

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Génie Minier

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par : -SLIMANI Badreddine

-SALHI Djamel

Thème

Etude de la contamination par les métaux lourds des eaux au voisinage des gites métallifères du complexe magmatique d'Oued Amizour : cas de gisement de Tala Hamza, Amizour, avant exploitation

Soutenu le 29/09/2022 devant le jury composé de:

Présidente	AZIZOU Zahia	MCB	U.A.M.Bejaia
Encadrant	MEGHERFI Karim	MCB	U.A.M.Bejaia
Co-encadrant	AIT MERZEG Farid	MCB	CRAPC TIPAZA
Examinatrice	TAHRI Tourkia	MCB	U.A.M.Bejaia

Promotion: 2021-2022

Remerciements

Remerciements

Tout d'abord,

On remercie Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la force, volonté

Et la patience de pouvoir mener ce travail à terme.

Que Monsieur MEGHERFI Karim et AIT MERZAGUE Farid trouve notre profond

Reconnaissance et gratitude d'avoir proposé et accepté de diriger ce travail de

Master. On tient à le remercier vivement de ses conseils, de son soutien, de sa

Patience et ses encouragements pour mener ce travail à bien.

Nos remerciements s'adressent également aux honorables membres de jury M^{me} TAHRI et M^{me}

AZIZOU qui ont

Acceptés et accompli la dernière étape de notre travail.

Nous n'oublions pas nos chers parents pour leurs encouragements et sacrifices

Et qui ont toujours été à nos côtés.

On remercie toutes les personnes qui de près ou de loin nous ont aidés par

Leur présence et leurs soutiens dans ce travail.

On adresse également, nos remerciements à nos camarades et enseignants

Du département de génie minier.

A tous Merci.....

Remerciements

Remerciements

Cette thèse vient de finaliser des années de travail, Je tiens à remercier

En quelques lignes tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à ce travail,

En espérant n'oublier personne et il faut trouver les mots justes, je vais essayer

De faire de mon mieux

*JE remercie en premier le dieu le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a
donné pour continue jusqu'à la fin*

*Je remercie mon encadreur monsieur **MEGHERFI Karim** pour ses précieux commentaires
et ses conseils pertinents qui m'ont grandement aidé à voir l'objectif de ce projet.*

*Mes remerciements vont également à madame **TAHRI** qui m'a fait l'honneur d'examiner
cette thèse.*

*Je remercie madame **AZIZOU** qui m'a fait l'honneur de faire partie de jury de cette thèse en
tant qu'examineur.*

*Je remercie monsieur **AIT MERZEG** pour son aidé à laboratoire de recherche et sans
oublier tous les enseignants de département **mines et géologies**.*

Dédicaces

Dédicaces

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens

*Indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le
nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui.*

*Que dieux vous protège ma chère mère et mon cher père et que la réussite soit toujours à ma
portée pour que je puisse vous combler de bonheur.*

Je dédie aussi ce travail à :

Ma grand-mère.

Mon frère et ma sœur.

Mes oncles, mes tantes et leurs familles.

Tous mes cousins et cousines.

Tous mes amis, mes collègues et tous ceux qui m'estiment

Badreddine

Dédicaces

Dédicaces

Je dédie ce travail qui n'aura jamais pu voir le jour sans les soutiens

*Indéfectibles et sans limite de mes chers parents qui ne cessent de me donner avec amour le
nécessaire pour que je puisse arriver à ce que je suis aujourd'hui.*

*Que dieux vous protège ma chère mère et mon cher père et que la réussite soit toujours à ma
portée pour que je puisse vous combler de bonheur.*

Je dédie aussi ce travail à :

Mes grands-parents.

Mes frères, mes sœurs et leurs familles.

Mes oncles, mes tantes et leurs familles.

Tous mes cousins et cousines.

Tous mes amis, mes collègues et tous ceux qui m'estiment

Djamel

Sommaire

Sommaire

Remerciements	i
Dédicaces	iii
Liste des figures	v
Liste des tableaux	vii
Sommaire	viii

Introduction générale

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

I.	Définition de l'eau.....	3
II.	Importance de l'eau.....	4
III.	Les sources	5
	1. Définition	5
	2. Les types de sources	5
	a. Sources d'affleurement.....	5
	b. Sources de déversement	5
	c. Sources d'émergence.....	5
IV.	Les nappes	6
	1. Les nappes phréatiques.....	6
	2. Nappe alluviale.....	6
V.	Contamination de l'eau par les ETM	7
VI.	Définition des métaux lourds	8
VII.	Norme Algérienne et OMS des eaux de consommation	10
VIII.	Classifications des métaux lourds	10
	1. Les métaux toxiques	11
	2. Les métaux essentiels ou oligoéléments	11
IX.	Sources des métaux lourds	11
	1. Les sources naturelles	11
	2. Les sources anthropiques	11
X.	Toxicités des métaux lourds.....	12
	a. Toxicités de Cadmium	13

Sommaire

b. Toxicités de plomb	13
c. Toxicités de zinc.....	14
d. Toxicités du cuivre	14
e. Toxicités du fer.....	14
XI. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et sur l'homme.....	15
1. Effets sur l'environnement	15
2. Effets sur l'homme	15
XII. Caractéristiques principales d'ETM.....	16
1. Caractéristique principale du cadmium	16
2. Propriétés physico-chimique de plomb	17
3. Propriétés physico-chimiques	18
4. Propriété physico-chimique zinc	19
5. Propriété physico-chimique de Fer.....	20
Conclusion	21

Chapitre II: Cadre géologique de la région Tala hamza- Amizour

I. Introduction.....	23
II. Les principales unités structurales	24
A. Le socle kabyle	24
B. Les flysch	24
1- Flysch Massyliens	25
2- Flysch Maurétaniens	26
3- Flysch Numidiens.....	26
C. Les unités telliennes.....	26
1. L'unité de Brek- Gouraya	26
2. L'unité baborienne de Barbacha	27
3. L'unité de Draa- El-Arba	27
D. Les formations post- nappes	27
III. Le complexe magmatique	29
a) Les plutons (roches intrusives).....	29
b) Le pluton d'Oued Nadjel	30
c) Le pluton de Timenachine	30
d) Le pluton de l'Adrar N'zeka	30

Sommaire

e) Le pluton de Djebel Amjout.....	31
f) Le pluton d'Ansiffène.....	31
g) Le pluton de Takerouit Ou medjour.....	31
h) Le pluton de Tizi- Ouchène	32
i) Les roches volcaniques	32
1. les andésites.....	32
2. Les dacites	33
3. Les tufs andésitiques	33
4. Tectonique.....	34
a.La tectonique cassante	34
b.La tectonique souple.....	35
IV. Le climat	35
1. Les températures.....	35
2. Les précipitations	36
3. synthèse climatique	37
a.Diagrammepluvio-thermiquedeBagnouls etGausсен	38
Conclusion	38

Chapitre III : Matérielles et méthodes

I. Introduction	40
II. Echantillonnage et mode de prélèvement.....	40
III.Méthodes d'analyses physico-chimiques	42
1. Mesure in situ	42
2. Dosage de chlorures	43
a. Principe.....	43
b. Mode opératoire	43
c. Résultat	44
d. Réactif	44

Sommaire

3. Dureté totale de l'eau	44
a. Principe.....	45
b. Mode opératoire	45
c. Expression des résultats.....	45
4. Dosage de Calcium Ca^{++}	46
5. Détermination des matières en suspension la méthode par filtration.....	47
a. Principe.....	47
b. Mode opératoire	47
IV. Méthode d'analyse par Spectrophotomètre UV. Visible.....	48
1. Domaine UV-Visible.....	48
2. Principe de fonctionnement.....	49
1. Dosage des nitrites (NO_2^-).....	49
a.Principe.....	49
b. Réactifs	50
b-1) réactif mixte	50
b-2) Appareillage	50
c. Courbe d'étalonnage.....	50
d. Mode opératoire	50
e. Expression des résultats	50
2. Dosage des nitrates NO_3^- Méthode au salicylate de sodium	51
a. Principe.....	51
b. Réactifs	51
d. Appareillage	51
e. Courbe d'étalonnage	52
f. Mode opératoire	52
h. Expression des résultats	52
3. Détermination des phosphates (PO_4^{3-})	52

Sommaire

a. Principe.....	52
b. Appareils	53
c. Réactifs	53
c.1) Réactif mixte	53
c.2) Acide ascorbique.....	53
c.3) Solution mère à 50 mg / I PO ₄ ³⁻	53
d. Courbe d'étalonnage.....	54
e. Mode opératoire	54
f. Expression des résultats	54
4. Dosage des ions sulfate	54
a. Matériel.....	54
b. Réactifs	54
c. Mode opératoire	55
d. Préparation des gammes d'étalonnage	55
e. Dosage des échantillons	55
f. Expression des résultats	56
Remarque	56
h. Interprétation des résultats.....	56
V. Analyse des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique (SAA)	56
1. Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	57
2. Etalonnage	57
Conclusion	59
Chapitre III : Résultats et Discussions	
I- Introduction	60
II- Résultats des paramètres physico-chimique	60
1. Le PH	60
2. La température	60

Sommaire

3. La conductivité.....	61
4. La TDS	62
5. Calcium Ca^{++}	62
6. Magnésium Mg^{2+}	63
7. Chlorures Cl^{-}	63
8. La dureté totale de l'eau	64
9. La matière en suspension(MES).....	64
II. Résultat et Interprétation des analyses par spectrophotométrie u.v. visible	65
1. Les nitrites NO_2^{-}	65
2. Les nitrates NO_3^{-}	65
3. Les sulfates SO_4^{2-}	66
4. Les phosphates PO_4^{-}	67
III. Résultats et interprétation de l'analyse des métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd) par la spectrométrie d'absorption atomique (SAA)	67
1. Concentration de plomb (Pb)	67
2. Concentration de Zinc (Zn)	67
3. Concentration de Cadmium (Cd)	68
4. Concentration de Cuivre (Cu)	68
Discussion	69
1. Le plomb	69
2. Le zinc	69
3. Le cadmium.....	69
4. Le cuivre.....	70
Conclusion.....	70
Conclusion Générale	71

Tables des figures

Table des figures

FigureI.1 : la molécule d'eau	4
FigureI.2 : Type des sources d'eau.....	5
FigureI.3 : types de nappes.....	7
FigureI.4 : Réaction d'un écosystème aquatique à différentes pollutions	7
FigureI.5 : Classification périodique des éléments.....	9
FigureI.6 : Le cadmium.....	16
FigureI.7 : Le plomb... ..	17
FigureI.8 : le cuivre.....	18
FigureI.9 :Le zinc.....	19
FigureI.10 : Le fer.....	20
FigureII.11 : la situation géographique de secteur d'étude	24
FigureII.12 : Les unités structurales des Babors et du tell nord-sétifien 5kirech,1993... ..	25
FigureII.13 : Carte géologique de massif de oued amizour (S.KOUZMENKO,1998)... ..	29
FigureII.14 :Distributiondes températures moyennes mensuelles dans la région de Bejaia 1970-2015.....	36
FigureII.15 : Distribution des moyennes des précipitations mensuelles dans la région de Bejaia(1970-2015).....	37
Figure I . 16 :Diagrammepluvio-thermique de Bagnoulset Gausse pour la période(1970-2015).....	38
FigureIII.17 : carte géographique de la zone de prélèvement.....	41

Tables des figures

FigureIII.18: source Iaarichen	41
FigureIII.19 : source Laainser	41
FigureIII.20: source Thaawint Moussa.....	42
FigureIII.21 : source Thal Oughrass.....	42
FigureIII.22: source sidi khlfoun.....	42
FigureIII.23: source thilioua	42
FigureIII.24 : multi paramètre de Marque TPS.....	43
FigureIII.25: l'apparition de la teinte rouge brique dichromate.....	44
FigureIII.26: l'apparition de la couleur violette en présence des ions calcium et magnésium.....	45
FigureIII.27 : Domaine UV-Visible	48
FigureIII.28 : Schémadeprincipedelecture d'unéchantillonenspectroscopieUV-visible.....	49
FigureIII.29: Spectrométrie d'absorption atomique	56
FigureIII.30: principedefonctionnementdelaS.A.A	57
FigureIII.31 : Solution d'étalonnage de Cd.....	58
FigureIII.32 : Solution d'étalonnage de Cu.....	58
FigureIII.33 : La solution d'étalonnage de tout les métaux étudier.....	58

Liste des tableaux

Liste des tableaux

TableauI.1 : La norme algérienne et OMS des eaux de consommation	10
TableauI.2 : Caractéristiques principales de cadmium.....	17
TableauI.3 : Caractéristiques principales du Plomb.....	18
TableauI.4 : Caractéristiques principales de cuivre	19
TableauI.5 : Caractéristiques principales de zinc.....	20
TableauI.6 : Caractéristique principale de fer.....	21
TableauII.7 :Températures moyennesannuellesetmensuelles(°c)(1970-2015).....	36
TableauII.8 : Les moyennes des précipitations annuelles et mensuelles (P) de la région deBejaia(1970-2015... ..	37
TableauIII.9 :les coordonnées UTM des échantillons.....	41
TableauxIII.10 : Préparation des solutions d'étalonnage nitrite.....	50
TableauxIII.11 : préparation des solutions d'étalonnage nitrate.....	52
TableauxIII.12 : préparation des solution d'etalonnage phosphate.....	54
TableauIII.13 : Présentation des solutions étalonnage des ions sulfate.....	55
TableauxIV.14 : résultats des mesures de PH... ..	55
TableauxIV.15 : résultat de mesure de la température... ..	60
TableauxIV.16 :résultat de la mesure de la conductivité.....	61
TableauxIV.17 : Classification des eaux selon la conductivité (Rodier, 2005).....	61
TableauxIV.18 : résultats des mesures de la TDS... ..	62
TableauxIV.19 :résultats de l'analyse TH Ca ⁺⁺	62
TableauxIV.20 : Résultats des analyses TH Mg ⁺⁺	63

Liste des tableaux

TableauxIV.21: résultats de l'analyse des chlorures... ..	63
TableauxIV.22 : résultats de l'analyse de la dureté totale de l'eau... ..	64
TableauIV.23 : Classification des eaux en fonction de la dureté total... ..	64
TableauxIV.24 : résultat de la matière en suspension 5... ..	64
TableauxIV.25: Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de NO_2^-	65
TableauxIV.26: Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de NO_3^-	65
TableauIV.27 : Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de SO_4^-	66
TableauIV.28 : Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de PO_4^-	66
TableauIV.29 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Pb.....	67
TableauIV.30 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Zn.....	67
TableauIV.31 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Cd... ..	68
TableauIV.32 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Cu... ..	68

Abréviations

Abréviations

ETM: Élément trace métallique

NE-SW : Nordeste-Sud-est

Km : kilomètre

S-SW : Sud-Sud-West

NNE-SSW : Nord Nordeste-Sud Sud-est

SW : Sud-est

NW : Nord-Ouest

Cm : Centimètre

WNW : Ouest Nord-Ouest

ESE : Este Sud-est

PH: Potentiel d'Hydrogène.

CE: conductivité électrique.

TDS: totaldessolidesdissous.

SAA: Spectromètre d'absorption atomique à flamme.

TH Total: titrehydrothermique total.

TH Ca²⁺ : titrehydrothermiquecalcique.

Pb : Plomb.

Cd : Cadmium.

Cu : Cuivre.

Zn : Zinc.

T° : Température.

MES : matière en suspension.

NET : Noird'EriochromeT.

MVS : matièresvolatiles.

Cl : chlorure.

Abréviations

Ag⁻ : nitrated'argent.

NO₃⁻ : nitrate.

NaOH: Hydroxide de sodium.

Na: Sodium.

NO²⁻: nitrite.

H₂SO₄: Acidesulfurique.

PO₄³⁻: Phosphate.

BaCl₂: Chlorure de Baryum.

SO₄²⁻: Sulfate.

H: Heure.

G: Gramme.

L: litre.

g/l: grammeparlitre.

Mg: milligramme.

F°: degré Français.

Mg/l: milligrammeparlitre.

ml: millilitre.

V: volume.

Min: minute.

Nm: nanomètre.

Introduction générale

Introduction générale

La disponibilité des eaux souterraines en qualité acceptable est devenue un défi difficile à relever dans de nombreuses régions du monde mais plus particulièrement dans la nôtre à cause de la sévérité du climat et de la pollution (domestique, industrielle, agricole), ce qui fragilise et rend ces eaux vulnérables aux différents facteurs de contamination.

En Algérie les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine du pays ; les sources d'eaux des villages de Ait Dali et Oumlil de la commune de Tala Hamza sont les principales sources de satisfaction de la demande en eau des habitants sans aucun traitement préalable, les eaux de ses sources sont vulnérable à la pollution à cause de plusieurs facteurs, notamment par les métaux lourds.

La contamination des eaux par les métaux lourds reste aujourd'hui, l'un des problèmes environnementaux les plus importants du monde (Vodola et al., 1997).

Les métaux pénètrent dans les eaux souterraines à partir de diverses sources naturelles, telles que l'altération chimique des roches et des sols, la végétation et les matières animales en décomposition et les retombées humides et sèches de particules atmosphériques (Driscoll et al. 1994, Karbassi et al. 2008).

Cependant, certaines activités anthropiques peuvent apporter des quantités considérables dans les eaux.

Les métaux sont omniprésents dans les eaux de surface, toutefois leurs concentrations sont en générale très faibles ce qui explique leur dénomination de « métaux traces » ou « éléments traces métalliques » (ETM)). Toutefois, quand l'activité minière commence l'exploitation d'un gisement riche en métaux, un changement s'opère notamment dans les eaux au contact avec ces travaux miniers, le prix que nous payons tous les jours pour l'extraction des minéraux sont extrêmement élevés, naturellement consomme beaucoup d'eaux et peut polluer très sérieusement des cours et les sources d'eaux. A savoir que dans notre zone d'étude un gisement de plomb et zinc en cours d'études pour l'exploitation malgré qu'il y a une amélioration des opérations d'extraction ces dernières années, les risques pour l'environnement reste bien présent.

Des impacts négatifs sont engendrés par plusieurs causes comme la sédimentation à cause des routes mal construites et contamination de l'eau durant la construction d'une mine. La pollution de l'eau causée par l'exploitation minière peut prendre des décennies même des siècles avant de se dépolluer après la fermeture de la mine. Après l'extraction les métaux lourds et d'autres polluants sont entassés dans de grande étendue vaste. La contamination par les métaux est causée par l'arsenic, le cobalt, le cadmium, le cuivre, le plomb l'argent et le zinc.

Introduction générale

L'évaluation des métaux lourds dans les ressources en eaux, utilisées à des fins domestiques revêt une grande importance du point de vue de la santé humaine.

. Ce travail est une contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds de l'eau potable de sept sources naturelles aux voisinages du gisement plomb zinc avant l'exploitation, les eaux de ses sources alimentent une large fraction de la population de la commune de Tala hamza

De ce fait, le présent travail est constitué de deux 4 chapitres :

- ✚ Le premier chapitre est une synthèse bibliographique concernant les métaux lourds et les eaux.
- ✚ Le deuxième comporte le cadre géologique de la zone d'étude
- ✚ Le troisièmes chapitre est expérimental qui comporte les points suivants :
 - La mesure des paramètres physicochimique (PH, Conductivité, Température, TDS, chlorures).
 - Le dosage des nitrites, nitrate, phosphate et sulfate avec la spectrophometrie u.v. visible.
 - L'analyse des métaux lourds (Pb, Zn, Cu et Cd) avec la spectrométrie d'absorption atomique (SAA).
- ✚ Le quatrième chapitre est consacré à la discussion et l'interprétation des résultats.

Pour clôturer, nous avons terminé cette étude par une conclusion qui a marqué les grandes lignes de nos résultats et quelques perspectives que nous avons jugées nécessaires à réaliser.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Introduction :

L'eau est une ressource vitale, mais sa qualité est menacée par des activités humaines telles que l'industrie et l'agriculture intensive. Les métaux lourds, tels que le plomb, le mercure et le cadmium, sont des polluants préoccupants présents dans l'eau. Ce chapitre examine les caractéristiques de l'eau en tant que milieu de vie et les propriétés des métaux lourds. Les sources de contamination des eaux par les métaux lourds sont étudiées, ainsi que leurs effets néfastes sur l'environnement et la santé, ainsi que les méthodes de surveillance et de traitement.

Le chapitre commence par présenter l'eau en tant que milieu de vie et son rôle crucial dans les écosystèmes. Ensuite, il explore les métaux lourds, leurs propriétés et leur statut de polluants préoccupants. Les principales sources de contamination des eaux par les métaux lourds sont discutées, allant des rejets industriels aux activités agricoles et aux facteurs naturels.

I. Définition de l'eau :

L'eau est un élément sous forme liquide en conditions standards (température et pression ambiante), composé sous sa forme pure de molécules qui associent deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme H₂O.

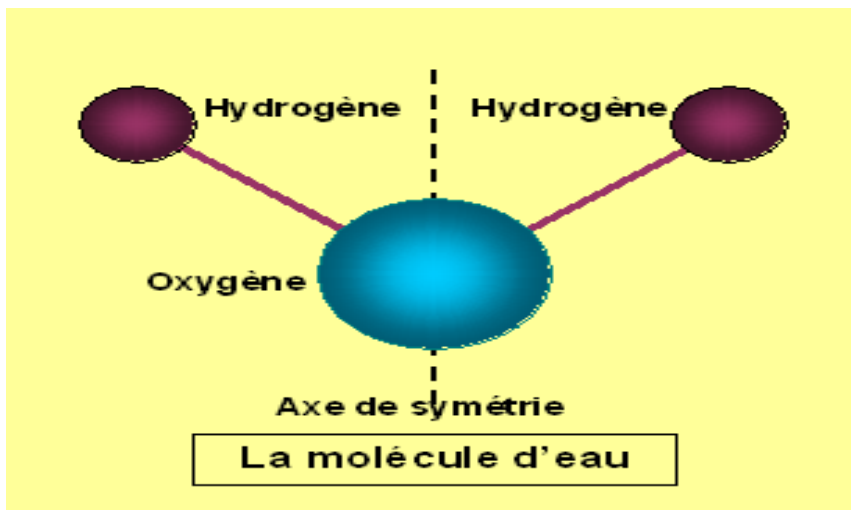
L'eau, sous sa forme liquide, est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques. Ces êtres vivants peuvent par conséquent être composés jusqu'à 97% d'eau.

D'un point de vue mécanique, la pression exercée par l'eau, appelée pression hydrostatique, est utilisée par les organismes pour se soutenir, que ce soit dans l'eau (méduse...) ou sur terre (végétaux).

D'un point de vue chimique, l'eau dissout la majorité des corps solides et facilite ainsi les réactions chimiques, donc le métabolisme. L'eau est en effet un solvant essentiel, parfois qualifié de « solvant universel ».

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

C'est d'ailleurs la présence permanente d'eau liquide qui permet de définir la zone habitable circumstellaire où il est possible de découvrir une forme de vie extraterrestre comparable à celle que nous connaissons[1].



FigureI.1 : la molécule d'eau

II. Importance de l'eau :

L'eau est l'un des éléments que l'on trouve en plus grande abondance sur la planète Terre. Qu'elle soit sous forme liquide, solide ou vaporeuse, qu'il s'agisse d'eau salée ou d'eau douce, l'eau se trouve partout sur notre planète, en plus ou moins grande abondance. Et heureusement, car l'eau est un élément essentiel à la vie, l'élément le plus étroitement lié à la possibilité du développement des différents types de vie sur la planète Terre.

L'eau ne sert pas seulement à s'hydrater, que ce soit chez les humains, les animaux ou les plantes, elle sert aussi à nettoyer et à maintenir une bonne hygiène, à fournir de l'énergie, à réguler le climat ou à accueillir la vie, c'est-à-dire qu'elle remplit des fonctions clés et essentielles pour que notre planète reste telle qu'elle est.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

III. Les sources :

1. Définition :

En hydrologie, une source d'eau est un écosystème dans lequel les eaux souterraines atteignent la surface de la Terre au niveau ou à proximité de l'interface terre-atmosphère ou de l'interface terre-eau. À leurs sources (orifices, points d'émergence), le gabarit géomorphologique physique permet à certaines sources d'eau d'abriter de nombreux micro habitats et de vastes gammes d'espèces végétales et animales aquatiques, humides et terrestres.

2. Les types de sources :

a. Sources d'affleurement :

Les sources d'affleurement sont celles qui apparaissent à l'endroit où affleure le substratum imperméable. Si l'aquifère est perméable en petit, il existera le long de la ligne d'affleurement de la zone imperméable des suintements continus et, par suite, très faibles.

Si l'aquifère est perméable en grand, les ouvertures donnant l'eau seront plus rares mais de débits plus importants.

b. Sources de déversement :

Naissent du recoupement entre le mur d'un aquifère (sa limite inférieure imperméable) et la surface du sol (surface topographique).

c. Sources d'émergence :

Sources d'émergence sont formées par le recoupement de l'aquifère et la surface topographique.

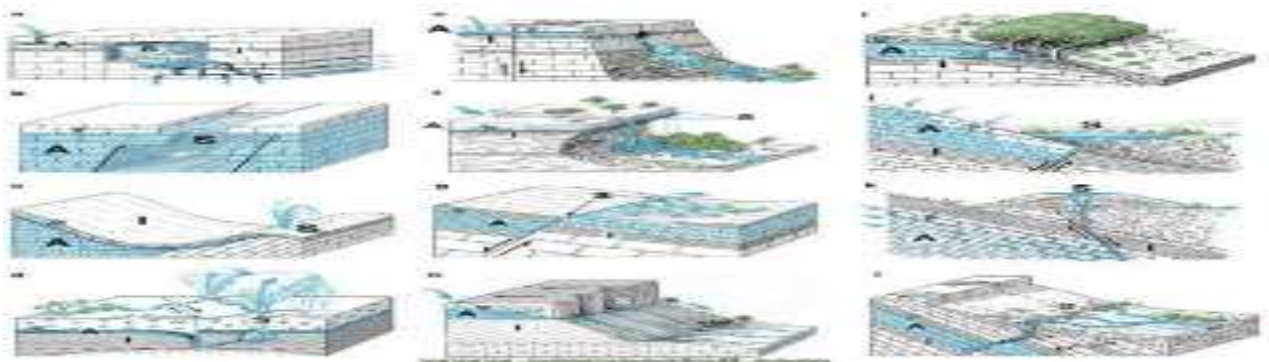


Figure I.2 : Type des sources d'eau

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

IV. Les nappes :

1. Les nappes phréatiques :

Sont des réservoirs d'eaux souterraines stockées à faible profondeur dans des roches poreuses et perméables qui composent les zones aquifères.

L'eau des nappes provient des précipitations qui tombent dans le bassin versant drainé par un cours d'eau et ses affluents. Une partie de ces eaux de pluie s'infiltré à l'intérieur du sol à travers les pores et les fissures des roches. Ce phénomène d'infiltration se déroule dans la zone non saturée de l'aquifère, appelée zone vadose.

Puis par effet de gravité, l'eau s'écoule plus en profondeur dans les espaces vides de l'aquifère pour former une nappe, c'est-à-dire zone saturée en eau.

Du fait de sa faible profondeur, la nappe phréatique est davantage exposée à la pollution atmosphérique qu'une nappe captive.

2. Nappe alluviale :

C'est une nappe d'eau souterraine qui accompagne le cours des fleuves et rivières. Les eaux circulent souvent à faible profondeur au travers des alluvions (sables, graviers, galets) déposées par le cours d'eau.

Elles sont alimentées à la fois :

- Par les eaux qui s'infiltrent au niveau de la plaine alluviale et de ses bordures,
- Par le transfert d'eau depuis le cours d'eau au travers des berges et du lit,
- Par les flux d'eau souterraine issus des nappes qui drainent éventuellement les territoires situés de part et d'autre de la vallée

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

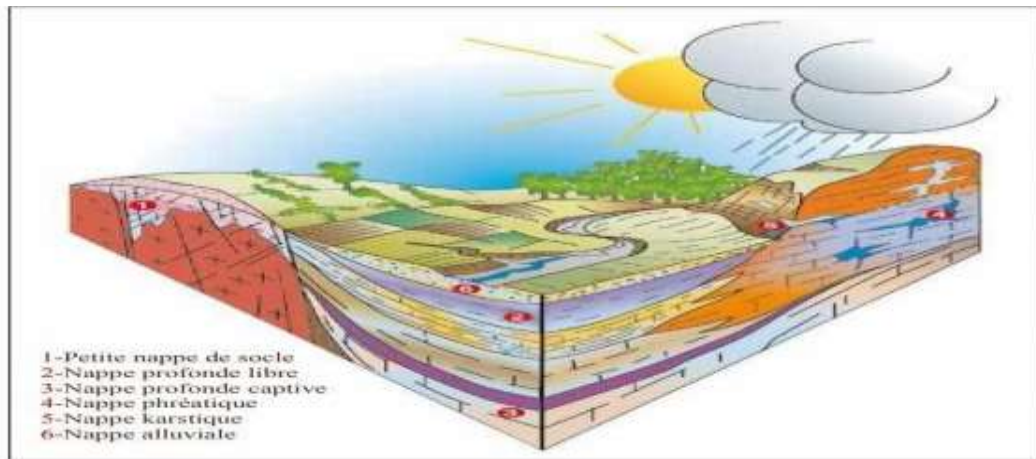


Figure I.3 : types de nappes

V. Contamination de l'eau par les ETM:

Les ETM sont des facteurs polluants importants et très toxiques dus à leur capacité d'accumuler dans le biotope. Ils pénètrent dans les écosystèmes avec les précipitations, le cours d'eau, les effluents et les rejets accidentels abandonnés comme sous-produits des industries, des mines ou s'échappant des bateaux. Les ETM dans l'eau subissent des cycles de transformation et de complication comme réduction par processus biochimique, méthylation, déméthylation et oxydation. Des espèces de métaux isolées des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations, cette pollution ajoutée à la charge polluante déversée dans l'écosystème aquatique, s'accompagne d'une altération de la qualité de la vie marine.

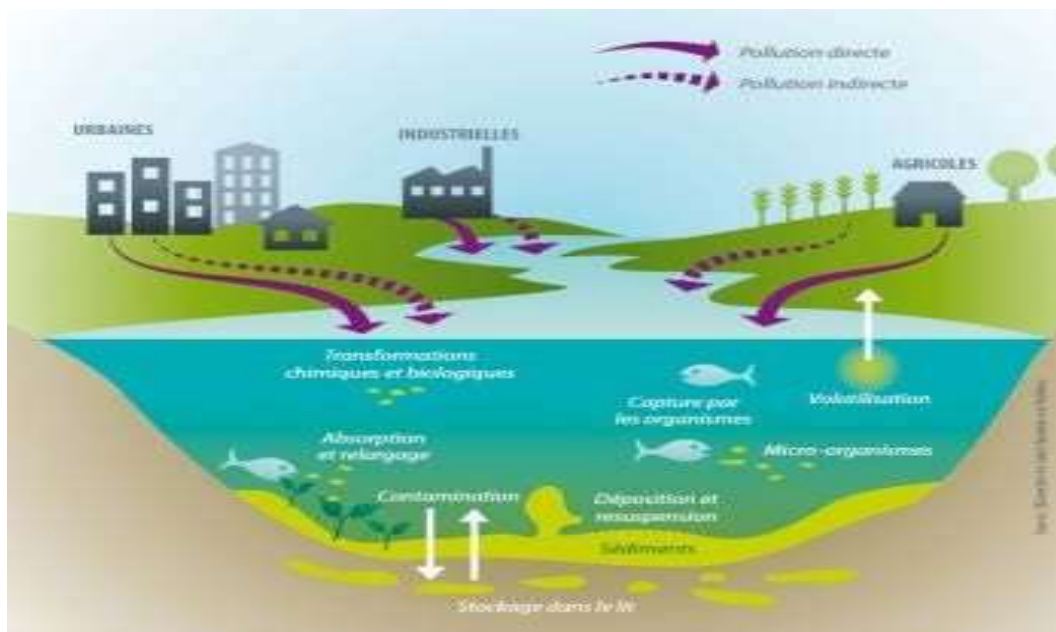


Figure I.4: Réaction d'un écosystème aquatique à différentes pollutions.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

VI. Définition des métaux lourds:

D'un point de vue purement scientifique et technique, les métaux lourds peuvent être définis comme :

- Tout métal ayant une densité supérieure à 5 g/cm³,
- Tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du Sodium (Z=11),
- Tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques.

Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques. Le géologue, par exemple, considérera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyrimidine (C₆H₅N).

Dans le traitement des déchets liquides, les métaux lourds indésirables auxquels on s'intéresse principalement sont : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le sélénium (Se), et le zinc (Zn).

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de 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), et le zinc (Zn)[3].

Enfin, en général, dans l'industrie, on considère comme métal lourd tout métal de densité supérieure à 5 g/cm³, de numéro atomique élevé et présentant un danger pour l'environnement et/ou pour l'homme.

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en de très faibles quantités. Certains de ces éléments comme le cuivre, le zinc et le sélénium, sont essentiels à l'ensemble des organismes vivants ou à de grands groupes d'organismes. D'autres ont des fonctions plus ou moins importantes comme le nickel pour l'uréase, mais aussi l'arsenic et le chrome dans certains constituants. Enfin, certains n'ont pas de fonctions biologiques reconnues (oligo-élément), mais ils peuvent pour des teneurs élevées et sous forme chimique bio disponible, devenir toxique.

Par ordre décroissant de toxicité spécifique, les métaux sont classés comme suit:

Hg > Cr > Ti > Mo > Cu > Ni > Pb > Zn [3]

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à diminuer les émissions en fixant des teneurs. Donne les normes de rejet des métaux lourds. Donc, il est important de doser ces éléments avec précision afin de s'assurer que les normes sont respectées. Dans le cas contraire, il est indispensable d'utiliser des procédés de dépollution afin de les éliminer.

Bloc s												Bloc p										
H		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #cccccc; margin-right: 5px;"></div> Métaux lourds de densité > 5 </div>																				He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne					
Na	Mg	Bloc d										Al	Si	P	S	Cl	Ar					
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr					
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe					
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn					
Fr	Ra	Ac	Bloc f																			
Lanthanides		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu							
Transuraniens		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr							

Figure I.5: Classification périodique des éléments.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

VII. Norme algérienne et d'organisation mondiale de la santé

Ce tableaux présentes les normes algérienne et les normes de l'organisation mondiale des eaux des différents paramètres étudier dans notre travail.

paramètre	Unités	Norme Algérienne	OMS
PH	Unité PH	6.5-8.5	6.5-8.5
Température	°C	<25	<25
Conductivité	µS/cm	2800	2800
TDS	µS/cm	500	500
TH	Mg/L	50	50
TH Ca⁺⁺	Mg/L	50	50
TH Mg⁺⁺	Mg/L	50	50
MES	Mg/L	35	35
Chlorures	Mg/L	500	500
Nitrites	Mg/L	0.2	0.2
Nitrates	Mg/L	50	50
Sulfate	Mg/L	400	400
Phosphate	Mg/L	5	5
Plomb	Mg/L	0.01	0.01
Zinc	Mg/L	5	5
Cadmium	Mg/L	0.003	0.003
Cuivre	Mg/L	2	2

Tableau I.1 : Norme algérienne et de l'organisation mondiale des eaux de consommation [2].

VIII. Classification des métaux lourds :

Il existe deux types qui dépendent de leurs effets physiologiques et toxiques d'un point de vue biologique, ce sont des métaux essentiels et des métaux toxiques.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

1. Les métaux toxiques :

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport à la capacité d'assimilation de l'organisme. La toxicité des métaux lourds pour un même organisme dépend du type de sol, de sa disponibilité de chaque métal de l'état physiologique d'un organisme.

2. Les métaux essentiels ou oligoéléments :

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir toxiques à fortes concentrations. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du milli-molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase)

IX. Sources des métaux lourds :

Les métaux lourds sont redistribués naturellement dans l'environnement par les processus géologiques et les cycles biologiques. Les activités industrielles et technologiques diminuent cependant le temps de résidence des métaux dans les roches, ils forment de nouveaux composés métalliques, introduisent les métaux dans l'atmosphère par la combustion de produits fossilifères. Il faut différencier la part qui résulte de la contamination d'origine humaine (anthropogène) et la part naturelle (géogène)[4].

1. Les sources naturelles

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma[5]

2. Les sources anthropiques

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes[6].

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Les sources anthropogènes sont les suivantes:

- Activités pétrochimiques
- Utilisation de combustibles fossiles (centrales électriques au charbon, chaudières industrielles, fours à ciment)
- Transport (véhicules et moteurs routiers et non routiers, embarcations)
- Incinération de déchets
- Produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents)
- Déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles.

X. Toxicités des métaux lourds :

Avec la croissance économique mondiale rapide, les polluants contenant des métaux lourds peuvent pénétrer dans le sol par diverses méthodes, certains éléments métalliques sont essentiels aux organismes vivants à de faibles concentrations. Ils agissent à de fortes concentrations comme un facteur de stress qui entraîne une modification de la réaction physiologique. Le terme « sensibilité » décrit les effets du stress, qui peuvent aller jusqu'à la mort de la plante. Par opposition, le terme « résistance » fait référence à la réaction de la plante qui lui permet de survivre face au stress métallique.

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport aux capacités d'assimilations de l'organisme[7].

La toxicité des métaux manifeste de façons très différentes par exemple le cadmium ne rentre dans aucune fonction biologique connue alors que le Fe et le Cu sont les métaux essentiels au métabolisme cellulaire, pourtant le Cu peut se révéler très nocif malgré son caractère indispensable à faible concentration.

La toxicité d'un élément métallique dans l'environnement dépend de la forme chimique sous laquelle il existe. On peut citer comme exemple, le cas du Mn^{VII} et de l' As^{III} qui sont plus toxiques que le Mn^{II} et l' As^V . [8] L'une des caractéristiques de la toxicité des métaux est leur pouvoir de former des complexes. [9] La disponibilité et la toxicité dépendent de la concentration des ions libres de l'élément, ainsi que de la concentration totale du métal ou de celle du complexe du métal [10].

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Les symptômes de toxicité associés aux métaux lourds sont peu différents de ceux produits par différents types de stress.

a. Toxicités de Cadmium :

En 1998, la directive *eau potable* considère le cadmium comme un élément trace toxique, tout comme l'arsenic, le nickel, le plomb, le chrome....

On identifie le cadmium comme un polluant extrêmement toxique, il est un élément non essentiel pour le végétal qui affecte négativement la croissance et le développement des plantes, il est rejeté dans l'environnement par les centrales électriques, ou les industries métallurgiques.

Le cadmium est relativement rare dans l'écosphère. Il fait partie des polluants les plus toxiques et les plus mobiles dans le système sol-plante. Par conséquent, son accumulation dans les tissus des végétaux constitués des vecteurs de contamination en cas de consommation animale ou humaine.

Il est toxique sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques), chez l'homme, il provoque notamment des problèmes rénaux et l'augmentation de la tension. Les effets toxiques du Cd ne le sont pas seulement pour l'homme, mais aussi pour les végétaux et les animaux.

b. Toxicités de Plomb :

Le plomb est le contaminant de métaux lourds le plus courant dans le sol. Il reste stable pendant de longues périodes dans le sol et il est difficile de se décomposer et de s'accumuler éventuellement dans le corps humain. Par exemple, lorsque les concentrations sanguines de plomb dépassent 40 microgrammes chez les nourrissons, la synthèse de l'hémoglobine s'arrête, entraînant une anémie sévère.

Le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) sont inclus dans la liste des produits hautement toxiques, polluants environnementaux, car ils constituent tous deux une menace considérable à tous les organismes, y compris les plantes et les humains [11].

Le plomb ne joue aucun rôle physiologique dans l'organisme. Mais il est toxique pour les systèmes hématopoïétiques, rénaux, cardiovasculaires et nerveux... . La toxicité du plomb

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

dépend de sa concentration dans le milieu, des propriétés du sol, et enfin de l'espèce végétale concernée.

c. Toxicités de Zinc :

Le zinc est toxique pour la microflore, l'effet inhibiteur sur la végétation n'est pas à négliger. Les sels de zinc sont nocifs pour l'homme s'ils sont administrés par voie orale mais en faible dose, le danger d'intoxication est inexistant.

d. La toxicité du cuivre :

Le maximum, rencontré dans les plantes, est de 15ppm. Le cuivre représente un danger quand il est présent en concentration élevée dans l'environnement. Par son action sur les racines des plantes, le cuivre altère leur développement et la perméabilité de leur membrane cellulaire causant le lessivage de certains ions (K^+ ; PO_4^{3-}) Il en résulte des effets toxiques sur les plantes et des baisses de rendement. Le signe le plus net du Cu est l'induction des symptômes de la chlorose FE donc la croissance est réduite et plus précisément celles des racines, moins ramifiées avec des radicules de couleur foncée. Les teneurs totales en $Cu \leq 7ppm$ entraînent des carences cupriques et en revanche des toxicités apparaissent au-delà de 180ppm. Chez l'homme, des symptômes de toxicité aiguë se manifestent par des diarrhées, nausées, vomissements, irritations intestinales. 1gramme de $CuSO_4$ constitue une dose mortelle ; pour plus de 44 mg/l d'eau de boisson, il y a manifestation de gastro-entérites [12].

e. Toxicités du fer :

Un excès de fer dans l'organisme entraîne la plupart du temps l'hémochromatose, qui a comme conséquences des dépôts de fer importants dans les tissus. La plupart de ces dépôts de fer se forment au niveau du foie et du pancréas et peuvent engendrer une cirrhose du foie et le diabète.

Un excès de fer peut aussi créer des troubles hormonaux, des douleurs abdominales, de l'asthénie, des douleurs articulaires, de l'ostéoporose, des dépressions et des maladies cardiaques diverses. Une équipe de chercheurs belges a récemment publié un article qui confirme que l'aluminium et le fer, au fil des années, s'accumulent dans le cerveau. Le fer est un pro-oxydant, ce qui expliquerait que les hommes n'ayant pas leurs règles, ont donc un taux

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

de fer plus important tout au long de leur vie, et subissent un stress oxydatif qui raccourcirait leur durée de vie.

XI. Effets des métaux lourds sur l'environnement et sur l'homme :

Les métaux lourds sont dangereux pour l'environnement car, ils ne sont pas dégradables. Ils s'accumulent au cours de processus minéraux et biologiques. Les métaux lourds peuvent également être absorbés directement par le biais de la chaîne alimentaire entraînant alors des effets chroniques ou aigus.

1. Effets sur l'environnement :

Les métaux lourds sont dangereux pour les systèmes vivants car :

- ils sont non dégradables au cours du temps ;
- ils sont toxiques à de très faibles concentrations ;
- ils ont tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer au cours des transferts de matière dans les chaînes trophiques[14].

2. Effets sur l'homme :

Le corps humain est comparable à un grand laboratoire chimique. Chaque seconde, il y a des milliers de processus chimiques dans nos organes et cellules. Les métaux ou minéraux essentiels jouent un rôle primordial dans ces processus biochimiques (l'électrolyte et le processus enzymatique) la présence des métaux lourds dérange profondément l'équilibre biochimique de nos cellules. L'organisation mondiale de la santé,(OMS) déclarait qu'environ 80% des maladies chroniques comme l'arthrite, le diabète, l'asthme, le cancer pouvaient être causés directement ou indirectement par la pollution environnementale

Au niveau de la toxicité, nous pouvons résumer les principaux dangers des métaux lourds:
[15]

- Ils remplacent ou substituent les minéraux essentiels.
- Ils changent notre code génétique.
- Ils produisent des radicaux libres.
- Ils neutralisent les acides aminés utilisés pour la détoxification.
- Ils causent des allergies.
- Ils endommagent les cellules nerveuses.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

A de faibles concentrations, beaucoup de métaux lourds, dont Zn, Cd, Pb, Fe et Cu inhibent la photosynthèse et la croissance du phytoplancton. Les effets observés à des niveaux trophiques supérieurs se manifestent notamment par un retard du développement des embryons, des malformations et une moins bonne croissance des adultes chez les poissons, les mollusques et les crustacés. En outre, tout au long de la chaîne alimentaire, certains se concentrent dans les organismes vivants. Ils peuvent ainsi atteindre des taux très élevés dans certaines espèces consommées par l'homme, comme les poissons. Cette " bioaccumulation" explique leur très forte toxicité.

XII. Caractéristique principale d'ETM :

1. Caractéristique principale du cadmium :

Le cadmium est un métal de transition toxique, de numéro atomique 48. Blanc argenté, légèrement bleuté, il est ductile, malléable et résiste à la corrosion atmosphérique. Sa densité est de 8650 kg/m³. C'est un métal n'existe pas à l'état natif et relativement rare qui caractérise par des propriétés physico-chimiques proches du zinc. Il fond à 320,9 °C et bout à 767°C. Lors de l'ébullition du cadmium, il se dégage des vapeurs jaunestoxiques.



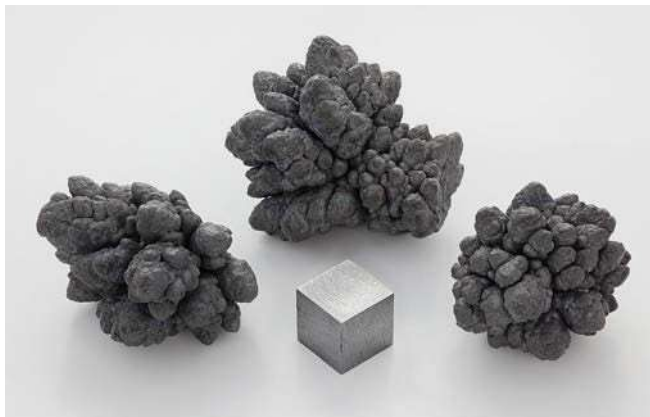
Figure I.6 : Le cadmium.

Symbole	Cd
Numéroatomique	48
Poidsatomique	112.41 u
Rayon atomique	155 pm
Configurationélectronique	[Kr]4d ¹⁰ 5s ²
Point de fusion	321.07 °C
Pointd'ébullition	767.3 °C
Massevolumique 20°C	8.65g/cm ³
Chaleur defusion	6.21kJ/mol
Chaleurde vaporisation	99.6kJ/mol

TableauI.2 : Caractéristiques principales decadmium.

2. Propriétés physico-chimique de plomb :

Le Plomb (symbole Pb), est un élément métallique de couleur gris bleuâtre, de numéro atomique 82, très mou, très malléable et ductile, peu ou rarement disponible à l'état natif. Les composés de plomb existent principalement sous forme divalente. Il est présent dans de nombreux minerais, le principal est la galène PbS. Il peut également être rencontré sous la forme d'anglésite PbSO₄ (s). Le Plomb métallique (Pb⁰) résiste à la corrosion et peut combiner avec d'autres métaux pour former divers alliages. Il en existe quatre isotopes naturels ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb et ²⁰⁸Pb.



FigureI.7 : Le plomb

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Symbole	Pb
Numéro atomique	82
Masse atomique	207,2g/mol
Masse volumique	11,34g/cm ³ a20 °C
Isotope	4
Température de fusion	327 °C
Température d'ébullition	1755 °C
Configuration électronique	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²

TableauI.3 : Caractéristiques principales du Plomb.

3. Propriétés physico-chimiques :

Le cuivre est un métal caractérisé par une multitude de propriété physico-chimique comme le décrit le tableau 3. Il est ainsi stable, malléable, ductile et un bon conducteur de chaleur et d'électricité.



FigureI.8 : le cuivre

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Symbole	Cu
Numéroatomique	29
Masse atomique	63,54g/mol
Massevolumique	8,9g/cm ³
Isotopesstables	63 et65
Température de fusion	1083 °C
Température d'ébullition	2570 °C
Structureélectronique	1s ² , 2s ² p ⁶ , 3s ² p ⁶ d ¹⁰ , 4s

TableauI.4 : Caractéristiques principales decuivre.

4. Propriété physico-chimique zinc :

Le zinc est un élément chimique métallique blanc bleuâtre. Il est présent généralement sous la forme ionique de cation bivalent (Zn²⁺) et se lie facilement aux matériaux terrestres. Il se trouve réparti dans toutes les couches géologiques du sol.



FigureI.9:Lezinc.

Symbole	Zn
Masse atomique	65,41g/mol
Numéroatomique	30
Densité	7,14g/cm
Température d'ébullition	910 °C
Température de fusion	419.53 °C
Configuration électronique	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²
Rayon atomique	0,138 nm

Tableau I.5 : Caractéristiques principales de zinc.

5. Propriété physico-chimique de Fer :

C'est un Métal gris, le fer possède plusieurs formes allotropiques selon la pression et la température, Ce métal ferromagnétique possède une dureté entre 4 et 5 selon l'échelle de Mohs.



Figure I.10 : Le fer.

Chapitre I : Généralité sur l'eau et les métaux lourds

Symbole	Fe
numéro atomique	26
Masse atomique	55,85
Densité	7,8 à 20°C
Température de Fusion	1535 °C
Température d'ébullition	2750 °C
Rayon atomique	0,126
Isotopes Configuration électronique	[Ar] 3d ⁶ 4s ²

Tableau I.6 : Caractéristique principale de fer.

Conclusion :

Nous avons constaté que l'eau est une ressource essentielle à la vie sur Terre, mais qu'elle est de plus en plus exposée à des polluants, notamment les métaux lourds. Ces éléments toxiques, présents dans l'eau en raison d'activités humaines et de processus naturels, posent des risques pour l'environnement et la santé.

L'identification des sources de contamination des métaux lourds dans l'eau est cruciale pour mettre en place des mesures de prévention et de gestion appropriées. Les rejets industriels, l'agriculture intensive et les facteurs naturels tels que l'érosion des sols peuvent contribuer à la présence de ces polluants.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

III. Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour :

1. Introduction :

Dans le N-E du périmètre est située la ville de Bejaïa qui a un port maritime. Du point de vue géographique la région s'étend sur les versants sud-ouest de la chaîne des Babors.

Une large extension des roches volcanogènes à l'inter fleuve Soummam- Amizour s'étend sur une superficie de 7 Km² offrant des perspectives pour la découverte des gisements (Pb, Zn, Cu) et d'autre gîtes minéraux analogue à ceux de l'El Aouana (ex. Cavallo), Amadène et de Bou- Khiama.

Du point de vue géologique la région d'Oued Amizour se caractérise par des formations Triasique, Jurassique, Crétacé, Oligocène et Miocène inférieur.

Elles sont recouvertes et recoupées par des terrains volcaniques (Dacites, Andésites, Tufs) et intrusifs (Granitoïdes) d'âge Miocène (Langhien).

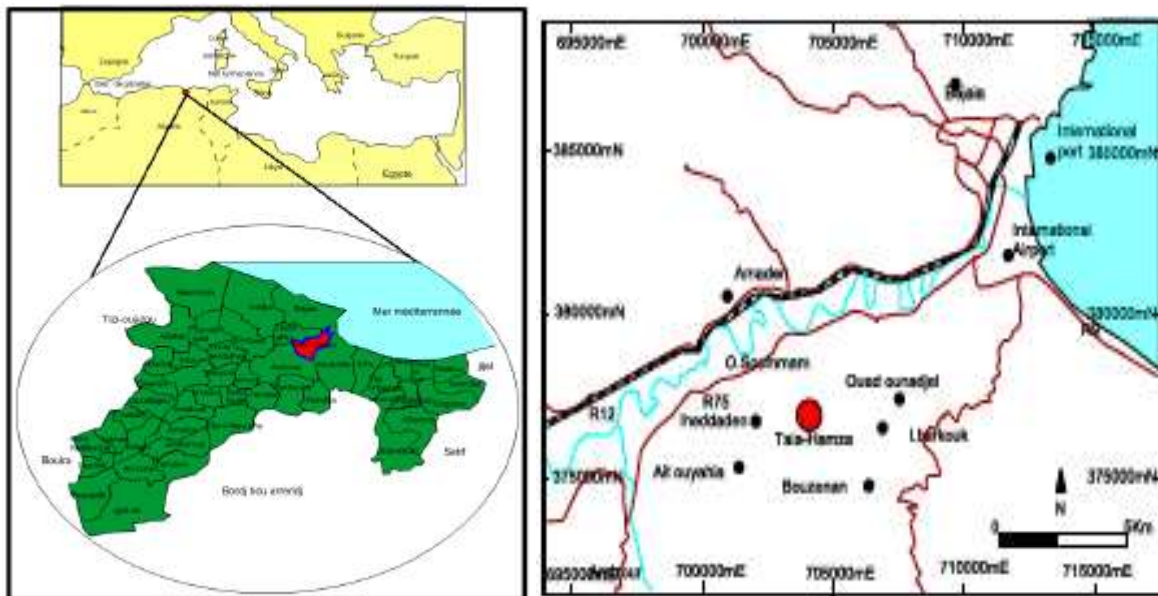




Figure II.11: la situation géographique de secteur d'étude

2. Les principales unités structurales :

A. Le socle kabyle :

Ce socle d'âge Paléozoïque affleure en fenêtre au niveau du massif de Bou Hatem à travers les flysch du Crétacé supérieur (Massyliens). Ce socle est constitué par des roches métamorphiques (gneiss, micaschistes et marbres, recoupés par des lentilles de quartz et des filons de pegmatites [16]).

B. Les flysch :

Les flysch sont représentés par deux grands groupes :

- Flysch d'âge Crétacé à Eocène (Massyliens et Maurétaniens) à dominante carbonatée.
- Flysch Numidien d'âge Oligo- Miocène et de nature grès-micacée.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

1. Flyschs Massyliens :

Du point de vue structural, ces flyschs sont allochtones, ils chevauchent les unités telliennes au sud de l'accident d'Arbalou et au Nord le socle kabyle (Bou Hatem).

Au Sud de la Soummam, ces flyschs sont recoupés par les formations magmatiques d'Oued Amizour.

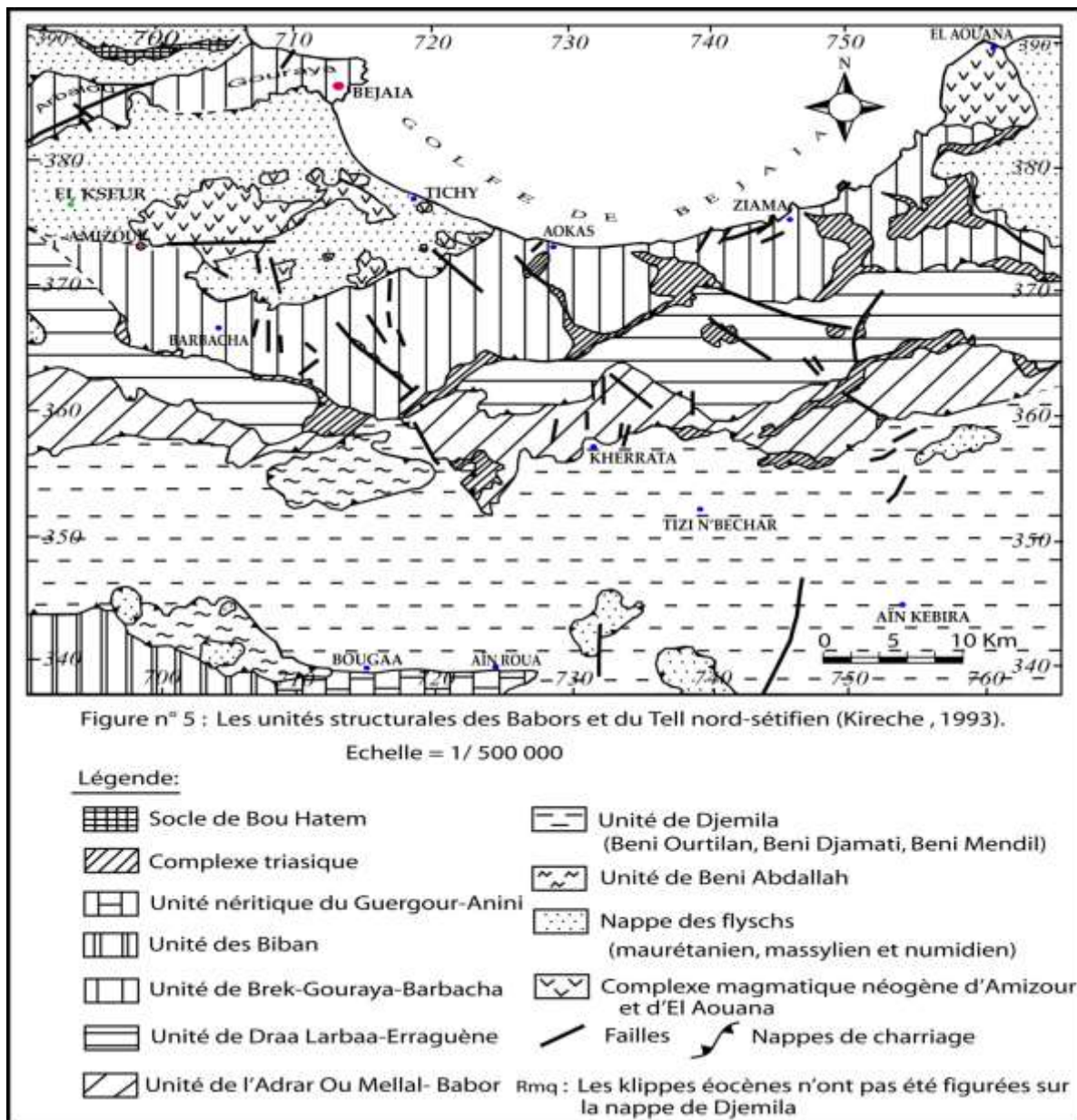


Figure II.12 : Les unités structurales des Babors et du tell nord-sétifien 5kirech, 1993

Ces flyschs débutent par une assise quartzo-péltique d'âge Aptien- Albien inférieur et moyen, suivie d'une assise conglomératique et de phtanites d'âge Albien à Cénomaniens.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

L'ensemble se termine par une assise sédimentaire marno- calcaire et des calcaires gréseux. [15].

2. Flyschs Maurétaniens :

Ces flyschs qui reposent sur les flyschs Massyliens, affleurent uniquement au Nord du massif de Bou Hatem par l'intermédiaire d'un contact anormal. Ils sont composés de bas en haut : [16]

- Des calcaires sombres et conglomérats du Néocomien et des grès quartzitique surplombant des marnes et des calcaires d'âge Sénonien supérieur.
- Des argiles brunâtres, des calcaires et des grès du Paléocène- éocène.

3. Flyschs Numidiens:

Ils représentent un faciès littoral à sub-continental, plutôt qu'un étage . Ils occupent la région centrale du massif éruptif.

Ils sont composés à la base d'argiles d'âge Oligocène supérieur (Chattien), surmontés de grès d'âge Aquitanien.

Le sommet de la série se termine par des niveaux d'argiles noires et de silexites d'âge Aquitanien **terminal**- Burdigalien inférieur à moyen.

C. Les unités telliennes :

1. L'unité de Brek- Gouraya :

Cette unité constitue la limite occidentale des Babors, elle comprend les massifs reliant Gouraya à Arbalou. [16].

On distingue de la base au sommet :

-Un Trias lagunaire gypso-salin avec des bancs de calcaire en position anormale, qui affleure au niveaux d'El kseur.

-Le Jurassique est formé de calcaire et de radiolarite au Dogger et au Malm.

-Le Crétacé qui est formé de bas en haut :

-Calcaire, pélite et marne du Néocomien.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

- Dépôts détritiques de l'Albo-Aptien.
- Micro-brèches surmontées d'argiles de Cénomano-Turonien.
- Marnes à galets calcaires de Campanien.

2. L'unité baborienne de Barbacha :

Elle est largement développée au Sud du massif volcanique d'Oued Amizour et au Sud de l'Oued soummam [16].

On distingue de bas en haut :

- Dolomies, calcaires marneux et calcaires à silex du Lias.
- Calcaires marneux du Jurassique supérieur.
- Pélites du Barrémien et Albien moyen.
- Des marnes et des calcaires à boules jaunes du Campanien.

3. L'unité de Draa- El-Arba :

Elle se situe au Sud de la limite de Barbacha et se sépare de celle-ci par un contact tectonique sub-vertical d'âge postérieur au Burdigalien[19].

D'après les travaux de SEMROUD, elle comporte des terrains marno-calcaires et pélitiques d'âge triasique, jurassique et Crétacé[20].

D. Les formations post- nappes :

Elles sont constituées de formations sédimentaires et volcano- plutoniques. Le Miocène est représenté par des formations marno- gréseuses et conglomératiques d'âge Burdigalien supérieur et peut être de l'Helvétien.

Le Pliocène est constitué de deux types :

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

- Un Pliocène marin qui affleure au niveau de la base de la Soummam, il est essentiellement constitué par des marnes.
- Un Pliocène continental qui affleure au pied du Djebel Gouraya, constitué d'éléments bréchiques (résulte de la désagrégation des formations jurassiques)[20].

4. Le complexe magmatique :

Il comprend deux ensembles bien distincts et d'étendue tout à fait comparable (60 Km²) ; un ensemble de roches intrusives et un ensemble de roches volcaniques. (Fig. n° 13).

a) Les plutons (roches intrusives) :

Les intrusions constituent des stocks de faible extension (quelques Km), bien individualisés les uns par rapport aux autres et disposés suivant deux alignements dominants.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

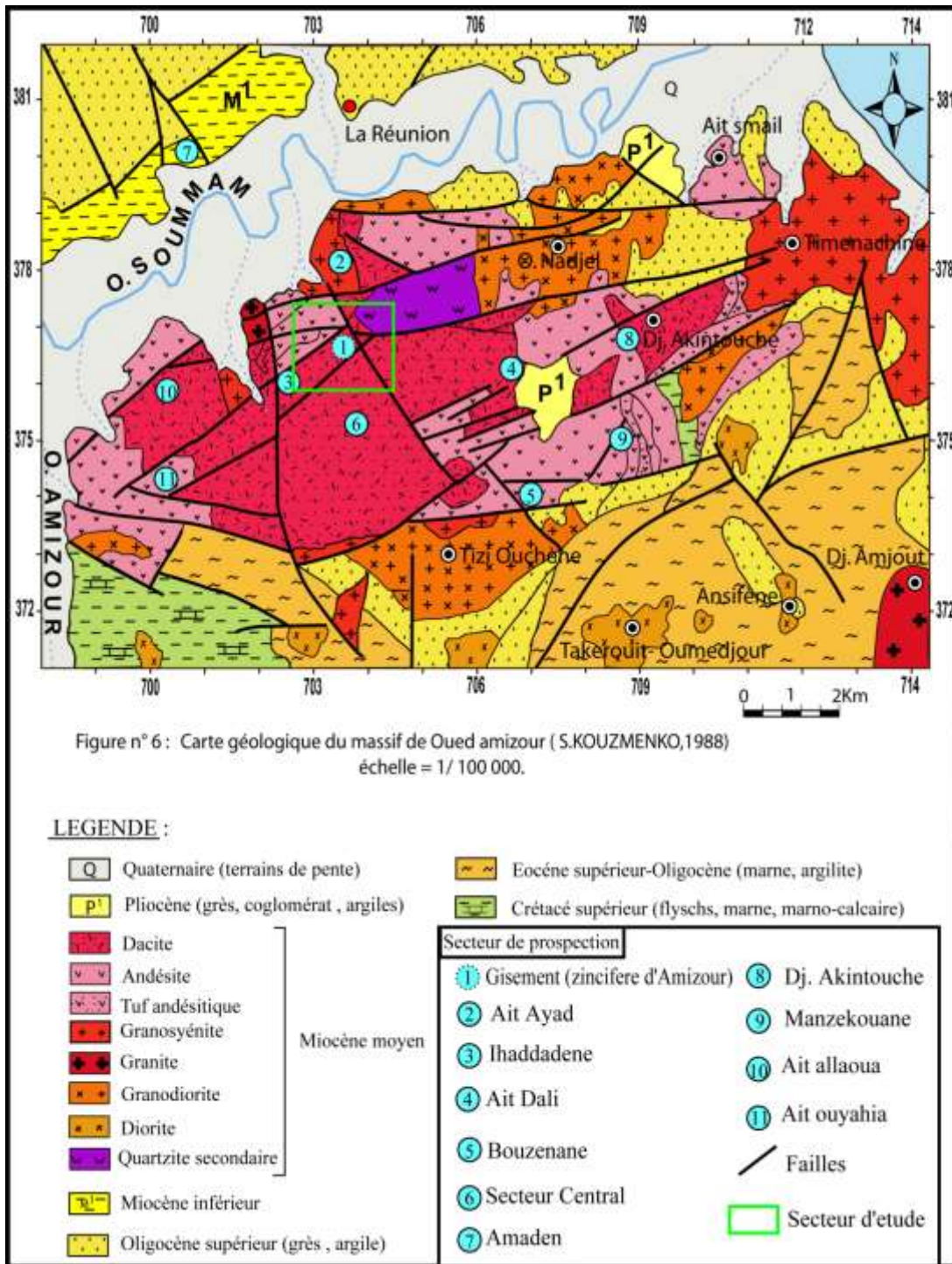


Figure II.13 : Carte géologique de massif de oued Amizour

On distingue d'Est en Ouest :

- L'alignement Sud : les plutons de l'Adrar In Zeka, de Djebel Amjout, d'Ansiffène, de Takrouit Ou Medjour, du Djebel Tizi-Ouchène.

- L'alignement Nord : les plutons côtiers de Timenachine et celui d'Oued Nadjel.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

Les plutons présentent généralement une direction d'allongement orientée soit E-W (Adrar- Inzeka, TiziOuchène, Oued Nadjel), soit NNE-SSW (Djebel Amjout, Timenachine), soit N-S (Ansiffène, Takerouit Ou Medjour).[20].

b) Le pluton d'Oued Nadjel :

Le pluton d'Oued Nadjel avec le pluton de Timenachine constituent le pointement intrusif le plus septentrional du massif éruptif. A l'affleurement, il s'étend de Tala Hamza jusqu'à Oumellil et Ait Dali au Sud à l'Est par le djebel Akintouch, qu'il sépare du pluton de Timenachine à l'Ouest par le TakrantNaft Larbi.

Du point de vue pétrographique ce massif est constitué par une monzonite quartzifère à amphibole recoupée par des filons de microgranites granophyriques.

Les faciès de bordure a tendance microgranitique sont recoupés par des filons aplitiques et de filons de tourmaline. Le quartz monzonite est parsemée de petites enclaves sombres dioritiques.[20]

c) Le pluton de Timenachine :

Ce pluton se situe en bordure du littoral. Par son étendue, il constitue le corps intrusif le plus important du complexe magmatique ; il est en contact, au Sud et à l'Est, avec les flyschs numidiens ; vers l'Ouest il recoupe les formations volcaniques. Au nord, il est en contact avec le Quaternaire de Tichy. Ce pluton est parsemé de diverses enclaves de roches éruptives et sédimentaires.

D'un point de vue pétrographique, le pluton de Timenachine est principalement composé d'un quartz- monzonite porphyroïde, entouré de granodiorite et microgranite riche en imprégnations de pyrite et est recoupé par de nombreux filons aplitiques d'une dizaine de centimètre d'épaisseur et de quelques mètres de longueur, ces derniers ne présentent aucune direction préférentielle.[20]

d) Le pluton de l'Adrar N'zeka :

Le pluton de l'Adrar N'zeka présente un allongement Est- Ouest. Il forme un relief qui culmine à 599 m. Ce pluton s'est mis en place dans l'unité de Barbacha, métamorphosant ainsi les faciès de cette unité sur une faible épaisseur.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

D'un point de vue pétrographique, ce pluton est constitué d'un cœur granodioritique (granodiorite à amphiboles) riche en nodule de tourmaline, entouré d'une granodiorite à pyroxènes. Ces différentes roches sont recoupées par de petits filons aplitiques.[20]

e) Le pluton de Djebel Amjout :

Ce pluton constitue l'une des intrusions les plus méridionales du complexe éruptif d'Oued Amizour. Il se situe sur la rive Nord d'Oued Djemaa à l'Ouest du confluent avec l'IghzerIgrane, à l'affleurement s'étend presque sur 3 Km, dont la direction est NE-SW.

Du point de vue pétrographique, ce pluton est constitué par une microgranodiorite (roche blanchâtre, prenant une teinte ocre à l'altération). Elle est parsemée de petites enclaves à tendance dioritiques soit trachytique et de dendrite noire de tourmaline.

De point de vue minéralogique, elle est constituée de phénocristaux de plagioclases zonés, de clinopyroxène et de biotite, une apophyse constituée d'une diorite ressemblant en tout point à celle de l'Adrar In Zeka.[20]

f) Le pluton d'Ansiffène :

Ce pluton constitue un petit pointement intrusif de faible extension (1× 0,5 Km) situé sur le flanc SE de djebel Djouah, entre les microgranodiorites du Djebel Amjout et les diorites de Takerouite Ou Medjour.

Il recoupe vers le Nord et le Nord Est les grès et les flyschs numidiens ; vers le S-SW, il recoupe les flyschmassyliens d'âge Crétacé (pélites ± bleutées).

Du point de vue pétrographique, le pluton d'Ansiffène se caractérise par une microgranodioritemonzonitique riche en enclaves microdioritiques et à la bordure de diorite discontinue, l'existence d'une cornéenne qui occupe les contours de ce pluton qui résulte d'un métamorphisme de contact.[20]

g) Le pluton de Takerouit Ou medjour :

Ce pluton est situé entre Djebel Djouah à l'Est et le Djebel Titebelt à l'Ouest, sur la marge méridionale du complexe éruptif, il présente un affleurement qui mesure (2×1,5 Km) orientéN010.

La pétrographie de ce pluton est constituée d'une granodiorite blanchâtre, traversée

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

par des diaclases ouvertes d'où recristallise ; la calcite, le quartz et des sphérulites de tourmaline. Cette roche est souvent parsemée de petites géodes remplies de ; quartz, épidote, pyrite.

Sur la bordure Sud- Ouest ; on observe les diorites grises bleutées, finement cristallisées à orthopyroxène et clinopyroxène[20].

h) Le pluton de Tizi- Ouchène :

Ce pluton est allongé d'Est en Ouest sur 5 Km de longueur et 5 Km de largeur, l'orientation générale de cette intrusion est de NNE-SSW, constituant la ligne de partage des eaux entre le bassin versant de l'Oued Soummam au Nord Ouest et d'Oued Djemaa au Sud Est.

Ce pluton présente la plus grande variété de faciès pétrographiques ; il est caractérisé aux bordures par des faciès à grains fins, et au cœur du massif par des quartzmonzonite à amphiboles et pyroxènes, des diorites et des microgranodiorites[20].

i) Les roches volcaniques :

Elles occupent la partie occidentale du complexe magmatique qui constitue un ensemble volcanique de nature calco-alkaline à andésites, rhyolitoïdes[20].

et des tufs andésitiques ou pyroclastites.

Cet ensemble est recoupé à l'Est par les granitoïdes de Timenachine et celui de Oued Nadjel ; et au Sud par le pluton de Tizi-Ouchène.

Ces roches reposent au SW sur les flyschs Crétacé de Barbacha et au Nord sur des flyschs Crétacé et le numidien, qui sont recouvertes au NW par le Mio-plio-quadernaire de la vallée de la Soummam[20].

1. Les andésites :

Ces roches occupent la majeure partie des formations volcaniques qui affleurent soit sous forme de petites coulées prismées (Djebel Tizi-Ouchène), soit sous forme de coulées massives dans les tufs andésitiques et soit sous forme de filon (gisement de Djebel Amjout).

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

Ces roches sont affectées par une silicification intense, qui les transforme en quartzites riches à disséminations de pyrite. Du point de vue minéralogique, ces roches sont constituées de plagioclase et de pyroxène, ainsi que de l'apatite et de la magnétite, qui donnent une texture microlitique et porphyrique [21].

2. Les dacites :

Ces roches constituent des coulées prismées formant des dômes plus ou moins arrondis, situées dans la région d'Aourir- Aït Yahia et de Bouzenan. Ainsi elles constituent l'arête saillante au contact de la granodiorite de Tizi- Ouchène, et on les rencontre également à Beni- Ayad.

Macroscopiquement, on distingue de grands cristaux de feldspaths potassiques roses qui peuvent atteindre 1 Cm de taille, des plagioclases bien développés (1 Cm de taille) et on note l'abondance des paillettes de biotite.

La texture est microlitique porphyrique, avec une composition minéralogique qui est la suivante : feldspaths potassiques, plagioclases, biotite, clinopyroxène, magnétite, apatite[20].

3. Les tufs andésitiques :

Ces tufs occupent la grande majorité des roches affleurant dans ce complexe, où ils se présentent en couches d'épaisseur variable (quelques dizaines à des centaines de mètres).

Ils sont facilement reconnaissables à leur aspect stratifié et à leur coloration intense (verdâtre, violacée, bleutée, gris sombre, blanchâtre).

Entre les niveaux de tufs s'intercalent des coulées andésitiques qui sont surmontées par des coulées prismées de rhyolitoïdes[21], d'andésites et par de grandes masses d'andésites silicifiées. Ces tufs sont constitués soit d'éléments fins (cinérite), soit d'éléments grossiers bréchiques ignées. Les éléments constitutifs sont soit des fragments d'andésites, de rhyolitoïdes remaniées, soit d'éléments de roches sédimentaires (copeaux de flyschs Crétacé et des blocs de grès numidien[20]).

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

III- 4. Tectonique :

Deux phases tectoniques majeurs semblent avoir joué un rôle primordial dans la structure de la région Béjaïa-Amizour ; elles sont essentiellement attribuées au Langhien et au Pliocène, après la mise en place des grandes nappes de glissement.

a. La tectonique cassante : Se caractérise par six accidents majeurs ;

- L'accident d'Arbalou de direction N 070 ; qui joue en décrochement senestre incliné vers le Nord, en effet il correspond à un accident du socle qui plus tard joue en faille normale[16].

- L'accident profond de direction E-W, appelé l'accident « Φ_1 » d'Achelouf qui a un âge post-Langhien. Il est décrochant probablement dextre séparant le domaine septentrional du domaine méridional.

La direction sub-latitudinale, marquante dans l'ensemble des Babors d'âge Mio- plio- quaternaire. À l'échelle du massif de Oued-Amizour, la direction Est- Ouest est représentée par :

- L'accident de Takrant- Naït- Larbi (15 Km de long), constitué par une série de failles orientées Est-Ouest qui est soulignée par une zone de broyage dans les rhyolitoïdes, ce qui indique un rejet tardif après la mise en place de ces laves[21].

- L'accident de Tizi-Ouchène, plurikilométrique sub- latitudinal parallèlement à l'accident précédent. Il met au contact des granitoïdes avec des laves.

- L'accident d'Aït Ayed, est de direction sud- latitudinal ; il limite au Nord le massif de Timenachine[16].

À cet accident sont associées des failles plurikilométriques (N140-150) : la faille de Bouzenan- Aït Bouzid de direction N140 qui traverse le massif et se prolonge vers le Nord, passant par le secteur d'Amadène.

- Une tectonique intra- Pliocène, se traduisant par des jeux verticaux responsables de la surélévation des calcaires Jurassique de Djebel Gouraya.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

b. La tectonique souple :

La formation des grands plis résultent des mouvements orogéniques miocènes, traduisant une tectonique compressive représentées par :

- Les anticlinaux et synclinaux de Djebel Gouraya et d'Arbalou, de direction WNW-ESE.

- Ceux de la nappe de flyschs intensément replissée. Ces plis souples peuvent être contemporains aux accidents post-nappes [21].

IV. Le climat

Au niveau du bassin versant de la Soummam, le climat est hétérogène d'une localité à une autre, dû à la configuration orographique du territoire. Le climat général est de type méditerranéen, signale que plus on pénètre dans la vallée de la Soummam, plus les précipitations diminuent, ceci est dû essentiellement au rôle joué par la chaîne du Djurdjura, qui, par sa hauteur, constitue une barrière face aux vents humides émanant dans la direction Nord-Ouest.

1. Les températures

Au niveau des cours d'eaux, les variations de températures suivent celle de l'air même si elles sont de plus faible amplitude. Les êtres vivants ne peuvent subsister que dans un intervalle de température comprise entre 0 et 50° C en moyenne, ces températures sont compatibles avec une activité métabolique normale.

Ainsi, sur la base des données recueillies sur une période de 45 ans (1970 à 2015), on déduit globalement une température moyenne annuelle de 18,39°C, avec des minima de 7,3°C (moyenne mensuelle minimale), correspondant au mois le plus froid (Février), et de 30,3°C (moyenne mensuelle maximale), correspondant au mois le plus chaud (Aout) voir le tableau 6 et figure 14.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

Période	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1970	M	16,7	17	18,5	22,9	23	26,3	29,5	30,3	28,3	25,7	21	18
A2015	M	7,8	7,3	9,1	11,2	13,8	17,3	20,3	21,5	19,2	16,1	11,9	8,7
	M+m/2	12,25	12,15	13,8	17,05	18,4	21,8	24,9	25,9	23,75	20,9	16,45	13,35

(Source: stationmétéorologiquesiseàl'aéroportdeBejaiaetinfoclimat.fr).

TableauII.7:Températures moyennesannuellesetmensuelles (°c)(1970-2015).

M : moyenne mensuelle des maximas thermiques : moyenne mensuelle des minimas thermiques+m/2:températuremoyennesmensuelles

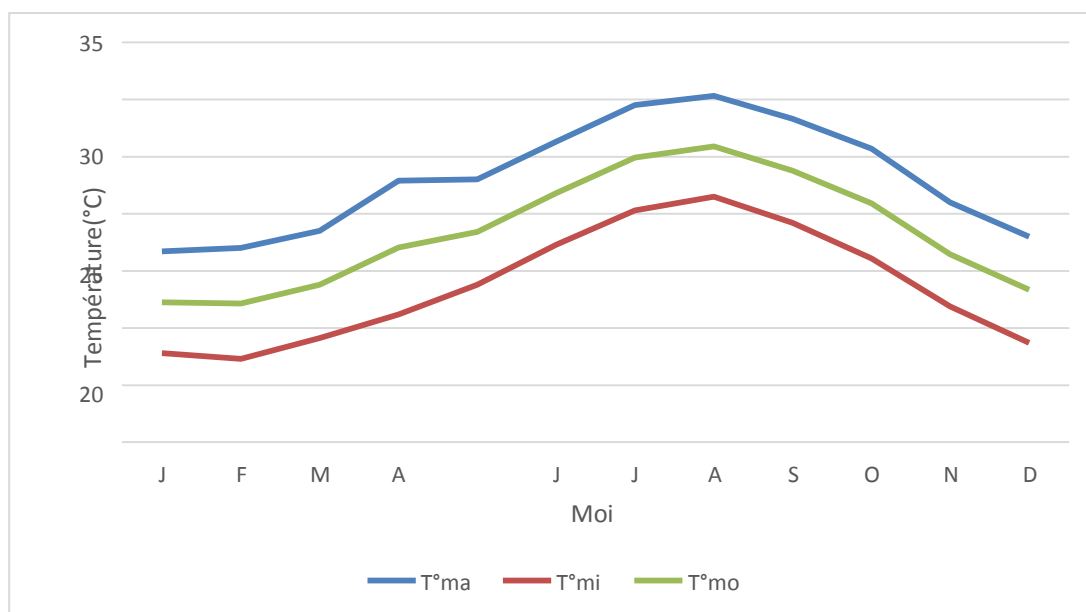


Figure14:Distributiondes températures moyennes mensuelles dans la région de Bejaia (1970-2015).

2. Précipitations

Dans la vallée de la Soummam, on a enregistré une décroissance des précipitations au fur et à mesure que nous éloignons de la mer. Cette décroissance est due essentiellement à l'orographie et aux effets de continentalité. Le pic étant enregistré en février (116,4mm) et le creux en juillet (3,2mm) (Voir tableau 7 et figure 15).

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

Période	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total Annuel Moyen
1970-2015	P(mm)	73,2	116,4	72,3	57,6	30,3	22,2	3,2	25,3	33,5	86,1	83,4	97	617,1

(Source: station météorologique à l'aéroport de Bejaïa et infoclimat.fr)

Tableau II.8 : Les moyennes des précipitations annuelles et mensuelles (P) de la région de Bejaïa (1970-2015).

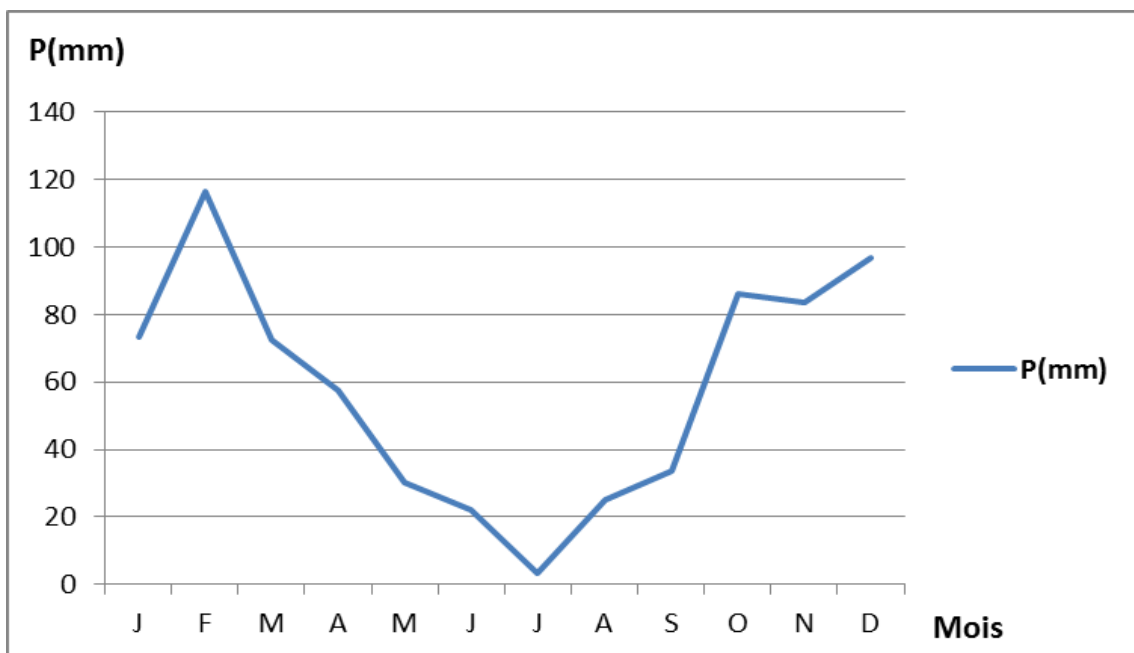


Figure II.15 : Distribution des moyennes des précipitations mensuelles dans la région de Bejaïa (1970-2015).

3. Synthèse climatique

Un grand nombre d'indices climatiques sont proposés. Les plus courants sont basés essentiellement sur la pluie et la température. C'est le cas du quotient pluvio-thermique d'Emberger et de l'indice xérothermique de Bagnoul et Goussien qui sont les plus utilisés.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

a. Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен

Bagnouls et Gausсен en 1954, ont établi un diagramme qui permet de dégager la période sèche en s'appuyant sur la comparaison de températures moyennes et de précipitations annuelles moyennes, ou sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec une échelle des précipitations équivalente aux doubles de celle des températures.

Il y a sécheresse lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous. Ainsi, le diagramme établi avec les données de période 1970-2015 dans la région de Bejaïa, montre l'existence d'une période humide ; s'étalent de fin septembre à fin mai, et une période sèche durant les quatre mois restants, c'est à dire de mai à septembre (figure 16)

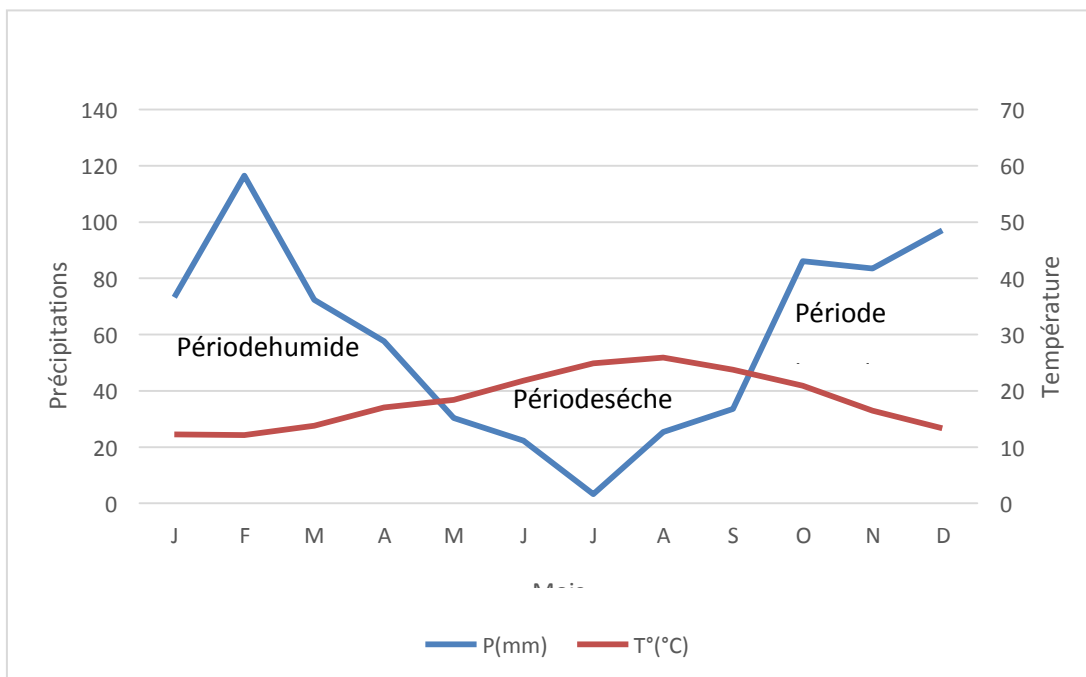


Figure II.16: Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gausсен pour la période (1970-2015).

Conclusion :

À travers une analyse approfondie des formations géologiques, il a été possible de déterminer les caractéristiques principales de ce territoire.

Chapitre II : Cadre géologique de la région Bejaïa- Amizour

La région de Béjaïa-Amizour présente une grande diversité géologique, avec la présence de formations sédimentaires, métamorphiques et volcaniques. Les roches sédimentaires, telles que les grès, les calcaires et les schistes, témoignent de processus de dépôt qui se sont produits au cours de différentes périodes géologiques.

Les formations métamorphiques, quant à elles, témoignent de la tectonique régionale intense ayant affecté la région, conduisant à la transformation des roches initiales par des températures et des pressions élevées. Ces formations métamorphiques comprennent des gneiss, des micaschistes et des amphibolites, offrant des indices sur les conditions géodynamiques passées.

Par ailleurs, la présence de formations volcaniques, telles que les coulées de lave basaltique et les tufs volcaniques, témoigne de l'activité volcanique qui a façonné la région. Ces formations volcaniques révèlent également des informations précieuses sur l'histoire géologique de Béjaïa-Amizour.

En somme, l'étude du cadre géologique de Béjaïa-Amizour permet de mieux comprendre la formation et l'évolution de cette région. La diversité des formations géologiques présentes témoigne des forces tectoniques, des changements climatiques et des activités volcaniques qui ont façonné le paysage au fil du temps. Une meilleure connaissance de ces éléments est essentielle pour une gestion efficace des ressources naturelles et une compréhension approfondie de l'environnement géologique de la région.

En poursuivant notre recherche, nous serons en mesure de mieux appréhender les processus géologiques à l'œuvre dans la région de Tala Hamza-Amizour, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour des études futures et une meilleure compréhension de la géologie régionale.

Chapitre III : Matériels et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous aborderons le volet crucial de notre étude : le matériel et la méthodologie utilisés pour mener à bien notre recherche. Ce chapitre revêt une importance capitale, car il détaille les outils, les équipements et les procédures qui ont été mis en place afin d'obtenir des données fiables et de répondre à nos objectifs de recherche. L'objectif de cette section est de fournir une description claire et précise du matériel utilisé ainsi que des méthodes appliquées tout au long de notre étude. Nous examinerons en détail les instruments, les échantillons, les techniques de collecte de données et les procédures d'analyse que nous avons employés pour obtenir des résultats significatifs.

III.1 Échantillonnage et mode de prélèvement :

Le prélèvement de l'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui s'en suit. L'échantillon doit être homogène et représentatif et ne doit pas modifier les caractéristiques de l'eau.

L'étude s'est portée sur le choix de sept sources. Toutes ces sources se localisent au niveau de la région ait daliiaarichenbouzna et thalaougrasse. Les échantillons sont pris dans des flacons de 1.5l. Bien nettoyés et conservés dans des glaciers à une température variant entre 4°C à 6°C

Date d'échantillonnage : 11/06/2022

Chapitre III : Matériels et méthodes



FigureIII.17 : carte géographique de la zone de prélèvement

N°	Nom	Nature	Coordonnées (UTM) x	Coordonnées (UTM) y
1	Iaarichen	S	680846	4063942
2	Lainser	S	680324	4060573
3	Taawint Moussa	S	680110	4060236
4	ThalaOughrass	S	679345	4059678
5	Thiliwa	S	679345	4059678
6	Bouzna mosquée	S	679477	4059258
7	Sidi Khlfoun	S	679206	4059058

TableauIII.9 : les coordonnées UTM des échantillon



FigureIII.18: source Iaarichen



FigureIII.19 : source Laainser



Figure III.20 : Source Thaawint Moussa **Figure III.21** : Source Thal Oughrasse



Figure III.22: Source Sidi khlfoun

Figure III.23: Source Thilioua

III.2 Méthodes d'analyses physico-chimiques :

1. Mesure in situ :

La mesure de pH la Température la Conductivité et la TDS a été effectué sur le terrain avec un multi paramètre de marque TPS.



Figure III.24 : multi paramètre de Marque TPS

2. Dosage de chlorures :

Les chlorures sont présents en grande quantité dans l'eau de mer (+19g/l), leur concentration dans l'eau de pluie est de 3mg/l. La teneur en chlorure d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse.

- La concentration maximale admissible des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine : 200mg/l
- Le seuil gustatif : à partir de 200mg/l environ
- Concentration supérieure à 200mg/l : eaux laxatives et éventuellement dangereuses pour les patients atteints de maladies cardiovasculaires ou rénales.

a) Principe :

Dosage du Chlore combine à l'état de chlorures par le Nitrate d'Argent en présence de Chromate de Potassium comme indicateur. Le dosage des chlorures s'effectue sur des échantillons d'eau..



b) Mode opératoire :

Sur un échantillon d'eau de 100 ml, ajouter 1 ml de chromate de potassium : le mélange se colore en jaune.

Chapitre III : Matériels et méthodes

La solution est dosée par une solution de nitrate d'argent N/25 : le nitrate d'argent précipite les chlorures alcalins et alcalinoterreux sous forme de chlorure d'argent.

La fin de la réaction est repérée par l'apparition de la d'argent teinte rouge brique dichromate.



Figure III.25 : L'apparition de la teinte rouge brique dichromate.

c) Résultat :

La concentration des Chlorures est obtenue a l'aide de la formule suivante :

$$Cl^- (\text{°f}) = V \text{ ml} * 2$$

* V : Volume, chute de la burette en ml

d) Réactifs :

Pour la préparation des réactifs, n'utiliser que de l'eau déminéralisée (Conductivité inférieure ou égale a $2 \mu\text{S/cm}$). Les matières premières doivent être De qualité analytique.

- Nitrate
- g/l Chlorure doit être $< 750 \text{ mg/l}$ dans l'eau potable.
- d'argent N/25
- Chromate de potassium a 100

3. Dureté totale de l'eau :

Teneur en calcium et magnésium, s'opposant a la formation de mousse avec le savon et permettant le dépôt de sels insolubles et incrustants (tartres ou incrustations).

Chapitre III : Matériels et méthodes

a) Principe :

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide EDTA a pH=10. L'indicateur colore est le NET (Noir d'EriochromeT), qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium.

b) Mode opératoire :

A 50 ml d'échantillon on ajoute 4 ml de la solution tampon pH= 10 (solution de NH_4Cl), en présence de l'indicateur colore la solution doit se colorer en rouge foncé ou violet, le titrage se fait avec l'EDTA 0,01 N, le virage est atteint par la couleur Bleu royale.

Si le volume de l'EDTA est supérieure 20 ml il faut faire une dilution au 1/10 pour l'échantillon.



FigureIII.26 : L'apparition de la couleur violette en présence des ions calcium et magnésium

c) Expression des résultats :

Le calcul du TH total :

$$\text{TH total (}^\circ\text{f)} = 2 * V \text{ ml}$$

* TH total: titre hydrotimétrique total.

* $^\circ\text{f}$: Degrés français ($1^\circ\text{f}=10 \text{ mg / l de CaCo}_3$).

* V : Volume, chute de la burette.

4. Dosage du calcium :

✓ Principe :

Pour le dosage du calcium, on procède de la même manière que pour le titre hydrotimétrique total en changeant uniquement l'indicateur coloré (N.E .T) par du MERXEIDE. Le pH est porté à 12-13 par addition de soude pour faire précipiter les ions Mg^{++} sous formes d'hydroxydes.

✓ Réactif :

- EDTA (0.04N) ;
- Solution de soude caustique à 5N ;
- Murexide.

✓ Mode opératoire :

- Prendre 50 ml de l'eau à analyse dans un ERLLENMEYER ;
- Ajouter 25 gouttes de NaOH à 5N (Soude), en remuant délicatement ;
- Ajouter une pincée de Murexide et mélanger ;
- Une coloration rose doit alors se développer ; titrer alors avec la solution d'EDTA (sel tétra sodique de l'acide Ethylène Diamine Tétra Acétique) à 0.04N jusqu'au virage du rose violet.

✓ Expression des résultats :

Le calcul du TH Ca^{++} :

$$TH Ca^{++} (\text{°f}) = V \text{ ml} * 2$$

* TH Ca^{++} : titre hydrotimétrique calcique.

* °f : Degrés français (1°f=10 mg /l de $CaCo_3$).

* V : Volume, chute de la burette en ml.

5. Détermination des matières en suspension la méthode par filtration :

a) Principe :

Vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, détermination des matières en suspension par pesée différentielle.

* Des eaux non chargées en MES : on utilise des filtres pour la filtration.

* Les eaux chargées en matière en suspension, on utilise directement les échantillons dans des capsules.

Appareil : Etuve.

Température : 150 °C.

Matériels : Fioles, capsules, filtres, rampe de filtration, balance, dessiccateur.

b) Mode opératoire :

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 150°C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre.

$$\text{mg/IM.E.S} = \frac{P_p - P_v}{100} * 100000 = (P_p - P_v) * 10000$$

Chapitre III : Matériels et méthodes

c) Formule :

M.V.S (Matières volatiles)

Après pesage des M.E.S, mettre les filtres dans le four à moufle à 525 °c pendant 2 h, les peser après, ce qui correspond a la matière minérale.

Pour rechercher les matières volatiles

$$\text{M.V.S (mg/l)} = \text{M.E.S} - \text{Matière minérales}$$

III.3 Méthode d'analyse par Spectrophotomètre UV. Visible :

La

spectroscopie d'absorption dans l'UV et le visible est basée sur la propriété des molécules d'absorber des radiations lumineuses de longueur d'onde déterminée

1. Domaine UV-Visible

Dans une molécule, les transitions électroniques ont lieu dans la région de l'ultraviolet et du visible. Le domaine UV-visible s'étend environ de 10 à 800 nm.

- Visible: 400 nm -800 nm.
- Proche-UV: 200 nm -400nm.
- UV-lointain: 10nm-200 nm.

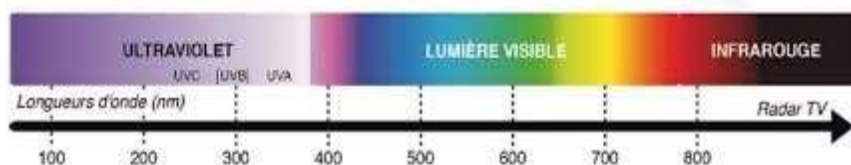


Figure III.27 : Domaine UV-Visible

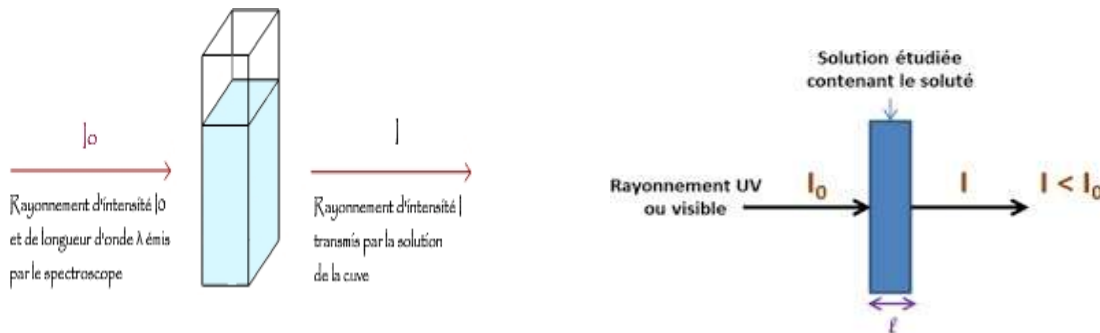
Pour les appareils usuels, les domaines utiles de longueur d'onde dans les domaines UV-Visible sont :

UV	Visible
200 nm λ <math><400\text{ nm}</math>	400 λ <math><800\text{ nm}</math>

2. Principe de fonctionnement :

La spectroscopie UV-Visible se réalise à l'aide d'un spectrophotomètre. Lorsque la cuve contenant la solution est placée dans un spectroscope, elle reçoit un rayonnement d'intensité I_0 . Une partie de cette lumière incidente notée I_0 est absorbée par le milieu et le reste, noté I , est transmis. L'intensité

du rayonnement issu de la cuve est donc inférieure à l'intensité du rayonnement initial (I_0). La fraction de la lumière incidente absorbée par une substance de concentration C contenue



dans une cuve de longueur l est donnée par la loi de Beer-Lambert : $A = \log(I_0/I) = \epsilon l C$.

Figure III.28 : Schéma de principe de lecture d'un échantillon en spectroscopie UV-visible

$$A = \epsilon \cdot l \cdot C$$

A : absorbance autrefois appelée densité optique (D.O.) (sans unité)

L'absorbance A est la capacité d'une espèce chimique à absorber une lumière (comprise entre 0-2)

ϵ est le coefficient d'extinction molaire

(coefficient d'absorption molaire); c est une caractéristique de la substance étudiée à une longueur d'onde donnée. (ϵ est en $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$).

ϵ est le coefficient d'absorption spécifique si C en g/L (ϵ est en $L \cdot g^{-1} \cdot cm^{-1}$)

l est la largeur (épaisseur) de cuve en cm

C est la concentration de la solution ($mol \cdot L^{-1}$)

1. Dosage des nitrites (NO_2^-) :

a) Principe:

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichlorure donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm

Chapitre III : Matériels et méthodes

b) Réactifs:

b-1) Réactif Mixte :

- Sulfanilamide40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine 2 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

b-2) Appareillage:

Spectrophotomètre UV-Visible

c) Courbe d'étalonnage :

\$ fille 1 mg/l	0	1	2	5	20	40
Eau distillée (ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
[NO ₂ ⁻] en mg/l	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

TableauxIII.10 : Préparation des solutions d'étalonnage nitrite

d) Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻.

Effectuer la lecture à 543 nm.

e) Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

Chapitre III : Matériels et méthodes

2. Dosage des nitrates NO_3^- méthode au salicylate de sodium :

a. Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

b. Réactifs :

* Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).
0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

* Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

* H_2SO_4 concentré.

* Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

* Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l.

c. Appareillage :

Etuve.

Spectrophotomètre U.V visible.

Chapitre III : Matériels et méthodes

d. Courbe d'étalonnage :

Dans une série de capsule de 60 ml, introduire successivement :

N° de capsule	B	I	II	III	IV
\$ étalon 5 mg/l.	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
\$ de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

TableauxIII.11 : préparation des solutions d'étalonnage nitrate

e. Mode opératoire :

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.

Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

(ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.

Reprendre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.

Ajouter 15 ml d'eau distillée.

Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectro au 415 nm.

f. Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

3. Détermination des phosphates (PO₄³⁻):

a) Principe :

Chapitre III : Matériels et méthodes

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm.

b) Appareils : Spectrophotomètre UV. visible

c) Réactifs :

c.1) Réactif Mixte:

Heptamolybdate d'ammonium	13 g.	A
Eau distillée	100 ml.	
Tartrate d'antimoine	0.35 g.	B
Eau distillée	100 ml.	
Acide sulfurique pur	150 ml ©	C
Eau distillée	150 ml.	

(A + B) + C → 500 ml d'eau distillée.

c.2) Acide ascorbique à 10 %:

Acide ascorbique.....10g.

Eau distillée100ml.

c.3) Solution mère à 50 mg/l PO_4^{3-} :

Solution fille à 2 mg/l PO_4^{3-}

Chapitre III : Matériels et méthodes

d) Courbe d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
\$ fille à 25 mg/l P	0	0.3 ml	0.6	1.2	2.4	4.8
qsp 40 ml eau distillée	40	40 ml	40	40	40	40
[c] P	0.0	0.015	0.03	0.06	0.120	0.240
[c] en PO_4^{3-}	0.0	0.0459	0.0918	0.1836	0.3672	0.7340
Acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1	1
Réactif mélangé (ml)	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 mn.						

TableauxIII.12: préparation des solutions d'étalonnages phosphate

e) Mode opératoire :

- 40 ml d'eau à analyser.
- 1 ml acide ascorbique
- 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 mn le développement de la couleur bleue.
- Effectuer la lecture à une longueur d'onde de 880 nm.
-

f) Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l

4. Dosage des ions sulfate :

Cette méthode est décrite dans Rodier(2016).

a. Matériel :

Verrerie ; fioles (100ml, 50ml), pipette (2ml, 5ml, 10ml), béchers.

b. Réactifs :

- Solution d'acide chlorhydrique au 1 /10.

Chapitre III : Matériels et méthodes

- Solution de polyvinyl-pirrolidone ou de tween 20 à 25%.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :
 - Chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$).....10g.
 - Solution tween 20.....20ml.
 - Ou 5ml de solution polyvinyl-pirrolidone (PVP).
 - Eau déionisée.....q.s.p.....100ml.
- Solution étalon de sulfate de sodium à 150mg/l de SO_4^{2-} ;
 - Sulfate de sodium anhydre.....0.221g.
 - Eau déionisée.....q.s.p.....100ml.
 -

c. Mode opératoire :

1. Préparation des gammes d'étalonnage :

Les solutions étalons sont préparées comme il est défini dans le tableau suivant :

Solution étalon de SO_4^{2-} en mg/l	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Eau déionisée	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40
Acide chlorhydrique ou N/10 (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Correspondance en mg/l de SO_4^{2-}	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30

Tableau III.13 : Présentation des solutions étalonnage des ions sulfate

Agiter deux trois fois énergiquement .Après 15 minutes de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 650nm. Soustraire de la densité optique lue pour chaque tube réactionnel, la densité optique lue pour le témoin .Construire la courbe d'étalonnage.

2. Dosage des échantillons :

Introduire dans un tube à essai :

- Mesurer 50 ml Eau.
- 1ml acide chlorhydrique au 1/10.
- 5ml solution de chlorure de baryum stabilisée.
- Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à analyser par de l'eau déionisée.

Chapitre III : Matériels et méthodes

- Agiter énergiquement et laisser reposer 15 min.
- Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650nm.

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin, Se reposer à la courbe de l'étalonnage.

d. Expression des résultats :

La valeur déterminée à l'aide de la courbe d'étalonnage donne directement le résultat en mg de SO_4^{2-} par litre d'eau.

e. Remarque :

La prise d'essai doit contenir une quantité de sulfate inférieure à 2 mg. La courbe représentative étant une droite parfaite pour ces teneurs. Dans le cas d'eau fortement chargée en SO_4^{2-} , préparer des dilutions en vérifiant chaque fois qu'elles se trouvent dans la zone d'utilisation de la courbe d'étalonnage.

f. Interprétation des résultats :

Les résultats seront selon la réglementation marocaine (NM .03 .7.001) qui donne comme valeur limite 400mg/l.

III.4 Analyses des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) :

Les métaux lourds étudiés ont fait l'objet d'une analyse spectrophotométrique à absorption atomique (SAA) ; à l'aide d'un Atome Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre.

Tous les échantillons dosés par la SAA sont filtrés sous vide par des membranes de filtration ayant une porosité 0.45 μm .



Chapitre III : Matériels et méthodes

Figure III.29: Spectrométrie d'absorption atomique

a. Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis très longtemps. Les séduisantes possibilités de la méthode et en particulier sa rapidité, l'ont fait adapter au dosage d'un certain nombre d'éléments rencontrés dans les eaux.

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité E_n et le niveau fondamental E_0 .

En spectrométrie d'absorption atomique (SAA) on utilise un générateur de photons dont la fréquence correspond à l'élément à doser. Une population d'atomes, générée par un atomiseur à partir de l'échantillon, est éclairée par ce rayonnement lumineux de longueur d'onde donnée.

La SAA Atomic Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre, avec lequel nous avons effectué les dosages, comporte les dispositifs suivants (Figure 32):

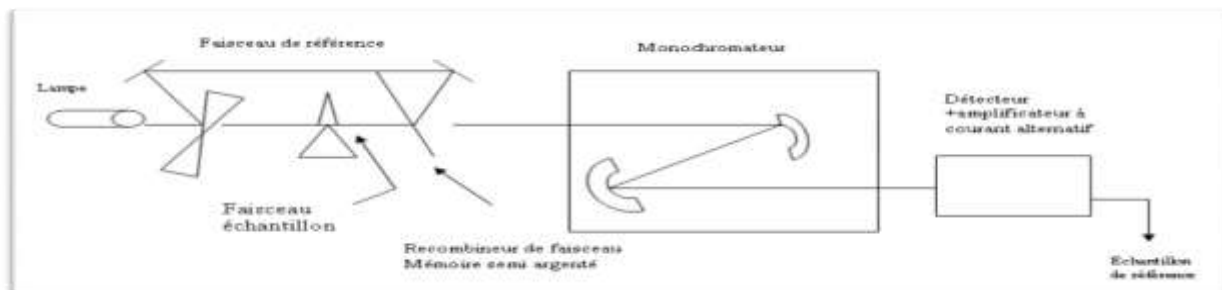


Figure III.30: principe de fonctionnement de la S.A.A.

- b. **Étalonnage** : La spectrométrie d'absorption atomique est une méthode analytique comparative, elle implique un étalonnage externe dont le résultat dépend de la représentativité des étalons par rapport aux échantillons (**Rouessac et Rouessac, 2000**).

Chapitre III : Matériels et méthodes



FigureIII.31 : Solution d'étalonnage de Cd



FigureIII.32 : Solution d'étalonnage de Cu



FigureIII.33 : La solution d'étalonnage de tous les métauxétudier

Chapitre III : Matériels et méthodes

Conclusion :

Nous avons décrit en détail le matériel utilisé, en mettant l'accent sur les instruments spécifiques qui ont été nécessaires pour collecter les données pertinentes à notre recherche. Cette description approfondie permet aux lecteurs de comprendre les outils utilisés et d'évaluer la fiabilité des mesures effectuées. De plus, nous avons exposé avec précision les méthodes employées pour collecter les données. Cela comprend les procédures de terrain, les expériences de laboratoire, les enquêtes ou tout autre processus de collecte de données spécifique à notre domaine d'étude. La clarté de notre démarche méthodologique facilite la compréhension de notre approche par les lecteurs et permet également la reproductibilité de notre étude. Nous avons veillé à prendre les précautions nécessaires pour garantir la validité et la fiabilité de nos données.

Chapitre IV : Résultats et discussions

Chapitre IV : Résultats et discussions

I- Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons les résultats obtenus dans le cadre de notre étude, ainsi que leur discussion approfondie. Ce chapitre est essentiel, car il permet de présenter les données collectées et de les analyser de manière critique afin de répondre à nos objectifs de recherche et d'en tirer des conclusions significatives

II-Résultats des paramètres physico-chimiques

1. Le PH :

Le pH de l'eau indique son acidité et son alcalinité. Habituellement, les valeurs du pH dans les eaux naturelles se situent entre 6 et 8,5 .De manière générale, l'augmentation du pH entraîne la formation de composés insolubles, et favorise la sorption des métaux. Au contraire, une diminution de pH entraîne la mise en solution des sels métalliques, la dissolution des phases de rétention .

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
PH	8,26	7,42	7,76	6,15	7,18	7 ,86	6,28	6,5-8,5

TableauxIV.14 : résultats des mesures de PH

Le PH des eaux de thilioua, laainser, thaaouinte et bouzna est comprise entre 7,18 et 7,86 respectivement et correspond à la norme de potabilité sachant que tala oughrasse et sidi khelfoun renseigne sur un aspect acide avec un PH de 6,15 et 6,28 cette acidité est probablement liée aux non nettoyages de ses source de la vase qui favorise la dégradation de la matière organique et par conséquent l'augmentation des concentrations du CO₂. (Phénomène d'eutrophisation). (Karaouet et Bourafa, 2015).Par contre la source d'Iaarichen renseigne sur un aspect alcalin avec un PH de 8,26 cette alcalinité est peut-être liée a l'influence des eaux de ruissèlement chargé de différentes matière puisque elle se situe devant une rivière en plus son abondanceinfluenceaussi.

2. La Température :

L'analyse de ce paramètre est très importante, car elle conditionne de nombreux paramètres tels que la conductivité électrique et le pH, ainsi que la cinétique des réactions de dégradation

Chapitre IV : Résultats et discussions

et minéralisation de la matière organique. La hausse de la température de l'eau s'accompagne toujours d'une modification des propriétés de l'eau, de sa densité et sa viscosité, favorisant l'autoépuration et accroissant la vitesse de sédimentation. (Rodier, 1996)

Source	Iaarichen	laainser	Thaaouint	Tala oughras	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
Température °C	18,8	18 ,6	24,9	19,3	23,9	23 ,5	17,6	<25

TableauxIV.15: résultat de mesure de la température

Nous constatons d'après les résultats obtenus que la température varie d'un prélèvement à un autre. La température des eaux des sept sources est conforme à la norme algériennes.

3. La conductivité :

La conductivité électrique d'une eau caractérise sa faculté à laisser passer le courant électrique, elle augmente avec la concentration des ions en solution et la température. Elle correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface, séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est exprimée en $\mu\text{S} / \text{cm}$.

La conductivité, ou son inverse la résistivité, permet donc une estimation de la minéralisation d'une eau. Elle dépend de la force ionique de l'eau et augmente en fonction de teneur en ions dissous, de la nature des différentes substances dissoutes, à leurs concentrations réelles et relatives et à la température à laquelle elle est mesurée

Source	Iaarichen	laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
CE $\mu\text{S}/\text{cm}$	736	468	213,6	250	160,1	139,1	151,2	2800

TableauxIV.16: résultat de la mesure de la conductivité

Chapitre IV : Résultats et discussions

La minéralisation de l'eau varie avec la conductivité électrique. La valeur minimale de la conductivité électrique était de 139.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un

Maximum (736 $\mu\text{S}/\text{cm}$) qui reste inférieur à la limite permise de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Eau pure	<23
Eau douce peu minéralisé	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau très minéralisé	1000 à 2500

TableauxIV.17 : Classification des eaux selon la conductivité (Rodier, 2005)

D'après le tableau de classification des eaux selon la conductivité on distingue que les eaux des sources Sidi Khelfoun, Bouzna, Thilioua et Thaaouinte Moussa sont des eaux douce peu minéralisé puisque leur conductivité est en 100 à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ par contre les eaux des sources Iaarichen, Laainser et Tala Oughrasse sont des eaux de minéralisation moyenne leur conductivité est entre 250 à 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cette faible minéralisation de l'eau pourrait être due à l'absence d'une formation géologique à caractère carbonaté ou gypso-salin Mais il est admis également que les activités anthropiques aux alentours de la vallée se limitent aux activités agricoles qui génèrent d'autres types de polluants essentiellement organiques et azotés et à l'absence d'activités industrielles.

4. La TDS :

Résultat de la mesure de la TDS :

Source	Iaarichen	laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
TDS $\mu\text{S}/\text{cm}$	372	240	104,3	122	77,4	67	73	500

TableauxIV.18: résultats des mesures de la TDS

Les valeurs totales des sels dissous (TDS) et de valeur minimale de 67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et une valeur maximale de 372 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs étaient inférieures à la limite maximale permise par la Norme, soit 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$

5. Calcium Ca^{2+} :

Chapitre IV : Résultats et discussions

Cet élément est fréquent dans la roche sédimentaire, il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) contenus dans la géologie de cette région.

Source	Iaarichen	Iaainser	Thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
Ca^{++} °F	4,4	2,8	4	2,6	2,6	1,6	2	50

TableauxIV.19: résultats de l'analyse TH Ca^{++}

D'après les résultats des analyses de calcium, nous observons que les valeurs des sources étudiées ne dépassent pas la norme Algérienne des eaux de consommation.

6. Magnésium Mg^{2+} :

Second élément intervenant dans la dureté totale des eaux, ces ions proviennent de la dissolution des roches magnésiennes du gypse et des minéraux ferromagnésiens et surtout de la mise en solution des dolomies et des calcaires dolomitiques. Donc les origines du magnésium sont comparables à celle du calcium.

Source	Iaarichen	Iaainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
Mg^{++} °F	4,4	2,8	4	2,6	2,6	1,6	2	50

TableauxIV.20: Résultats des analyses TH Mg^{++}

Les teneurs trouvées de magnésium varient entre (0,1 mg/l) et (2,8 mg/l) comme moyenne dans les stations. Ces valeurs sont inférieures à la norme algérienne des eaux destinées à la consommation.

7. Chlorure:

La présence de chlorures dans les échantillons peut être justifiée par l'interaction eau-roche, en effet de nombreuses roches ignées peuvent contenir des minéraux chlorurés (Boukari, 1982), ou bien la dissolution des sels naturels par le lessivage de terrains gypseux, marneux ou argileux, aussi des eaux usées (Nouayti. et al, 2015). Et peut également la

Chapitre IV : Résultats et discussions

justifier par l'utilisation d'engrais voire de désinfectants à base d'hypochlorite de sodium. La matière organique d'origine animale peut également contenir des teneurs en chlorures non négligeables (Kloppmann, 2003).

Source	Iaarichen	laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	Norm
Cl- Mg /l	90	40	23,6	30	40	24	96	500

TableauxIV.21: résultats de l'analyse des chlorures

Les valeurs de chlorure trouvées sont inférieures aux normes algériennes des eaux de consommation.

8. La dureté totale de l'eau :

La dureté est définie comme l'inhibition de l'action du savon dans l'eau en raison de la précipitation de Magnésium et sels de Calcium. Elle peut être temporaire ou permanente. Une eau dure provoque l'obstruction des canalisations par le dépôt de tarte (sels) et peut nuire à la santé humaine en provoquant des maladies telles que l'insuffisance rénale.

Source	Iaarichen	laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norm
TH °F	4,5	5	5,2	5,4	4,2	3,4	2,8	50

TableauxIV.22 : résultats de l'analyse de la dureté totale de l'eau

D'après les résultats de l'analyse TH et par comparaison avec le tableau de Classification des eaux en fonction de la dureté total on distingue que les eaux des sources laainser, iaarichen, thilioua, bouzna et sidi khelfoun sont des eaux très douce le TH est entre 0 et 5°F par contre les eaux des sources thaaouinte moussa et tala oughrasse sont des eaux douces leur TH entre 5 et 12 °F

°F	Qualité
0 à 5	Eaux très douce
5 à 12	Eaux douce
12 à 25	Eaux moyennement dure
25 à 32	Eaux dure
>32	Eaux très dure

TableauIV.23 : Classification des eaux en fonction de la dureté total

Chapitre IV : Résultats et discussions

9. La matière en suspension (MES) :

Ces produits peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles,...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques par exemple). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que les bactéries, algues et virus

Source	Iaarichen	laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
MES Mg /l	0.060	0.059	0.032	0.016	0.041	0.121	0.136	35

TableauxIV.24 : résultat de la matière en suspension

D'après le résultat des analyses physico-chimiques les valeurs des matières en suspension sont conformes à la norme algérienne des eaux de consommation.

II. Résultat et Interprétation des analyses par spectrophotométrie u.v. visible :

1. Les nitrites NO_2^- :

La présence des nitrites dans une eau brute est souvent due soit à une oxydation incomplète des composés azotés, soit à une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (Rejsek, 2002. partrick, 2003).

Les normes algériennes fixent la teneur en nitrites par 0.2 mg /l dans les eaux potables.

Source	Iaarichen	laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
NO_2^- Mg/l	0.014	0.02	0.02		0.02	0.02	0.03	0,2

TableauxIV.25: Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de NO_2^-

La valeur en nitrites dans les eaux analysées, elles sont inférieures aux normes Algériennes

2. Les nitrates NO_3^- :

Chapitre IV : Résultats et discussions

Les nitrates se forment naturellement dans le cycle d'azote. Ils constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique. Ainsi il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation (Boucheraï, 2003).

Ils sont facilement dégradables et migrent aisément dans la zone saturée, ils ont l'aspect mobile dans la nappe.

Sa présence dans les eaux souterrains est due principalement aux plusieurs facteurs, d'abord les rejets industriels non traités et déversés directement dans la plupart des cas, les usages agricoles contribuent également à la détérioration des ressources en eau, par l'introduction d'intrants chimiques chargées en éléments toxiques, et enfin la contribution des rejets domestiques à l'élévation des concentrations en nitrates. (Khemissa et Bouab, 2016).

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
NO₃⁻ Mg/l	5,32	0,13	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02	50

TableauxIV.26: Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de NO₃⁻

Les normes algériennes fixe la teneur en nitrates par 50 mg /l dans les eaux potables. La teneur en nitrates dans les eaux analysé, elles sont en les limites des normes Algériennes

3. Les sulfates SO₄²⁻ :

La présence des ions

sulfatés dans l'eau leur présence dans l'eau provient de la dissolution des formations gypseuses.

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norme
SO₄²⁻ Mg/l	0,234	0,171	0,414	0,475	0,373	0,355	0,184	400

TableauxIV.27: Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de SO₄⁻

Chapitre IV : Résultats et discussions

Les normes algériennes fixe la teneur en sulfates par 400 mg /l dans les eaux potables

La teneur en sulfates dans les eaux analysé, elles sont en les limites des normes Algériennes

4. Les phosphates PO_4^- :

Les normes algériennes fixe la teneur en phosphate par 5 mg /l dans les eaux potables

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	bouzna	Sidi khelfoun	norm
PO_4^- Mg/l	0,036	0,029	0,027	0,066	0,031	0,025	0,034	5

TableauxIV.28: Résultat des analyses par spectrophotométrie u.v. visible de PO_4^-

D'après les analyses de la spectrophotométrie u.v. visible, les concentrations de PO_4^- sont faibles donc elles sont conformes à la norme algérienne.

I. Résultats et interprétation de l'analyse des métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd) par la spectrométrie d'absorption atomique (SAA):

A. Concentration de plomb (Pb) :

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	Bouzna	Sidi khelfoun	norme
Pb Mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0,01

TableauxIV.29 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Pb

Les résultats donnée sont nul ce qui prouve l'inexistence de trace de plomb

B. Concentration de Zinc (Zn) :

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	Bouzna	Sidi khelfoun	norme
Zn Mg/l	0.001	0.001	0.004	0	0	0	0	5

TableauxIV.30 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Zn

Chapitre IV : Résultats et discussions

D'après les résultats obtenus on constate que les concentrations en zinc sont faibles dans les sources de Iaarichen Laainser et Thaaouinte et concentration nul dans les sources de Tala oughrasse Thilioua Bouzna et Sidi Khelfoun les résultats sont conformes aux normes algériennes des eaux de potabilité

C. Concentration de Cadmium (Cd) :

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	Bouzna	Sidi khelfoun	norme
Cd Mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0,003

TableauxIV.31 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Cd

Les résultats des analyses de Cadmium sont nuls, ce qui prouve l'inexistence de trace de Cadmium

D. Concentration de Cuivre (Cu) :

Source	Iaarichen	Laainser	thaaouinte	Tala oughrasse	thilioua	Bouzna	Sidi khelfoun	norm
Cu Mg/l	0.222	0.016	0	0	0	0.001	0	2

TableauxIV.32 : Résultat de la SAA pour l'analyse de Cu

D'après les résultats on distingue de faible concentration de cuivre qui varie de 0,001 mg/l à 0,222 mg/l dans les sources de iaarichen laainser et bouzna ses concentrations ne dépassent pas la norme algérienne recommandée et des concentrations nulles dans les sources de thaaouinte tala oughrasse thilioua et sidi khelfoun.

II. Discussion :

1. Le Plomb :

Le plomb (Pb) est un élément nuisible entraînant des dommages cognitifs irréversibles et des pertes de quotient intellectuel à faible dose chez les jeunes enfants. Avec la diminution de l'exposition au plomb par d'autres sources (essence, alimentation), l'eau potable est devenue

Chapitre IV : Résultats et discussions

une des plus importantes sources restantes d'exposition au plomb . Les sources de pollution par le plomb sont bien sûr pour une part d'origine anthropique mais aussi d'origine naturelle et donc pas toujours contrôlables .

Nos résultats révèlent des concentrations nul en plomb ce qui révèle que toutes les sources qui ont servi d'échantillon ne sont pas contaminés par ce métal.

2. Le zinc :

Le Zinc est l'un des oligo-éléments les plus abondants du corps humain. Ayant une importance fondamentale pour beaucoup de molécules, de processus cellulaires, métaboliques et immunologiques, y compris les réponses antioxydants. La carence en zinc a été associée à un grand nombre de déficit de l'organisme. Le zinc est essentiel pour le corps humain, la présence de ce métal dans l'eau potable ne cause pas un problème. L'intoxication par le zinc est à l'origine de la fièvre du fondeur, ainsi que d'autres symptômes tel que : les désordres respiratoires.

D'après notre étude réalisé en a constaté la présence de quelque trace de ce métaux qui ne dépasse pas la norme algérienne des eaux de potables ce qui montre la non contamination par ce métal des eaux de toutes les sourcesétudier.

3. Le Cadmium :

C'est un élément relativement rare qui n'existe pas naturellement à l'état natif. Il est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ 1 à 2 ppm, où il est souvent associé au zinc (Zn) et au plomb (Pb) .Les principales sources de la pollution par le cadmium sont les batteries nickel-cadmium jeté dans les décharges comme résultats lecadmium des batteries finissent par terre ou il peut migre vers l'eau et le sol, il se trouve dans les zones industrielle avec des hautes concentrations . Dans les eaux naturelles le cadmium présente sous forme dissoute colloïdale et particulaire ce sont les diffèrent facteur physicochimique et biologique qui vont contrôler le passage de l'une à l'autre de ces espèces : le pH, le potentiel redox, la salinité, la concentration dans l'eau de divers agent complexant, les caractéristiquesédimentorologiques, géochimiques des particules. Les formes dissoute de cet élément en milieuaquatiques sont des espèces libre est formé par l'association de cadmium avec des composéesminéraux ou organique .

Chapitre IV : Résultats et discussions

Le cadmium peut pénétrer dans les sources d'eaux potables de façon naturelle par exemple par lessivage de sol ou par lessivage de certain type de puits.

La présente étude révèle une concentration nulle de ce métal toxique ce qui montre que l'eau de toutes les sources étudiées ne sont pas contaminées de ce métal.

4. Le Cuivre :

Le cuivre existe à l'état natif et extrait d'une grande variété de minerais. Il se rencontre surtout sous forme de sulfures. Selon la forme chimique sous laquelle il se trouve, le cuivre peut être assimilé par les organismes vivants. Des effets toxiques peuvent être observés à partir de concentrations ne dépassant pas 1 à 2 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Les résultats obtenus par notre étude pour le Cu répondent à la norme algérienne recommandée pour les eaux potables ce qui révèle la non contamination des eaux de toutes les sources étudiées.

Conclusion :

D'après notre étude entamée sur l'analyse de sept sources d'eaux potables au voisinage de gisement plomb zinc qui est à la cour d'études pour l'exploitation et d'après nos analyses et notre interprétation les résultats obtenus montrent la non contamination des eaux des sources étudiées et ne présente pas un danger majeur pour la consommation humaine.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude a pour objectif d'étudier la contamination des eaux par les métaux lourds des sept sources de la région de Tala Hamza : cas des sources utilisées comme eau potable.

Concernant les résultats d'analyses physico-chimiques, on a constaté ce qui suit :

Les valeurs de pH sont admissibles aux normes de consommation algérienne pour une eau de boisson. La température des eaux est dans la norme algérienne des eaux de consommation. Les éléments chimiques Ca^{++} et Mg^{++} sont dans les normes algériennes des eaux de consommation.

Les sept sources présentent des valeurs de T.D.S et de conductivité admissible à la norme algérienne des eaux de consommation, des eaux moyennement minéralisées. Les analyses effectuées ont montré de faibles valeurs en nitrate, nitrite, sulfate et phosphate. La mesure de la dureté totale a donné des valeurs qui sont dans les normes de consommation algérienne pour une eau potable, des eaux douces pour les sources Thaaouinte Moussa et Tala Oughrasse et des eaux très douce pour les sources Laainser, Iarichen, Thilioua, Bouzna et Sidi Khelfoun.

La détermination MES pour les sept sources a montré que ces valeurs sont dans les normes de consommation algérienne pour une eau de boisson.

La spectrométrie d'absorption atomique nous a donné de faibles concentrations des métaux étudiés ce qui révèle que les eaux des sources étudiées ne sont pas contaminées par les ETM et ne portent pas de danger pour la consommation humaine.

Enfin la préservation et la protection des eaux de cette région est indispensable.

Références Bibliographiques

Référence Bibliographiques

Références Bibliographiques

[1]Caractérisation physicochimique et dosage de quelques métaux lourds de certaines sources d'eau de la région de M'Chedallah, wilaya de Bouira 2004.

[2] journal officielle de la république d'Algérie

[3]Arris S.(2008) « Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sous produits de céréales » Thèse de doctorat de l'université de Constantine- Algérie.

[4]Krupka. K.M.(1999).Understanding variation in partition coefficient, kd, Values.Environmental protection Agency.

[5]AFNOR, Prélèvement et dosage du plomb dans les aérosols. Paris-La Défense, sept (1988).

[6]Weiss, D., Shotyk, W., Kempf, O.(1999).Archives of Atmospheric Lead Pollution. NaturWissenschaften.

[7]Gadras C. (2000)«Influence des conditions physico-chimiques sur la mobilité du Plomb et du Zinc dans le sol et un sédiment en domaine routier» Thèse de doctorat de l'université de Pau et des pays de L'Adour – France.

[8]Geldmacher-von Mallinckrodt M, Acute metal toxicity in humans, In: Metals and their compounds in the environment, Edit Merian E., VCH, Weinheim, Germany, (1991) 481-489...

[9]Morgan J. J. and Stumm W, Chemical process in the environment, Edit Merian E, VCH, Weinheim, Germany, (1991) 67-103

[10] Sanders B. M Jenkins K. D; Sunda W. G and Costlow J. D, Free cupric ion activity in sea water : effects on methallothionein and growth in crab larvae, science, N°.222 (1983) 53-55

[11]Belhouche N. (2006). « Extraction liquide-liquide et par membrane liquide supportée des métaux lourds des extractants organophosphorés synthétisés sous irradiation micro-ondes Etude de l'effet synergique » Thèse de doctorat de l'université de Tlemcen-Algérie

[12]Benmeddah B.(2007). « Intercalation de la bentonite Algérienne par un tensioactif cationique application à l'adsorption des métaux lourds en solution aqueuse » mémoire d'ingénieur en chimie de l'université de Tlemcen- Algérie.

[13]Dhaou-El-Djabine K.(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 » Thèse de Magister de l'université de Mentouri de Constantine - Algérie.

Référence Bibliographiques

[14]Belaib F.(2006).« Etude expérimentale de l'effet de la l'enrobage de supports solides par des polymères conducteurs sur leur capacité de rétention des cations métalliques en solution aqueuse par adsorption » Thèse de doctorat de l'université de Constantine- Algérie

[15] Bekaert E. (2004). « Gestion des chlorures des métaux lourds stabilisation d'un phosphate d'étain dans un vitrifiat silicate » Thèse de doctorat de l'université de Lille- France.

[16]DURAND DELGA 1969, mise au point sur la structure nord-est de la bérberie,bulletinde servicede la cartegéologique del'Algérie

[17]Gravelle, M. 1959. Etudes géologique et prospection minière dans le massif éruptif d'Oued Amizour (Algérie). Pub. Serv. Cart. Géol. Alg ; (Nlle série) n° 28 p149-216

[18]Gravelle, M. 1959. Etudes géologique et prospection minière dans le massif éruptif d'Oued Amizour (Algérie). Pub. Serv. Cart. Géol. Alg ; (Nlle série) n° 28 p149-216

[19]Craine-Tazerout, K 1997. Les dépotspyriteux et les miniralisations Zn, Pb, (Cu) du massif volcaanoplutonique miocène de Oued Amizour (Béjaia, Algérie)

[20]Semroud, B 1981. Evolution pétrologique du complexe magmatique Néogène de la région de Béjaia, Amizour. Thèse d'état, USTHB. Alger, 267p

[21]Rodier, J 2005. « L'analyse de l'eau »

.

Résumé

Résumé :

Dans le but de déceler d'éventuelles contaminations par les métaux lourds (Zn, Pb et Cd) dans les eaux de sources au voisinage du gisement de Tala hamza, nous avons analysé plusieurs paramètres in situ (pH, TC°, CE et TDS) et dans le laboratoire. Les résultats de l'étude ont montré que les eaux ont un pH et une température admissibles aux normes recommandées, et une CE des eaux variable qui montre une minéralisation moyenne. Le TH des eaux est moyennement douce, les différentes eaux ont des valeurs faibles de nitrates, nitrite, phosphate et sulfate, qui sont conformes aux normes algériennes des eaux de consommation et les éléments Ca^{++} et Mg^{++} montrent des concentrations dans les normes recommandées. L'analyse des métaux lourds par SAA a relevé une faible concentration en métaux de zinc et cuivre et des concentrations nulles de plomb et cadmium. Par conséquent, les eaux des sept sources, au voisinage du gisement de Tala Hamza, répondent aux normes de potabilité chimique et ne présentent aucune contamination par métaux lourds analysés.

Mots clés : contamination, métaux, TH, PH, CE, TDS, Tala Hamza

Abstract

In the purpose of detecting possible contamination by heavy metals (Zn, Pb and Cd) in the spring waters at the proximity of the Tala Hamza deposit, we analyzed several parameters in situ (pH, TC°, EC and TDS) and in laboratory. The results of the study showed that the waters have pH and temperature within the recommended standards, and EC of the waters shows average mineralization. The TH of the waters is moderately soft, the different waters have low values of nitrates, nitrite, phosphate and sulphate, which are in accordance with the Algerian standards of drinking water and the elements Ca^{++} and Mg^{++} show concentrations in the recommended standards. The analysis of heavy metals by SAA revealed low concentrations of zinc and copper metals and zero concentrations of lead and cadmium. Therefore, the waters of the seven springs, in the proximity of the Tala Hamza deposit, meet the standards of chemical potability and do not represent any contamination by analyzed heavy metals.

Key words : contamination, metals, TH, PH, CE, TDS, Tala Hamza