr :Khemmoudj Kaddour

MCA

Encadreur

Mr : Saadali Riad

MCB

Examineur

Année universitaire : 2020 / 2021

REMERCIEMENTS

- NOUS REMERCIONS LE DIEU TOUT PUISSANT DE NOUS AVOIR DONNÉ LE COURAGE ET LA VOLONTÉ NÉCESSAIRES POUR POUVOIR RÉDIGER CE TRAVAIL, ET DURANT TOUT NOTRE PARCOURS.
- NOUS REMERCIONS NOTRE ENCADREUR *M* KHEMMOUDJ KADDOUR POUR SA PATIENCE, SA DISPONIBILITÉ ET SURTOUT SES JUDICIEUX CONSEILS, QUI ONT CONTRIBUÉ À LA RÉDACTION DE CE MÉMOIRE.
- NOUS REMERCIONS AINSI LES MEMBRES DE JURÝ, LE PRÉSIDENT MR DADACH MOHAMMED ET L'EXAMINATEUR *M*R SAADALI RIAD QUI ONT ACCEPTÉ D'ÉVALUER NOTRE TRAVAIL.
- NOUS REMERCIONS NOS TRÈS CHERS PARENTS ET FAMILLES QUI ONT TOUJOURS ÉTÉ LÀ POUR NOUS, AVEC LEURS AMOUR, PATIENCE, AIDE, PRÉSENCE.
- NOUS REMERCIONS NOS AMIS POUR LEUR SOUTIEN INCONDITIONNEL ET LEURS ENCOURAGEMENTS QUI ONT ÉTÉ D'UNE GRANDE AIDE.
- ENFIN, NOUS REMERCIONS TOUTES LES PERSONNES QUI ONT CONTRIBUÉ AU SUCCÈS DE NOTRE TRAVAIL ET QUI NOUS ONT AIDÉES LORS DE LA RÉDACTION DE CE MÉMOIRE.

CHABHA.Y

CHABHA.M

DÉDICACES

JE DÉDIE CE MODESTE
TRAVAIL

À MES TRÈS CHERS
PARENTS QUI M'ONT
TOUJOURS SOUTENU
DURANT MES ÉTUDES.

À MA CHÈRE SŒUR RBIHA,
À SON MARI AHMED ET
SES TROIS ENFANTS
SÉRINE, ALICIA ET
ASSALAS.

À TOUTE MA FAMILLE ET
MES PROCHES, COUSINS ET
COUSINES.

À MES TRÈS CHÈRES
COPINES, PLUS
PARTICULIÈREMENT MA
SŒURETTE MÉLISSA, À
AMIRA ET MOUNA AINSI
QU'À TOUS MES AMIS.

À MA BINÔME CHABHA ET
À TOUTE MA PROMOTION
BSA 2021.

CHABHA.Y

DÉDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL

À MA MÈRE, POUR SON AMOUR, SES ENCOURAGEMENTS SES SACRIFICES
À MON PÈRE POUR SON SOUTIEN, SON AFFECTION ET DE LA CONFIANCE QU'IL MA
ACCORDÉ

À LA MÉMOIRE DE MES GRANDS PATERNEL ZOUINA ET LAKHDER

À MES GRANDS PARENTS MATERNELS SAÏD ET KHIERA

MES SŒURS AÏCHA, KARIMA ET LEURS MARIS

MA PETITE SŒUR LYZA

MON FRÈRE AZIZ ET SON ÉPOUSE LYDIA

MON FUTUR MARI ITHRI

À MA PETIT MINA, LUNA, SILA ET MASSIL

À MA BINÔME CHABHA ET TOUS MES AMIS.

CHABHA.M

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

<u>Introduction</u>	1
<u>I. Matériel et méthode</u>	3
<u>I.1. La situation géographique</u>	3
<u>I.2. Description de la région d'étude</u>	3
<u>I.2.1. Présentation de barrage d'Ighil Emda.</u>	4
<u>I.3. Les caractéristiques physico-géographiques de bassin versant</u>	6
<u>I.3.1. La climatologie</u>	6
<u>I.3.2. Les facteurs climatiques</u>	6
<u>I.3.3. Caractéristiques morpho métriques et hydrographiques du Bassin</u>	9
<u>I.4. Hydrologie</u>	11
<u>I.5. Géologie de la région d'étude</u>	11
<u>I.6. Pédologie</u>	12
<u>I.6.1. Les sols minéraux brutes</u>	12
<u>I.6.2. Les sols peu évolués</u>	13
<u>I.6.3. Les sols calci-magnésien</u>	13
<u>I.7. Le couvert végétal</u>	13
<u>I.8. Répartition et dispersion de la population de la Daïra de Kherrata</u>	13
<u>I.9. Les métaux lourds</u>	14
<u>I.9.1. Le Chrome</u>	14
<u>I.9.2. Le Cadmium</u>	15
<u>I.9.3. Le plomb</u>	16

<u>I.10. Echantillonnage</u>	17
<u>I.10.1.Point de prélèvement</u>	17
<u>I.10.2. Matériels utilisés</u>	17
<u>I.10.3.Évaluation de la toxicité des métaux lourds</u>	19
<u>I.10.4. Risque cancérigène et non cancérigène</u>	21
<u>II. Résultats et discussion</u>	22
<u>II.1. Stations de prélèvement</u>	22
<u>II.2 Présentation des cartes des risques évalués par Indices utilisés</u>	23
<u>II.3. Variation de l'indice d'exposition du Sol du barrage de Kherrata</u>	28
<u>II.4. Interprétation des cartes d'Exposition</u>	30
<u>II.4.1.Le Pb</u>	31
<u>II.4.2.Le Cd</u>	32
<u>II.4.3. Le Cr</u>	34
<u>II.5. Variation d'Indice HQ des sédiments du barrage de Kherrata</u>	35
<u>II.6. Interprétation des cartes de HQ</u>	37
<u>II.6.1.Le Pb</u>	38
<u>II.6.2.Le Cd</u>	39
<u>II.6.3. Le Cr</u>	41
<u>II.7. Comparaison entre les valeurs de dose HQ et les valeurs limites</u>	42
<u>II.8. Discussion du risque cancérigène des métaux lourds</u>	42
<u>II.9. D'autres risques sanitaires</u>	43
<u>III. Conclusion</u>	44
<u>III. Bibliographie</u>	45
<u>Annexe</u>	49
<u>Résumé</u>	

Liste des figures:

Figures	Pages
Figure 01 : localisation de zone d'étude (Inter-ligne.com)	P04
Figure 02 : le barrage d'Ighil Emda	P05
Figure 03 : Histogramme des variations des températures moyen de la région de Kherrata (2008/2018)	P07
Figure 04 : Histogramme des vents mensuel de la région de Kherrata (2008/2018)	P08
Figure 05 : Histogramme des mensuelles précipitations de la région de Kherrata (2008/2018)	P09
Figure 06 : Carte géologique de la région de Kherrata (CHAIBI.Z, MEHENNAOUI.I, 2020)	P12
Figure 07 : - Granulomètre	P17
Figure 08 : appareil multi paramètre	P18
Figure 09: spectromètre absorption atomique	P18
Figure 10 : Cartes des risques écologiques évalués par l'indice Igéo pour Pb, Cd, Cr	P24
Figure 11 : Cartes des risques écologiques évalués par les indices EF, DC, PCI, DC/100 pour Pb, Cd, Cr	P25
Figure 12 : Cartes des risques écologiques évalués par les indices PN, PERI pour Pb, Cd, Cr	P26
Figure 13 : Cartes des risques écologiques évalués par les indices CF, PLI pour Pb, Cd, Cr	P27
Figure 14 : Cartes Carte d'exposition Pb par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant	P30
Figure 15 : Cartes Carte d'exposition Cd par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant	P32
Figure 16 : Cartes Carte d'exposition Cr par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant	P34
Figure 17 : Cartes Carte de HQ Pb par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant	P37
Figure 18 : Cartes Carte de HQ Cd par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant	P39
Figure 19 : Cartes Carte de HQ Cr par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant	P40

Liste des tableaux :

Tableaux	Pages
Tableau1 : Températures de la Région de Kherrata (2008/2018) L (Sources: station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia)	P06
Tableau2 : Vents de la région de Kherrata (2008/2018) (Sources: station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia)	P07
Tableau3 : Précipitation de la région de Kherrata (2008/2018) (Sources: situation météorologique sise à l'aéroport de Bejaia)	P08
Tableau4 : la répartition de la population de la Daïra de Kherrata par commune et par dispersion pour 2015, (Source : Bureau des statistiques des deux communes, 2015)	P14
Tableau 5- référence facteur de dose (USEPA, 2016)	P20
Tableau6 : les valeurs des résultats d'analyses des sédiments	P22
Tableau7 : tableau des risques cancérigène et non cancérigène	P42

INTRODUCTION

La pollution par les métaux lourds est un problème d'actualité qui préoccupe toutes les communautés soucieuses de maintenir leur patrimoine hydrique à un certain degré de qualité. L'étude des métaux lourds dans les sédiments est une contribution à la détermination et à la compréhension et à la prévision de la pollution métallique. Cette contribution est d'autant plus importante que ce compartiment ; peut aussi bien selon sa nature et ses conditions environnantes ; jouer le rôle de réservoir en cas d'apport massif ; que le rôle de source polluante si les conditions de régulation se montrent favorables.

Les ressources en eau sont des préoccupations majeures des pays à climat aride ou semi aride, car elles constituent un élément absolument indispensable au développement de toute activité humaine ; économique et sociale (5).

En Algérie, du fait de l'aridité du climat, l'eau constitue un facteur du développement socio-économique important.

Sur les 100 milliards m^3 d'eau qui tombent chaque année sur l'ensemble du territoire, les eaux de ruissellement ne représentent que 12.5 milliards de m^3 , le reste de précipitation étant dispersé par évaporation (85/100) et infiltration dans le sol (15/100). En effet l'eau a un rôle fondamental dans de nombreux domaines comme l'eau potable (12), l'agriculture, l'industrie, la production d'électricité ainsi que l'usage domestique.

L'Algérie dispose actuellement 98 barrages en exploitation, dont 43 ayant une capacité de plus de 10 millions de m^3 d'eau et permettant de régulariser un volume annuel de 2 milliards de m^3 .

Le barrage Ighil Emda est situé à l'est de l'Algérie dans la petite Kabylie à 60 km de la wilaya de Bejaia, ce barrage est considéré probablement parmi les premiers à être équipé d'un dispositif de densité au soutirage des vases par courant de densité.

Le bassin versant de Agrioun contient des ressources en eaux souterraines et de surface importantes. L'agitation de ces réserves pour l'alimentation en eau potable, utilisation industrielle et agricole. S'ajoute à sa vocation touristique et récemment le grand transfert des eaux du barrage vers celui de Mahouan (Sétif) fait que ces ressources sont devenues vulnérables à la pollution.

Les sédiments sont un ensemble de particules dans l'eau, l'atmosphère ou la glace (effet pesantier). Les sédiments piégés dans les réservoirs proviennent de la forte érosion des bassins versants. Un sédiment est caractérisé par sa nature, sa composition physico-chimique, son origine, sa granulométrie ;

Avec l'augmentation de l'activité industrielle ; agricole et ménagère, la pollution métallique a connu un accroissement important surtout avec les métaux lourds, comme le Pb, Cd, Cr, et Fe, indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants y compris de l'homme. On peut s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requerraient normalement. D'autres éléments, comme le Pb, As, Cd, et Cr, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques, devant l'ampleur du danger causé par ces métaux lourds ; plusieurs études sont menées dans les écosystèmes aquatiques.

Notre travail a pour objectif de l'évaluation de risque cancérigènes et non cancérigènes des sédiments .est ce que ces sédiments ont un risque cancérigènes sur la sante humaine ?

Le mémoire comporte 4 parties :

Dans la 1^{ère} partie est l'introduction

La 2^{ème} partie Matériels et méthodes

Dans la 3^{ème} résultats et discussion

La 4^{ème} partie une conclusion général et recommandation

Chapitre 1

I. Matériel et méthode:

I.1. La situation géographique

Kherrata est située sud-est de la wilaya de Bejaia, partage les limites avec la wilaya de Sétif, elle est distante d'environ 67Km du Chef lieu, elle s'étend sur une superficie de 217.85Km².

En 1974 Kherrata était une daïra qui fait partie a la wilaya de Sétif, En 1984 la commune de Kherrata connue une réorganisation administrative cela accompagné par une perte d'un vaste territoire, en l'occurrence la commune de Draa El Kaid.

Le chef lieu de la daïra de Kherrata composé de deux communes : Draa El Kaid et Kherrata [35], Elle est limitée administrativement en suite comme cela :

- Au nord la commune de Taskriote et Derguina (Wilaya de Bejaia)
- Au sud la commune de Tizi n Barbar (Wilaya de Sétif)
- A l'Est la commune de L'oued el barde (Wilaya de Bejaia)
- A l'ouest la commune d'Ain roua et Tala Ifacen (Wilaya de Sétif).

I.2. Description de la région d'étude

Le bassin versant d'Agrioune s'étend sur une surface de 960km² et se situe dans le Nord Est de l'Algérie entre les parallèles 5° 31et 5° 06 est et 36° 19 et 36° 39 Nord. Fig (1)

Le bassin est limité par les montagnes de Babor, Tababort et Adrar Laalam à l'Est, par Adrar Sidi Djaber, Adrar N'fadh et Djebel Boumarouf à l'Ouest, par Djebel Anini et Megress au sud et par la mer Méditerranée au Nord. Le climat du bassin Agrioune est caractérisé par un climat subhumide dans les montagnes et les régions côtières et semi-aride dans la partie sud du bassin [35].

reste du pays d'une manière générale. Mis en service en 1953, sa capacité de rétention initiale est de l'ordre de 154 millions dm^3 sur le bassin versant de 652 km^2 [30].

Le barrage est parmi les 1er à être équipé d'une diapositive destiné au soutirage des vases par courant de densité, se diapositive comprend :

- 03 vannes dites de drainage (2.75m de hauteur et 1.8 m de largeur)
- 08 pertuis dite d'envasement (04cm de diamètre) L'ouverture et la fermeture des vannes d'envasement est subordonnés aux mesure de densité d'échantillons d'eau prélevé systématiquement 10 prés étagées [35].

Lorsque la charge de sédiment dans l'eau dépasse 1.025 la concentration en matière solide est supérieure à 40g/l. Les vannes de d'évasement s'ouvrent et elle le reste tant que la densité de l'eau reste supérieure à cette valeur. Oued Agrioune constitue le principale exutoire de barrage d'Ighil Emda vers la mer [30] (fig. 2).

Figure 2 – le barrage d'Ighil Emda



La mise en eau du barrage a débuté en septembre 1953 ; ce barrage est destiné au stockage d'une importante quantité d'eau (156 millions de m^3) pour l'alimentation de deux usines hydroélectriques. Il est intéressant de noter que le barrage d'Ighil Emda est probablement parmi les premiers à être équipés d'un dispositif destiné au soutirage des vases par courant de densité [30].

I.3. Les caractéristiques physico-géographiques du bassin versant

I.3.1. La climatologie

Le climat est un ensemble de conditions naturelles en un lieu donné. Parmi les facteurs climatiques qu'on peut distinguer, on trouve les facteurs énergétiques (lumière et température), les facteurs hydrologiques (précipitations et hygrométrie) et les facteurs mécaniques (vent) [28].

I.3.2. Les facteurs climatiques

- **Température**

La température est le facteur climatique le plus important, étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent et augmentent avec la température. C'est un Phénomène purement physiologique mais qui a des conséquences écologiques importantes.

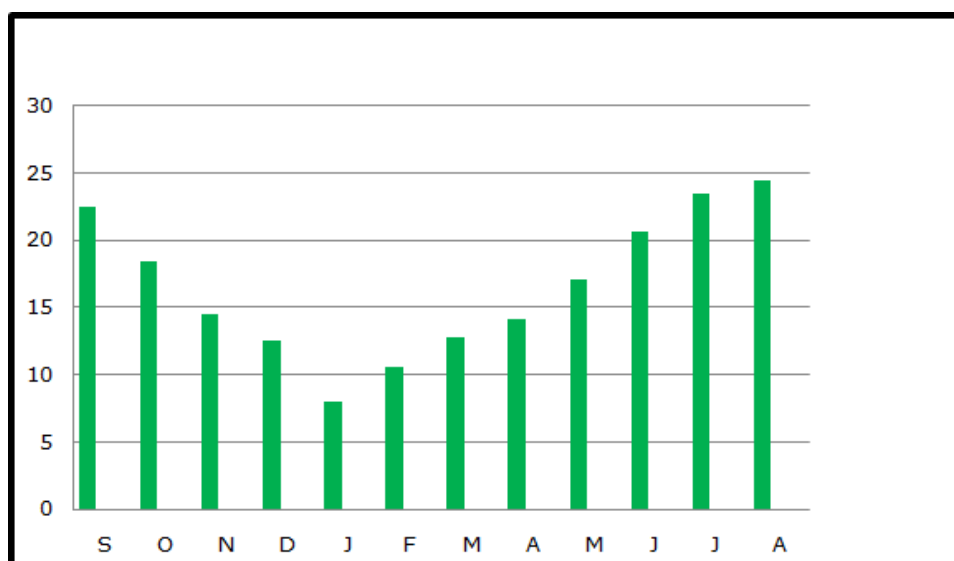
Précise que les espèces ne peuvent se maintenir en vie qu'entre certaines limites bien précises de température, d'humidité et de pluviométrie [13]. (Tableau .1, fig. 3).

Tableau 1 – Températures de la Région de Kherrata (2008/2018) E (Sources: station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia)

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T°C	22.5	18.7	14.5	12.2	8	10.6	12.8	14.2	17.1	20.7	23.5	24.5

Le maximum des Moyennes des Températures sont atteints en mois Aout (24.5°C), et le minimum en mois de Janvier (8°C).

Figure 3 – Histogramme des variations des températures moyen de la région de Kherrata (2008/2018)



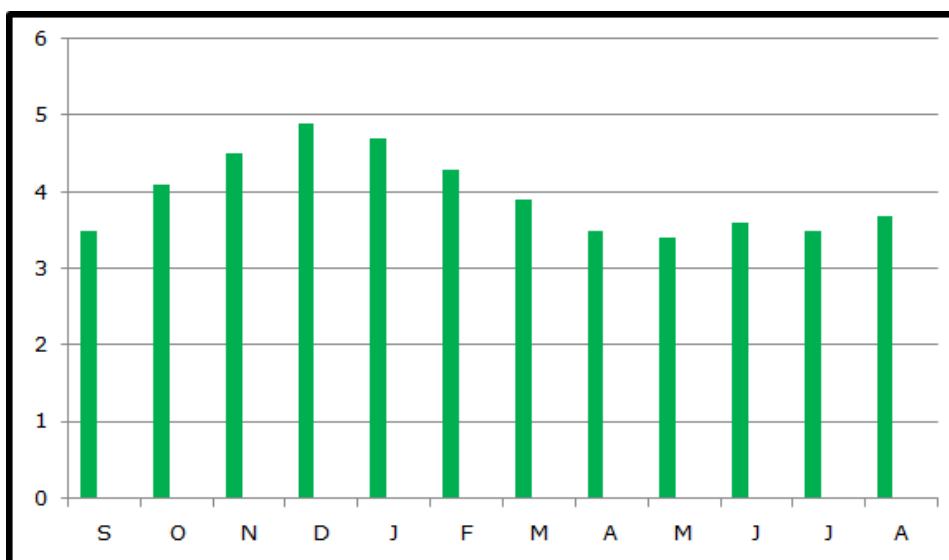
- **Vent**

Le vent est un facteur important du climat, Il a une action indirecte en activant l'évaporation, augmentant donc la sécheresse, et aussi lorsqu'il est violent en augmentant le refroidissement par circulation d'air [31]. C'est un agent de dispersion des Animaux et des végétaux (tableau 2, fig. 4).

Tableau 2 – Vents de la région de Kherrata (2008/2018) (Sources: station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	3.5	4.1	4.5	4.9	4.7	4.3	3.9	3.5	3.4	3.6	3.5	3.7

Figure 4 – Histogramme des vents mensuel de la région de Kherrata (2008/2018)



- **Précipitations**

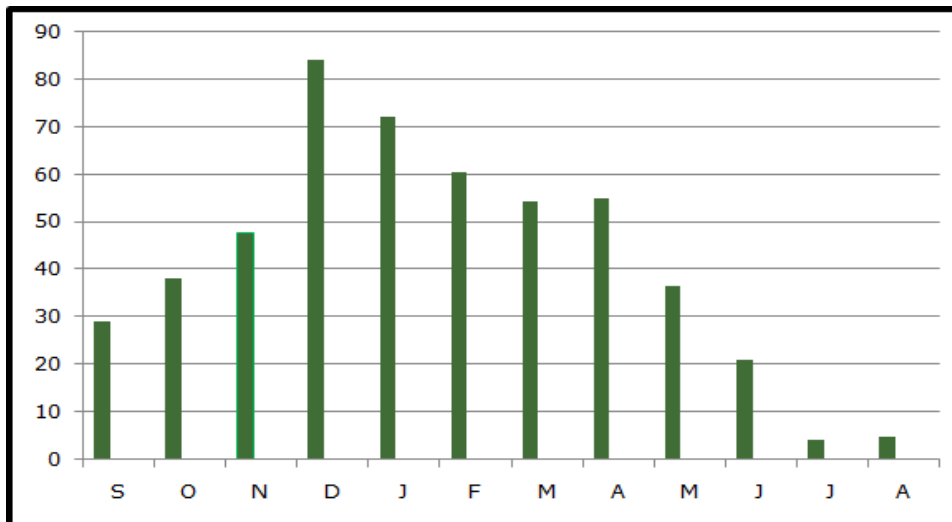
La pluviométrie constitue un facteur écologique important pour la répartition des êtres vivants [28].

Elle est sous l'influence de de facteur géographique, elle augmente en fonction de l'altitude, aussi de l'ouest a l'est, mais elle diminue au fur a mesure qu'on s'éloigne du littoral [39] (tableau 3, fig. 5).

Tableau .3 – Précipitation de la région de Kherrata (2008/2018) (Sources: situation météorologique sise à l'aéroport de Bejaia)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Précipitation (mm)	29	38.3	47.5	84.2	72.1	60.4	54.3	55.12	36.7	21.2	4.12	4.8

Figure 5 – Histogramme des mensuelles précipitations de la région de Kherrata (2008/2018)



D'après l'histogramme les précipitations minimales est enregistrés durant le mois juillet, avec une valeur de 4.12mm.

La précipitation maximale est enregistrée durant le mois de décembre avec une valeur de 84.2mm.

I.3.3. Caractéristiques morphométriques et hydrographiques du Bassin

Le périmètre de bassin versant : C'est la longueur développée du contour de ce bassin est ex- primé par Km. $P = (L + l).2$ avec L c'est la longueur de bassin et l c'est la largeur

Avec $1cm = 500m$

$L = 63.5cm$ et $l = 40cm$

$P = 103.5Km$

La surface de bassin versant :

$A = L.l$

$A = 693km^2$.

La densité de drainage

La densité de drainage Dd représente la moyenne des longueurs des cours d'eau par unité de surface, selon la formule suivante :

$$Dd = \frac{\sum L_i}{A}$$

$$Dd_{principal} = \frac{\sum L_i_{principal}}{A}$$

$$Li(p) = 37.5Km$$

$$Dd(p) = 0.05$$

$$Dd_{(temporaire)} = \sum Li_{temporaires} / A \quad Li(t) = 67.8Km$$

$$Dd(t) = 0.1$$

$$Dd_{(tot)} = Dd(p) + Dd(t)$$

$$Dd_{(tot)} = 0.15$$

L'indice de Gravelius

L'idée la plus simple est de comparer le bassin étudié à un bassin de forme standard. C'est ainsi que Gravelius, a proposé en 1914 le coefficient de compacité Défini comme le rapport du périmètre du bassin étudié à celui d'un cercle de même surface. Si le périmètre du bassin est noté P et sa surface A, le coefficient de compacité s'exprime par :

$$KG = 0.28 P \quad \text{avec}$$

-P : c'est le périmètre de bassin versant

-A : c'est la superficie de bassin versant

$$KG = 1.1$$

Sur le plan morphologique, la valeur élevée de l'indice de compacité (KG=1.1) qui est supérieur à 1, traduit la forme allongée du bassin versant d'Ighil Emda.

Le rectangle équivalent

Le rectangle équivalent se définit comme le rectangle qui a la même surface et même périmètre que le bassin versant dont les paramètres sont :

La longueur (L) :

$$L = 30.8Km$$

La largeur (l) :

$$l = 24.9Km$$

A : C'est la surface du Bassin en Km²

KG : L'indice de compacité.

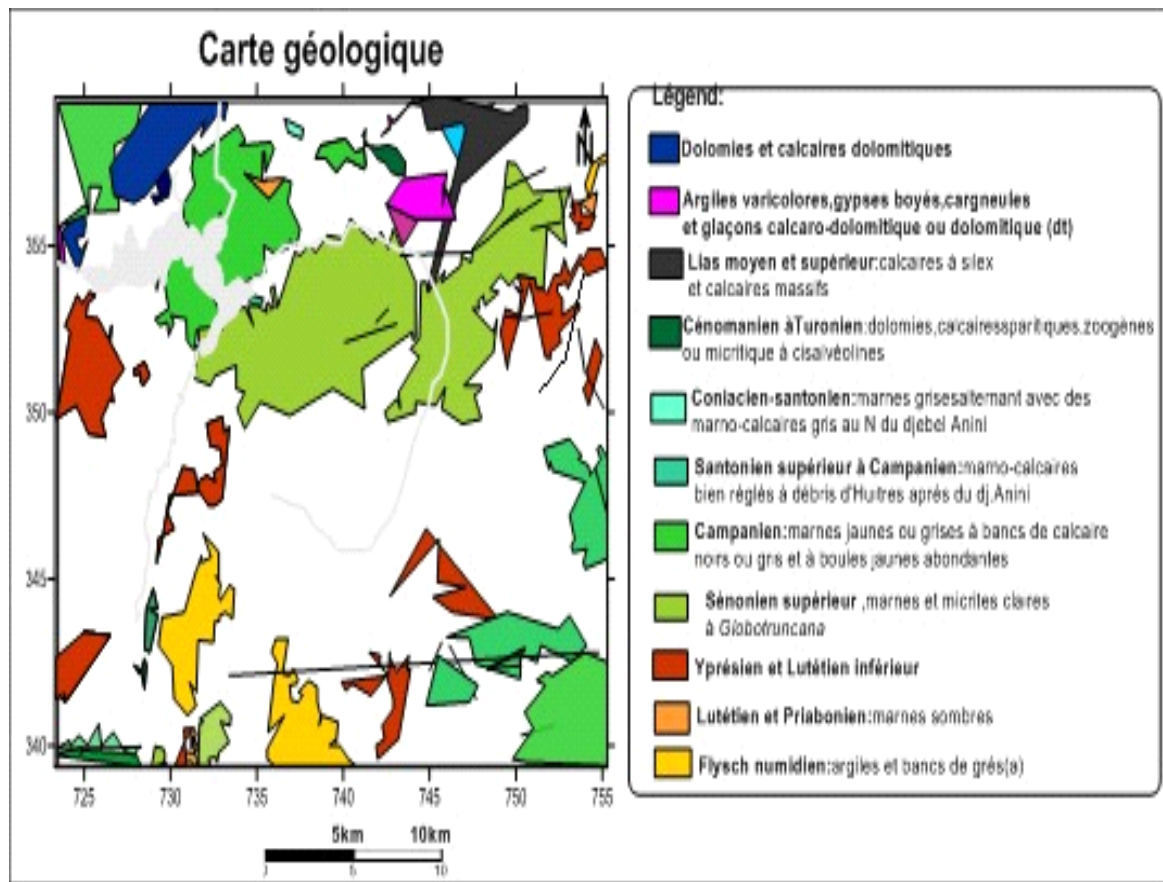
I.4. Hydrologie

L'hydrogramme est généralement formé d'un apport de ruissellement (eau de pluies Ruisselée captée par le système des cours d'eau), d'un apport hypodermique (eau infiltrée dans le sous sol qui circule à travers le sol pour atteindre le cours d'eau) et d'un apport de base formé par l'alimentation pérenne des nappes aquifères profondes [23]. Le réseau hydrique est important étant donné que la région est l'une des plus pluvieuses en Algérie. Il est considéré comme le plus important cours d'eau ayant un débit de $200m^3/s$ pendant la période hivernale. Cependant ce débit se réduit à moitié entre Juin et Septembre. Le taux d'écoulement moyen est de 40%, mais il s'élève à 80% en cas de précipitation continue. Conditionné par le climat, la topographie, la couverture végétale et la nature du substratum géologique, est caractérisé par la dominance des cours d'eau d'ordre 1 soit près de 63% (environ 10900 km) [37].

I.5. Géologie de la région d'étude

La commune de Kherrata est dominée par des montagnes essentiellement calcaires, dominant un espace argileux marneux en partie recouvert d'alluvions quaternaires et entrecoupées de petits massifs calcaires isolés. Les éboulis récents et superficiels forment de longs couloirs instables et semblent réactivés par les séismes superficiels [3]. Les différentes formations qui existent dans la carte géologique de la région du Kherrata sont : Calcaire dolomitique et dolomie, Argiles, Gypses broyés. Lias moyen et supérieur, Cénomaniens Turonien, Coniacien-Santonien, Campanien, Sénonien supérieur, Yprésien et lutétien inférieur, Lutétien et Priabonien, Flysch numidien (fig. 6)

Figure 6 – Carte géologique de la région de Kherrata (CHAIBI.Z, MEHENNAOUI.I, 2020)



I.6. Pédologie

Le bassin versant Ighil Emda, environ 52 profils sont réparés et étudiées après une localisation [ANRH], échantillonnage et analyse en laboratoire qui ont été faites pour une classification et qualification pédologique. On distingue 3 principale classe [16] (fig. 1.8)

- les sols minéraux bruts
- Les sols peu évolués
- Les sols calci-magnestiques

I.6.1. Les sols minéraux bruts

Constitue les formations superficielles des reliefs d'Ighil Emda. Le sol est décapé en donnant naissance à l'apparition de la roche mère dure.

I.6.2. Les sols peu évolué

Résulte de décapage et de l'érosion, elle est subdivisé en 2 groupe

- Groupe des sols peu évolué d'érosion
- Groupe des sols peu évolué d'apport colluviale

I.6.3. Les sols calci-magnestiques

Les sols de ce type de classe sa formation et son évolution est conditionne par la nature et la composition des roches calcaire associe au facteur topographique.

I.7. Le couvert végétal

Le couvert végétal de la région d'étude arborescent parfois dense au pied des montagnes Babor et Tabador (petite Kabylie). La présence d'un couvert ligneux bas et dégradé, réduit à des lieux de pacage sur L'ensemble des sommets des monticules des hauts plateaux constantinois, où l'homme a sérieusement endommagé la nature en faisant disparaître toute végétation naturelle de type arborescent, arbustif et même buissonneux. On peut le constater sur le terrain par l'équilibre écologique du milieu est rompu sur toute la partie des hauts plateaux constantinois et plus ou moins maintenu sur les massifs de la petite Kabylie grâce à son armature forestière [30]. Mise à part quelques lambeaux de groupements végétaux présentés par la forêt des Babors ,de densité moyenne à forte, et quelques garrigues de chêne vert clairsemés fragmentés et limités dans quelque espaces et dans un état de dégradation très avancé ,le couvert végétal dans le bassin versant est en dégradation très avancé [16]

I.8. Répartition et dispersion de la population de la Daïra de Kherrata

La population de la Daïra de Kherrata a connu une croissance considérable. Elle est passée de 59643 habitants en 1998 à 64785 habitants en 2008 et 66299 habitants à la fin de l'année 2014, ce qui implique une densité moyenne de 305 habitants par km² (tableau 1.4).

Tableau4 – la répartition de la population de la Daïra de Kherrata par commune et par dispersion pour 2015, (Source : Bureau des statistiques des deux communes, 2015)

Communes	Agglomérations chef-lieu	Agglomérations Secondaires	Zones Éparses	Total
Kherrata	18414	16536	1570	36520
Draa El-Kaid	16830	11079	1870	29779
Total	35244	27615	3440	66299

D'après les données précédentes, on constate que la majorité de la population de la Daïra est représentée par l'agglomération chef lieu, environ 51% de la population totale en 2015. En deuxième position, les agglomérations secondaires, elles représentent au total environ 41% de la population de la daïra. On trouve la zone éparse sont moins peuplées, avec environ 6%. Le taux d'agglomération au niveau de la daïra de Kherrata est d'environ 92%. En général, le caractère "d'agglomération" de la population est un aspect favorable pour la collecte des ordures ménagères.

I.9. Les métaux lourds

Les métaux lourds sont généralement définis comme des éléments métalliques naturels dont la masse volumique est supérieure à 5000kg/m³. Ils sont présents naturellement dans notre environnement et utilisés massivement dans l'industrie. Généralement émis sous forme de très fines particules, ils sont transportés par le vent et se disséminent dans les sols et les milieux aquatiques, contaminant ainsi la flore et la faune, et se retrouvant dans la chaîne alimentaire.

On appelle aussi élément traces, parce qu'ils se trouvent en faible concentration dans la croûte terrestre, aussi l'activité minière due à l'homme peuvent générer une augmentation considérable de concentration en métaux lourds dans les eaux, et les sédiments, dans ce cas considéré comme élément majeurs dans le milieu étudié.

Certains métaux sont essentiels à l'organisme, d'autres n'ont aucune fonction biologique. Mais même indispensables, ils peuvent s'avérer toxiques à forte concentration ; mais leur toxicité ne dépend pas seulement de cette concentration, elle est aussi fonction de leur spéciation, c'est-à-dire de la forme chimique sous laquelle ils sont présents dans notre environnement. Focus sur les métaux lourds les plus toxiques et les moyens de les éviter.

I.9.1. Le Chrome(Cr)

L'emploi du chrome dans certains objets métalliques est attesté en Chine voilà deux millénaires. C'est en 1798 que fut isolé le chrome métallique, par Nicolas Louis

Vauquelin. Le nom « chrome » vient du grec chroma signifiant « couleur » car les composés du chrome sont extrêmement colorés.

Le chrome se présente sous la forme d'un métal gris acier et dur. Sa principale particularité est de résister au ternissement et à la corrosion. Les états d'oxydation de +2 à +6 sont rencontrés. Le chrome hexavalent est particulièrement oxydant tandis que le chrome (II) est un réducteur.

L'utilisation du Cr par l'homme dans les cycles biologiques et sa toxicité

L'utilisation du chrome la plus connue est sans doute en métallurgie, pour donner un rendu brillant en plus d'améliorer la résistance à la corrosion. On emploie aussi le chrome comme catalyseur dans certaines hydrogénations. Les chromates, par leurs couleurs variés (nuances de jaune pour le chromate de plomb) se retrouvent dans les peintures, mais ils sont toxiques. Dans les verres, les sels de chrome ajoutent une touche de vert.

Le chrome est un métal toxique pour l'Homme, notamment le chrome (IV). Sa toxicité est fortement dépendante de sa forme : nanoparticule, oxyde, valence, etc. Il est bio-accumulé dans certains organismes, comme des végétaux alimentaires. De ce fait, il peut altérer la santé humaine. Néanmoins, le chrome (III) est essentiel pour l'Homme comme nutriment, dont la carence peut avoir des conséquences cardiaques ou encore sur le diabète. L'excès de chrome (VI) inhalé provoque des saignements de nez ou encore des irritations nasales.

Son mode d'action n'est pas encore totalement élucidé, mais on sait que le chrome agit comme cofacteur de l'insuline, facilitant ainsi l'assimilation du glucose par les cellules.

I.9.2. Le Cadmium (Cd)

Historiquement, le cadmium est probablement le premier élément à avoir été découvert par le fait qu'il contaminait un minerai d'intérêt, le carbonate de zinc.

Le cadmium se présente sous la forme d'un métal argenté. Par ses propriétés physiques, on peut le rapprocher du zinc, mais il est chimiquement moins réactif. Des vapeurs jaunes toxiques sont générées lorsque le cadmium s'évapore. Ductile, malléable, le cadmium est aussi résistant à la corrosion atmosphérique.

L'utilisation du Cd par l'homme dans les cycles biologiques et sa toxicité

Des écrans de télévision aux barres de contrôle des réacteurs nucléaires, le cadmium est polyvalent. On le retrouve aussi dans les colorants, notamment les peintures. Ce métal entre aussi dans la composition des piles dites rechargeables et des accumulateurs. Le cadmiage, application de cadmium en couche mince sur un métal, protège le support de la corrosion. Quant au sulfure de cadmium, il permet de stabiliser le PVC.

Le cadmium a un effet important sur la santé dans le sens où il peut provoquer de nombreux troubles graves. Les fumeurs en inhalent par la fumée de tabac, provoquant des dommages pulmonaires. Le cadmium se retrouve aussi stocké dans les reins, ce qui provoque l'excrétion de protéines essentielles ou encore de sucre. D'autres effets

peuvent être dus au cadmium, comme des diarrhées, des douleurs d'estomac, des vomissements. On évoque aussi la fracture des os, une fertilité perturbée, des soucis au niveau immunitaire. Il est également soupçonné d'altérer l'ADN et d'être un facteur de risque pour le cancer.

I.9.3. Le plomb

Le plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère, et c'est l'un des métaux les plus anciennement connus ; on en a en effet retrouvé dans des pigments recouvrant les tombes préhistoriques. Employé dans l'essence pour ses propriétés antidétonantes jusqu'aux années 90, il est maintenant interdit dans les carburants depuis 2000. Sa présence dans l'environnement a donc fortement diminué depuis une dizaine d'années. En 1990, les émissions de plomb émanant du transport routier étaient largement prédominantes : 90 % des émissions totales. Elles sont devenues quasi nulles actuellement. Aujourd'hui, le plomb est principalement émis par le secteur industriel : métallurgie, production de matériaux et utilisation de minéraux non métalliques.

L'utilisation plomb par l'homme dans les cycles biologiques et sa toxicité

Le plomb est un métal utilisé par l'homme depuis des millénaires. La production et l'utilisation du plomb ont augmenté de façon spectaculaire durant la Révolution Industrielle entraînant une libération intense de ce métal indestructible et son accumulation massive dans l'environnement. L'utilisation des pigments au plomb dans les peintures depuis la fin du XIXe siècle et jusqu'à une époque récente constitue une source de dispersion importante, encore très présente dans de nombreux revêtements intérieurs d'une fraction élevée de l'habitat ancien non réhabilité.

De même, l'utilisation du plomb pour les canalisations du réseau de distribution publique de l'eau est une source non négligeable d'apport de plomb par ingestion d'eau contaminée.

Le plomb peut conduire à des encéphalopathies, des neuropathies et au décès chez l'adulte et chez l'enfant. Il provoque également des effets digestifs : colique saturnine, douleurs abdominales...).

Le plomb présente également des effets sur la pression artérielle, sur la fonction rénale chez l'adulte ainsi que sur la reproduction et le développement de l'enfant et sur le système nerveux central (diminution de points de quotient intellectuel, troubles de l'attention) chez l'enfant, même à des faibles doses.

La plombémie ou taux de plomb dans le sang est l'indicateur de référence pour dépister une contamination. Une fois dans l'organisme, le plomb se stocke, notamment dans les os, d'où il peut être libéré dans le sang, des années ou même des dizaines d'années plus tard notamment lors d'une grossesse ou en cas d'ostéoporose.

L'élimination du plomb dans l'organisme est lente après l'arrêt de l'exposition : sa demi-vie est de 15 à 20 ans. Les plus touchés sont les enfants et les femmes enceintes.

I.10.Échantillonnage :

I.10.1.Points de prélèvement :

Pour évaluer les risques des métaux lourds (fe,pb ;cr ;cd) sur la sante humaine dans le barrage de Ighil Emda dans la région de Kherrata ,plusieurs prélèvements ont été effectués dans différentes stations de la région d'études .

Dans le but de connaître la concentration des métaux lourds dans le sol du barrage de Kherrata on a prélevés 10 échantillons des stations différentes du barrage pour une analyse granulométrique.

A chaque station, seuls les sédiments de surface furent l'objet de prélèvement. En effet, cet horizon est très important, du fait qu'il est en contact direct et continu avec les eaux, et représente préférentiellement les dépôts récents. Les sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne en inox pour éviter toute contamination. L'échantillonnage a visé uniquement les sédiments de surface de 0 à 5 cm, sur les berges accessibles. Environ 500 g sont collectés dans des pots en polyéthylène préalablement décontaminés à l'acide nitrique

(5N) et rincés à l'eau bidistillée. Les sédiments sont séchés à 85°C pendant environ 48 heures, puis broyés dans un mortier en agate et tamisés à 2 mm et 63 µm.

Les analyses des ETM portent sur trois éléments : le Cadmium, le Chrome et le plomb. Les sédiments (fraction < 63 µm) sont minéralisés par calcination à 450°C en présence de nitrate d'ammonium suivie d'une solubilisation diacide des métaux, l'acide nitrique (HNO₃, 65%) et l'acide chlorhydrique (HCl, 36%). La reproductibilité du protocole d'extraction des ETM dans les sédiments est vérifiée à l'aide de l'analyse de standards internationaux (Lake Sédiment Référence Materials, LKSD-1).

Le dosage du Plomb, Cadmium et le Chrome sont effectués par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique à flamme (PERKIN ELMER Pin AAcle 900T).

I.10.2. Matériel utilisé:

Figure 7- granulomètre



Figure 8 - appareil multi paramètre



Présentation du logiciel utilisé (logiciel surfer) :

Le logiciel surfer conçu par Golden softwar, nous permet de réaliser des modèles numériques du terrain (MTN) issus des données que nous aurons récoltées sur le terrain via GPS.

Le principe de surfer est le suivant : le logiciel nous permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières de nos points x,y afin de les ordonner. c'est à partir de ces grilles que on l'on pourra créer plusieurs types de cartes :base MP ,contour MP ;3Dsurface ;vecto ou bien d'autre ...les possibilités d'utilisation sont nombreuses .

La saa : la spectrométrie absorption atomique est une technique qui se développe ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis longtemps .les séduisantes possibilités de la méthode et en particulier sa rapidité ;l'ont fait adapter au dosage d'un certain nombre d'éléments dans l'eau .

Figure 9- spectromètre absorption atomique



I.10.3. Évaluation de la toxicité des métaux lourds cancérigène et non cancérigène :

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 cancérogènes, les concentrations d'exposition observées ont été comparées aux seuils pour cancérogène n'a été appliquée que pour quantifier l'ampleur des risques pour la sante des polluants cancérigènes, mais ne quantifie pas l'ampleur du risque pour la santé des polluants non cancérogènes (USEPA 2016). Les effets des risques non cancérogènes sont généralement fondés sur le quotient de danger cible, un paramètre utilisé pour déterminer la dose d'exposition au polluant appelée dose de référence. 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'estimations de la probabilité de l'occurrence d'un événement et l'ampleur probable des effets sur la santé L'exposition humaine aux métaux pourrait se produire par trois voies principales, soit l'ingestion directe, l'inhalation et l'absorption cutanée par la peau. L'ingestion, l'inhalation et l'absorption cutanée sont des voies d'exposition courantes dans l'eau. L'expressions numériques pour évaluation des risques sont données par l'équation 1, 2 et 3 (USEPA, 2016).

Dose d'exposition par ingestion d'eau

Equation 1
$$Expo_{ingestion} = \frac{C_{Eau} \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

Equation 2
$$Expo_{dermique} = \frac{C_{Eau} \times SA \times K_p \times ET \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

Equation 3
$$Expo_{inhalation} = \frac{C_{Eau} \times InhR \times ET \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT}$$

Remarque : Les débits de dose absorbés par voie cutanée peuvent être calculé 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 5 - référence facteur de dose (USEPA, 2016)

Paramètre	Unité	Adulte	Enfant
IR	MG/JOUR	100	200
EF	JOUR/AN	312	312
ED	ANNEE	35	6
BW	KG	70	15
ATNC	JOURS	365×35	365×6
ATC	JOURS	365×70	365×70
CF	MG/JOUR	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
SA	Cm ²	6032	2373
AF	MG CM ⁻²	0.07	0.2
ABS	SANS UNITE	0.001	0.001
INHR	M ³ H ⁻¹	1.56	1.2
ET	H JOUR ⁻²	8	4
PEF	M ³ KG	1.36×10 ⁹	1.36×10 ⁹

Eléments chimiques	RfD _{Ingestion}	RfD _{Dermique}	RfD _{Inhalation}
Cd	0.5	0.2	0.5
Cr	0.5	0.3	3
Pb	1.4	0.42	14

Risque non cancérogène

Risque non cancérigène :

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

$$HI = \sum H Q$$

Chapitre 2

II. Résultats et discussion

II.1. Stations de prélèvement :

Pour effectuer les analyses et mesurer les paramètres physico-chimiques, on a prélevé le sol dans 10 stations différentes.

Tableau 6 – les valeurs de s résultats d’analyses des sédiments

Stations	X (m)	Y (m)	Pb (mg/Kg)	Cd (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Fe (mg/kg)
S1	734 .8	354	65.345	6.234	20.346	345.367
S2	732.9	354.4	54.123	5.325	18.249	278.890
S3	730.7	355.7	42.457	5.623	18.190	123.457
S4	726.8	354.	34.126	2.980	15.764	234.456
S5	725	354	12.358	1.567	12.390	256.678
S6	727.8	353.9	10.563	1.956	10.280	278.567
S7	730.2	354.3	8.876	2.251	9.236	272.876
S8	731.7	353.6	6.390	1.467	13.534	245.123
S9	732.2	351.1	10.277	2.135	14.567	256.654
S10	732.8	352.4	22.675	4.538	17.875	267.279
B _n Background			40	0.30	120	434.567
T _i	-	-	5	30	2	-

On a présenté les résultats qu’on a obtenus après plusieurs prélèvements des échantillons dans la région d’étude sous formes des cartes à risque de contaminations de chacun des métaux, on a obtenu 30 cartes, chaque métal a 16 cartes 6 cartes pour exposition (Expo), 6 cartes pour HQ et 4 cartes pour les risques écologique pour la zone d’étude : 1 carte pour les risques évalués par l’indice Igéo, 1 carte pour les risques évalués par les indices EF, DC, PCI, DC/100 , une carte pour les risques évalués par les indices PN, PERI , et 1 carte pour les risques évalué par les indices CF, PLI. 2 cartes ingestion pour (adulte/enfant) et 2 cartes dermique pour (adulte/enfant) et 2 cartes inhalation pour (adulte/enfant)

II.2. Présentation des cartes des risques évalués par Indices utilisés pour évaluer le risque écologique pour la zone d'étude :

Classement la qualité des sédiments selon les indices d'évaluation des risques écologiques pour la zone d'étude:

Igeo :

Détermine l'étendu de la contamination du sol a partir de la comparaison de la concentration de l'élément dans l'échantillon de sil et tige croute continental (UCC).

- Igeo \leq 0 pour le Pb = pas de contamination
- 1 < Igeo \leq 4 pour le Cd = contamination très élevé
- Igeo \leq 0 pour le CR = pas de contamination

EF :

Standardise la concentration de l'élément contre un élément de référence dans le sol et l'UCC.

- 1 < EF < 3 pour le Pb =contamination faible
- 0 < EF < 1 pour le Cd = pas de contamination
- 0 < EF < 1 pour le Cr = pas de contamination

Cf :

- 1 < CF < 3 pour le Pb = contamination moyenne
- CF > 6 pour le Cd = contamination faible
- CF < 1 pour le Cr = contamination faible

PLI :

- PLI < 1 pour Pb = pas de pollution
- PLI < 1 pour le Cr =pas de pollution
- PLI > 1 pour le Cd = présence de contamination

DC :

La somme de Cf de huit éléments (Cr ; Me ; Fe ; Ni; Cu; Zn; Rb ;Sr) considérés pour l'étude c.-à-d. le cumulatif des métaux lourds dans la contamination du sol .

- DC < 8 pour le Pb et Cr =donc la contamination est faible
- DC > 31 pour Cd = contamination très faible

PCI :

Fournit une indication de contamination majeure et agents et l'identification des sites et les études pourraient prioriser .utilise pour évaluer le degré contamination élémentaire en réponse a leur et toxique ou risque pour l'environnement.

- PCI <1 pour le Pb et Cr = la contamination est faible

- PCI > 3 pour le Cd = contamination très faible

PN :

- PN < 40 pour Cr et Pb = risque écologique potentiel très faible.

- PN > 320 pour Cd = risque écologique très élevé.

Figure 10- Cartes des risques écologiques évalués par l'indice Igéo pour Pb, Cd, Cr

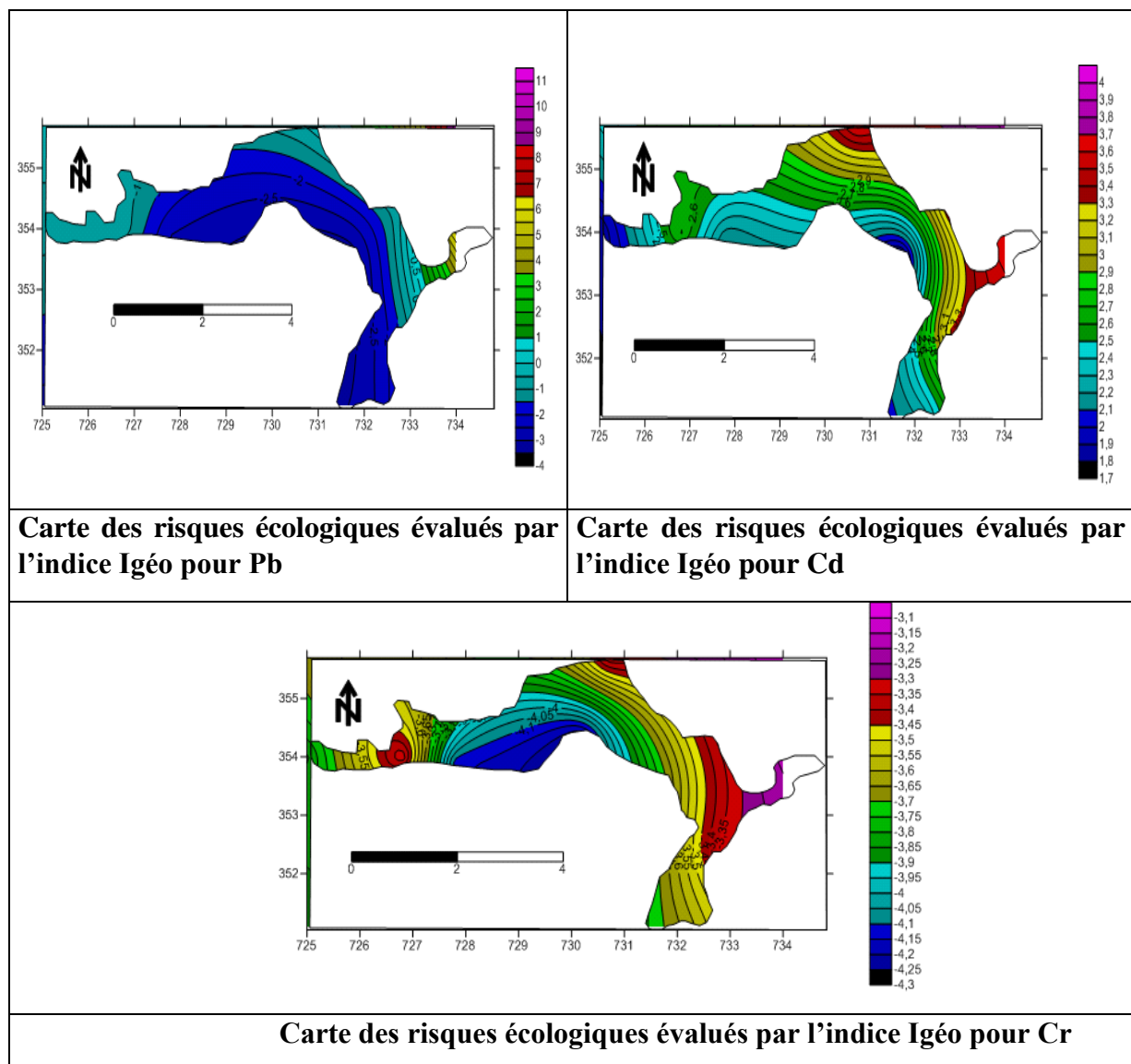
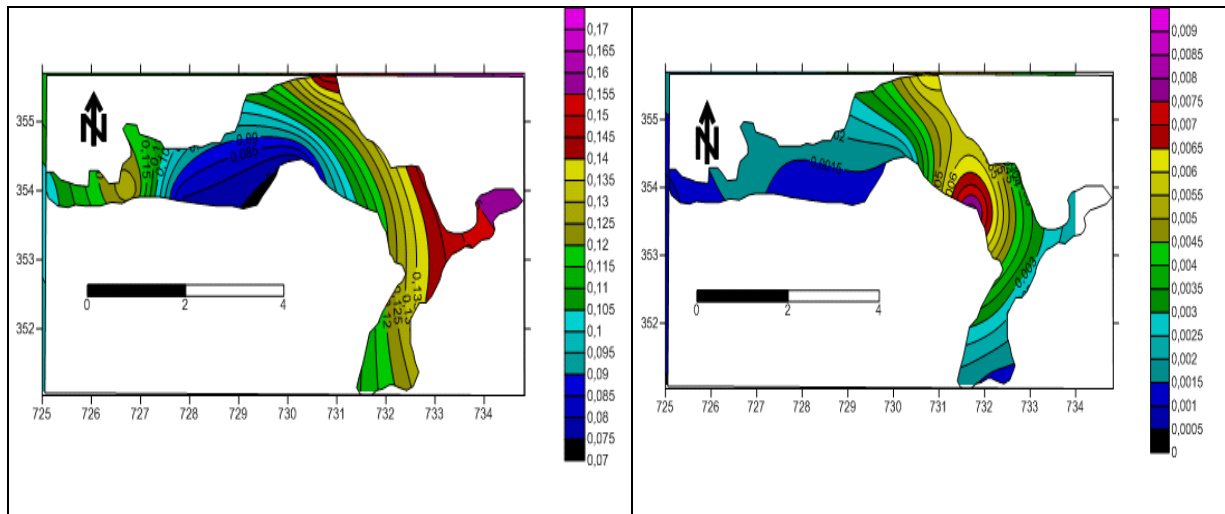
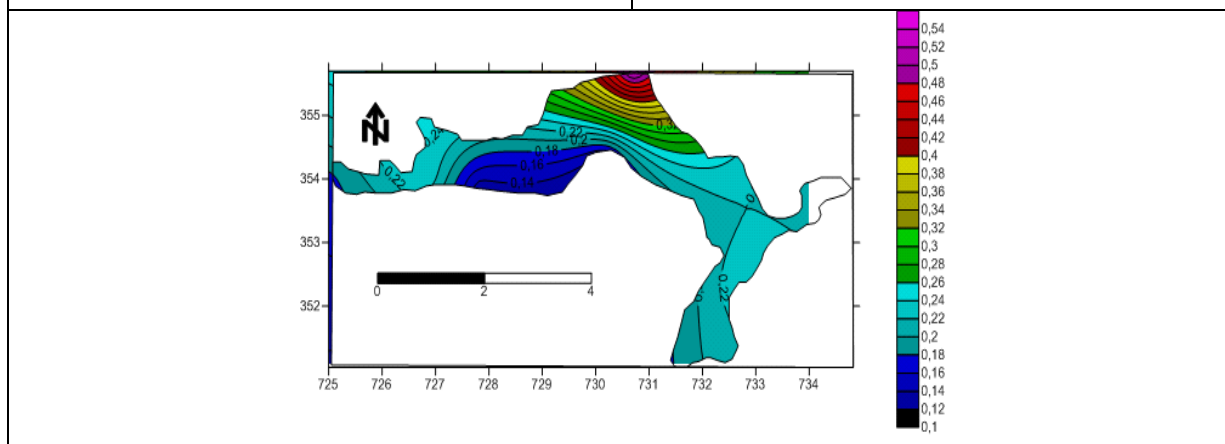


Figure 11- Cartes des risques écologiques évalués par les indices EF, DC, PCI, DC/100 pour Pb, Cd, Cr



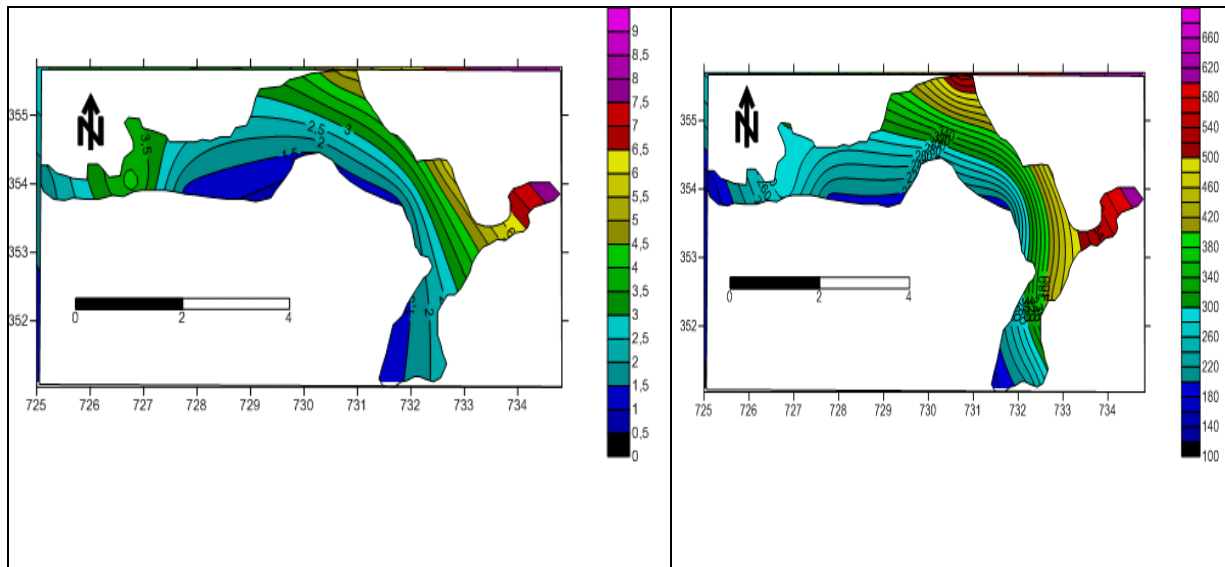
Carte de risques écologiques évalués par l'indice EF pour Pb

Carte des risques écologiques évalués par l'indice EF pour Cd



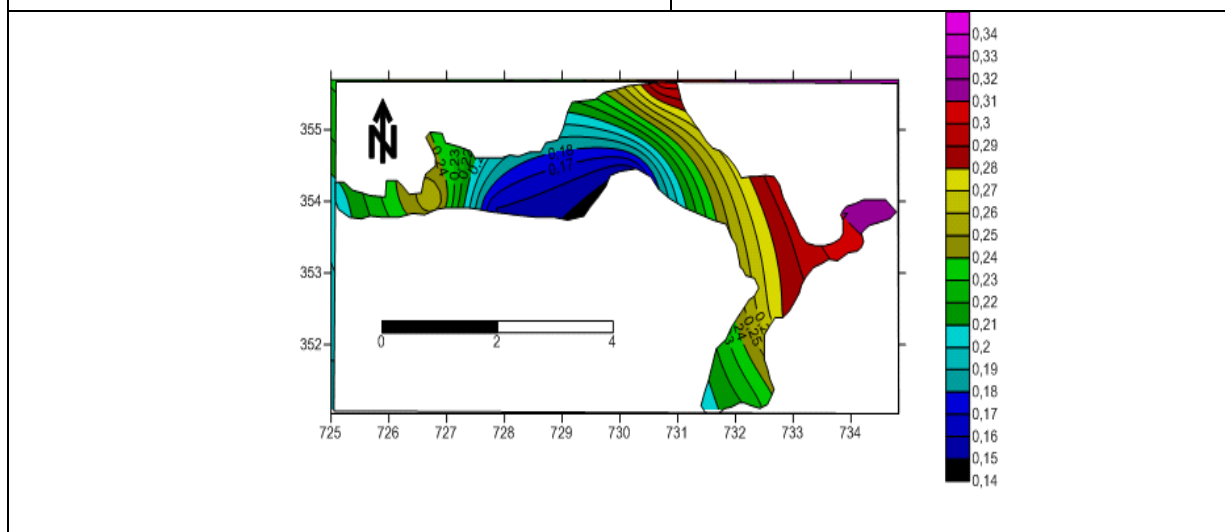
Carte des risques écologiques évalués par les indices EF pour Cr

Figure 12- Cartes des risques écologiques évalués par les indices PN, PERI pour Pb, Cd, Cr



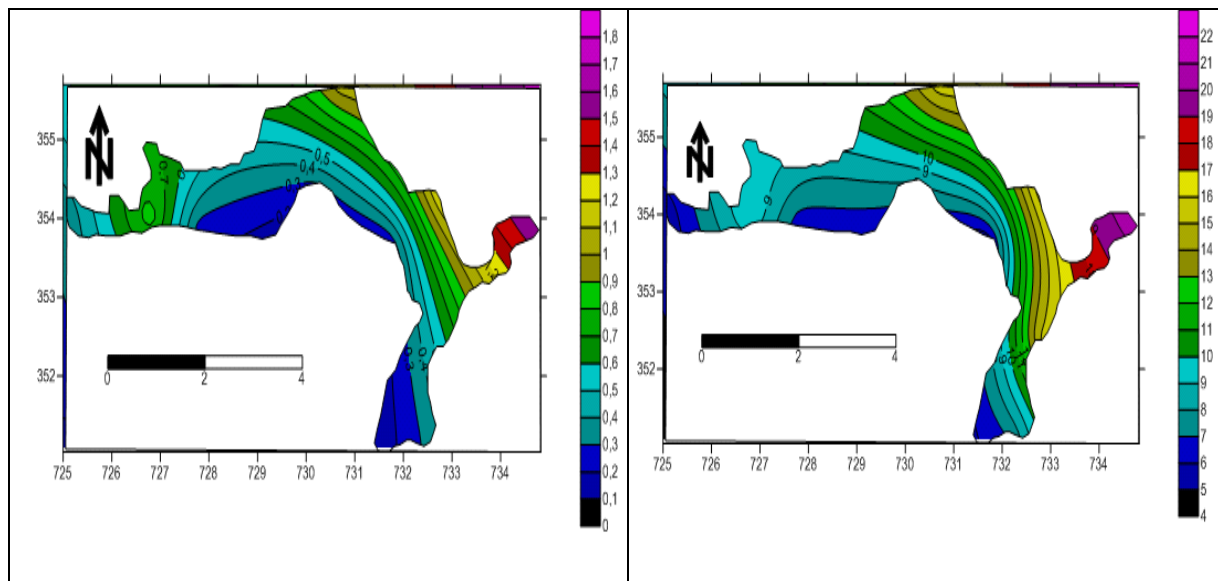
Carte des risque écologiques évalués par les indices PN ;PERI pour Pb

Carte des risques écologiques évalués par les indices PN ;PERI pour Cd



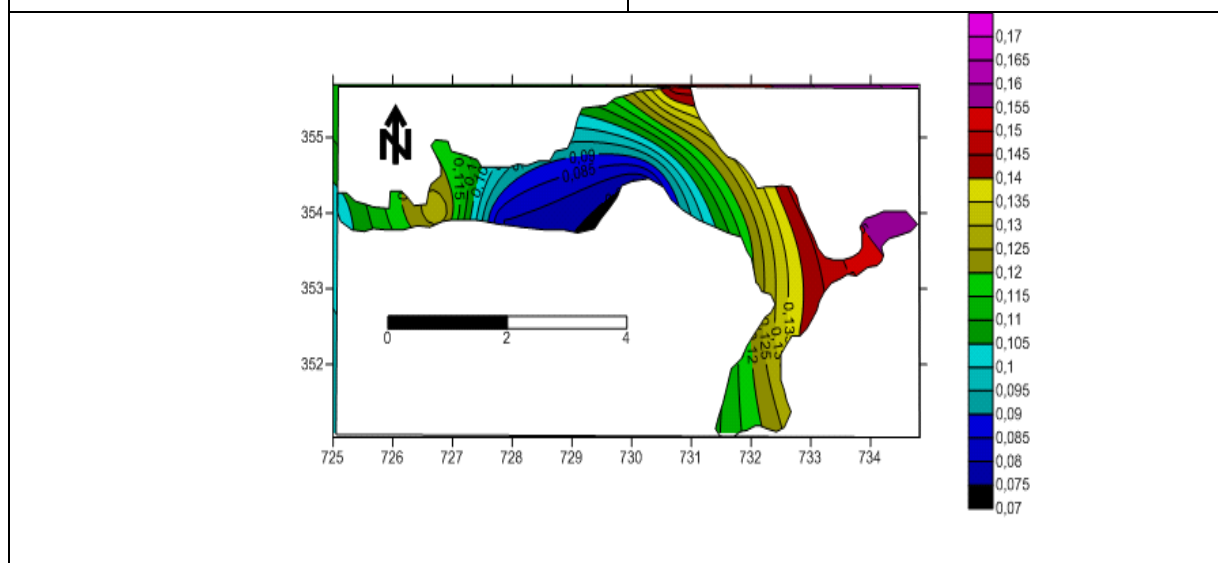
Carte des risques écologiques évalués par des indices PN ;PERI pour Cr

Figure 13- Cartes des risques écologiques évalués par les indices CF, PLI pour Pb, Cd, Cr



Carte des risques écologiques évalués par les indices CF ;PLI pour Pb

Carte des risques écologiques évalué par les indices CF ;PLI pour Cd



Carte des risques écologiques évalués par les indices CF ;PLI pour Cr

II.3. Variation de l'indice d'exposition du sol du barrage de

Kherrata :

Unité	Kg/Jour					
Equation Exposition Ingestion/ Inhalation/ Dermique	$EXPO_{ingestio} = \frac{C \times EIR \times ED \times CF}{BW \times AT}$ <p>Equation 1</p> $EXPO_{dermiqu} = \frac{C \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED \times CD}{BW \times AT}$ <p>Equation 2</p> $EXPO_{inhalati} = \frac{C \times InhR \times ET \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT}$ <p>Equation 3</p>					
ETM	Pb					
Voie d'exposition	Ingestion		Dermique		Inhalation	
Type de population exposé	Adulte	Enfants	Adulte	Enfants	Adulte	Enfant
Nature de l'eau contaminée	Sol du barrage					
P1	1.27×10^{-10}	2.04×10^{-7}	1.68×10^{-7}	1.5×10^{-7}	3.66×10^{-9}	1.12×10^{-9}
P2	1.059×10^{-9}	1.69×10^{-7}	1.39×10^{-7}	1.24×10^{-7}	3.03×10^{-9}	9.33×10^{-10}
P3	8.30×10^{-11}	1.32×10^{-7}	1.09×10^{-7}	9.74×10^{-8}	2.38×10^{-9}	7.32×10^{-10}
P4	6.67×10^{-11}	1.06×10^{-7}	8.77×10^{-8}	7.37×10^{-8}	1.91×10^{-9}	5.86×10^{-10}
P5	2.41×10^{-11}	3.86×10^{-8}	3.17×10^{-8}	2.83×10^{-8}	6.93×10^{-9}	2.13×10^{-10}
P6	2.06×10^{-11}	3.30×10^{-8}	2.71×10^{-8}	2.20×10^{-8}	5.92×10^{-9}	1.81×10^{-10}
P7	1.73×10^{-11}	2.77×10^{-8}	2.82×10^{-8}	2.03×10^{-8}	4.97×10^{-9}	1.52×10^{-10}
P8	1.25×10^{-11}	2×10^{-8}	1.46×10^{-8}	1.46×10^{-8}	3.58×10^{-9}	1.09×10^{-10}
P9	2.011×10^{-11}	3.21×10^{-8}	2.47×10^{-8}	2.35×10^{-8}	5.76×10^{-9}	1.77×10^{-10}
P10	4.43×10^{-11}	7.07×10^{-8}	5.83×10^{-8}	5.20×10^{-8}	1.27×10^{-9}	3.91×10^{-10}

Unité	Kg/Jour	
Equation Exposition Ingestion/ Inhalation/ Dermique	$EXPO_{ingestio} = \frac{C \times EIR \times ED \times CF}{BW \times AT}$ <p>Equation 1</p> $EXPO_{dermiqu} = \frac{C \times InhR \times ET \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT}$	

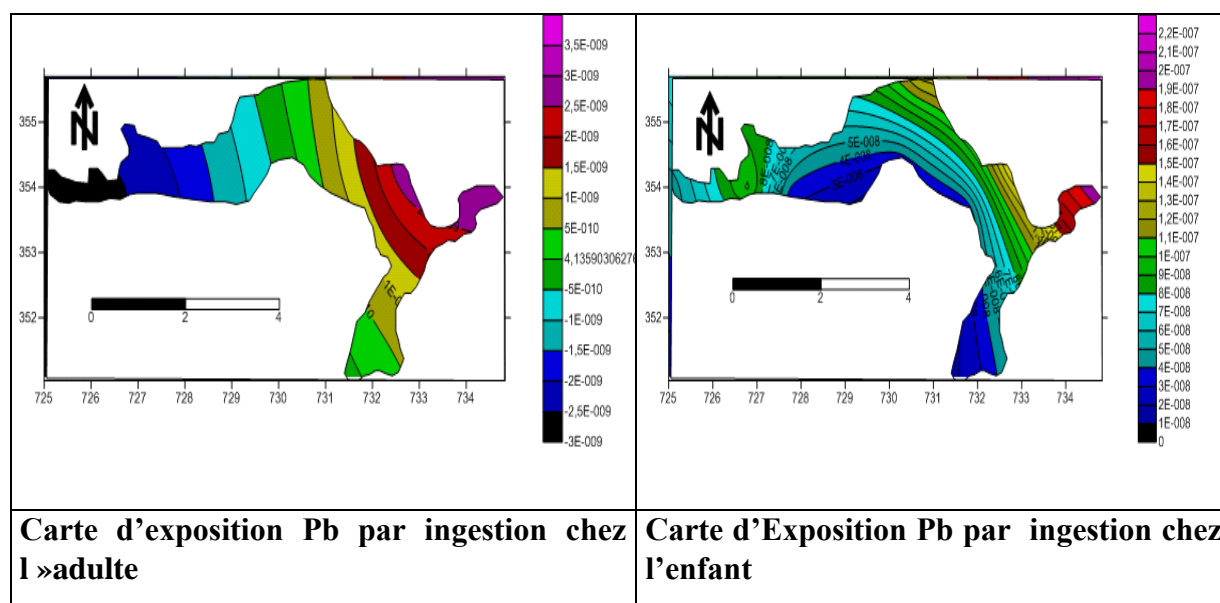
	$EXPO_{inhalati} = \frac{C \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED \times CD}{BW \times AT}$					
ETM	Cd					
Voie d'exposition	Ingestion		Dermique		Inhalation	
Type de population exposé	Adulte	Enfants	Adulte	Enfants	Adulte	Enfants
Nature de l'eau contaminée	Sol du barrage					
P1	1.21×10^{-7}	1.95×10^{-8}	1.60×10^{-8}	1.43×10^{-8}	3.49×10^{-10}	1.074×10^{-10}
P2	1.04×10^{-8}	1.66×10^{-8}	1.36×10^{-8}	1.22×10^{-8}	2.98×10^{-10}	9.18×10^{-11}
P3	1.10×10^{-8}	1.76×10^{-8}	1.44×10^{-8}	1.29×10^{-8}	3.15×10^{-10}	9.18×10^{-11}
P4	5.83×10^{-9}	9.33×10^{-9}	7.66×10^{-9}	6.84×10^{-9}	1.67×10^{-10}	2.70×10^{-11}
P5	3.03×10^{-9}	4.90×10^{-9}	4.03×10^{-9}	3.61×10^{-9}	8.78×10^{-11}	3.83×10^{-11}
P6	3.82×10^{-7}	6.12×10^{-9}	5.03×10^{-9}	4.49×10^{-9}	1.09×10^{-10}	3.37×10^{-11}
P7	4.40×10^{-9}	5.87×10^{-9}	5.78×10^{-9}	5.16×10^{-9}	1.26×10^{-10}	3.87×10^{-11}
P8	2.87×10^{-9}	4.59×10^{-9}	3.77×10^{-9}	3.36×10^{-9}	8.22×10^{-11}	2.52×10^{-11}
P9	4.17×10^{-9}	6.68×10^{-9}	5.49×10^{-9}	4.90×10^{-9}	1.19×10^{-10}	3.68×10^{-11}
P10	8.88×10^{-9}	1.42×10^{-8}	1.16×10^{-8}	1.04×10^{-8}	2.54×10^{-10}	7.82×10^{-11}

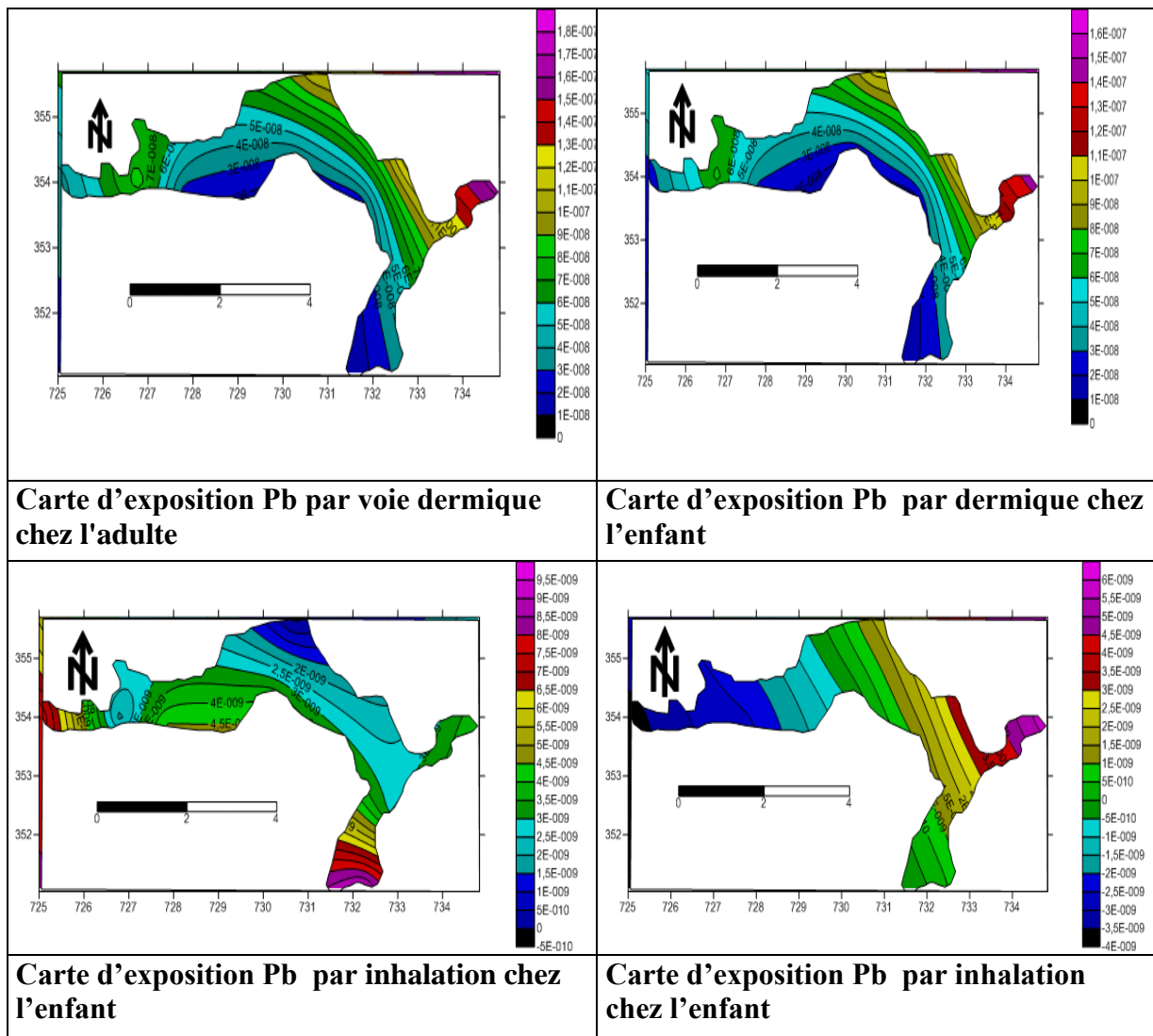
Unité	Kg/Jour		
Equation Exposition Ingestion/ Inhalation/ Dermique	$EXPO_{ingestio} = \frac{C \times EIR \times ED \times CF}{BW \times AT}$ $EXPO_{dermiqu} = \frac{C \times InhR \times ET \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT}$ $EXPO_{inhalati} = \frac{C \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED \times CD}{BW \times AT}$		
ETM	Cr		
Voie	Ingestion	Dermique	Inhalati

d'exposition					on	
Type de population exposé	Adulte	Enfants	Adulte	Enfants	Adulte	Enfants
Nature de l'eau contaminée	Sol du barrage					
P1	3.98×10^{-8}	6.37×10^{-8}	5.23×10^{-8}	4.67×10^{-8}	1.14×10^{-9}	3.50×10^{-10}
P2	3.57×10^{-8}	5.71×10^{-8}	4.69×10^{-8}	4.19×10^{-8}	1.023×10^{-9}	3.14×10^{-10}
P3	3.55×10^{-8}	5.69×10^{-8}	4.67×10^{-8}	4.17×10^{-8}	1.018×10^{-9}	3.13×10^{-10}
P4	3.08×10^{-8}	4.93×10^{-8}	4.05×10^{-8}	3.61×10^{-8}	8.95×10^{-10}	2.71×10^{-10}
P5	2.42×10^{-8}	3.87×10^{-8}	3.18×10^{-8}	2.84×10^{-8}	6.94×10^{-10}	2.13×10^{-10}
P6	2.01×10^{-8}	3.21×10^{-8}	2.64×10^{-8}	2.36×10^{-8}	5.83×10^{-10}	1.84×10^{-10}
P7	1.80×10^{-8}	2.89×10^{-8}	2.37×10^{-8}	2.12×10^{-8}	5.17×10^{-10}	1.59×10^{-10}
P8	2.64×10^{-8}	4.23×10^{-8}	3.48×10^{-8}	3.10×10^{-8}	7.59×10^{-10}	2.33×10^{-10}
P9	2.85×10^{-8}	4.56×10^{-8}	3.74×10^{-8}	3.44×10^{-8}	8.28×10^{-10}	2.51×10^{-10}
P10	3.49×10^{-8}	5.59×10^{-8}	4.59×10^{-8}	4.10×10^{-8}	1.001×10^{-9}	3.20×10^{-10}

II.4. Interprétation des cartes d'Exposition:

Figure 14- Cartes Carte d'exposition Pb par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant



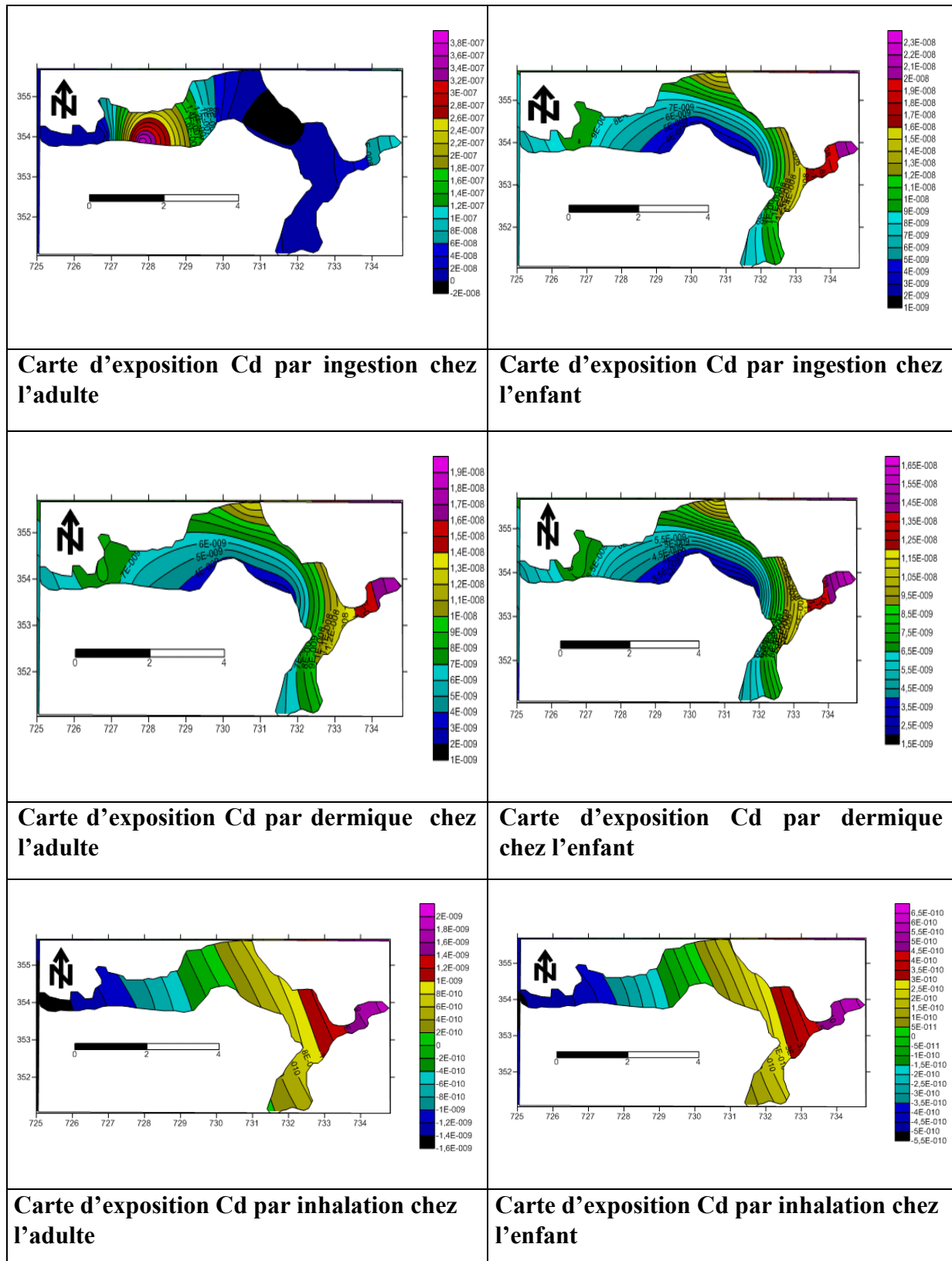


II.4.1. Le Plomb (Pb) : d'après les cartes :

- La valeur maximale de l'Exposition par voie ingestion chez l'adulte est de 1.05910^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.2510^{-11} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie ingestion chez l'enfant est de 2.0410^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 210^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie dermique chez l'adulte est de 1.6810^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.4610^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie dermique chez l'enfant est de 1.510^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.4610^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie d'inhalation chez l'adulte est de 5.7610^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.2710^{-9} kg/jour

- La valeur maximale de l'Exposition par voie d'inhalation chez l'enfant est de 1.1210^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.0910^{-10} kg/jour

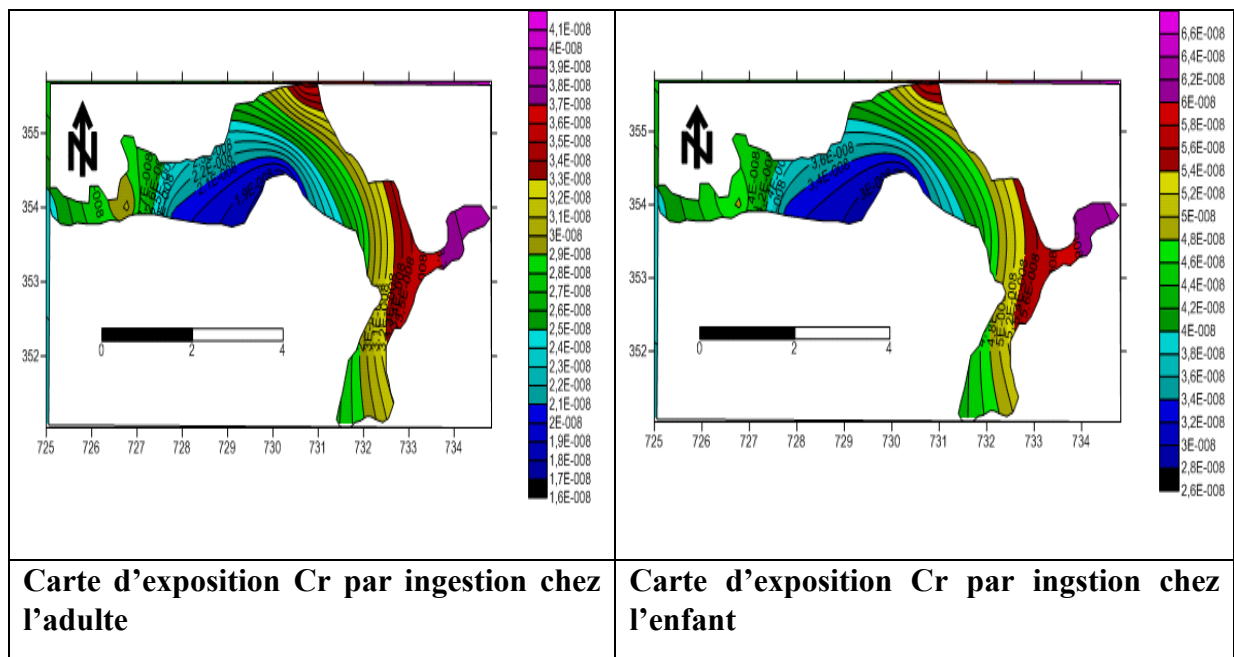
Figure 15- Cartes Carte d'exposition Cd par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant

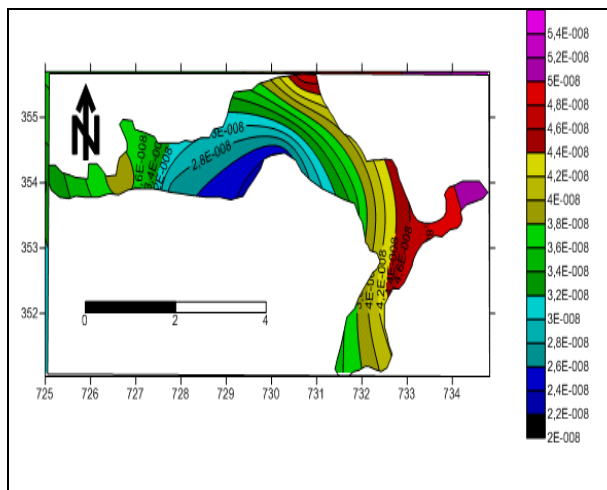


II.4.2. Le Cadmium(Cd) : d'après les cartes :

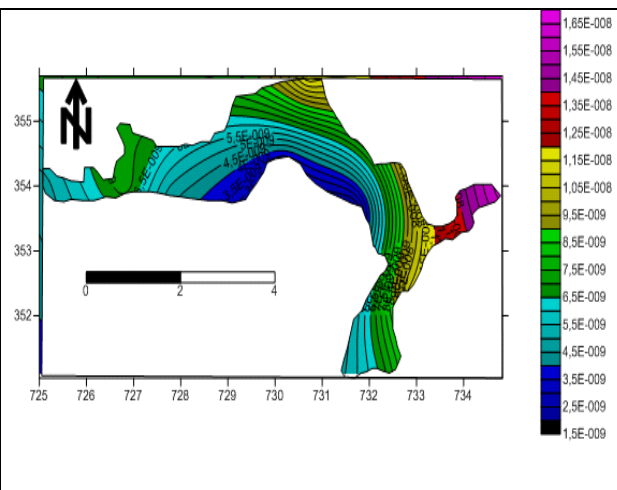
- La valeur maximale de l'Exposition par voie ingestion chez l'adulte est de 3.8210^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 2.8710^{-9} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie ingestion chez l'enfant est de 1.9510^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 4.5910^{-9} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie dermique chez l'adulte est de 1.6010^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 3.7710^{-9} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie dermique chez l'enfant est de 1.4310^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 3.3610^{-9} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie d'inhalation chez l'adulte est de 3.4910^{-10} kg/jour, et la valeur minimale est de 8.2210^{-11} kg/jour

Figure 16- Cartes Carte d'exposition Cr par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant

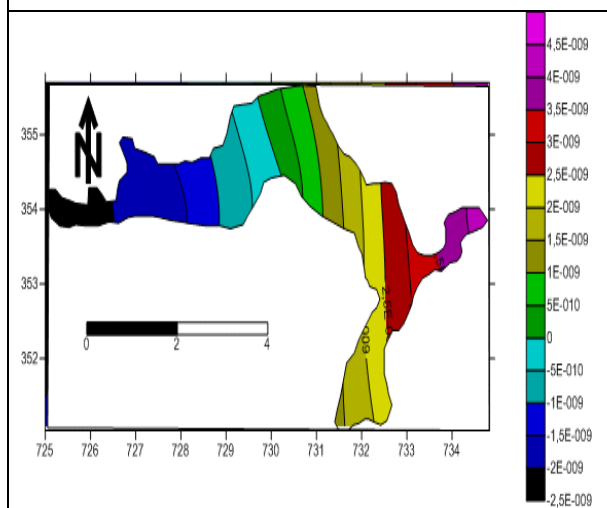




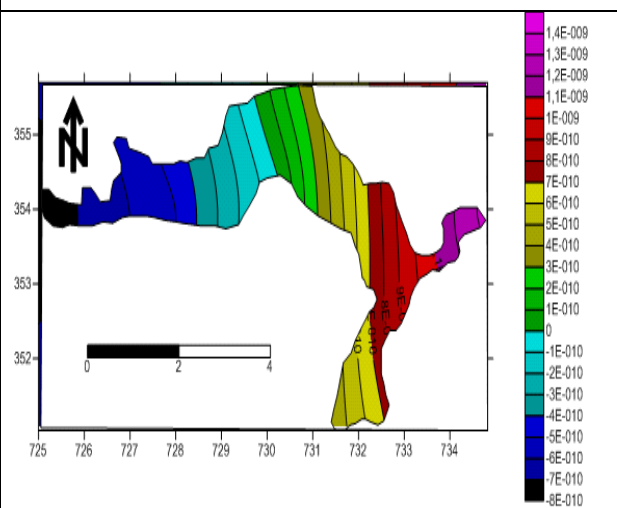
Carte d'exposition Cr par dermique chez l'adulte



Carte d'exposition Cr par dermique chez l'enfant



Carte d'exposition Cr par inhalation chez l'adulte



Carte d'exposition Cr par inhalation chez l'adulte

II.4.3. Le Chrome (Cr) : d'après les cartes :

- La valeur maximale de l'Exposition par voie ingestion chez l'adulte est de 3.9810^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.8010^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie ingestion chez l'enfant est de 6.3710^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 10^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie dermique chez l'adulte est de 5.2310^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 2.3710^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie dermique chez l'enfant est de 4.6710^{-8} kg/jour, et la valeur minimale est de 2.1210^{-8} kg/jour

- La valeur maximale de l'Exposition par voie d'inhalation chez l'adulte est de 1.1410^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 5.1710^{-10} kg/jour
- La valeur maximale de l'Exposition par voie d'inhalation chez l'enfant est de 3.5010^{-10} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.5910^{-10} kg/jour

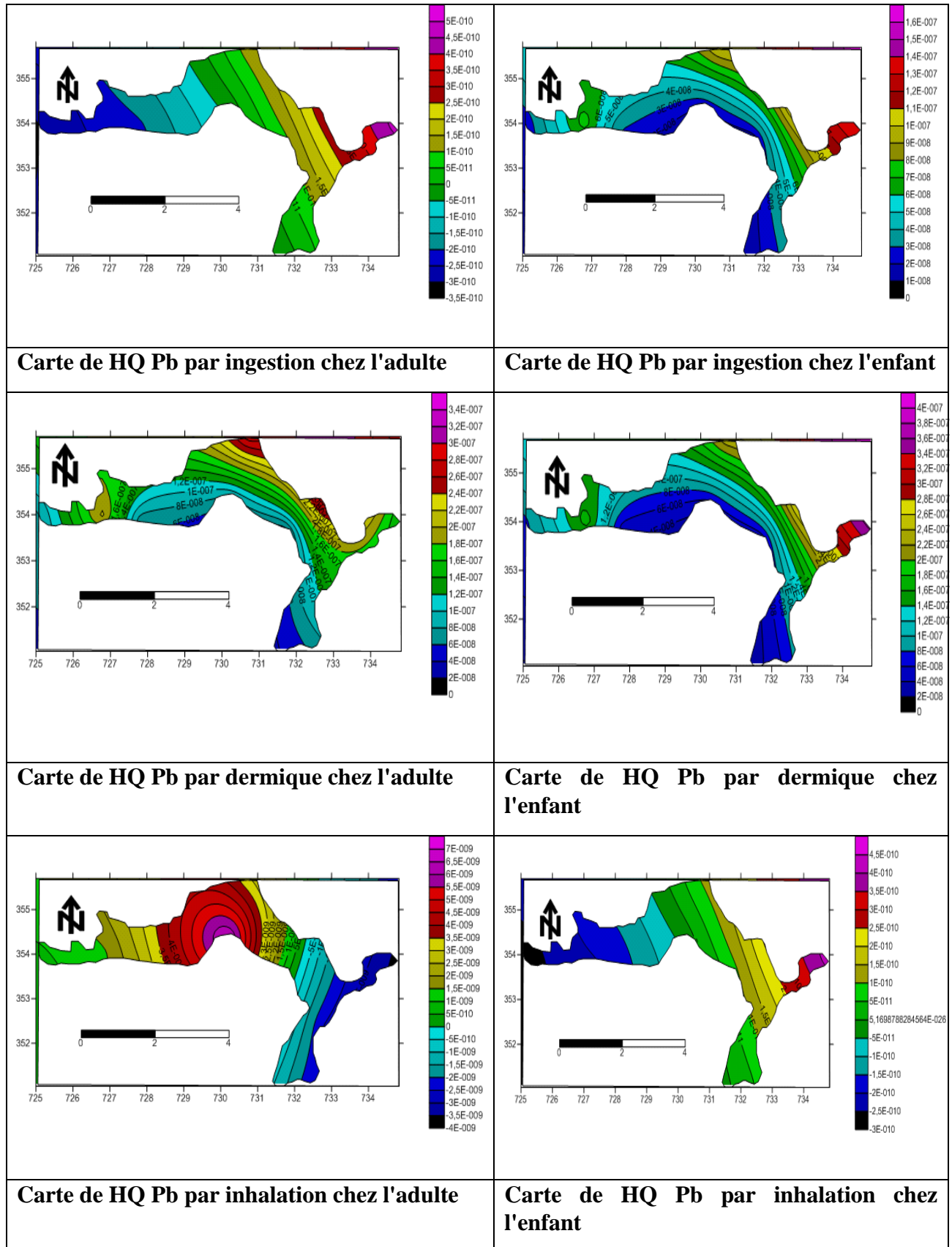
II.5. Variation d'Indice HQ des sédiments du barrage de Kherrata :

Unités	mg/Kg/jour																	
Risque non Cancérigène $HQ = exp/Rfd$									HQ : dose de référence, Rfd : référence facteur de dose									
ETM	Pb						Cd						Cr					
Voie d'ex-Position	Ingestion		Dermique		Inhalation		Ingestion		Dermique		inhalation		Ingestion		Dermique		Inhalation	
	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E	A	E
Type de population exposée																		
P1	9.0×10^{-11}	1.4×10^{-7}	0.14×10^{-6}	3.75×10^{-7}	2.61×10^{-10}	8×10^{-11}	2.42×10^{-7}	3.9×10^{-8}	5.33×10^{-8}	4.66×10^{-8}	1.16×10^{-10}	3.5×10^{-11}	1.32×10^{-7}	2.1×10^{-7}	2.61×10^{-7}	2.3×10^{-7}	2.2×10^{-9}	7×10^{-10}
P2	7.5×10^{-10}	1.2×10^{-7}	3.30×10^{-7}	2.95×10^{-7}	2.16×10^{-10}	6.66×10^{-11}	2.14×10^{-8}	3.32×10^{-8}	4.53×10^{-8}	3.66×10^{-8}	9.93×10^{-11}	3.06×10^{-11}	1.19×10^{-7}	1.9×10^{-7}	2.34×10^{-7}	2.0×10^{-8}	2.0×10^{-9}	6.2×10^{-10}
P3	5.9×10^{-11}	9.4×10^{-8}	2.95×10^{-7}	2.31×10^{-7}	1.7×10^{-10}	5.22×10^{-11}	2.2×10^{-8}	3.52×10^{-8}	4.8×10^{-8}	4.1×10^{-8}	1.05×10^{-10}	3.06×10^{-11}	1.18×10^{-7}	1.8×10^{-7}	2.08×10^{-7}	2.0×10^{-7}	2.0×10^{-9}	6.2×10^{-10}
P4	4.7×10^{-10}	7.5×10^{-7}	2.08×10^{-1}	1.75×10^{-1}	1.36×10^{-1}	4.18×10^{-1}	1.83×10^{-1}	1.86×10^{-1}	2.55×10^{-1}	6.84×10^{-1}	5.56×10^{-1}	9×10^{-12}	1.02×10^{-1}	1.6×10^{-1}	2.02×10^{-1}	1.8×10^{-1}	1.7×10^{-1}	5.4×10^{-1}

	11	8	0 ⁻⁷	7	10	11	8	8	7	8	11		7	7	7	0 ⁻⁷	9	10
P5	1.7 ×1 0 ⁻¹¹	2.7 3× 10 ⁻⁸	7. 54 ×1 0 ⁻⁸	6.73 ×10 ⁻⁸	4.95 ×10 ⁻¹⁰	1.52 ×10 ⁻¹¹	6.06 ×10 ⁻⁹	9.8 ×10 ⁻⁹	1.34 ×10 ⁻⁸	1.08 ×10 ⁻⁹	2.92 ×10 ⁻¹¹	1.27 ×10 ⁻¹¹	8.06 ×10 ⁻⁸	1.2 9× 10 ⁻⁷	1.59 ×10 ⁻⁷	1.4 2× 10 ⁻⁷	1.3 8× 10 ⁻⁹	4.2 6× 10 ⁻¹⁰
P6	1.4 7× 10 ⁻¹¹	2.3 5× 10 ⁻⁸	6. 45 ×1 0 ⁻⁸	5.23 ×10 ⁻⁸	4.22 ×10 ⁻¹⁰	1.29 ×10 ⁻¹¹	7.64 ×10 ⁻⁷	1.22 ×10 ⁻⁸	1.67 ×10 ⁻⁸	1.64 ×10 ⁻⁸	3.63 ×10 ⁻¹¹	1.12 ×10 ⁻¹¹	6.7 ×10 ⁻⁸	1.0 7× 10 ⁻⁷	1.32 ×10 ⁻⁷	1.1 8× 10 ⁻⁷	1.1 6× 10 ⁻⁹	3.6 8× 10 ⁻¹⁰
P7	1.2 3× 10 ⁻¹¹	1.9 7× 10 ⁻⁸	6. 71 ×1 0 ⁻⁸	4.83 ×10 ⁻⁸	3.5 ×10 ⁻⁹	1.08 ×10 ⁻¹¹	8.8 ×10 ⁻⁹	1.17 ×10 ⁻⁸	1.92 ×10 ⁻⁸	1.72 ×10 ⁻⁸	4.2 ×10 ⁻¹¹	1.29 ×10 ⁻¹¹	6×1 0 ⁻⁸	9.6 3× 10 ⁻⁸	1.18 5×1 0 ⁻⁷	1.0 6× 10 ⁻⁷	1.0 3× 10 ⁻⁹	3.1 8× 10 ⁻¹⁰
P8	8.9 2× 10 ⁻¹²	1.4 2× 10 ⁻⁸	3. 47 ×1 0 ⁻⁸	3.47 ×10 ⁻⁸	2.55 ×10 ⁻¹⁰	7.78 ×10 ⁻¹²	5.74 ×10 ⁻⁹	2.29 ×10 ⁻⁹	1.25 ×10 ⁻⁸	1.12 ×10 ⁻⁸	2.47 ×10 ⁻¹¹	8.4 ×10 ⁻¹²	8.08 ×10 ⁻⁸	1.4 1× 10 ⁻⁷	1.74 ×10 ⁻⁷	1.5 5× 10 ⁻⁷	1.5 1× 10 ⁻⁹	1.1 6× 10 ⁻⁹
P9	1.4 3× 10 ⁻¹¹	2.2 9× 10 ⁻⁸	5. 88 ×1 0 ⁻⁸	5.59 ×10 ⁻⁸	4.11 ×10 ⁻¹⁰	1.77 ×10 ⁻¹¹	2.28 ×10 ⁻⁹	1.33 ×10 ⁻⁸	1.98 ×10 ⁻⁸	1.63 ×10 ⁻⁸	3.96 ×10 ⁻¹¹	1.22 ×10 ⁻¹¹	9.5 ×10 ⁻⁸	1.5 2× 10 ⁻⁷	1.87 ×10 ⁻⁷	1.7 2× 10 ⁻⁷	1.6 5× 10 ⁻⁹	5.0 2× 10 ⁻⁹
P10	3.1 6× 10 ⁻¹¹	5.5 ×1 0 ⁻⁸	1. 38 ×1 0 ⁻⁷	1.23 ×10 ⁻⁷	9.07 ×10 ⁻¹¹	2.79 ×10 ⁻¹¹	1.77 ×10 ⁻⁸	2.8 ×10 ⁻⁸	3.86 ×10 ⁻⁸	3.46 ×10 ⁻⁸	8.46 ×10 ⁻¹¹	2.60 ×10 ⁻¹¹	1.16 ×10 ⁻⁷	1.8 6× 10 ⁻⁷	2.05 ×10 ⁻⁷	2.0 5× 10 ⁻⁷	0.0 02 ×1 0 ⁻⁹	6 .4 × 10 ⁻¹⁰
HI	1.0 5× 10 ⁻⁹	5.9 7× 10 ⁻⁷	1. 39 ×1 0 ⁻⁶	1.46 ×10 ⁻⁶	5.95 ×10 ⁻⁹	3.09 ×10 ⁻⁹	1.08 ×10 ⁻⁶	2.03 ×10 ⁻⁷	5.21 ×10 ⁻⁷	2.89 ×10 ⁻⁷	6.29 ×10 ⁻¹⁰	2.19 ×10 ⁻¹⁰	9.70 ×10 ⁻⁷	1.5 6× 10 ⁻⁶	1.88 ×10 ⁻⁶	1.5 3× 10 ⁻⁶	1.4 8× 10 ⁻⁸	1.0 36 ×1 0 ⁻⁸

II.6. Interprétation des cartes de HQ :

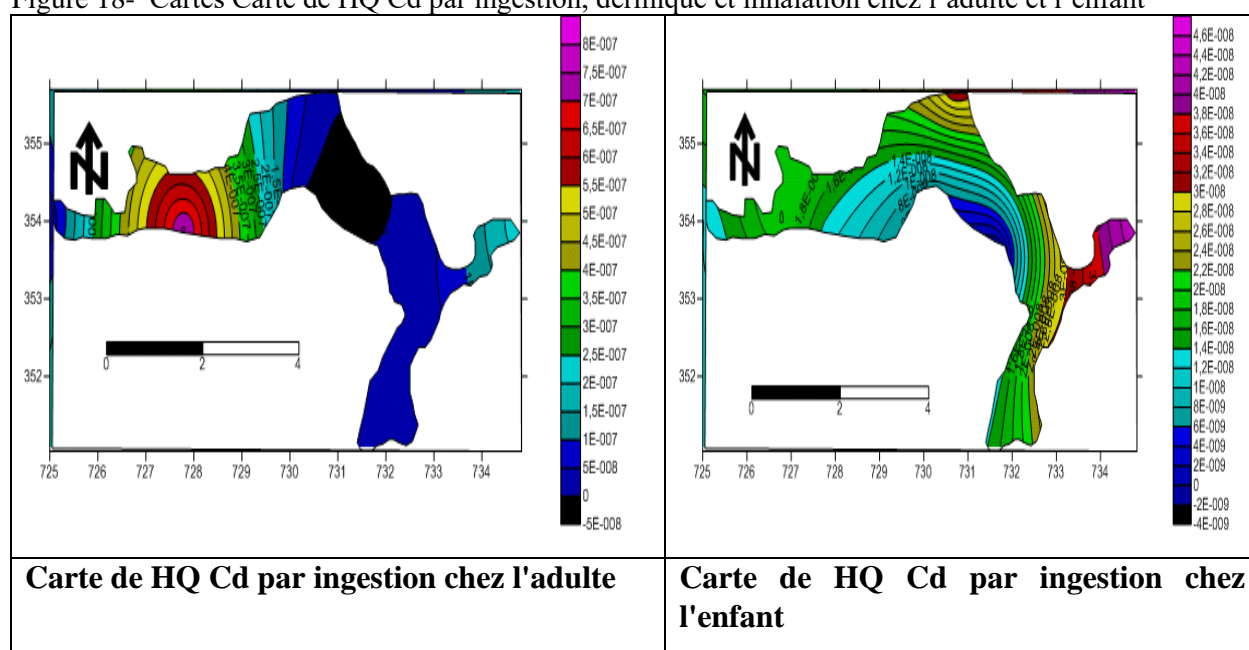
Figure 17- Cartes Carte de HQ Pb par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant

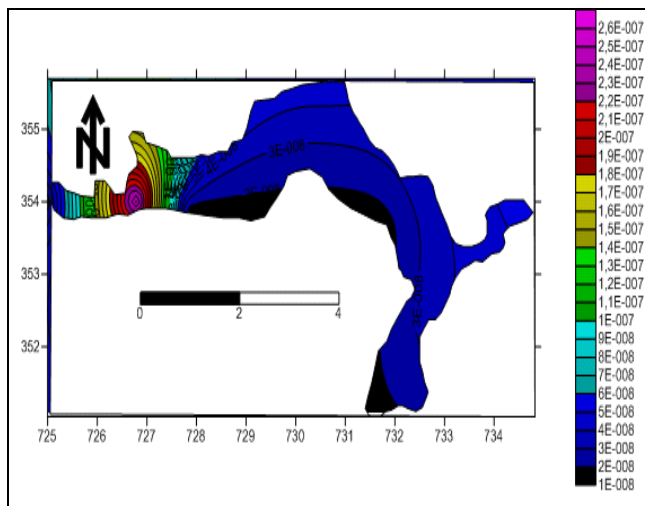


II.6.1. Le Plomb (pb) : d'après les cartes :

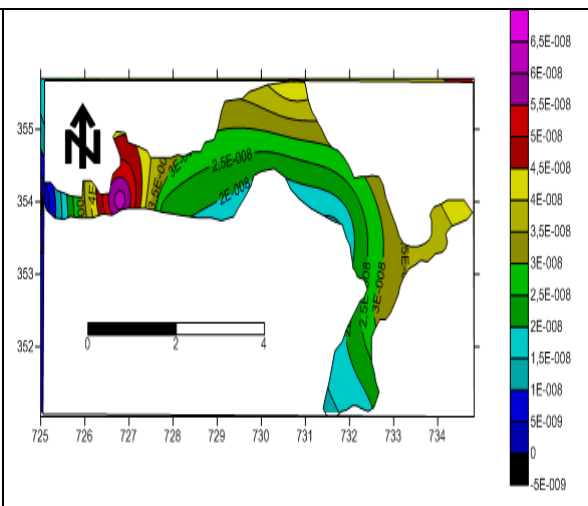
- La valeur maximale de HQ par voie ingestion chez l'adulte est de 7.5610^{-10} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.2310^{-11} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie ingestion chez l'enfant est de 1.4510^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.4210^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie dermique chez l'adulte est de 0.1410^{-6} kg/jour, et la valeur minimale est de 3.4710^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie dermique chez l'enfant est de 3.7510^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 3.4710^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie d'inhalation chez l'adulte est de 3.510^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 9.0710^{-11} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie d'inhalation chez l'enfant est de 810^{-11} kg/jour, et la valeur minimale est de 2.7910^{-11} kg/jour

Figure 18- Cartes Carte de HQ Cd par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant

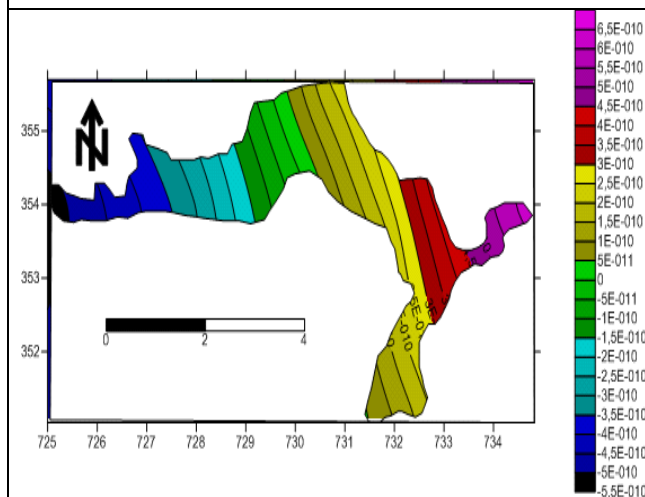




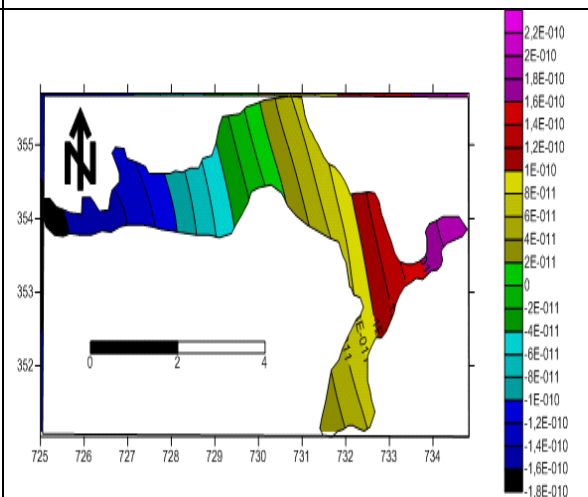
Carte de HQ Cd par dermique chez l'adulte



Carte de HQ Cd par dermique chez l'enfant



Carte de HQ Cd inhalation chez l'adulte



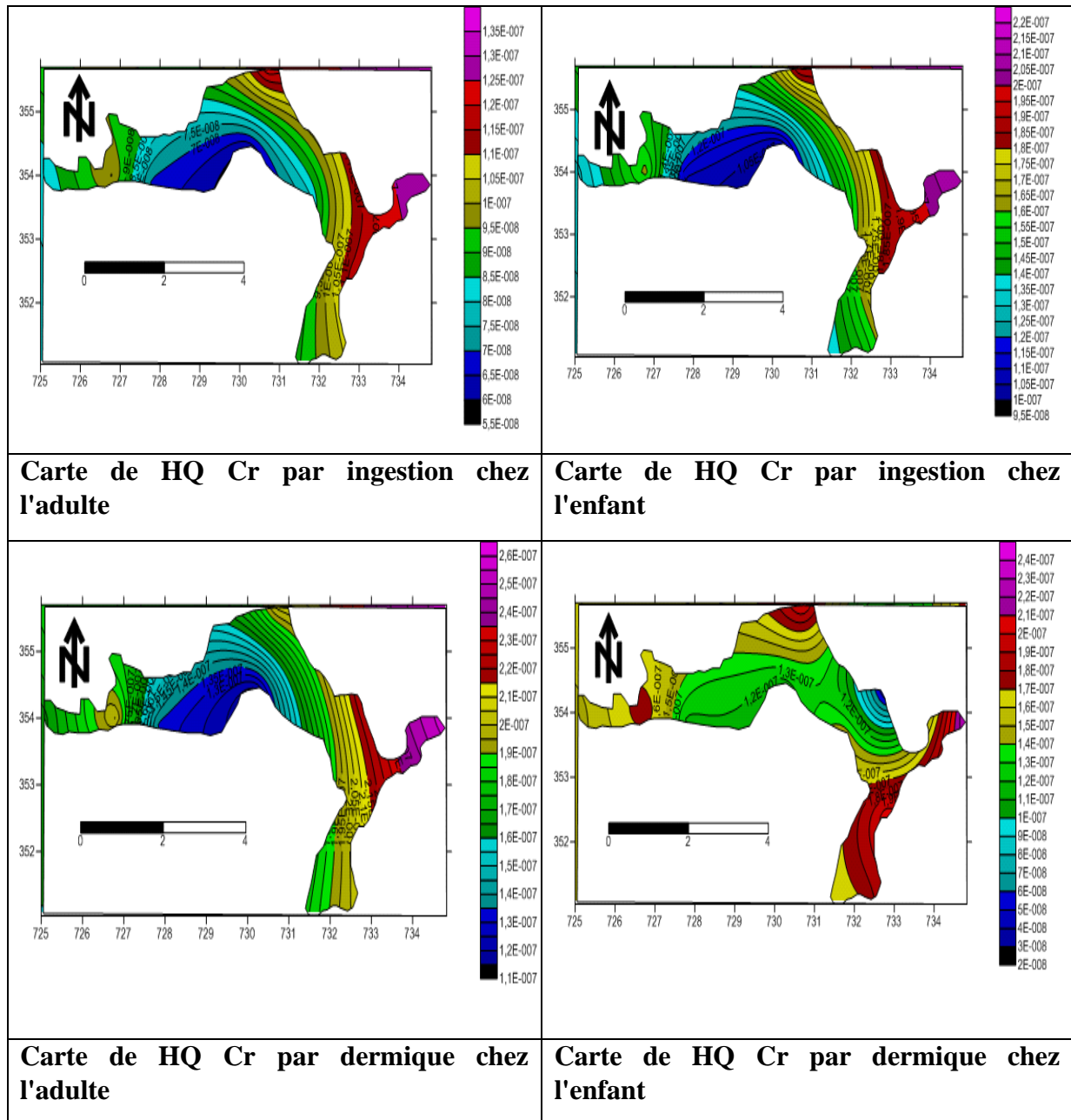
Carte de HQ Cd par inhalation chez l'enfant

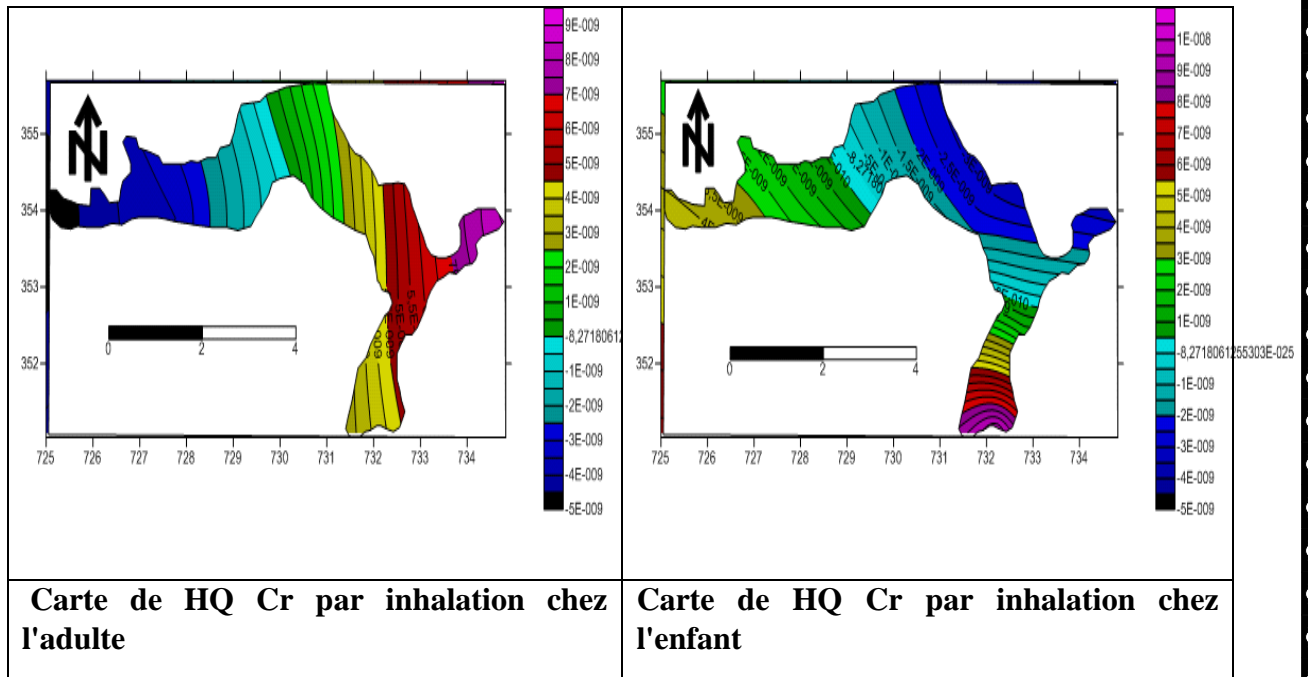
II.6.2. Le Cadmium (Cd) : d'après les cartes

- La valeur maximale de HQ par voie ingestion chez l'adulte est de $7.64 \cdot 10^{-7}$ kg/jour, et la valeur minimale est de $2.28 \cdot 10^{-9}$ kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie ingestion chez l'enfant est de $3.9 \cdot 10^{-8}$ kg/jour, et la valeur minimale est de $2.29 \cdot 10^{-9}$ kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie dermique chez l'adulte est de $2.55 \cdot 10^{-7}$ kg/jour, et la valeur minimale est de $1.34 \cdot 10^{-8}$ kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie dermique chez l'enfant est de $6.84 \cdot 10^{-8}$ kg/jour, et la valeur minimale est de $1.08 \cdot 10^{-9}$ kg/jour

- La valeur maximale de HQ par voie d'inhalation chez l'adulte est de 1.1610^{-10} kg/jour, et la valeur minimale est de 2.4710^{-11} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie d'inhalation chez l'enfant est de 3.510^{-11} kg/jour, et la valeur minimale est de 910^{-12} kg/jour

Figure 19- Cartes Carte de HQ Cr par ingestion, dermique et inhalation chez l'adulte et l'enfant



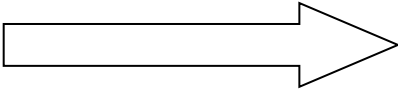
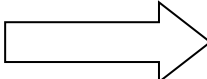


II.6.3. Le Chrome (Cr) : d'après les cartes

- La valeur maximale de HQ par voie ingestion chez l'adulte est de 1.3210^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 610^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie ingestion chez l'enfant est de 2.1210^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 9.6310^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie dermique chez l'adulte est de 2.6110^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 1.18510^{-7} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie dermique chez l'enfant est de 2.3310^{-7} kg/jour, et la valeur minimale est de 2.0910^{-8} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie d'inhalation chez l'adulte est de 2.2810^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 0.00210^{-9} kg/jour
- La valeur maximale de HQ par voie d'inhalation chez l'enfant est de 5.0210^{-9} kg/jour, et la valeur minimale est de 3.1810^{-10} kg/jour

II.6. Comparaison entre les valeurs de dose HQ et les valeurs limites :

On a HQ :

- $HQ \geq 1$  le métal à risque cancérigène.
- $HQ < (X \times 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4} \dots 10^{-n})$  le métal à risque non cancérigène.

Après avoir comparé les résultats obtenus du calcul des HQ avec les normes aux valeurs cancérigène et non cancérigène on a trouvé que :

La contamination dans le sol est : $Pb > Cd > Cr$

Résultats

RNC : à risque non cancérigène

RC : à risque cancérigène

Table 7 – tableau des risques cancérigène et non cancérigène

Voie d'exposition	Voie ingestion		Voie dermique		Voie inhalation	
	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Pb	RNC	RNC	RNC	RNC	RNC	RNC
Cd	RNC	RNC	RNC	RNC	RNC	RNC
Cr	RNC	RNC	RNC	RNC	RNC	RNC

II.7. Discussion des risques cancérigènes des métaux lourds :

L'impact sur la santé des métaux lourds dépend de leurs formes chimiques, de leur concentration, de leur biodisponibilité et de leur passage dans les chaînes alimentaires. Certains éléments n'ont aucun rôle dans le maintien de l'homéostasie de l'organisme et sont directement toxiques, tel que les métaux qu'on a utilisé dans notre étude (Plomb, Cadmium, Chrome)

Le mode d'absorption des métaux lourds par l'organisme vivant et la nature de l'espèce chimique de ces derniers déterminent leur toxicité et les risques au cancer qu'ils causent.

D'après les résultats qu'on a obtenus dans notre étude on déduit que l'effet cancérigène des métaux lourds étudiés sur l'organisme se fait par métabolisme et se varie selon le mode d'absorption (ingestion, dermique, inhalation) et aussi selon l'âge (adulte, enfant).

II.8. D'autres risques sanitaires :

Les métaux lourds se stockent principalement dans les os, le foie, les reins et le cerveau. "Chez l'homme, ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires. Certains, comme le cadmium, l'arsenic, et le chrome sont cancérigènes". Une exposition à de fortes doses de métaux lourds est donc impliquée dans de nombreuses pathologies sévères comme la sclérose en plaque, maladie d'Alzheimer et de Parkinson, les cancers du poumon, des voies respiratoires et digestives ou encore l'insuffisance rénale. Ils pourraient même jouer un rôle dans le déclenchement de troubles psychologiques et neurologiques comme l'autisme.

Conclusion

On a présenté dans notre étude toutes les caractéristiques du bassin versant de Kherrata : sa situation géographique, ses caractéristiques physico-géographiques, ses caractéristiques morphométriques et hydrographiques, ainsi que sa géologie, à l'aide des cartes géologiques hydrologiques et topographiques de la région. Cela pour but d'étudier les métaux lourds existants dans la région et leur impacte sur la santé humaine.

Afin de faire une étude sur les risques que les métaux lourds peuvent causer à la santé humaine, on a fait des analyses de 10 échantillons prélevés dans des stations différentes de la région d'étude.

D'après les résultats des analyses qu'on a effectuées on conclue que la contamination des métaux lourds $Pb > Cd > Cr$, et plus que les trois métaux existants dans le sol du barrage de Kherrata sont à risque non cancérigène, donc leur impacte n'est pas dangereux sur la santé humaine.

Recommandations

Installation des stations d'épuration

Contrôle et application des pesticides

Contrôle des décharges publiques

Contrôle du trafic routier

Suivit dans les hôpitaux de la maladie du cancer chez chaque catégorie d'âges

Bibliographie

- [1] <http://www.ineris.fr/substances/fr/>. Dernière visite le 02/09/2017).
- [2] Achour S, 2001. Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de composés organiques et minéraux des eaux naturelles. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences Hydrauliques. Université de Tizi-Ouzou, Algérie. 231 p
- [3] Anonyme, 2007. Britannica Encyclopedia. Sociedad Comercial y Editorial santiago Ltda, Lima, 2800 pp.
- [4] Anonyme, 2015. Chrome et composés. EMC - Pathologie professionnelle et de l'environnement; 10(3) :1-11.
- [5] Baali F, 2012. cartographie sous logiciel surfer de la pluviométrie de la région Provence alpes cote d'Azur entre 1967 et 1997 et de la température du département du Alpes maritimes entre 1971 et 1990. Projet d'ingénierie .Ecole polytechnique de l'université de Nice sophia Antipolis. 21p.
- [6] Benoit G. et Rozan T.F, 1999. The influence of size distribution on the particle concentration effect and trace metal partitioning in rivers. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63(1) :113- 127.
- [7] Benito V, Devesa, V, Munoz, O, Suner, M.A, Montoro, R, Baos, R, Hiraldo, F, Ferrer, M, Fernandez, M et Gonzalez, M.J, 1999. Trace elements in blood collected from birds feeding in the area around Donana National Park affected by the toxic spill from the Aznalcollar mine. *Science of the Total Environment*, 242(1-3) : 309-323.
- [8] Bendada K. et Boulakradeche M. W, 2011. Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds. Mémoire : Université Houari Boume- diene, 73 p.
- [9] Boudoukha, Abderrahmane, Mohamed Zine Belhadj, et Rachid Benkadja, 2012. « Impact d'une pollution anthropique et d'une contamination naturelle sur la qualité des eaux du barrage de Zit Emba. Est algérien » *La Houille Blanche*, no 4 75 (octobre) : 34 41. doi :10.1051/lhb/2012028
- [10] Callender E, (2003). Heavy Metals in the Environment-Historical Trends. In : B.S. Lollar (Ed.), *Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry*. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 67-105.
- [11] Casas S, (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus Galloprovincialis*, en milieu

méditerranéen. Thèse : Océanologie biologique, Environnement marin : université du sud Toulon Var, 363 p.

- [12] Coble PG,(1996). Caractérisation of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation- emission matrix spectroscopy. *Marine chemistry* ;51:325-346
- [13] DAJOZ R, (1971). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 434p
- [14] Gravelius. H,(1914). Grundrifi der gesamten Gewässerkunde, Band 1 : h'lufikunde (Compen- dium of Hydrology', vol. 1 : Rivers, in German). Goschen, Berlin, Germany. Goyer, R.A, 1990. Transplacental transport of lead. *Environmental Health Perspectives*, 89 : Pages : 101- 105.
- [15] Goyer R.A et Clarkson T.W,(2001). Toxic effects of metals. In : D.C. Klassen (Ed.), Casarett and Doull's Toxicology : the Basic Science of Poisons. McGraw-Hill, New York, pp. 811 ?868.
- [16] Hamdani A,(2012). Évolution géomorphologique et morphodynamique du bassin versant de Oued Agrioun à l'amont du Barrage de Ighil Emda (Région de Kherrata) .
- [17] Hem J.D, (1972). Chemistry and occurrence of cadmium and zinc in surface water and ground water. *Water Resources Research*, 8 : 661-679.
- [18] Hem J.D, (1976). Geochemical controls on lead concentrations in stream water and sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40(6) : 599-609.
- [19] Hurlbut Jr, C.S et Klein C, (1982). *Manual de Mineralogía de Dana*, Editorial Reverté, Barce- lona, 564 pp.
- [20] Keegan GM, Learmonth ID, Case C(2008). A systematic comparison of the actual, poten- tial,and theoretical health effects of cobalt and chromium exposures from industry and surgi- calimplants. *Critical reviews in toxicology*. 38 : 645?674)
- [21] Li, Y.H, Burkhardt, L. et Teraoka, H,(1984). Desorption and coagulation of trace elements during estuarine mixing. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 48(10) : 1879-1884.
- [22] Lum R.R, (1987). Cadmium in freshwaters : the Great Lakes and St. Lawrence River. In : J.O. Nriagu et J.B. Sprague (Eds.), *Cadmium in the Aquatic Environment*. Wiley, New York, pp. 35-50.
- [23] MADJI A. et MAOUCHE A,(2008). Contribution à l'étude des oiseaux de l'Embouchure de l'Oued Agrioun (Bejaïa). Mémoire de fin d'étude en biologie et physiologie animale. Université de Béjaïa, 60 p.
- [24] Mahan B.H, (1987). *Química. Curso Universitario. Fondo Educativo*

- Interamericano S. A. Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 67- 105.
- [25] MOLENAT J, DORIOZ J.M, GACUEL C, GRUAU G,(2011). Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : natures, sources et mécanismes de transfert Territ Eau - Agro- Transfert Bretagne.
- [26] Nriagu, J.O, (1974). Lead orthophosphates-IV Formation and stability in the environment.
Geochimica et Cosmochimica Acta, 38(6) : 887-898.
- [27] Plumlee, G.S et Ziegler, T.L, (2003). The medical geochemistry of dust, soils and other earth materials. In : B.S. Lollar (Ed.), Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 264-310.
- [28] Ramade F, (1984) : Eléments d'écologie-écologie fondamentale. Ed Mac Graw-Hill. Paris, 397p [29]RAYMOND D, 1990. Le traitement des eaux .Ed Ecole polytechnique de Montréal, revue, p 3-4.
- [30]Remini B, (1995) .envasement du Barrage d'Ighil Emda (Algérie;thèse de doctorat; Institut de génie rurale, Université de Blida.
- [31]Remini B, (1990). «Etude du mécanisme de l'envasement ». Thèse de Magister Ecole Nationale Polytechnique, Alger
- [32]RODIER J, (1984). Analyse de l'eau : Eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 7ème édition DUNOD Paris, 1353 p.
- [33]RODIER J, BAZINC C, BROUTIN JP, CHAMBON P, CHANPSAUR H, RODI L, 1996.
L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7ème Edition DUNOD Paris,P1117.
- [34]RODIER, (1996). Agence des Bassins Hydrographique-CSM 2000 description de la région d'étude
- [35]RODIER J, (1996). Analyse de l'eau : Eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 8ème édition.DUNOD Paris, 1400 p.
- [36]RODIER J, LEGUBE B, MERLET N, 2009. L'analyse de l'eau.9ème Edition, DUNOD Paris p50.
- [37]SAOU H et KHALIFA D, (1992). Alimentation en eau potable du village Melbou. Thèse d'ingénieur d'état en hydraulique. Université de Béjaia, 136 p.
- [38]Seltzer R, (1946) . Le climat de l'Algérie. int. Ephys du globe, Uni.D'Algérie, p219.

[39]THOMAS O.(1998). Métrologie des eaux résiduaires. Edition CEBEDOC
sprl, pp 51-53-55

[40]VILAGINES R, (2003). Eau, environnement et santé 2ème Edition
Médicale internationales,
Lavoisier, p71.

Annexe :

Paramètre	unité	Adulte	Enfant
IR	MG/JOUR	100	200
EF	JOUR/AN	3/2	3/2
ED	ANNEE	35	6
BW	KG	70	15
ATNC	JOURS	365×35	365×6
ATC	JOURS	365×70	365×70
CF	MG/JOUR	10	10
SA	Cm ²	6032	2373
AF	MG CM ⁻²	0.07	0.2
ABS	SANS UNITE	0.001	0.001
INHR	M ³ H ⁻¹	1.56	1.2
ET	H JOUR ⁻²	8	4
PEF	M ³ KG	1.36×10 ⁻¹	1.36×10 ⁻¹

Igeo :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
Igeo	Déterminer l'étendu de la contamination du sol a partir de la comparaison de la concentration de l'élément dans l'échantillon de sil et tige croute continental (UCC).	$Igeo = \log_2 \left[\frac{Cn}{1.5 \times Bn} \right]$	<p>$Igeo \leq 0 \Rightarrow$ pas de contamination</p> <p>$0 < Igeo \leq 1 \Rightarrow$ c contamination faible</p> <p>$1 < Igeo \leq 2 \Rightarrow$ contamination modéré</p> <p>$2 < Igeo \leq 3 \Rightarrow$ contamination peu eleve</p> <p>$3 < Igeo \leq 4 \Rightarrow$ contamination très elve</p> <p>$Igeo > 5 \Rightarrow$ contamination extrême</p>

CN = La concentration de l'élément

BN : la concentration de référence de l'élément le plus utilisé

EF :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
EF	Standardise la concentration	$EF = \frac{\text{Facteur.Enrechissement}}{EF = \frac{Cn_{\text{Sample}}/Fe_{\text{Sample}}}{Cn/Fe_{\text{Crant}}}}$	$0 < EF < 1 \Rightarrow$ pas de contamination

de l'élément
contre un
élément de
référence dans
le sol et l'
UCC.

$1 < EF < 3 \Rightarrow$ c
contamination faible
 $3 < EF < 5 \Rightarrow$ enrichissement
 $5 < EF < 10 \Rightarrow$
enrichissement

CF :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
CF	Représente l'effet ou la contribution d'un élément individuel dans la contamination du sol.	$CF = \frac{Cn}{Bn}$	$CF < 1 \Rightarrow$ contamination faible $1 < CF < 3 \Rightarrow$ contamination moyenne $3 < CF < 6 \Rightarrow$ contamination faible $CF > 6$ contamination tres faible

C_n = La contribution de l'élément dans la contamination du sol

PLI :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
PLI	Le produit de CF dans l'échantillon de sol	$PLI = (CF_1 \times CF_2 \times CF_3 \times CF_4 \times \dots \times CF_n)^{1/n}$	$PLI > 1 \Rightarrow$ présence [de contamination $PLI < 1 \Rightarrow$ pas de pollution

DC :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
DC	La somme de cf de huit éléments (Cr ; Me ; Fe ; Ni ; Cu ; Zn ; Rb ; Sr) considérés pour l'étude c.-à-d. le cumulatif des métaux lourds dans la contamination du sol .	DC=	$DC < 8 \Rightarrow$ contamination faible $8 < DC < 16 \Rightarrow$ contamination moyenne $16 < DC < 32 \Rightarrow$ contamination faible $DC > 31 \Rightarrow$ contamination

très faible

PCI :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
PCI	Utilisé dans les écosystèmes forestiers ou les métaux lourds existents sous forme de mélange complexe avec variabilité spatio-temporelle	$PCI = C_n^{max} / B_n$	PCI < 1 => contamination faible 1 < PCI < 3 => contamination moyenne PCI > 3 => contamination très faible

Utilise dans le cas d'un écosystème

PERI :

Indices	Information	Equations	Pollution Classification
PERI	Fournit une indication de contamination majeure et agents et l'identification des sites et les études pourraient prioriser .utiliser pour évaluer le degré de contamination élémentaire en réponse à leur et toxique ou risqué pour l'environnement.	$P_n = T_n \cdot C F_n$	PN < 40 => risque écologique potentiel faible . 40 < PN < 80 => risque écologique raisonnable . 82 < PN < 160 => risque écologique considérable. 160 < PN < 320 => risque écologique élevé. PN > 320 => risque écologique très élevé.

Détermination de l'élément majeur de contamination par l'identification du site

Igéó :

Station	Igeo		
	Pb	Cd	Cr
P1	10.81	3.809	-3.145
P2	-0.148	3.56	-3.302
P3	-0.498	3.64	-3.306
P4	-0.81	2.72	-3.306
P5	-0.790	1.80	-3.860
P6	-2.505	2.11	-4.130
P7	-2.756	2.49	-4.28
P8	-3.231	1.70	-3.733
P9	-2.545	2.246	-3.627
P10	-1.403	3.334	-3.331

EF, DC, PCI, DC/100 :

Station	EF		
	Pb	Cd	Cr
S1	2.056	2.61×10^{-3}	0.21
S2	0.21	2.76×10^{-3}	0.23
S3	3.779	6.60×10^{-3}	0.533
S4	0.158	1.84×10^{-3}	0.24
S5	0.62	8.84×10^{-4}	0.174
S6	0.41	1.02×10^{-3}	0.133
S7	0.353	1.19×10^{-3}	0.122
S8	0.28	8.67×10^{-3}	0.20
S9	0.43	1.20×10^{-3}	0.206
S10	0.922	2.46×10^{-3}	0.24
DC	6.661	130.308	1.212
DCM/10	0.666	13.03	0.1212
PCI	0.040	69.26	0.0013

PN ; PERI :

Station	PN		
	Pb	Cd	Cr
S1	8.165	623.4	0.32
S2	6.765	532.5	0.304
S3	5.3	562.2	0.31
S4	4.25	297.9	0.26
S5	1.5	156.6	0.2
S6	1.32	195.6	0.16

S7	1.1	225	0.14
S8	0.795	149.7	0.24
S9	1.828	213.3	0.22
S10	2.83	453.6	0.28
PERI	33.305	3409.8	2.434

CF ; PLI :

Station	CF = CM/BM		
	Pb	cd	Cr
S1	1.633	20.78	0.16
S2	1.353	17.75	0.152
S3	1.06	15.74	0.15
S4	0.85	9.93	0.13
S5	0.30	5.22	0.10
S6	0.264	6.52	0.08
S7	0.22	7.50	0.07
S8	0.159	4.89	0.11
S9	0.256	7.11	0.12
S10	0.566	15.12	0.14
PLI	0.616	1.248	0.117

Résumé :

On a fait cette étude pour but d'évaluer les risques des métaux lourds (Plomb, Cadmium, Chrome) qui existent dans le bassin versant de Kherrata sur la santé humaine, pour faire cette évaluation on a on a utilisé le modèle de variation de risque cancérigène dont on a calculé les risques pour adultes et les enfants par les voies d'ingestion, dermique et inhalation.

D'après les résultats qu'on a obtenu à partir les calculs et les analyses des cartes à risque, le Sol du barrage de Kherrata non pas cancérigène, parce-qu'il n'est pas contaminé par le plomb, le Cadmium et le Chrome.

Mots clés : métaux lourds, santé, risque cancérigène, bassin versant de Kherrata, carte de risque.

Abstract:

We did this study to assess the risks of heavy metals (Lead, Cadmium, Chromium) that exist in the Kherrata watershed on human health, to make this assessment we used the risk variation model carcinogenic for which the risks to adults and children have been calculated by the ingestion, dermal and inhalation routes.

According to the results obtained from the calculations and analyzes of the risk maps, the soil of the Kherrata dam is not carcinogenic, because it is not contaminated by lead, cadmium and Chromium.

Keywords: heavy metals, health, carcinogenic risk, Kherrata watershed, risk map,