



République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère De
l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA

Faculté des Sciences de la Nature Et de la Vie

DEPARTEMENT: Ecologie et l'Environnement



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

FILIERE: Ecologie et Environnement

OPTION: Ecologie et l'Environnement

Thème

**Impact des rejets de l'usine de baryte sur la qualité des eaux
souterraines d'Ain Mimoun (wilaya de khenchela)**

Présente par

Nawel Nasri

Maache Djahida

Encadré par

Ouannes Meyada

Soutenu le: 13 /06/ 2015

Jury de soutenance

Président :houha belgacem- MAA

Encadreur : Ouannes Meyada- MAB

Examineur: Lakhdari Soumia- MAB

Univ. Abbès Laghrouour - Khenchela

Univ. Abbès Laghrouour - Khenchela

Univ. Abbès Laghrouour - Khenchela

Promotion: Juin 2015



REMERCIEMENT


*Au nom **D'Allah** le plus grand merci lui revient de nous avoir guidés vers le droit chemin, de nous avoir aidées tout ou long de no années d'étude et nous aspiré les bons pas et les justes reflexes ... merci beaucoup Allah.*

Nous n'arrivons pas à trouver des mots suffisamment forts pour exprimer la reconnaissance que nous avons à l'égard de notre promoteur Ouanass Mayada que ce soit sur le plan professionnel ou personnel. Pour ses conseils précieux. Nous vous remercions que Vous avez initié, guidé et suivi ce travail malgré vos multiples occupations Nous avons apprécié vos qualités scientifiques, humaines, votre amour pour le travail bien fait et surtout votre esprit d'équipe. Ces qualités couplées à votre simplicité et votre générosité font de vous un maître respecté. Votre façon particulière d'établir un rapport basé sur la confiance entre professeur et son élève, faite et remplie d'affection, d'écoute, de rigueur et d'exigences scientifiques, a orienté tout notre dévouement vers le chemin de la science. Veuillez trouver ici, cher Maître toute notre reconnaissance et notre profonde admiration. Nous dis « mille merci ». J'en garde un très bon souvenir d'une personne doté d'une grande capacité de travail et d'une gentillesse.

....Cher Maître Vous nous faites l'honneur de présider ce jury houha et labaci

Malgré vos occupations. Nous avons beaucoup apprécié vos qualités scientifiques, Professionnelles et humaines. Vous avez avec promptitude accepté de juger ce travail. Chaleureux, modeste et affectueux, vous faites l'admiration de tous. Veuillez accepter

Cher Maître, l'expression de notre reconnaissance et de notre respect.



....Nous sommes très heureux de vous compter aujourd'hui parmi les membres de ce jury. Votre disponibilité constante, vos conseils et suggestions nous ont permis d'améliorer profondément la *qualité de ce travail*. *Permettez-nous cher Maître de vous adresser nos sincères remerciements. J'adresse aussi mes remerciements aux personnels Laboratoire de d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux (Ain M'Lila).*

remercier également très chaleureusement les travailleurs de L'unité d'exploitation des gisements de baryte, remercier les travailleurs des forêts d'EL HAMMA, remercier spécialement à Mr BOULABEIZ, M.BAKHA ABD ELHANI directeur de laboratoire de Ain M'lila, et Ma profonde remercier M^{elle} CHALIH. pour collègues de disciplines variées pour les collaborations, les discussions et les conseils prodigués tout au long de mon parcours de chercheur. Je ne citerai pas de noms ici, pour ne pas en oublier certains

Je n'oublierai pas mes amis et mes proches pour leurs encouragements au cours de toutes ces années. Merci pour avoir su me divertir et me soutenir jusqu'au bout. et pour sa gentillesse de sa disponibilité et de ses bons conseils qui m'ont accompagné tout au long de ce travail. Et pour leur fidèle amitié.

Enfin, j'adresse des remerciements du fond du cœur pour ma famille spécialement

à mes parents et à mon frère, je vous remercie pour les coups de téléphone à répétition, c'est dommage qu'on n'ait pas pu être ensemble à la soutenance de ce travail, mais j'avais toujours une pensée très affective pour vous tous.

Dédicaces

Avec L'aide D'ALLAH, J'ai Pu Réaliser Ce Modeste Travail Que Je

Dédie A:

A mon très cher père :lambark

*Tes conseils m'ont suivi et m'ont permis d'atteindre le bout du chemin.
Sois fier de moi aujourd'hui et vois à travers ce travail mon amour sincère
et ma gratitude profonde.*

A ma très chère mère :baya

*Ma douce et tendre mère. Quoique je fasse, je ne pourrais te rendre ce que
tu as fait pour moi. Si je suis arrivée là, c'est bien grâce à toi. Que dieu te
donne longue vie et te protège pour moi.*

A mes frères :Abd arhim, Bilal, Sifadin, Brahim, Hamza.

Pour leur soutient et leur amour.

*A mes sœurs :Nawara, Ibtisam, Amina, Radhia, Souraya, Chahina,
Lamis, Salsabile, Linda, Naziha et Abd anour, Tarag, Youssaf.et tré
resarci a les amies Djihad, Biba, Djamila ,Khadou et Samia*

Pour leur soutien moral et pour leur amour et soins.

*A tous mes collègues de la promotion avec qui j'ai partagé les joies et les
Difficultés durant ces années.*

A toute personne qui me connaisse et me considère comme une amie.

*Aux personnes qui m'ont encouragé et motivé, qui n'ont cessé d'oeuvré
pour*

Ma réussite et pour mon bonheur

A ma famille

N-Nawal

Dédicace

*Avec L'aide De **DIEU**, J'ai Pu Réaliser Ce Modeste Travail Que Je Dédie A:*

A mes parents : Est-ce que je saurai trouver les mots pour vous, non. Mais permettez moi de vous dire une fois de plus merci. Que Dieu vous donne la santé et le bonheur et qu'Il vous garde longtemps auprès de nous.

Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, et de santé.

A ma grande mère : fatma, Mereim

Qui était toujours présente à mes côtés moments les plus importants de mon existence avec ses prières

A mes sœurs et mes frères : Slimane, Nassima, Bilal, Mohamd, Jalile, Asma, Salima, Chaima, Sorour

En souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments.

A mon fiancé Maache Imad pour leur patience à toute épreuve, pour leur écoute, leur conseils inestimables, pour les longues heures passées à mes côtés, tout simplement pour leur amour.

*Pour toute l'ambiance dont tu m'as entouré, pour toute la spontanéité et ton
Pour toute l'ambiance dont tu m'as entouré,*

pour toute la spontanéité et ton élan chaleureux, Je te dédie ce travail

A mes amies : Nwale, Fouzia, Abla, Warda, Noura, Lila, Noura.m, Karima, Sara,

A tous mes collègues de la promotion N03

M- djahida

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre de Figure	Page
Figure 01	Localisation géographique d'Ain Mimoune	11
Figure 02	Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2004-2014)	20
Figure 03	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période 2004-2014)	21
	Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la	
Figure 04	Diagramme des moyennes mensuelles de L'évaporation	21
Figure 05	Diagramme moyennes mensuelles de L'insolation de la période (2004-2014)	22
Figure 06	Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période(2004-2014)	22
Figure 07	Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents	23
Figure 08	La rose des vents correspondant à la région d'étude	23
Figure 09	Diagramme des moyennes mensuelles Neige de la période (2004-2014).	24
Figure 10	Diagramme des moyennes mensuelles des Grêle de la période (2004-2015)	24
Figure 11	Diagramme des moyennes mensuelles d 'Orage de la période (2004-2015)	25
Figure 12	Abaque de L'indice d'aridité (MART ONNE°	26
Figure 13	Diagramme ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls de la zone d'étude (2004-2015)	27
Figure 14	Climagramme d'Embergie de la zone d'etude	29
Figure 15	Carte d'inventaire des points d'eau 2015	35
Figure 16	Carte de Ph de la zone d'étude	36
Figure 17	Carte de conductivité électrique des points d'eau 2015	37
Figure 18	carte de concentrations de bicarbonate dans les eaux Souterraines	38
Figure 19	Carte de concentration du sulfate dans les eaux souterraines	39
Figure 20	Carte de concentration du nitrate dans les eaux souterraines	40

Liste des figures

Figure 21	Carte de concentration du chlorure dans les eaux souterraines	41
Figure 22	Carte de concentration en calcium dans les eaux souterraines	42
Figure 23	Carte de concentrations de magnésium dans les eaux souterraines	43
Figure 24	Carte de concentration de sodium dans les eaux souterraines	44
Figure 25	Carte de concentrations de Baryume dans les eaux souterraine	45
Figure 26	Diagramme de Piper des analyses des eaux souterraine d'Ain Mimoune	46
Figure 27	Diagramme de Schoeler Berkaloff	47

Liste des Tableaux

Némuro des tableaux	Titre de tableau	Némuro de page
01	Qualité physico-chimique de l'eau de boisson selon L'OMS	03
02	caractéristiques physico-chimique de la baryte	
03	l'ETR selon la formule de turc Thornthwaite	28
04	ETR selon la C.W Thornthwaite	28
05	bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'EL HAMMA	30
06	Détermination des faciès chimiques des eaux souterraines de Ain Mimoun	

TABLE DES MATIERES

Introduction générale	01
-----------------------------	----

Chapitre I: Généralité sur la pollution

1.1. Définition de la pollution.....	02
2.les principaux types de la pollution.....	02
a. La pollution ponctuelle.....	02
b. La pollution diffuse.....	02
2.1. La pollution du sol.....	02
2.2 La pollution atmosphérique.....	03
2.3. La pollution des eaux	03
2.3.1 Composition de l'eau souterraine non pollué.....	03
3.3.2. Principales sources de la pollution de l'eau souterraine.....	05

Chapitre II: La baryte

Introduction.....	06
1. Nom et étymologique	06
2. Caractéristique physico-chimique de la baryte.....	06
2.1.Faciès.....	06
2.2. Clivage et Couleur.....	06
2.3. Genèse.....	07
2.4. Fluorescence	07
3. Principaux gisements mondiaux.....	07
4. Les differents utilizations de baryte.....	07
5. Association du baryum avec le sulfate.....	09
5.1. Effets du baryum.....	09
5.1.1. Effets sur la santé	09
5.1.2. Effets sur l'eau et l'environnement.....	09
5.2. Effets du sulfate sur l'eau.....	10

Chapitre III: Description de la zone d'étude

1. Situation Géographique.....	11
2. Géologie.....	11
3 .Climatologie.....	12
4. Le relief.....	12
5. Pédologie.....	13
6. Le régime des eaux.....	13
7. La flore.....	14
8. La faune.....	14
9. La vie aquatique	14

Chapitre IV: Géologie

1. Aperçu géologique régional.....	15
1.1. Géomorphologie.....	15
1.2. litho-stratigraphie.....	15
2.1.1. Trias.....	15
2.2.2. Crétacé inférieur (Aptien, Albien).....	15
1.2.2.1. Barémien.....	15

Table des Matieres

1.2.2.2. Aptien.....	15
1.2.2.2.1. Aptien inferieure.....	15
1.2.2.2.2. Aptien moyenne.....	15
1.2.2.2.3. Aptien superieur.....	15
1.2.2.3. Albien.....	16
1.2.2.3.1. Albien inferieur.....	16
1.2.2.3.2. Albien moyenne.....	16
1.2.2.3.3. Albien superieur.....	16
1.2.3. Crétacé Supérieur.....	16
1.2.3.1. Cénomanién.....	16
1.2.3.1.1. Cénomanién Inférieur.....	16
1.2.3.1.2. Cénomanién Supérieur.....	16
1.2.4. Tertiaire.....	16
1.2.4.1. Néogène.....	16
1.2.4.2. Miocène: (Aquitanién).....	16
1.2.5. Quaternaire.....	17
2. Tectonique.....	17
2.1. Tectonique régionale.....	17
2.2. Tectonique locale.....	17
3. Hydrogéologie de la région.....	17

Chapitre V: Etude hydro climatique

Introduction.....	19
1. La temperature.....	19
2. La pluviométrie.....	20
3. Evaporation.....	21
4. l'insolation.....	21
5. L'humidité.....	22
6. Le vent.....	23
7. Neige.....	24
08. Grêle.....	24
09. Orage.....	25
10. Indiced'aridité.....	25
10.1. Synthèse climatique.....	27
10.2.. Diagramme ombrothermique de Gaussén.....	27
10.2.1. Quotient et climagramme pluviométrique d'Emberger.....	27
10.2.2. Le climagramme de quotient pluviothermique d'Emberger.....	28
10.3. Le bilan hydrique.....	29

Table des Matieres

10.3.1. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle).....	29
10.3.1.1. ETR selon la formule de turc.....	30
10.3.1.2. L'ETR selon la C.W.Thornthwaute.....	30
10.3.2. Mesure de L'ETP (l'évapotranspiration potentielle).....	30
10.3.2.1. D'après la formule de Thornthwaute.....	31
10.3.3. Mesure de la RFU(réserve facilement utilisable).....	31
10.3.4. Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaute	32
Conclusion.....	33

Chapitre VI: Etude hydro chimique

Introduction.....	34
6.1. Résultats des analyses de l'eau.....	34
6.1.1. Les paramètres physiques.....	35
6.1.1.1. La température de l'eau	35
6.1.1.2 Le Potentiel d'Hydrogène Le (pH).....	35
6.1.1.3. Conductivité électrique (CE).....	35
6.1.2. Etude analytique des éléments chimiques.....	37
6.1.2.1. Les bicarbonates (HCO_3^-).....	38
6.1.2.2. Sulfates (SO_4^{2-}).....	39
6.1.2.3. Les nitrates (NO_3^-).....	39
6.1.2.4. Les chlorures (Cl^-).....	40
6.1.2.5. Le calcium (Ca^{2+}).....	41
6.1.2.6. Le magnésium (Mg^{2+}).....	42
6.1.2.7. Le sodium (Na^+).....	43
6.1.2.8. Le Baryum(Ba).....	45
6.1.3. Faciès chimique des eaux.....	45
6.1.4.1. La répartition graphique.....	45
6.1.3.1. Diagramme de Piper.....	45
6.1.3.1.2. Diagramme Schoeler Berkaloff.....	46
Conclusion.....	48

Introduction

L'eau est l'un des éléments essentiels du développement durable à cause de son importance dans la vie et sans cet élément la vie serait impossible car est un facteur prépondérant pour toute activité socio-économique, depuis l'aube de l'humanité.

La problématique de l'eau est un problème de quantité et de qualité, c'est-à-dire de ressources et de pollution. La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture ainsi que l'exploitation désordonnée des ressources en eau. Ces derniers produisent une modification chimique de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

Les dernières décennies sont caractérisées par une industrialisation galopante et par une sécheresse intense qui touche l'Algérie d'une manière générale. Cette situation rend le domaine de l'eau de plus en plus vital et les nappes aquifères de plus en plus vulnérables à la pollution.

L'unité d'exploitation des gisements de baryte est situé au sein du village dénommé Ain Mimoun, qui se trouve dans la commune de tamza, daïra d'El Hamma, wilaya de Khenchela ; à 25 km au Sud-ouest du chef-lieu de la wilaya.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

- Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux souterraines de la nappe ?
- Est que l'unité d'exploitation des gisements de baryte a un impact sur la qualité des eaux souterraines d'Ain Mimoun-Khenchela- ou non ? S'il y a une pollution quelle est son origine ?

Pour réaliser cette étude, nous avons adopté la méthodologie suivante

- Généralité sur la pollution des eaux ;
- Généralité sur La baryte et ses effets sur l'environnement ;
- Un aperçu géographique de la région d'Ain Mimoun;
- Une étude du cadre géologique consistera à définir les formations aquifères;
- L'étude hydroclimatologique de la commune de Ain Mimoun, qui permettra d'évaluer les apports d'eau alimentant les aquifères ;

- L'étude hydrochimique qui a pour but de définir les faciès chimiques des eaux souterraines. Il sera également apprécié la qualité des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable.

Généralités sur la pollution

1. Définition de la pollution

La pollution, est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de réparation des flux de l'énergie, de niveaux de radiation de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes (Ramade, 2005).

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques, Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature. (Ramade, 2005).

2. Les principaux types de pollution

La pollution de la biosphère est un problème majeur, elle concerne tous les milieux continentaux, océaniques et atmosphériques quelles que soit les substances rejetées dans l'environnement (naturelles ou anthropiques) (Koller, 2004).

On distingue deux sources de pollutions :

a. La pollution ponctuelle

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, agricoles ou industriels peu ou non traités.

b. La pollution diffuse

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols. Différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières telles que les hydrocarbures,

2.1. La pollution des sols

Le sol est le support physique et chimique des plantes et son état structurale offre une possibilité aisée de transfère d'eau vers les racines (Morel, 1989).

La pollution des sols peut se présenter sous des aspects variés, essentiellement diffuse ou locaux, la nature des sites pollués est très hétérogène, de quelques mètres carrés pollués par un épandage accidentel jusqu'à une superficie de plusieurs dizaines d'hectares. La pollution est endogène lorsque les constituants normaux du sol se présentent sous une forme inhabituelle ou sont à des concentrations anormalement élevées. Elle est exogène quand elle résulte d'apports extérieurs au sol et c'est la plus fréquente (Koller, 2004).

2.2. La pollution atmosphérique

la pollution atmosphérique: il s'agit de composés ou de mélanges de composés indésirables dans l'air, qui parviennent dans l'atmosphère à la suite de processus naturels ou de l'activité humaine, ou qui se forment directement dans l'atmosphère, et cela à des concentrations capables de créer vis-à-vis des hommes et de leur environnement des conditions qui leur sont préjudiciables (Bliefert. et al. 2011).

2.3. La pollution des eaux

On appelle pollution de l'eau toute modification défavorable chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau qui a un effet nocif sur les êtres vivants qui consomment cette eau. Quand les êtres humains consomment de l'eau polluée, il y a en général des conséquences sérieuses sur leur santé (Boulabeiz, 2006).

2.3.1 Composition de l'eau souterraine non pollué

L'eau potable est la denrée la plus importante de notre alimentation. Elle est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Ce n'est pas une eau chimiquement pure car elle ne devrait contenir que des molécules d'eau or une telle eau n'existe pas dans la nature. Elle ne serait d'ailleurs pas agréable à boire comme l'eau distillée par exemple.

Les eaux qui ne sont ni ré-évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines.

La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes.

Les eaux des nappes souterraines très profondes ont généralement une excellente qualité. Leur composition est assez constante au sein d'une même nappe, elles sont moins vulnérables aux pollutions que les eaux des nappes peu profondes.

Les normes de qualité des eaux potable selon l'OMS. Représente dans le tableau Suivant

Tableau n° 01 : la qualité physico-chimique de l'eau de boisson

Elément/Substance	Symbole/formule	Lignes directrices fixes par L'OMS
Aluminium	Al	0.2 mg/l
Ammonium	NH ⁺ ₄	5mg/l
Sulfate	SO ₄	200 mg/l
Conductivité électrique	CE	200-1000 µS/cm
Baryum	Ba	0.7 mg/l
Bore	B	0.5 mg/l
Cadmium	Cd	0.003 mg/l
Chlore	Cl	0.01mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	Chrome total:0.05 mg/l
Couleur		250 UCV (unité de couleur vraie)
Cuivre	Cu ⁺²	2mg/l
Cyanure	CN ⁻	0.07mg/l
Fluorure	F	0.5 mg/l
dureté	Mg/CaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 mg/l
Fer	Fe	0.3mg/l
Plomb	Pb	0.01 mg/l
Manganèse	Mn	50 mg/l
Mercure	Hg	Inorganique : 0.006 mg/l
Sodium	Na	150mg/l
Nickel	Ni	0 à 3mg/l
nitrite	NO ₂	0.1 mg/l
Nitrate	NO ₃ ,	50 mg/l
turbidité		5UTN (unité de turbidité néphélométrie)
Ph		6.5, 9
Sélénium	Se	0.01mg/l
magnésium	Mg	<50mg/l

(OMS, 2006)

Des substances indésirables peuvent également s'y trouver, comme le gaz carbonique, le fer, le manganèse, l'ammonium ou l'acide humique et plus rarement un excès de nitrates ou de pesticides.

Les eaux souterraines peuvent être classées selon leur origine :

- **Eau météorites** : qui proviennent de l'infiltration des eaux de pluie. Elles traversent les formations perméables et s'accumulent dans les roches sous forme de nappes.
- **Eau juvéniles** : dont la formation est liée au métamorphisme des roches divers processus magmatiques.
- **Eaux fossiles**: eaux de mers originelles, dont les quelles les sédiments se sont déposés.

2.3.2. Principales sources de la pollution de l'eau souterraine

Les eaux souterraines sont aussi de plus en plus affectées par diverses causes de pollution. Celles-ci sont soit d'origine domestique et/ou urbaine ou encore industrielle (micro-organismes pathogènes, hydrocarbures, solvants organochlorés etc.), soit d'origine agricole. Le rôle des engrais chimiques est aujourd'hui bien identifié dans le cas de la contamination des nappes aquifères par les nitrates. Par ailleurs, une augmentation générale de la teneur en sulfates et en chlorure des eaux souterraines s'observe également depuis quelques années dans le pays industrialisés (Ramade, 2005).

La baryte

Introduction

Notre sous-sol est riche en minéraux utiles qui sont distribués irrégulièrement sous forme oxydée, sulfurée ou carbonatée.

La Baryte est un de ces minéraux intensivement exploités qui fit la richesse de la région d'Ain Mimoun par ses applications très diverses. anomy

1. Nom et étymologie de la baryte

Le nom de la baryte reflète son poids très élevé, baryte "barys" dans la langue grecque veut dire lourd. Le nom allemand "Schwerspat" est né de la même manière. Sa densité élevée est proche de celle de certains minerais de fer ou de plomb, tels l'hématite ou la galène. Elle est connue depuis le temps des premières exploitations minières car on la trouve en abondance dans les filons. On l'a considéré longtemps comme une gangue sans valeur, bien que dès le Moyen Age, les alchimistes s'y soient intéressés.

L'alchimiste et maître cordonnier italien Vincenzo Cascariolo, de Bologne, au cours de ses expériences de 1630 chauffa de la baryte parmi d'autres minéraux et constata que, sous l'action de la chaleur, elle rayonnait dans l'obscurité. C'est ainsi que fut découverte la luminescence, phénomène bien connu de nos jours, mais qui, à l'époque, provoqua un grand émoi. Cascariolo avait fait ses expériences avec des agrégats sphériques de baryte de la région de Bologne et pendant longtemps, les savants de l'époque la nommèrent "boule lumineuse de Bologne".

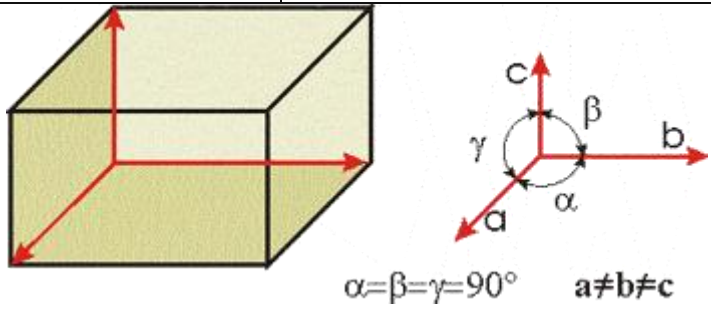


Ce n'est que bien plus tard que l'on fit une étude sérieuse de cette boule et qu'on se rendit compte que ces agrégats étaient les mêmes que ceux qu'on trouvait depuis longtemps dans les filons. . anomy

2. Caractéristiques physico-chimiques de la baryte

2.1. Faciès

La baryte se cristallise dans le système orthorhombique et forme habituellement des cristaux plutôt plats mais aussi en cristaux tabulaires, prismatiques épais, rhombiques; des cristaux peuvent être présents en granulats (en général clivables), lamelliformes et fibreux (rarement) et toutes ces formes atteignent souvent des dimensions très importantes. Parfois, ces cristaux sont lenticulaires et groupés en rosettes, les prétendues rosettes de barytine. (Le tableau 2) résume les caractéristiques physico-chimiques de la baryte. anomy

Tableau 2 : caractéristiques physico-chimique de la baryte

Composition chimique	BaSO ₄
Nomination	Sulfate de Baryum
Classe minéralogique	Sulfates
Système cristallin	Orthorhombique
 <p style="text-align: center;">$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ $a \neq b \neq c$</p>	
Forme des cristaux	
 <p>Pyramide</p>	 <p>Sphénoèdre</p>
Densité	4,48 La baryte est remarquable par son poids exceptionnel et la perfection de ses cristaux.
Dureté	3 à 3,5 sur l'échelle de Mohs
Fracture	Conchoïdale (comme celle du verre).
Trace	Blanche
Eclat	Vitreux

2.2. Clivage et Couleur

Le clivage est parfait dans une direction, faible dans les autres directions. La barytine grossière constitue divers agrégats, en général clivables. La couleur est claire. Pure, elle est incolore

ou blanche, mais on la trouve le plus souvent colorée diversement par des adjonctions. Elle devient alors safran, gris léger, brun pâle au brun foncé, mais aussi rouge, bleu, vert et noir.

2.3. Genèse

La naissance de veines indépendantes de baryte comprenant assez souvent un mélange de fluorine est d'ordinaire en étroite connexion avec le massif de granit. Et c'est précisément la présence de baryte en morceaux dans ces veines qui a la plus grande importance pratique. Mais les dépôts déjà cités de roches sédimentaires dans lesquelles se forment parfois des tubercules sont aussi importants.

Elle se dépose également dans certaines sources chaudes. On la trouve fréquemment dans les cavités des filons associés aux minerais sulfureux, notamment ceux du plomb, de zinc et d'argent. Elle est formée par dépôt de solutions hydrothermales remontées des profondeurs surtout à des températures élevées. Souvent, elle constitue le filon à elle seule ou bien on la trouve dans des gisements sédimentaires. On appelle "wolnyn" certaines variétés de cristaux en colonne, qui se différencient quelque peu de l'évolution normale des cristaux

2.4. Fluorescence

La baryte n'est pas ou très peu fluorescente, chauffée, elle devient luminescente.

3. Principaux gisements mondiaux

La baryte est un minéral largement répandu. Les principaux producteurs sont les Etats-Unis, l'Allemagne, l'Angleterre et la Russie.

Dans l'industrie, on utilise plutôt la barytine grossière, mais la baryte cristallisée est plus intéressante du point de vue minéralogique et pour les collectionneurs. On la trouve dans le Cumberland en Grande-Bretagne, à Baia Sprie en Roumanie, en Slovaquie . anomy

4. les différentes utilisations de la baryte

La barytine est le minéral de baryum le plus important. Environ 75 à 80% de la baryte extraite est utilisée pour rendre plus lourdes les boues de forages de profondeur exécutés lors de l'exploitation de pétrole. Le reste est utilisé dans l'industrie chimique et pharmaceutique...

Le rôle joué par la barytine dans l'industrie ne cesse de croître. On l'utilise principalement pour fabriquer des colorants : peinture blanche non toxique, résistante à l'action de nombreux agents chimiques. Réduite en poudre elle sert de matière de charge pour le papier et d'autres produits. Elle

est utilisée dans l'industrie textile et l'industrie du caoutchouc. En céramique, elle est employée pour les glaçures et les émaux. On l'utilise aussi dans l'industrie du verre ; elle sert aussi à fabriquer un ciment et un béton qui protègent des radiations radioactives. En médecine, elle sert surtout pour les radiographies du tube digestif sous forme de bouillie de baryte.

Elle est utilisée comme matériau de départ pour la production des sels volatils de baryum, employés pour colorer les flammes (feux de Bengale, fusées, feux d'artifice).

Les collectionneurs de minéraux ont très tôt apprécié la beauté des riches Druses de baryte, mais aussi souvent formées de très grands cristaux de toutes les couleurs . anomy

5. Association du baryum avec les sulfates

Les anions pouvant former des sels avec les métaux donne un goupe; parmi les plus courants le sulfate (SO_4) (Mequel, 2001). Les ions SO_4^{-2} sont précipités à l'état de sulfate de baryum BaSO_4 (Ropier. *et al.* 2005). Ce dernier enferme deux espèces, l'un à cristaux grisèrent donne des émanations allongées et à agrégats d'une structure fibreuse, l'autre à cristaux fins à dimension de grains isométriques . anomy

6. Effets du baryum

Il est surtout présent dans l'écorce terrestre sous forme de carbonate. On l'emploie dans l'industrie photographique, celle des peintures et des vernis où il peut, de ce fait, être la cause d'une pollution ponctuelle des eaux. C'est un élément toxique susceptible de susciter des problèmes d'hygiène du travail (Ramade, 2002). Les niveaux de Baryum naturellement présents dans l'environnement sont très faibles.

6.1.1. Effets sur la santé

Les personnes ayant un plus grand risque d'exposition au baryum, avec des conséquences pour la santé, sont celles qui travaillent dans l'industrie du baryum. La plupart des ennuis de santé qu'ils peuvent subir sont provoqués par le fait de respirer de l'air qui contient du sulfate de baryum (Lunntech, 2008).

6.1.2. Effets sur l'eau et l'environnement

Le baryum est introduit dans l'air lors des procédés d'exploitation minière, de raffinage et lors de la production des composés de baryum. Certains de ses composés qui sont libérés lors des procédés industriels se dissolvent facilement dans l'eau et sont transportés dans les lacs, les fleuves

et les rivières. Comme ils sont solubles dans l'eau, ces composés peuvent parcourir de longues distances (Lunntech, 2008).

Les composés de baryum qui sont persistants restent en général à la surface des sols ou dans les sédiments au fonds des eaux. Habituellement, ils se trouvent à des niveaux faibles dans les sols, ces niveaux peuvent être plus élevés dans les sites de déchets dangereux.

6.2. Effet de sulfate sur l'eau

Est composé de soufre (S) et d'oxygène (O). Cet élément est Présent à l'état naturel dans le sol et la roche. Sources:

Dans l'eau souterraine, la plupart des sulfates proviennent de la dissolution de Minéraux comme le gypse et l'anhydrite. L'invasion d'eau salée et l'exhaure de roches acides sont également des sources de sulfates dans l'eau potable. Les sources artificielles comprennent les rejets industriels ainsi que les dépôts de combustibles fossiles.

À des concentrations supérieures à 500 mg/L, le sulfate peut modifier le goût de l'eau. À des concentrations supérieures à 1000 mg/L, le sulfate peut avoir un effet laxatif. En général cependant, l'eau potable ne contient pas de telles concentrations.

Les minéraux sulfatés peuvent favoriser la corrosion de la plomberie ainsi que des matériaux de construction des puits. Les bactéries de soufre peuvent entraîner la formation de matières visqueuses de couleur sombre ou de dépôts d'oxydes métalliques provenant de la corrosion des tuyaux. Ces matières ou ces dépôts peuvent obstruer la plomberie et tacher le linge. Pour en savoir plus, veuillez consulter la feuille d'information sur les bactéries de fer et de soufre. anomy

Description de la zone d'étude

1. Situation Géographique

L'unité d'exploitation des gisements de baryte est située au sein de la région dénommée Ain Mimoun qui se trouve dans la commune de Tamza, wilaya de Khenchela. Située à 25 km au Sud-Ouest du chef lieu de la wilaya en empruntant la route nationale n° : 88 reliant Khenchela à Batna. L'unité de traitement de minerai de baryte (SOMIBAR) située à une distance de 9 Km à compter de la route nationale 88, dans une zone agro pastorale (figure 01).

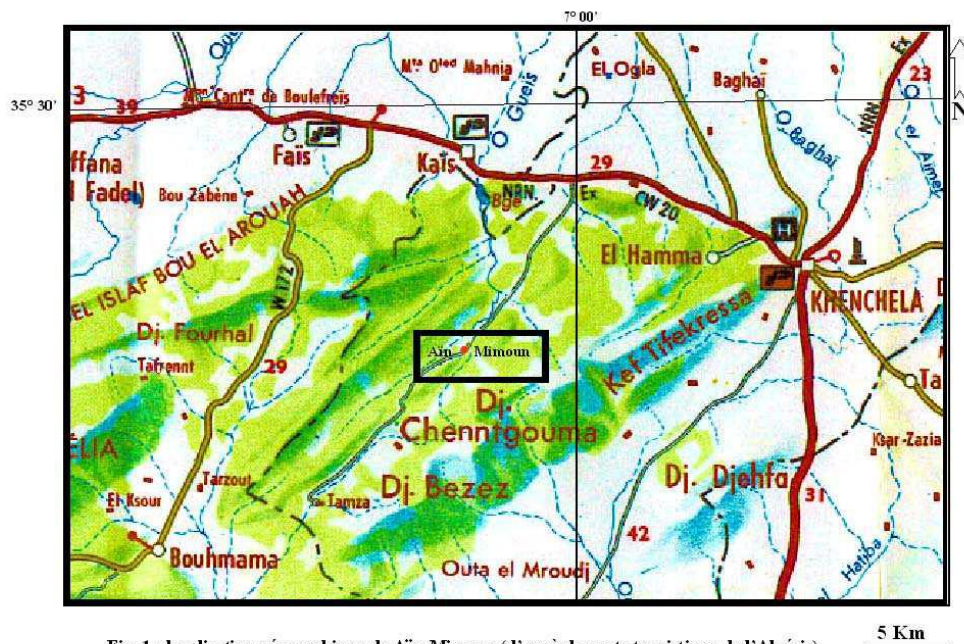


Fig. 1 : localisation géographique de Ain Mimoun (d'après la carte touristique de l'Algérie).

L'unité est entourée de populations sédentaires relativement éloignées autant au nord qu'au sud ; avec des espaces agricoles éloignés sont à proximité de laquelle se trouve deux oueds importants, l'un au Nord-est de l'usine qui reçoit ses eaux des sources en provenance des massifs montagneux et de la fonte de neige, l'autre du côté Sud-ouest qui reçoit lui aussi ses eaux des diverses sources des massifs en environnants; Ils sont souvent à sec en l'absence des neiges et en période d'été.

2. Géologie

Une partie de la commune d'Ain Mimoun se trouve entièrement dans le crétacé inférieur sur l'anticlinal de Khenchela qui présente un faciès gréseux, marno-calcaire et de dolomies; le reste est totalement installé dans le crétacé supérieur sur le flanc des anticlinaux de Chelia et de Khenchela, au cœur du synclinal de Djebel Aurès avec un faciès marno-calcaire.

Du sommet du synclinal vers la base nous distinguons: Le Maestrichien, le Campagnie, le Sautonien, le Coniacien, le Turonien et le Cénomaniens.

3. Climatologie

Le climat de la commune est de type méditerranéen continental à caractère semi-aride. Il se distingue par une saison humide et froide située aux mois d'automne et d'hiver et par une saison chaude et sèche durant le printemps et l'été.

Les températures moyennes annuelles de la zone d'étude est dans la limite de 15,62 °C. Le régime thermique est relativement homogène. L'hiver est rigoureux comme en témoignent les données recueillies durant la période 2004-2014 ; que le mois le plus froid est janvier avec une température minimale de 34.9 °C, alors que le mois le plus chaud est juillet avec une température maximale moyenne de 1.8 °C.

Le mois de mai est le plus pluvieux avec 92.49 mm pour la période considérée, alors que le mois de juillet est le plus sec avec 18.83 mm pour cette même période.(benaf)

4. Le relief

Le relief est constitué de chaîne montagneuse, massive et homogène qui s'élève au dessus de la plaine de Remila-khenchela. Elle est formée de plis parallèles orientés Sud-Ouest et Nord-est avec deux expositions dominantes, un versant Sud-est et un versant Nord-ouest.

Les principaux plis sont les suivant:

- Un principal pli qui fait face au Sahara situé à 100 Kilomètres à vol d'oiseaux est constitué par djebel Taafist (1.505m), djebel Bezez (2.141 m), djebel Aidel (2.173m), djebel Feraoun (2.093m), djebel Chendgouma (2.112m), Kef Tifekressa (1.950m), Ras Serdoun (1.700m);
- Un deuxième pli centrale est constitué par Guern El Kebch (1.457m), djebel Agouz, djebel Tarzout(1457m), djebel Tizi Ala (1.282m), Ras Tafer (1.282m);
- Le troisième pli est formé par Kef El Ahmeur (1.508m), djebel El Aoud (1.500m), djebel Aurès (1.521m);
- Une succession de plis terminée au Nord de la zone d'étude, ceux sont: Kef Gaham (1.645m), Ras Ich Fortatou (1.469m), Kef Bou Izrar (1.382m), Kef Chachoua (1.250m) et Tirkabine (1.161m), qui domine le barrage de Foum El Gueiss (benaf)

5. Pédologie

Les sols de la commune sont calcimorphes à différents stades d'évolution ou de dégradation. La couche d'humus est peu développée, ce qui s'explique par le surpâturage, les incendies et l'érosion qui en résulte.

Le sol est caillouteux, il est commun de trouver beaucoup de pierres de différentes tailles tout aussi bien en surface qu'à l'intérieur des profils. Les sols les plus fréquents sont des Rendzines (sols calcimorphes).

Les sols bruns calcaires sont rares. on trouve des lithosols (c'est-à-dire des sols squelettiques pleins de cailloux) reposant sur des couches géologiques compactes.

Généralement les sols sont superficiels, la profondeur en moyenne et inférieure à 20cm sauf dans les vallées et les terrains plats.

L'érosion est forte par endroits par suite de l'absence d'humus, ce qui expose le sol directement à l'impact des gouttes de pluies. Ceci est tragique sur les marnes qui une fois érodées (couleur bleutée) ne permettent plus l'installation spontanée de la végétation.

A un degré moindre l'érosion a toujours existé. Mais à l'heure actuelle, elle s'est accélérée. Ce qui se constate par le déchaussement des racines d'arbres pourtant pas très âgés. Ceci est dû surtout à la pression humaine et animale qui est devenue beaucoup plus forte que dans les siècles passés. (benaf)

6. Le régime des eaux

A l'intérieur de la zone d'étude les points d'eau permanents sont rares, ce qui s'explique par la nature de terrains très perméables formés par les calcaires et les marnes-calcaires.

Les seules sources qui coulent en période estivale sont situées au fond des Oueds Tamza, Issouel, Khfadj, Mellagou, Azreg, où la présence de terrain argileux permet la formation de nappes phréatiques.

A l'entrée du massif au Nord entre le Dj.Tirkabine et le Kef Chachoua à 1kilomètre de la ville de Kais, se dresse le barrage de retenue de Foum El Gueiss dont les eaux servent à irriguer les terres agricoles de la plaine de Kais.

Il existe une station thermale se trouvant au Nord-est du site minier à une distance de 04 à 5 Km, à l'entrée de Khenchele au pied de Ras Serdoun; qui est un lieu touristique et thérapeutique par excellence son exploitation remonte à l'époque romaine. (benaf)

7. La flore

La zone d'étude renferme par ordre d'importance les différentes ces espèces :

- Le cèdre que se situe principalement dans la foret d'Ouled yagoub ;
- le pin d'Alep; occupant une superficie importante dont la majorité se trouve implanté dans les massifs forestiers de la wilaya;
- Le chêne vert occupant un espace important du massif forestier dans les massifs montagneux et dont l'âge dépasse les centaines d'années;
- Le genévrier de Phénicie ainsi que le genévrier-oxyder.

L'arboriculture est implantée surtout dans des vallées de la région d'étude.

A une distance de plus de 08 Km de l'unité de baryte, des surfaces sont occupées par des céréales et des cultures maraichères. (EIE2013)

8. La faune

La zone d'étude est beaucoup plus caractérisée par des espèces qui sont : le sanglier, le chacal, le renard, le loup et le lièvre, vautours, hyènes. (EIE2013)

9. La vie aquatique

Il n'existe pas d'abondance relative aux poissons dans des oueds qui reçoivent périodiquement leurs eaux en provenance de la fonte des neiges des versants où se trouve le site d'exploitation minière (EIE2013)

Géologie et hydrogéologie de la région

1. Aperçu géologique régional

1.1. Géomorphologie

La wilaya de kenchela appartient à une zone limitée au Nord par l'accident Nord-Atlasique et au Sud par la plateforme saharienne. Cette zone fait suite à Atlas saharien au Nord-ouest.

La partie centrale de la région est constitué par l'anticlinal des Monts de kenchela. Orient SW-NE et affecté par une fracturation de direction NW-SE. Au Sud, on rencontre les Monts des Néméchas et à l'Est, les Monts des Aurès (EIE2013)

1.2. Litho-stratigraphie

Les terrains rencontrés dans la wilaya de kenchela vont du trias au Quaternaire :

1.2.1. Trias

Il est composé des marnes bariolées à intercalation de gypse avec de rares couches de dolomie.

1.2.2. Crétacé inférieur (Aptien, Albien)

1.2.2.1. Barrémien

Affleure dans le sud de la l'anticlinal, il est à prédominance de grès quartzeux blancs à stratification entrecroisée caractéristiques d'un faciès continental à intercalations de lits calciques de dolomies et d'argilites. Il a une épaisseur pouvant atteindre 900m.

1.2.2.2. Aptien

1.2.2.2.1. Inférieure: grès avec des lits de marnes et de calcaires (épaisse de 80m).

1.2.2.2.2. Aptien moyenne: Se subdivise en deux assises qui sont l'assise inférieure (120 d'épaisseur) qui caractérise par des calcaires gris foncé alternant avec des marnes ; et l'assise supérieure qui contient les dolomies massives (épaisseur 90 m)

1.2.2.2.3. Aptien supérieur: Se divisé en deux assises qui sont l'assise inférieure: (90 m d'épaisseur) par les grès quartzeux des intercalations marno-calcaires et l'assise supérieure formée de dolomies massives.

1.2.2.3. Albien

1.2.2.3.1. Albien inférieur

Ces dépôts sont marqués par une diversité de faciès sur 70 environ : argilite, grès, marnes, calcaires et dolomies.

1.2.2.3.2. Albien Moyenne

Faciès plus ou moins carbonaté marqué par des argilites et des grès mais les calcaires et les dolomies sont les plus dominants (80 d'épaisseur).

1.2.2.3.3. Albien Supérieur

Le toit de l'albien devient généralement carbonaté sur 100m; les calcaires récifal, les calcaires dolomitismes et les dolomies sont largement développées avec des passages de grès et de marnes. (EIE2013)

1.2.3. Crétacé supérieur

1.2.3.1. Cénomanién

Les dépôts du Crétacé supérieur sont représentés par le Cénomanién (inférieur et supérieur). Ils sont présents au Nord à l'Ouest du champ minier.

1.2.3.1.1. Cénomanién inférieur

Du Cénomanién est une assise marneuse avec des lits isolés de calcaires marneux. Elle a une épaisseur de 300 m

1.2.3.1.2. Cénomanién supérieur

Du Cénomanién est une assise calcareuse. Elle a une épaisseur de 400 m.

1.2.4. Tertiaire

1.2.4.1. Néogène

Représenté par des dépôts continentaux: conglomérats, grès, argiles; reposant en discordance oblique sur le crétacé; leur puissance varie de 250 à 300 m, ce faciès est reporté au miocène supérieur et au pliocène. Cependant le miocène inférieur est formé de conglomérats et de poudingues, c'est des massifs de l'Aquitanién

1.2.4.2. Miocène: (Aquitanién)

Les dépôts du Néogène sont peu répandus. Ils sont discordants sur les dépôts du Crétacé et composés d'argiles de couleur rouge, conglomérats massifs de l'aquitanién.

1.2.5. Quaternaire

Les dépôts du Quaternaire se trouvent aux pieds des montagnes. Ils sont caractérisés par les dépôts meubles, argiles, débris de roches préexistantes et peuvent atteindre une épaisseur allant jusqu'à 10 m.

2. Tectonique

2.1. Tectonique régionale

Le massif de l'Aurès, étant un ensemble du domaine atlasique, qui se caractérise par une direction générale NE-SW. Il présente un style tectonique souple essentiellement constitué de plis vastes assez réguliers. Cependant, il faut remarquer qu'il existe, dans divers points du massif, des étranglements au niveau de la couverture post-triasique des rejets d'accidents profonds. (EIE2014)

2.2. Tectonique locale

L'anticlinal de Khenchela occupe la partie extrême Est du massif Aurésien. Il s'étend en direction Nord-est et Sud-ouest (NE –SW), sur environ 35 km et 7 km de large. Il se présente sous forme d'un pli coffré en voute subhorizontale de 10°c et naît dans les terrains nummulitiques aux environs de T'kout. Vers le Nord-est l'anticlinal subit un abaissement d'axe, ce qui cause la disparition des terrains du Crétacé inférieur aux environ de la ville de Khenchela.

Dans cette région, il faut noter aussi la présence de faille longitudinales qui ont fait disparaître les terrains du Crétacé inférieur sur le flanc Nord de l'anticlinal. Sur terrain (flanc Nord de l'anticlinal), le gisement filonien barytique d'Ain Mimoun est caractérisé par un réseau de failles dense et désorganisé, formé essentiellement nombreux accidents cassants et décrochant ou d'un mouvement combiné décrochant et mouvements inverses (Douihasni, 1975).

Au Sud-ouest, l'axe de l'anticlinal s'élève en gradins et la disposition spatiale des couches se complique par des cassures transversales de flexures. Ces accidents disjonctifs se sont développés dans le champ minier d'Ain Mimoun (Zeddami, 1998)

3. Hydrogéologie de la région

L'Hydrologie s'agit d'une région montagneuse où plusieurs talwegs attestent d'un dense réseau hydrogéologie notamment en hiver et lors de pluies exceptionnelles. La zone d'étude est appelée aussi Douar Oued Tamza et ses principaux Oueds de la zone sont l'Oued l'ssouel et l'Oued El Kissane.

L'hydrogéologie dans la région d'Ain Mimoun se caractérise par l'extension des eaux en nappes de fissuration sa location dans les zones de fissurations affaissée et fonctionnement comme des nappes captives. Ces accidents servent à relier les nappes isolées et en même temps parfois à les dessécher. Des forages réalisés, le plus productif est le forage 03 implanté dans l'oued BaKir, à 3 Km au Sud de l'unité. Le forage a traversé des formations albiennes. Le débit s'est accru après 181 m dans les calcaires fissurés d'Aptien. (EIE2014)

Etude hydroclimatique

Introduction

Le climat est la composante directe déterminante de la distribution des organismes vivants, et le facteur primordial influant sur l'activité des biocénoses (Dajoz, 1982).

Il est l'aspect du temps sur une longue période en un domaine spatial déterminé. C'est un ensemble ordonné des états de l'atmosphère et de leurs interactions avec la surface sur une période donnée et sur une étendue déterminée (El Khatri, 2003). Il est aussi le résultat du comportement de l'atmosphère du point de vue humidité, pluies, température, éclaircissement et vents (boudy, 1952).

L'étude climatique de la zone d'étude est extrêmes difficile par le manque des stations météorologiques; Selon Benissad le climat de la région reflète fort bien les caractéristiques du climat méditerranéen caractérisé par deux grandes saisons :

- ❖ Une saison hivernale, peu rigoureuse et assez pluvieuse, s'étalant de la fin de l'automne, jusqu'au début du printemps ;
- ❖ Une saison chaude sèche, qui s'étend sur quatre mois et qui correspond aux mois de l'été.

L'étude climatique a été faite à partir des données recueillies de la station météorologique de khenchela s'étendant sur une période de 11 ans de 2004 à 2014.

1. La température

La température est l'un des éléments important pour la caractérisation du climat, elle est une grandeur physique liée à la sensation de chaud et froid d'un corps par rapport à un autre corps. Par définition, une température est une mesure numérique d'une chaleur, sa mesure se fait par détection de rayonnement thermique, la vitesse des particules, l'énergie cinétique, ou par le comportement de la masse d'un matériau thermométrique (Roger et *al.* 2006).

L'étude des températures permet de quantifier L'évaporation et par conséquent les conditions d'alimentation des aquifères profonds et la concentration des sels dissous dans leurs eaux et de préciser les limites de la thermalité.

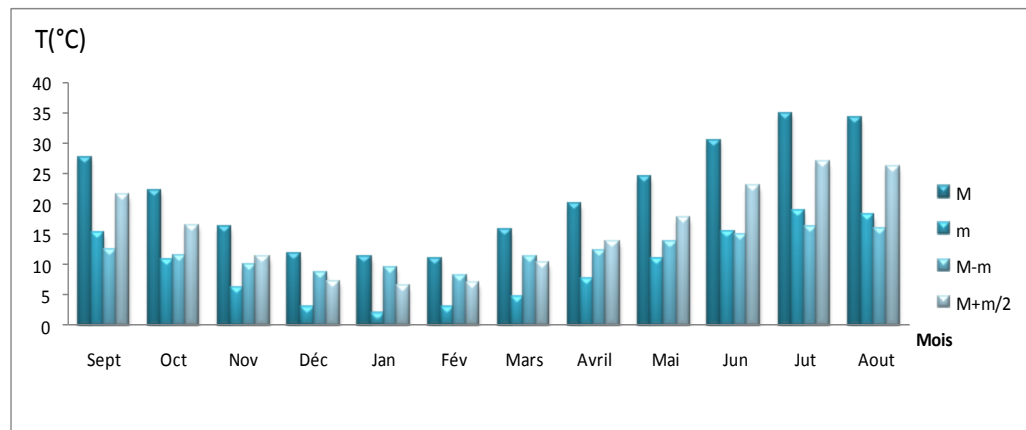


Figure 02: Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2004-2014)

La figure 02 illustre que le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne maximale de 34.9 °C, alors que le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne minimale de 1.85 °C.

2. La pluviométrie

Les précipitations constituent un facteur écologique d'importance fondamentale dans l'alternance de la saison des pluies et la saison sèche, qui joue un rôle régulateur des activités biologiques (Ramade, 1984).

Elles sont les apports d'eau parvenant au sol sous forme liquide (pluie ou rosée) ou solide (neige ou grêle) en provenance directe ou indirecte de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Les précipitations (pluie ou neige) sont mesurées à la surface de la terre en millimètres.

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière. Les hauteurs moyennes des précipitations mensuelles observées dans la zone expérimentale au cours d'une période de 11 ans (2004-2014) sont reportées comme dans la figure 03

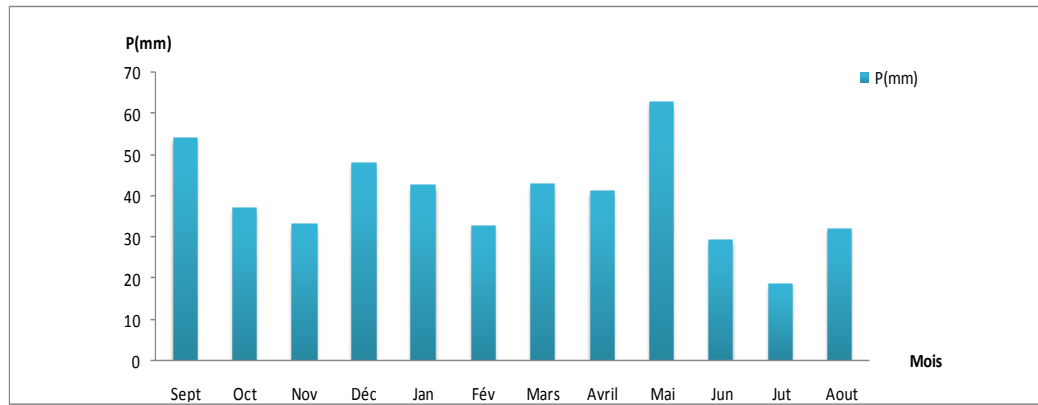


Figure 03 : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2004-2014)

On remarque que la figure 03 montre que les précipitations moyennes mensuelles de la période (2004-2014) sont de 474.38 mm. Le mois le plus pluvieux est mai avec une moyenne de 62.49 mm et le plus sec est juillet avec une moyenne de 18.63 mm.

Pour la période 2004-2014, la saison la plus pluvieuse se situe au automne avec 171.41 mm suivie de l'hiver avec 130.99 mm, le printemps 123.43 mm et finalement l'été avec 80.07 mm.

3. Evaporation

L'évaporation est un phénomène physique qui augmente avec la température, la sècheresse de l'air et l'agitation de cet air. Ce terme représente la restitution de l'eau de la surface terrestre sous forme de vapeur, à l'atmosphère et sous des conditions climatiques et physiographiques. (Ramade, 2005).

Le pourcentage de la vapeur d'eau dans l'air est très variable dans le temps et dans l'espace. L'évaporation concerne aussi bien les précipitations qui arrivent au sol que l'eau contenu dans le sol. (El Khatri, 2003).

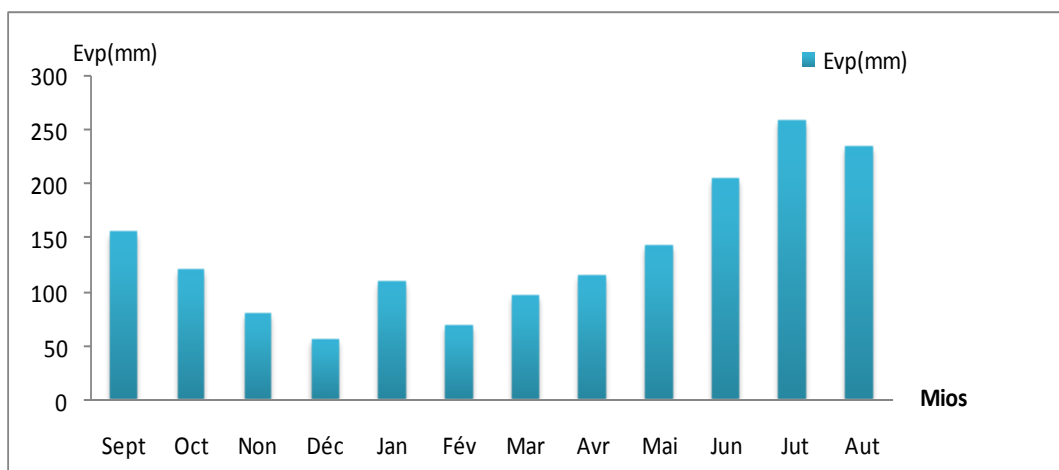


Figure 04 : Diagramme des moyennes mensuelles de L'évaporation de la période (2004-2014)

L'évaporation moyenne varie d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 259.9 mm. Celle minimale est de 56.81 mm au mois de décembre comme l'indique la figure 04

4. L'insolation

Il s'agit de l'insolation effective c'est-à-dire de la période en heures durant laquelle le soleil à briller. (Ramade .2005)

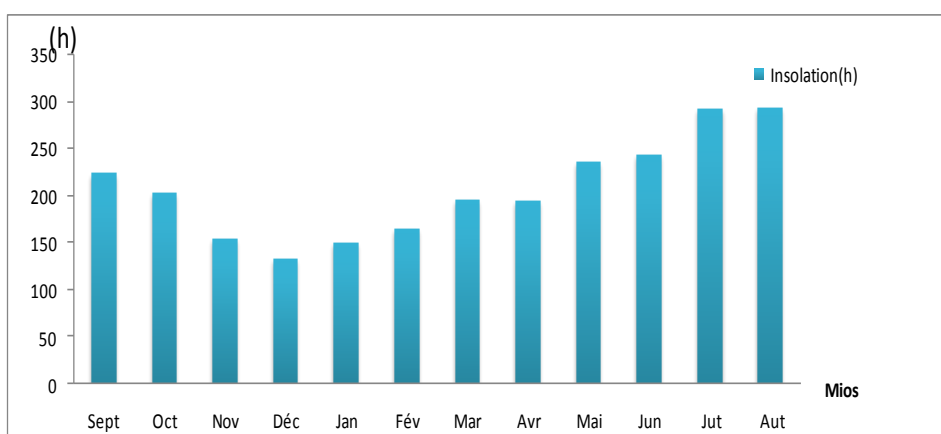


Figure 05 : Diagramme moyennes mensuelles de L'insolation de la période (2004-2014)

La figure 05 montre que le mois qui comporte un grand nombre des jours les plus ensoleillés est aout avec une moyenne de 293.3 heures, tandis que le moins ensoleillé est décembre avec une moyenne de 132.3heures.

5. L'humidité

L'humidité ou degré hygrométrique est le pourcentage de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Elle est très importante car elle influe sur l'évaporation. (Ramade, 2002).

Les valeurs d'hygrométrie de la période (2004-2014) sont indiquées dans la Figure 06

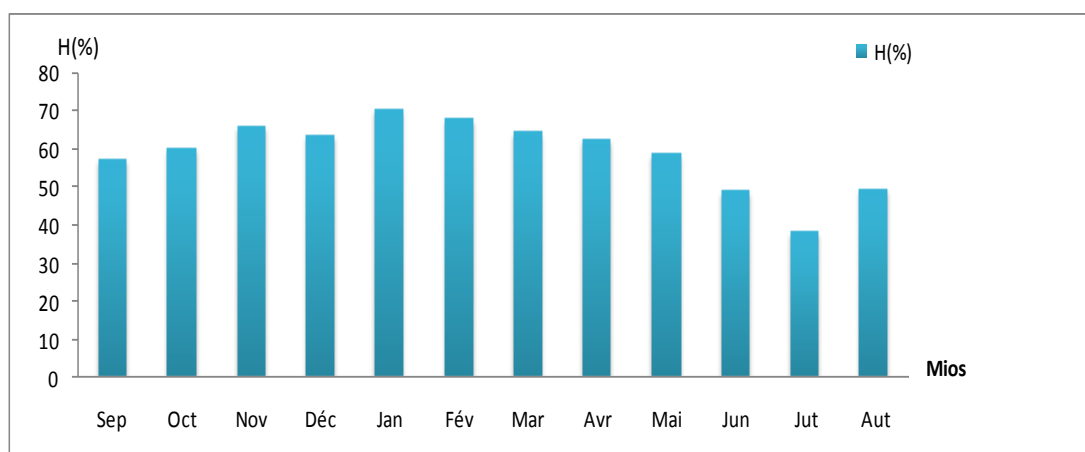


Figure 06: Diagramme des moyennes mensuelles d'humidité de la période (2004-2014)

A partir de la figure 06 on constate que les valeurs de l'humidité sont relativement homogènes. Les données hygrométriques montrent que le pourcentage le plus élevé est enregistré durant le mois de janvier avec une moyenne de 70.52 % ce qui explique qu'il est le mois le plus humide, et le plus faible durant le mois de juillet avec une moyenne de 38.3 %.

6. Le vent

Le vent est le résultat de la différence de pression entre deux zones voisines. Il provoque le déplacement d'air et transporte ainsi les caractères climatiques. (Roger et al, 2006).

Le vent assure le remplacement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par des nouvelles couches ayant une température et une humidité généralement plus faibles. Il favorise donc l'évaporation, d'autant plus que sa vitesse et sa turbulence sont grandes.

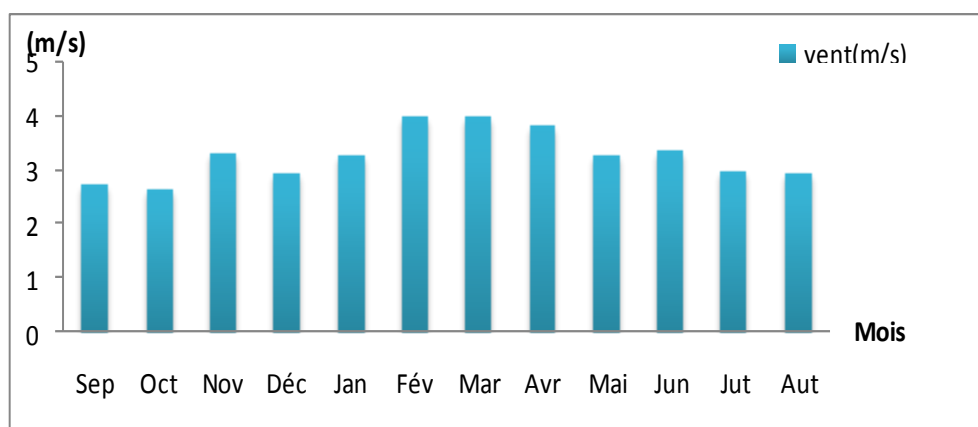


Figure 07: Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2004-2014)

La vitesse moyenne annuelle des vents dans la région d'étude est de 3.26 m/s.

La rose de vent

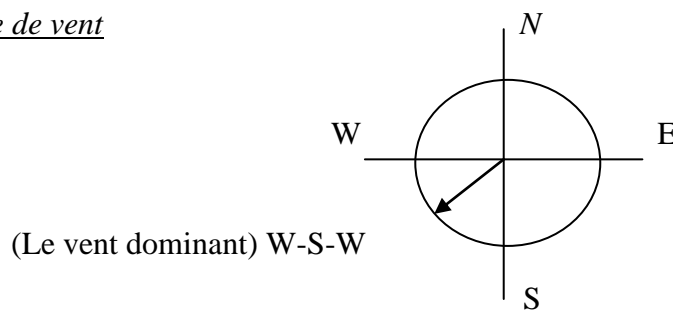


Figure 08: La rose des vents correspondant à la région d'étude

La rose des vents est une représentation diagrammatique des directions de vent. La figure 08 montre que les vents dominants dans la région soufflent dans la direction W-S-W.

07. Neige

La neige est d'abord une forme de précipitations naturelle constituée de glace cristallisée agglomérée en flocons contenant de l'air et pouvant être ramifiés de façons très variées. La neige apparaît naturellement dans l'atmosphère par condensation de la vapeur d'eau à saturation, lorsqu'il y a beaucoup de froid et des noyaux de congélation.

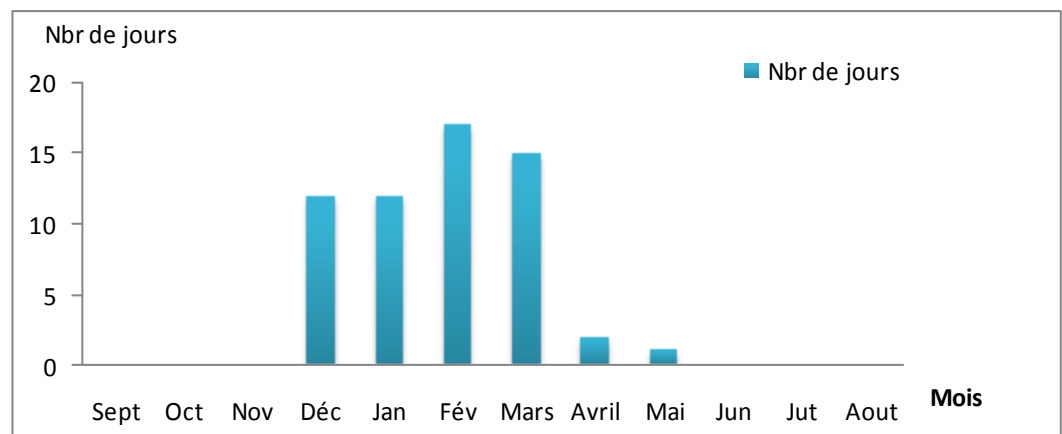


Figure 09 : Diagramme des moyennes mensuelles des neiges de la période(2004-2014)

La figure indique que l'enneigement s'étale sur une durée de 6 mois de décembre à mai, donc la plus grande partie de neiges tombe pendant la période hivernale.

08. Grêle

Est une précipitation constituée de globules ou de morceaux de glace les grêlons, de formes très diverses, mais souvent sphériques, dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à

une dizaine de centimètres. On principalement la aux latitudes moyennes, sur les continents ou les mers intérieures ; elle est beaucoup plus rare sur les océans. (Iqurent, 2007)

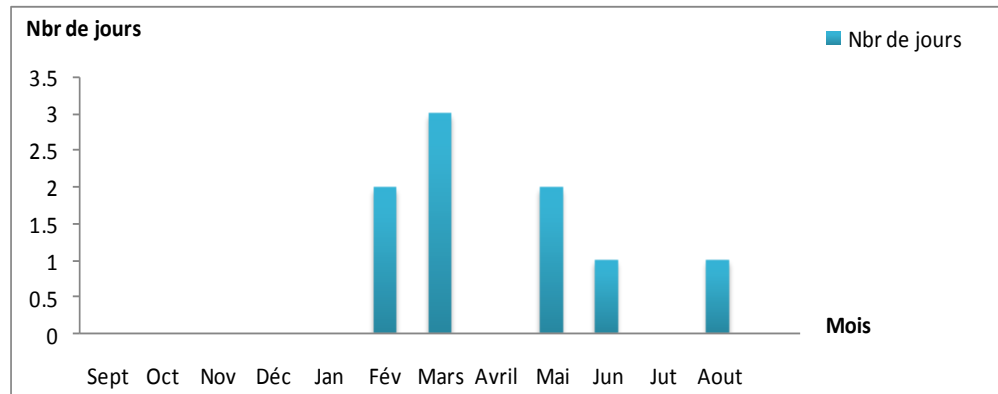


Figure 10: Diagramme des moyennes mensuelles Grêle de la période (2004-2014).

La figure 10 montre que la grêle n'est pas fréquente dans la région d'Ain Mimoun. Le maximum est enregistré au mois de mars avec une moyenne de 3 jours de grêle.

9. Orage

Un orage, est une perturbation atmosphérique d'origine convective associée à un type de nuage particulier: le cumulonimbus. Dans des cas extrêmes, l'orage peut produire des chutes de grêle, des vents très violents et, rarement des tornades. Les orages peuvent se produire en toute saison, en autant que les conditions d'instabilité et d'humidité de l'air sont présentes.

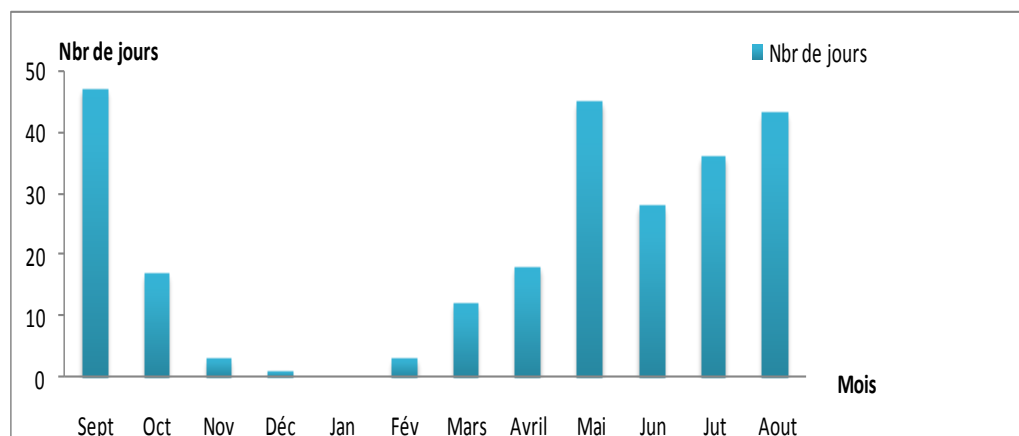


Figure 11: Diagramme des moyennes mensuelles des orages de la période (2004-2014).

On remarque que la figure 11 montre que l'orage est fréquent pendant 11 mois (de février à novembre), la valeur maximale est enregistrée au mois de septembre avec une moyenne de 47 jours d'orages.

10.1. Indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité (I_a). Cet indice est fonction de la température (T en $^{\circ}\text{C}$) et des précipitations (P en mm) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (Gaagai, 2009). Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I_a = P / T + 10$$

Avec:

I_a : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

T : températures moyennes annuelles ($^{\circ}\text{C}$).

Les valeurs de l'indice permettent déterminer le climat selon le classement suivant:

Quand

$I < 5$ le climat est hyperaride

$5 < I < 7.5$ le climat est désertique

$7.5 < I < 10$ le climat est steppique

$10 < I < 20$ le climat est semi-aride

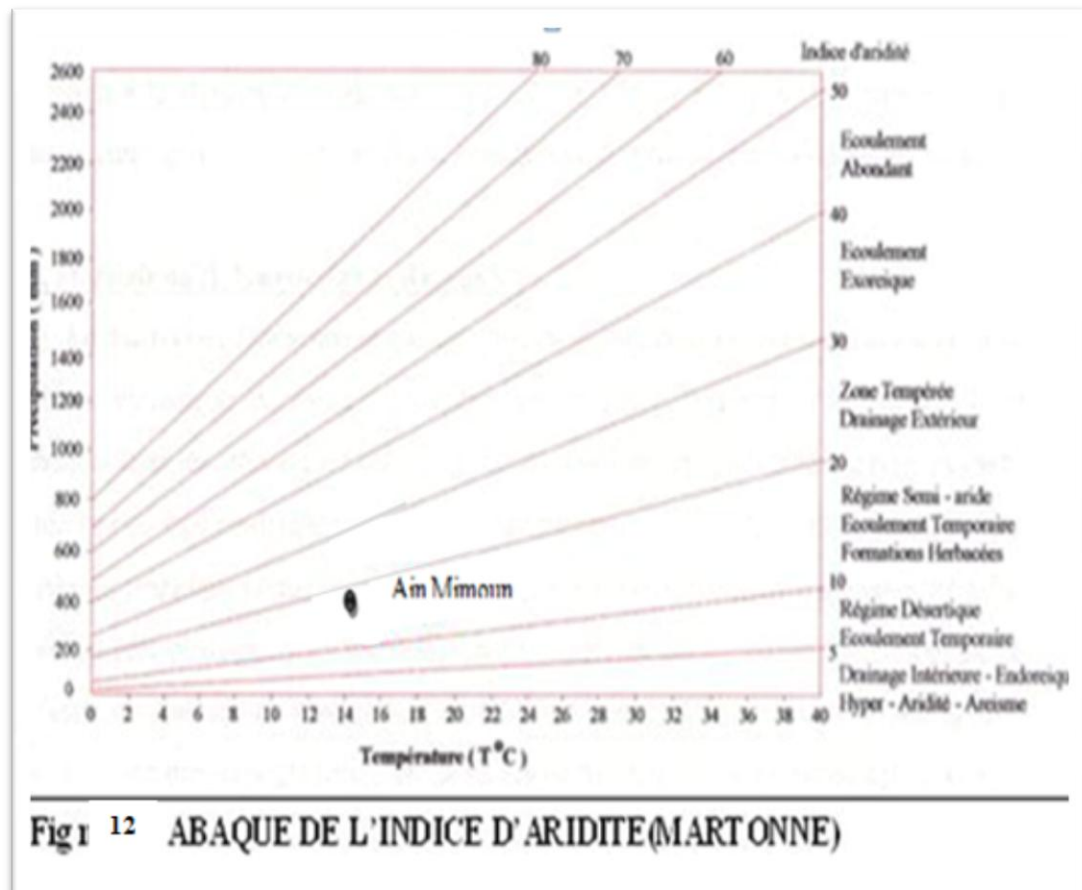
$20 < I < 30$ le climat est tempéré

$I > 30$ le climat est humide.

Pour la station d'El Hamma, $P = 474.38$ mm et $T = 15.62$ $^{\circ}\text{C}$ donc cet indice est égale à

$$I_a = 474.38 / (15.62 + 10)$$

$I_a = 18.56$ ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire



10.2. Synthèse climatique

10.2.1. Diagramme ombrothermique de Gaussen

D'après Gaussen (1953), la sécheresse n'est pas nécessairement l'absence totale des pluies, mais elle se manifeste quand les faibles précipitations se conjuguent avec les fortes chaleurs.

Le même auteur considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius.

$$P < 2T \text{ (indice de Gaussen)}$$

De cela, le graphique des courbes ombrothermiques comportera les précipitations mensuelles (P) et les températures moyennes mensuelles (T). Les deux échelles (P) et (T) sont telles que : $1^{\circ}\text{C} = 2 \text{ mm}$ (Figure 13).

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la zone d'étude montre que la période sèche dure environ 107 jours (de juin jusqu'au mi de septembre)

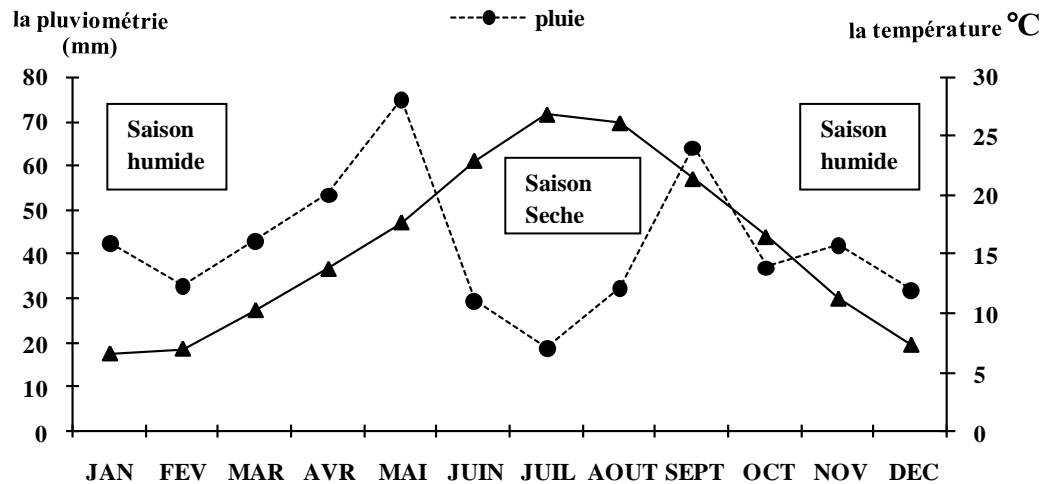


Figure13 : Diagramme ombrothermique de Gausson et de Bagnouls
De la zone d'étude (2004-2014)

La superposition des deux courbes [P (mm) et T (°C)] permet ainsi de définir la période sèche.

10.2.2. Quotient et climagramme pluviométrique d'Emberger

Emberger a écrit : «il est possible de subdiviser chaque région, suivant les diverses nuances climatiques, en un certain nombre de territoires climatiques. Chacun d'eux constitue ce que l'on peut appeler un étage climatique. » .

Le même auteur en (1932), propose une formule permettant le calcul de l'indice d'aridité annuelle en tenant compte des précipitations et de la température, cette formule peut s'écrire de la manière suivante :

$$Q_2 = 1000 P / [(M+m) / 2 (M+m)] \text{ soit : } Q_2 = 1000 P / (M^2 - m^2)$$

$$= [1000 / (M+m) / 2 * 273] * [P / (M+m)]$$

Ce quotient est par la suite simplifié par Stewart (1969) comme suit :

Où :

$$Q_2 = 3,42 [P / (M - m)]$$

P : hauteur des précipitations moyennes annuelles en mm ;

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C) ;

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°C) ;

Q₂ : quotient pluviométrique annuel en mm ;

M-m : amplitude thermique extrême moyenne.

Dans notre zone d'étude :

$$P = 474.38\text{mm}; M = 34.9\text{ }^{\circ}\text{C}; m = 1.85\text{ }^{\circ}\text{C} \text{ Donc}$$

$$Q_2 = 49.08\text{ mm}$$

10.2.3. Le climagramme de quotient pluviothermique d'Emberger

Pour préciser le climat de la région, nous employons le Climagramme de L. Emberger. En combinant Q_2 et des minima (m), Emberger (1980) suivi par plusieurs auteurs de son école construisirent un climagramme divisé en étages bioclimatiques, suivant des changements observés sur la végétation méditerranéenne (Dagt cité par Abdessamed, 1981).

La valeur brute de Q_2 est insuffisante à elle seule pour rendre compte de la valeur bioclimatique d'une saison, Emberger (1932) introduit la valeur de (m) comme valeur écologique différentielle d'après sa longue expérience des milieux méditerranéens, dans ce climagramme les valeurs de Q_2 figurent en ordonnée et (m) en abscisse. Ainsi, il pouvait agencer les stations météorologiques d'après la sécheresse globale de leur climat Q_2 et la rigueur de leur froid m (Abdessamed, 1981).

Utilisant ce climagramme avec la valeur obtenue ($Q_2= 49.08\text{ mm}$, $m=1.85^{\circ}\text{C}$), on trouve dans la zone d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais Figure 15.

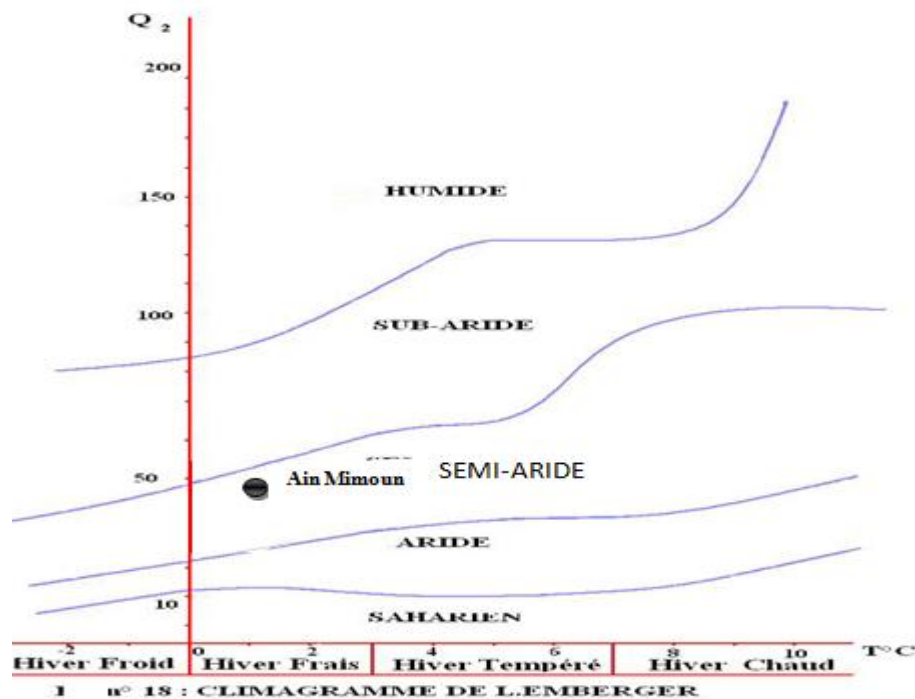


Figure 14 : climagramme d'Embergie de la zone d'étude

10.3. Le bilan hydrique

Dans cette étude nous allons évaluer la répartition des précipitations entre les différentes composantes du bilan hydrique, à savoir l'écoulement, l'infiltration et l'évapotranspiration, ce dernier paramètre englobe l'ensemble des phénomènes d'évaporation physique et biologique, il est considéré comme le plus important car il conditionne l'abondance ou le déficit de l'eau pour la végétation. Il est utile de distinguer entre la notion d'évapotranspiration potentielle (ETP) qui est employée lorsque la surface évaporant est convenablement alimentée en eau et la notion d'évapotranspiration réelle (ETR) qui distingue la quantité en eau perdue réellement par l'évapotranspiration.

10.3.1. Mesure de l'ETR (l'évapotranspiration réelle)

C'est la somme de la quantité de vapeur de l'eau évaporée par le sol et par la transpiration des plantes quand le sol a une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique

10.3.1.1. ETR selon la formule de Turc

Cette méthode est applicable à tous les climats et elle est fonction des précipitations et des températures moyennes mensuelles. La formule est la suivante :

$$ETR = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2}.$$

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3.$$

Avec:

ETR: évapotranspiration réelle (mm/an);

P: précipitation moyenne annuelle (mm);

L: paramètre arbitraire lié à la température (pouvoir évaporant de l'atmosphère);

T: température moyenne annuelle (°C).

Application numérique:

Tableau n° 03: l'ETR selon la formule de turc

station	P (mm)	L	T (°C)	ETR (mm/an)
El hamma	474.38	881.1	15.62	435.21

10.3.1.2. L'ETR selon la C.W .Thornthwaite

On obtient l'ETR pour l'un des cas suivants :

Si $P < ETP \rightarrow ETR = P$ et $RFU = 0$ (déficit hydrique)

Si $P > ETP \rightarrow ETR = ETP$ et $RFU = P - ETP$ (excédent hydrique)

Application numérique:

Tableau n° 04: ETR selon la C.W Thornthwaite

Station	ETR selon la formule de Turc (mm/an)	L'ETR selon la C.W .Thornthwaite (mm/an)
El hamma	458.38	470.9

10.3.2. Mesure de l'ETP (l'évapotranspiration potentielle)

L'évapotranspiration potentielle est la consommation d'eau, sous l'action conjuguée de l'évaporation de l'eau du sol et de la transpiration de la plante. Il s'agit de la perte d'eau d'un couvert végétal en plein développement sous les conditions optimum d'alimentation en eau sans l'influence d'aucun facteur limitant.

C'est la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdu en phase vapeur sous un climat donné et un type de couverture végétale bien déterminée et en pleine croissance donc elle comprend l'évaporation du sol et la transpiration des plantes.

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région. Les formules empirique qu'on utilise est : THORNTHWAIT.

10.3.2.1. D'après la formule de C.W .Thornthwaite

Plusieurs formules ont été utilisé pour estimer ETP parmi ces formules celle de C.W. thornthwaite, qui a proposé également en 1948, elle a basée essentiellement sur les températures de l'air:

$$ETP = 16[10(t/I)]^a k$$

$$I = \sum i$$

$$i = (t/5)^{1.514}$$

$$a = 1.6 * (I/100) + 0.5$$

Avec:

ETP: évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle (mm).

i: Indice thermique mensuel.

a: paramètre arbitraire lié à la température.

I: Somme des indices thermiques mensuels.

t: Température moyenne mensuelle (c°).

K: coefficient d'ajustement mensuel (Coefficient de correction, qui dépend de la latitude).

10.3.3. Mesure de la RFU (réserve facilement utilisable)

La RFU est la qualité d'eau emmagasinée dans la couche pédologique et qui est facilement utilisable par les plantes, pour son bon fonctionnement physiologique (Gaagai, 2009).

Selon G. Gastanoy lorsque les quantités d'eau prévenant des pluies dépassent celles perdus par l'évapotranspiration, le surplus est stocké et constitue ce qu'on appelle réserve facilement utilisable.

Tableau n°05: bilan hydrique selon C.W.Thornthwaite à la station d'EL HAMMA

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
T°C	21.38	16.45	11.21	7.29	6.56	6.96	10.24	13.74	17.70	22.93	26.85	26.13	15.6
i	9.0	6.1	3.4	1.8	1.5	1.6	3.0	4.6	6.8	10.0	12.7	12.2	72.8
K	1.03	0.97	0.86	0.89	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	
ETP_C(mm)	99.1	60.3	28.2	14.3	11.7	12.6	29.1	50.2	85.0	130.8	173.3	156.3	851.0
P (mm)	54.03	36.93	33.01	48.14	42.52	32.77	43.01	41.14	62.79	29.28	18.63	32.14	474.4
BH(mm)	-45	-23.4	4.8	33.9	30.8	20.1	13.9	-9.1	-	-	-	-	-
									22.2	101.5	154.7	124.2	376.6
RFU (mm)	0	0	4.8	38.6	69.4	89.6	100	90.9	68.7	0	0	0	
ETR (mm)	54	36.9	28.2	14.3	11.7	12.6	29.1	50.2	85	98	18.6	32.1	470.9
DA (mm)	45	23.4	0	0	0	0	0	0	00	32.8	154.7	124.2	380.1
EXC (mm)	0	0	0	0	0	0	3.5	0	0	0	0	0	3.5

DA: le déficit agricole est le déficit entre ETP et ETR donc : **DEF = ETP - ETR**

EXC: l'excident c'est la quantité d'eau pouvant s'écouler lorsque l'ETP et RFU sont satisfaits donc:

$$\mathbf{EXC = P - ETR}$$

BH: le bilan hydrique: **BH = RFU - DEF**

10.3.4. Interprétation du bilan d'eau de Thornthwaite

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations. Les précipitations dominent dans la région d'étude avec un total de 474.4 mm/an.
- A l'échelle mensuelle nous constatons qu'à partir du mois de mai les précipitations sont inférieures à l'ETP jusqu'au mois novembre. Les autres mois de décembre jus qu'à avril où les précipitations sont supérieures à l'ETP.
- En générale les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la formation de la RFU.
- Le déficit agricole (DEF) débute au mois de juin et se poursuit jusqu'au mois d'octobre.
- La reconstitution du stock s'observe au mois novembre avec une RFU= 4.8 mm.
- La RFU atteint son maximum (100 mm) au mois de mars, on assiste un épuisement du stock à partir de mois de juin jusqu'à le mois de septembre.

Conclusion

L'étude du climat nous a expliqué que la zone d'étude est soumise à des conditions climatiques plus ou moins difficiles et très sévères.

Le sirocco qui souffle durant l'été provoque une augmentation notable de la température et une chute brutale de l'humidité atmosphérique.

D'une manière générale, le climat de la zone se caractérise par deux saisons, l'une pluvieuse et froide et l'autre sèche et chaude.

D'après le climagramme d'Emberger, la zone d'étude est située dans l'étage semi-aride à hiver froid.

L'examen des précipitations et des températures des différents postes pluviométriques a donné des résultats spécifiques aux sous bassin de Ain Mimoun avec :

- Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 474.38 mm
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 15.62 C°.
- Une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 851 mm.
- Une évapotranspiration réelle de l'ordre de 470.9 mm
- Un déficit agricole de l'ordre de 380.1 mm. Notons que le bilan hydrique est déficitaire, et l'alimentation se fait latéralement soit par les bassins voisins, soit par drainance.

Etude hydro chimique

Introduction

L'étude de la chimie des eaux souterraines ou hydrochimie apporte son lot d'informations dans le traçage chimique pour la compréhension du fonctionnement des différents systèmes aquifères et des relations inter-nappes.

Pour étudier la qualité de l'eau souterraines d'Ain Mimoun, nous avons effectué des sorties de reconnaissance du site au cours desquelles nous avons sélectionné 10 points à étudier.

L'intérêt principal de cette étude, est de mieux caractériser la qualité des eaux souterraines d'Ain Mimoun, ces variations dans l'espace et dans le temps, afin de contribuer à la connaissance du système de point de vue pollution

Des mesures physiques ont été effectuées in situ immédiatement après le prélèvement de l'échantillon par nous même au mois de mars 2015, à l'aide d'un multi paramètre de type HANNA HI 9025 comme la température, la conductivité électrique et le potentiel d'hydrogène.

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire d'Analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux d'Ain M'Lila à l'aide d'un spectromètre de d'absorption atomique de type de flamme 410- sherwood - pour les cations, et à l'aide d'un scanner pour les autres paramètres : les anions.

6.1. Résultats des analyses de l'eau

Les analyses physicochimique des eaux de Ain Mimoun pendant l'année 2015, indique une variation des concentrations des certains éléments chimiques. Ce qui explique la présence des variations dans les normes de potabilité dans certains points de mesures.

La carte suivante représente les différents points d'eaux prélevés dans cette étude

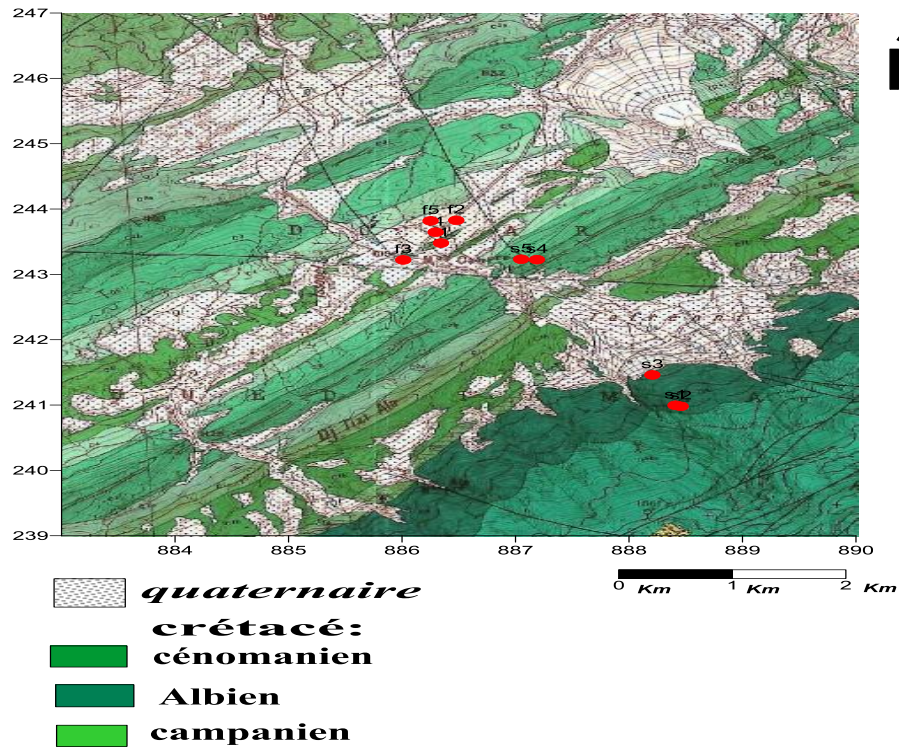


Figure15: Carte d'inventaire des points d'eau 2015

6.1.1. Les paramètres physiques

6.1.1.1. La température de l'eau

La température est un facteur très important, car elle conditionne l'évaporation. La température des eaux est un paramètre physique utile dans la compréhension des sources d'alimentation qui ne doit pas dépasser 25 °C. (Ouanes, 2012).

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH (Gaagau, 2006).

Les valeurs de température observées dans la zone d'étude sont inférieures à la norme de potabilité fixée par l'OMS qui est de 25 °C, elle varie entre 17°C et 20 °C.

Notons que la température moyenne annuelle de l'air est de 15,62 °C. Ces valeurs traduisent la présence d'une nappe alluviale non profonde alimentée par les eaux météoriques.

6.1.1.2 Le Potentiel d'Hydrogène Le (pH)

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) en solution. Notamment, en solution aqueuse, ces ions sont présents sous la forme de l'ion oxonium H_3O^+ (appelé aussi ion hydronium). Plus couramment, le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. IL est lié aux

variations de la température, salinité, oxygène dissous, du taux de CO₂ et des terrains traversé (Hezi , 2013).

Le pH de la zone d'étude varie entre 7.22 et 7.61.avec une moyenne 7.46 généralement les eaux d'Ain Mimoun est en adéquation avec la norme OMS (6,5 et 9, 5) pour une eau potable.

La région possède un caractère alcalin comme la figure 17 indique.

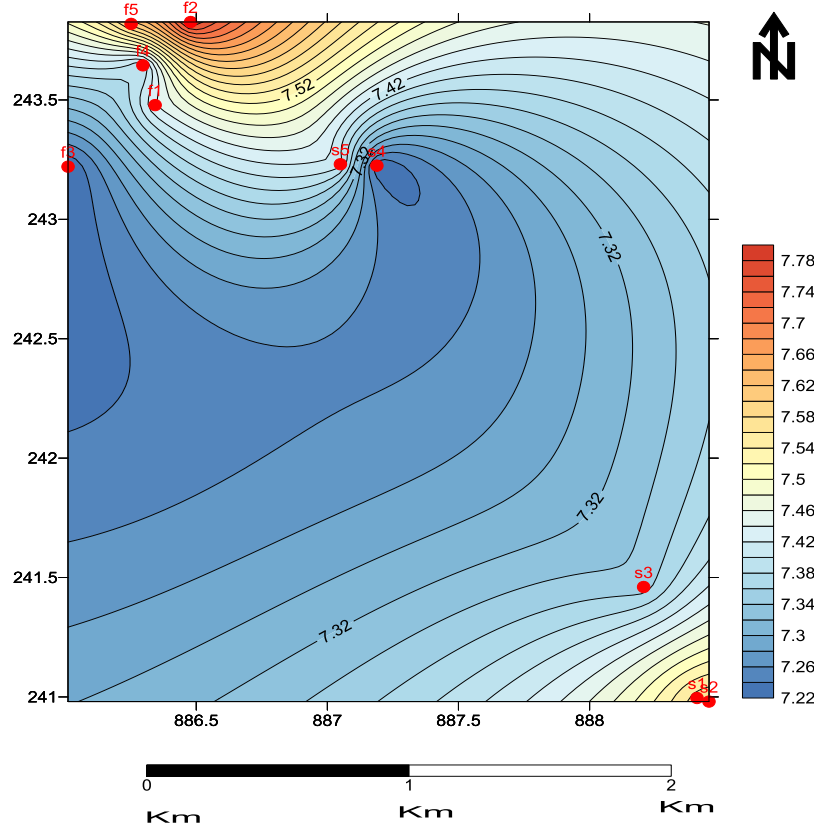


Figure 16:carte de pH de la zone d'étude

6.1.1.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. (Derwich *et al.* 2010). Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. (Franck. 2002).

La conductivité électrique standard s'exprime généralement en micro siemens par mètre ($\mu\text{s}/\text{m}$) à 20 °C. la norme de conductivité se L'OMS est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Ibge, 2005).

Les valeurs maximales de la conductivité électrique sont enregistrées dans les forages F₁, F₂, F₃, F₄ dont la valeur maximale est (1290 μ S/cm) au Nord-ouest de la zone d'étude, cette forte minéralisation traduit l'influence des formations récentes alluvionnaires du quaternaire, lessivés par les pluies alimentant cet aquifère.

Tan disque les valeurs minimales de la conductivité électrique sont enregistrées dans S₁, S₂, S₃ dont la valeur minimale est (319.7 μ S/cm) à cause des formations du crétacé. La totalité des valeurs de la conductivité électrique ne dépassent pas la norme de l'OMS.

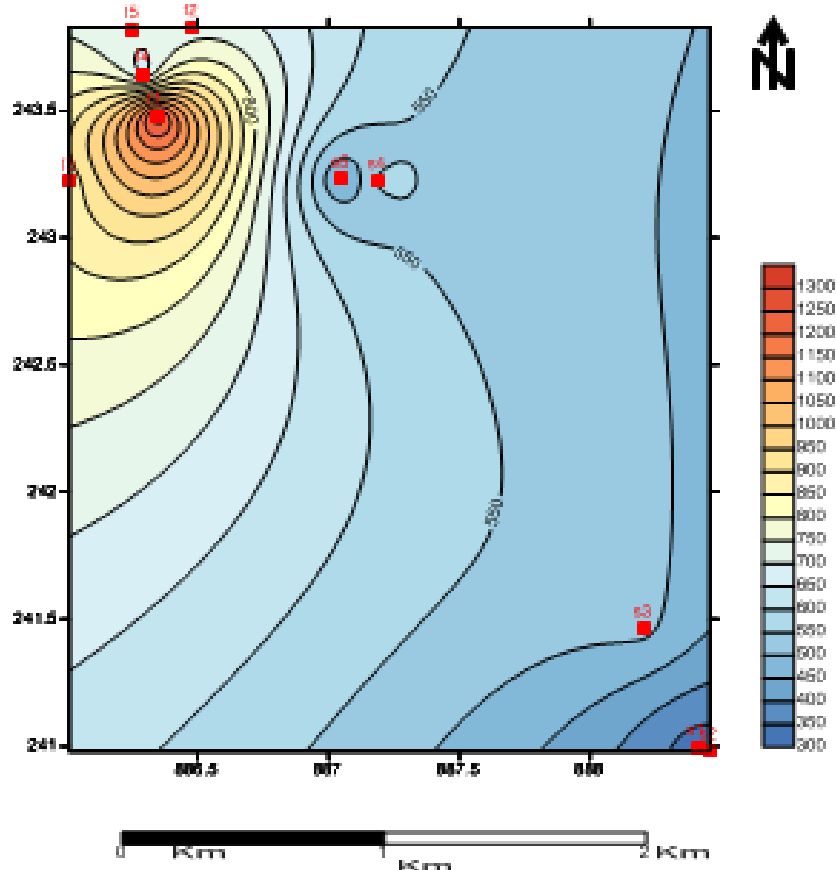


Figure 17: Carte de la répartition spatiale de la conductivité électrique des eaux souterraines d'Ain Mimoun.

6.1.2. Etude analytique des éléments chimiques

6.1.2.1. Les bicarbonates (HCO_3^-)

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies. L'ions bicarbonate réagit avec un acide minéral et libère du gaz carbonique dans la solution (Rodier, 2009).

Les concentrations des bicarbonates dans les différents échantillons analysés de l'aquifère, varient entre un minimum de 131,9 mg/l et un maximum de 270,3 mg/l,

L'évolution spatiale des bicarbonates (figure 18), montre une augmentation des concentrations de cet élément dans la partie Nord-ouest et au centre de la région d'étude au niveau des points d'eau F₁, F₄, F₃, S₄, S₅. Ces fortes teneurs sont dues probablement à l'influence des formations carbonatées du crétacé et du quaternaire. En allant vers le Sud-est, sans oublier le Nord de la région d'étude où les concentrations de HCO₃⁻ diminuent pour atteindre la plus faible teneur au niveau des points d'eau F₂, F₅.

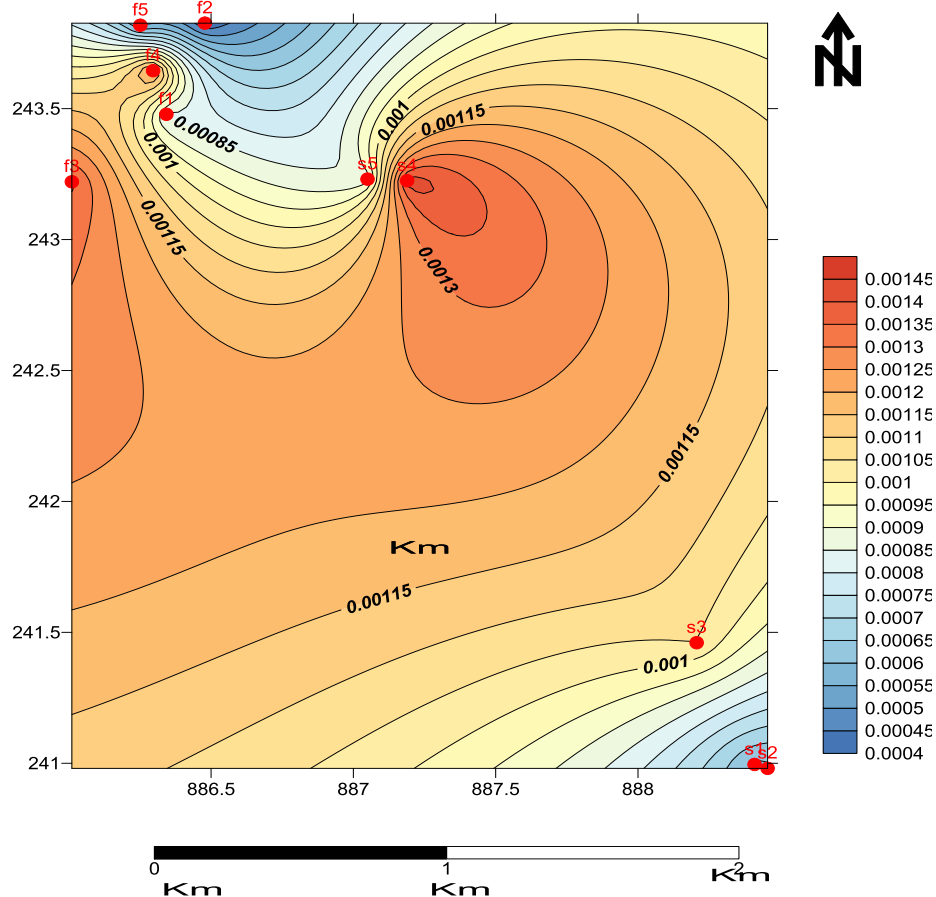


Figure 18: Carte de concentration de bicarbonate dans les eaux Souterraines d'Ain Mimoun

6.1.2.2. Sulfates (SO₄⁻²)

Ils sont présents dans les eaux naturelles à des teneurs très variables et peuvent provenir de la dissolution du gypse. Ce dernier peut être triasique, comme il peut être associé des formations plus récentes comme les argiles du Mio-Plio-Quaternaire. Ils dépendent aussi des rejets industriels (Gaagau, 2006).

La carte montre que les concentrations des sulfates sont élevées à Nord-ouest de la région d'étude au niveau des forages F₁, F₂, F₃, F₄, F₅, avec une valeur maximale enregistrée au

niveau du forage F₁ (834 mg/l). Ce qui explique l'influence des rejets de l'usine d'exploitation des gisements de baryte (BaSO₄) qui est très proche à ces points d'eaux.

20 % des échantillons ont dépassé les normes de potabilité. Ces teneurs élevées sont localisées dans le quaternaire, alors que les faibles concentrations en sulfates se trouve au niveau du crétacé. La présence d'inclusion gypsifère est responsable de roches salines évaporitiques seraient aussi responsables de l'augmentation de la teneur en sulfate.

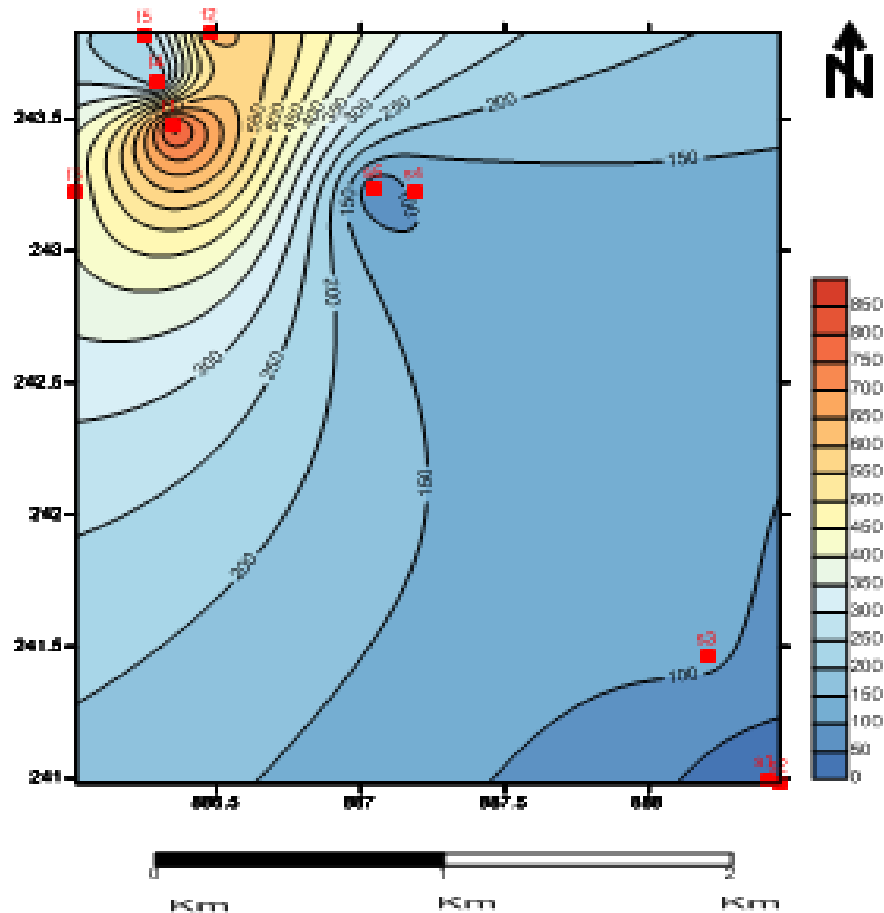


Figure19: Carte de la distribution des teneurs en sulfate dans les eaux souterraines

6.1.2.3. Les nitrates (NO₃)

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique (Hezil, 2013).

Ils représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble, sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques

la carte de la distribution des teneurs en nitrate montre que les fortes concentrations se trouvent au niveau du quaternaire dans le Nord-ouest de la zone d'étude avec une valeur maximale enregistrée dans le forage F1 (20 mg/l) qui est inférieure à la norme de potabilité fixée par l'OMS (50 mg/l).

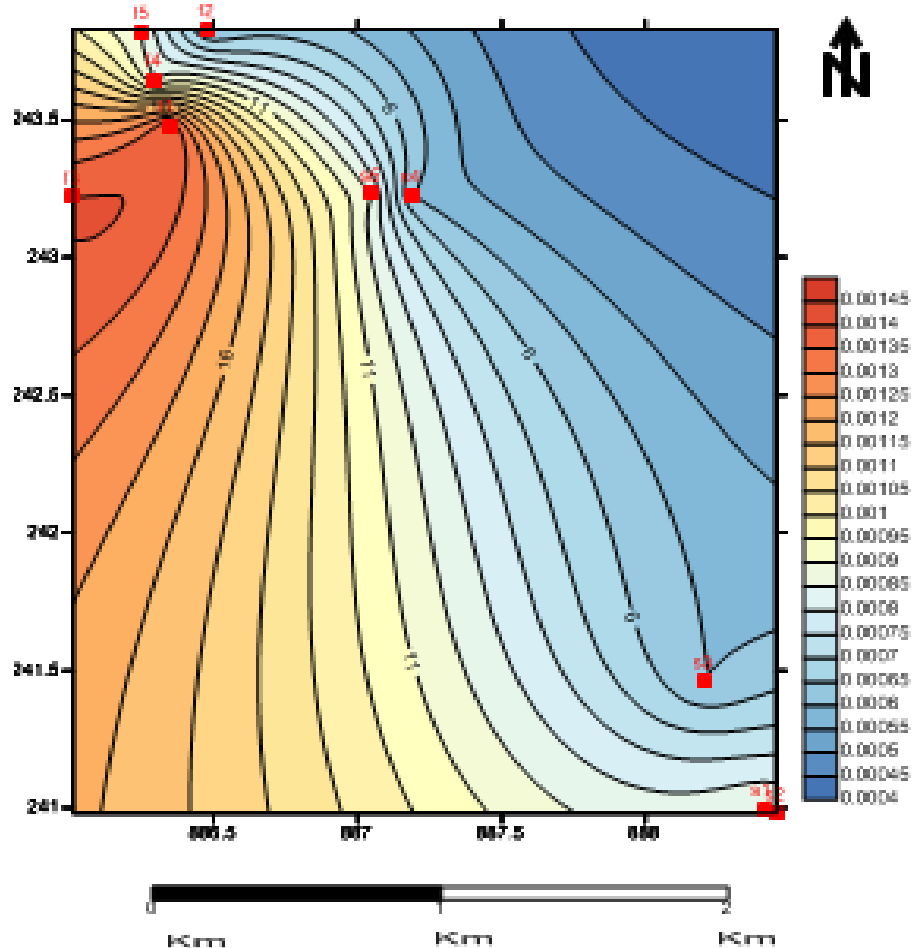


Figure 20: carte de la distribution des teneurs en nitrate dans les eaux souterraines

6.1.2.4. Les chlorures (Cl⁻)

L'eau l'en contient Presque toujours, mais en proportion très variables, la teneur en chlorures augment généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Les chlorures rencontrés proviennent:

- des rejets d'origine industrielle telle que l'acide chlorhydrique (HCL).
- des rejets d'eau d'origine domestique.
- de la dissolution des sols naturels des terrains salifères (Rodier, 2005).

La carte thématique 21, nous indique que les concentrations les plus élevées sont d'orientation Nord-ouest, au niveau de quaternaire. La valeur maximale est de 56.1 mg/l donnée

par le forage F1. Il ya lieu de signaler que tous les résultats obtenues en ce qui ce paramètre sont supérieurs à la concentration plafonné par l'OMS (50 mg/l).

La région d'Ain Mimoun est semi-aride, il serait utile d'attribuée les fortes teneurs, au lessivage des concrétions salines superficielles en cas de forte pluie

Dans cette zone on peut lier aussi ces concentrations élevées en chlorures à la pollution des eaux de la nappe par les eaux usées des rejets de l'usine.

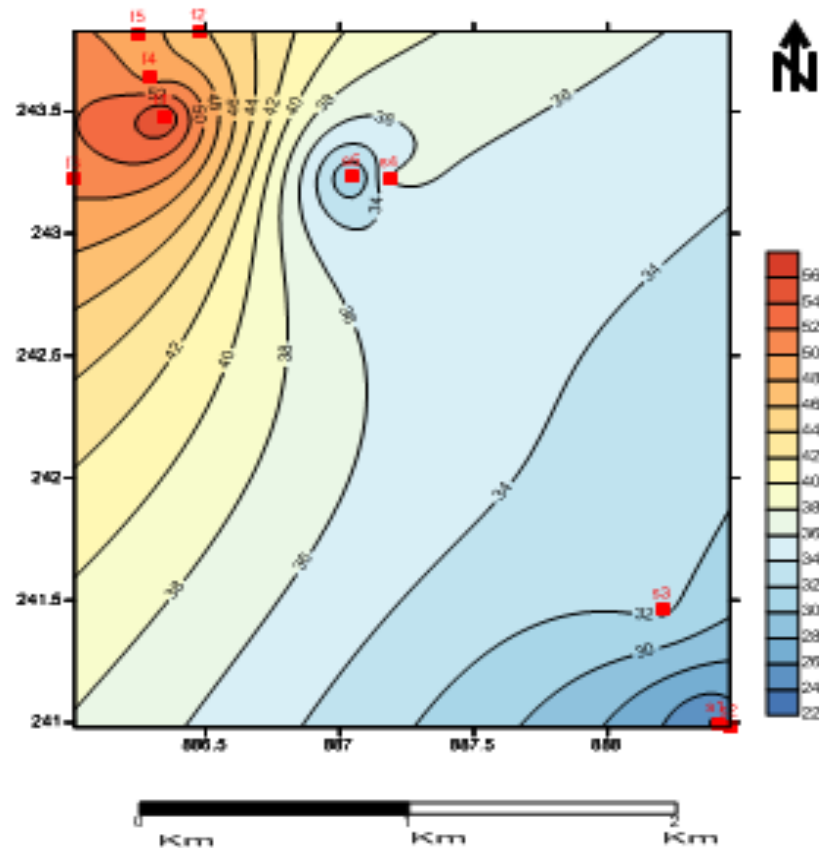


Figure 21: carte de la distribution des teneurs en chlorure dans les eaux
Souterraines

6.1.2.5. Le calcium (Ca^{2+})

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Hezil, 2013).

Les résultats de mesure obtenus au laboratoire et la carte de distribution de calcium montrent que la plupart des points d'eau de la région d'étude présentent des teneurs en ions calcium élevées (valeur maximale est de 610 mg/l) avec des concentrations supérieures à la norme de potabilité des eaux (100 mg/l), à l'exception de quelques points où les concentrations

sont plus faibles (valeur minimale est de 09 mg/l) où l'écoulement des eaux souterraines est très faibles (les courbes iso pièzes espacés), ce qui indique que ces eaux sont moins influencées par la dissolution des formations carbonatées et gypseuses.

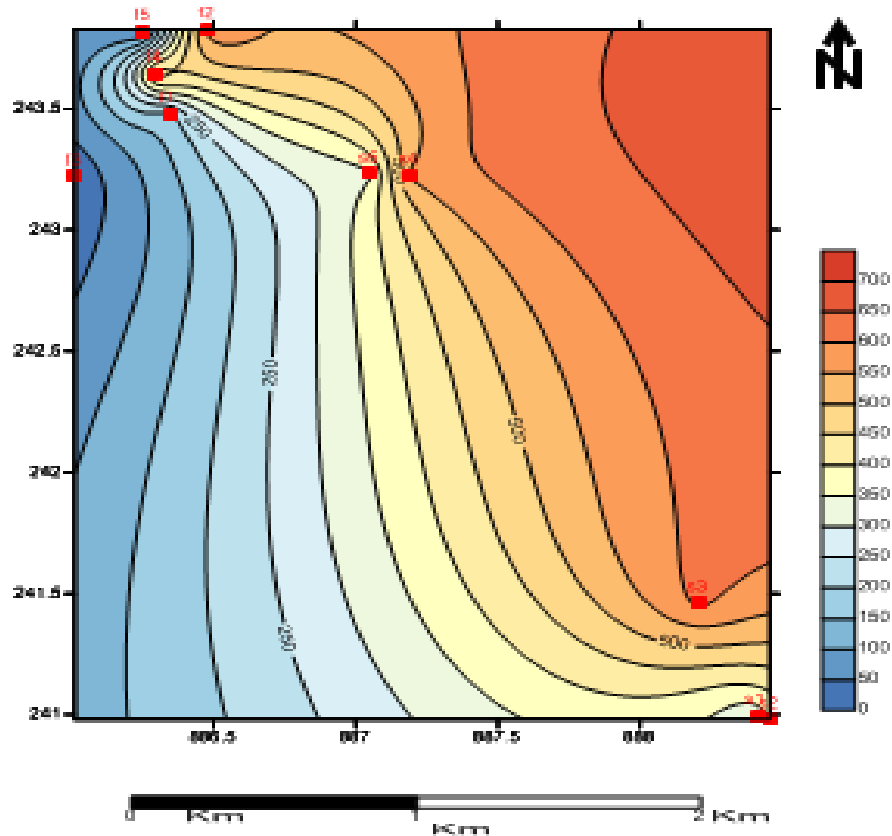


Figure 22: Carte de la distribution des teneurs en calcium dans les eaux souterraines

6.1.2.6. Le magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium présent dans les formations géologiques traversées par l'eau, soit par la dissolution des formations dolomitique qui n'est possible que grâce à la présence du gaz carbonique, et aussi de la dissolution des sulfates de magnésium $MgSO_4$ dans les terrains gypseux. On note enfin que lamies en solution de Mg^{2+} est très difficile et nécessite beaucoup de temps de contact (Bouaucha, 2009).

La carte de concentrations du magnésium nous montre que les fortes concentrations sont localisées dans le Nord-ouest de la région d'étude, au niveau des points d'eau F_3 , F_5 , F_4 , S_4 avec une valeur maximale de 147.7 mg/l, dépassant les normes de la potabilité.

On peut attribuer les fortes teneurs en magnésium à la dissolution des dolomites des formations géologiques récentes (le quaternaire).

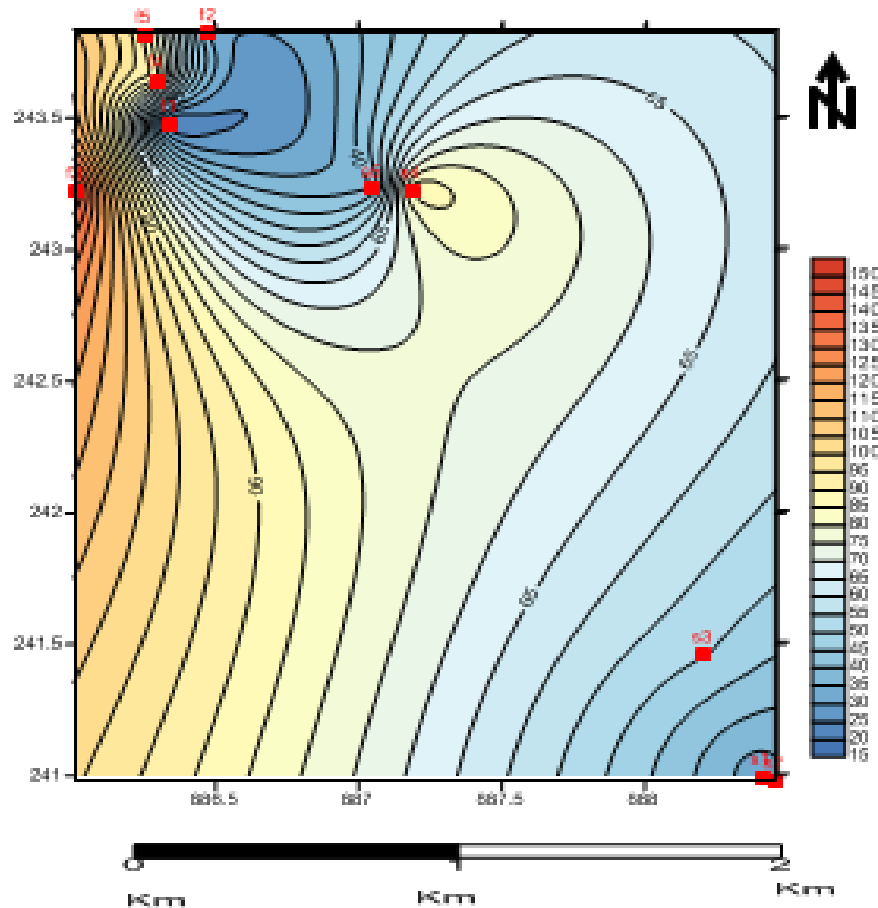


Figure 23: Carte de la distribution des teneurs en magnésium dans les eaux Souterraines

6.1.2.7. Le sodium (Na^+)

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. Il provient du lessivage des formations géologique riche en NaCl (Gaagai, 2006).

La représentation spatiale du sodium nous informe que les fortes concentrations de ce dernier sont localisées au niveau des forages F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , dans le Nord-ouest de la région d'étude (la valeur maximale est de 184 mg/l), la formation géologique correspondante à la concentration élevée est le quaternaire, cette concentration élevée est probablement à l'origine de la nature des terrains de cette région, même si cette concentration est au-dessus de la norme imposé par l'OMS.

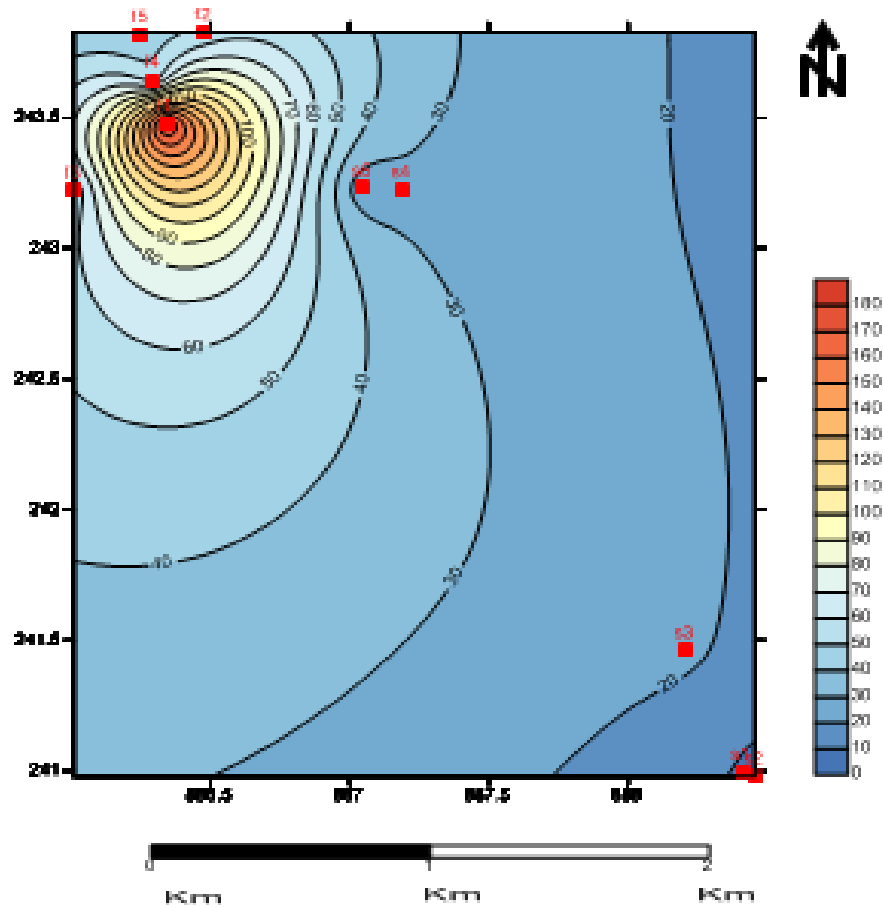


Figure 24: Carte de la distribution des teneurs en sodium dans les eaux souterraines

6.1.2.8. Le Baryum(Ba)

Le baryum est un élément de symbole Ba et de numéro atomique 56. Sa masse atomique est $M = 137$. C'est un métal alcalino-terreux qui fond à environ $730\text{ }^{\circ}\text{C}$. On ne le trouve pas à l'état natif, car comme pour les alcalino-terreux (Sr, Ca) il s'oxyde très rapidement en formant l'oxyde stable, BaO.

D'après la distribution spatiale du baryum, les concentrations 2.32 mg/l au niveau de forage F_2 et 2.15 mg/l au niveau de forage F_3 les plus élevés en cet élément sont localisées dans le Nord-Ouest de la région d'étude qui correspondent aux formations géologiques du quaternaire.

Il y'a lieu de signaler que les concentrations de tous les échantillons sont alarmantes et elles dépassent de loin la valeur admissible de l'OMS

On peut lier ces fortes teneurs en baryum à la pollution des eaux de la nappe par les rejets de l'unité d'exploitation des gisements de baryte (BaSO_4) qui étaiu voisinage de ces points d'eaux

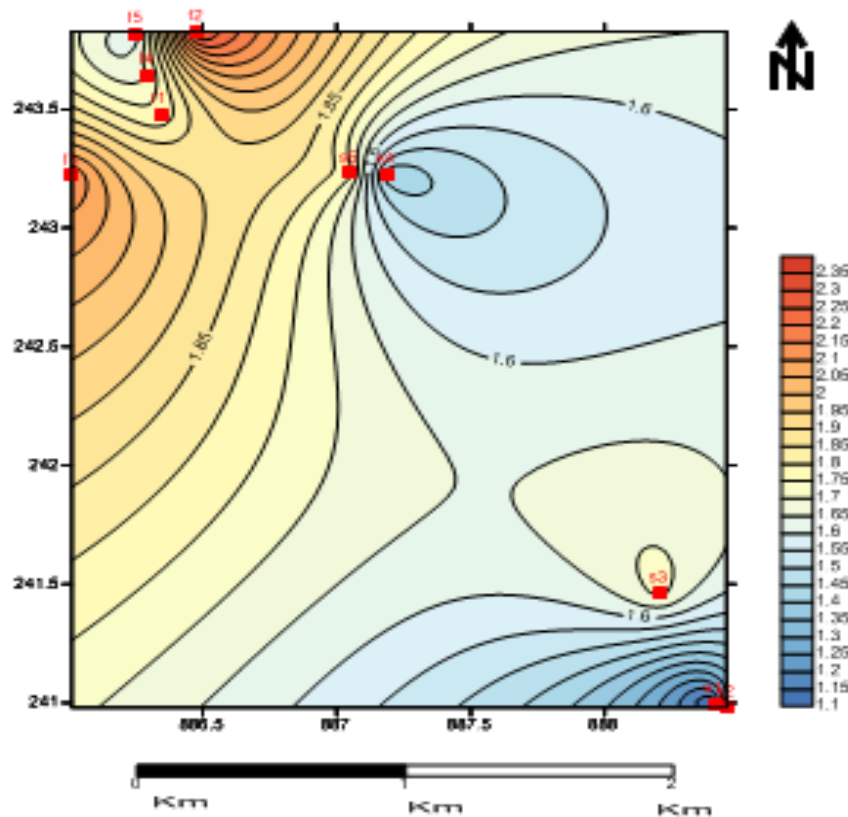


Figure n°25: Carte de la distribution des teneurs en bryum dans les eaux souterraines

6.1.3. Faciès chimique des eaux

6.1.4.1. La répartition graphique

A partir les résultats des analyses chimiques des différents points d'eaux, le diagramme de Piper (1944) et celle de SCHOELLER et BERKALOFF (1935-1938) permet d'avoir une approche globale de la composition spatio-temporelle de déterminer les Faciès chimiques des eaux.

6.1.3.1. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles représentant la répartition des anions et celle des cations respectivement, et d'un losange représentant la répartition synthétique des éléments majeurs.

Le diagramme de Piper montre une évolution du faciès chimique depuis des eaux sulfaté calciques ($F_1, F_2, F_4, S_3, S_4, S_5$) au Nord-ouest de la région d'étude dans le remplissage plio-

quaternaires riche en gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), vers un faciès intermédiaire chloruré calcique (S_1 , S_2) au Sud-est qui correspondent aux formations géologiques du crétacé pour finalement aboutir à des eaux sulfaté magnésique (F_2 , F_5) localisé dans le quaternaire (figure26)

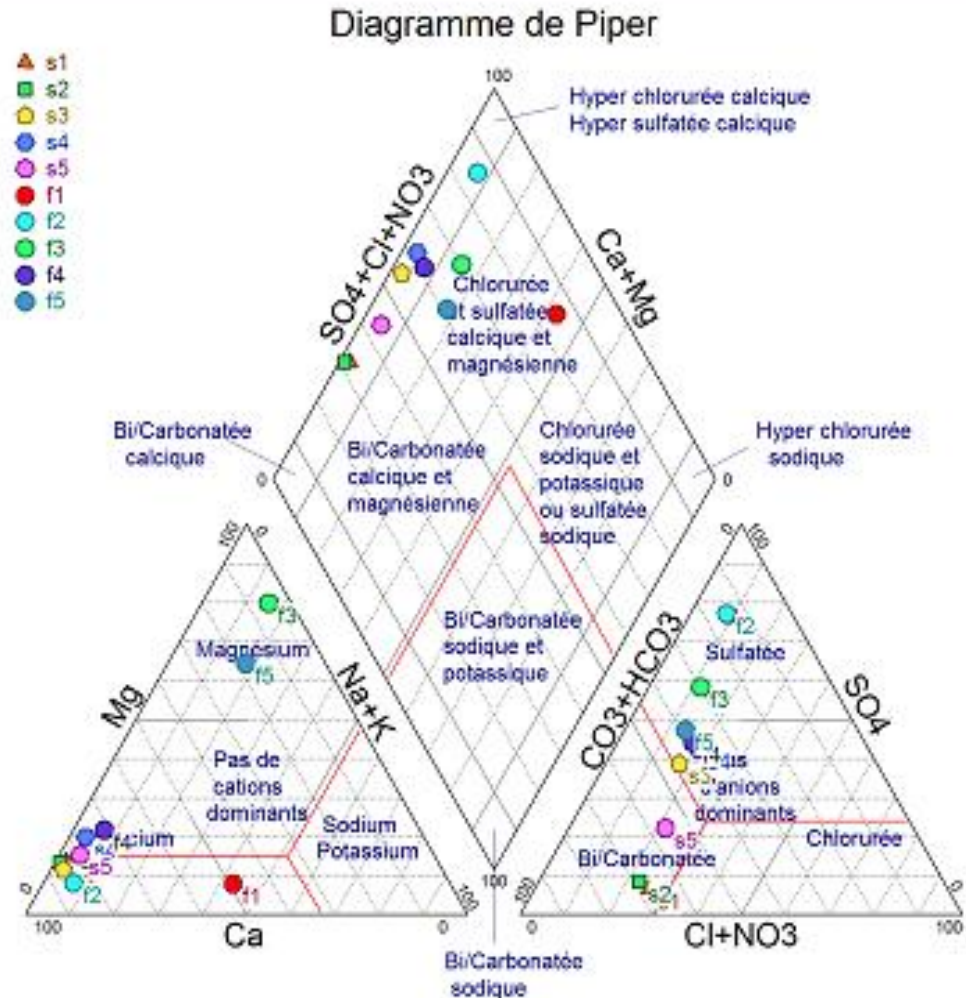


Figure 26: Diagramme de Piper des analyses des eaux souterraines d'Ain Mimoun

5.1.3.1.2. Diagramme Schoeler Berkaloff

Le diagramme a été établi par H. SCHOELLER en 1932, et révisé par BERKALOFF en 1952, il est composé de sept échelles logarithmiques verticales correspondant aux principaux ions analysés dans l'eau.

Le diagramme de Schoeller Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Il y a superposition des droites obtenues si les concentrations sont identiques et décalage relatif des droites les unes au-dessus des autres dans le cas contraire.

D'après les figures 27 il est noté qu'il existe une grande variation entre les teneurs des eaux issues des puits de la nappe phréatique, mais en général on a trois familles d'eau prédominantes, Chloruré calcique, Sulfaté calcique et Sulfaté magnésique. 60 % des faciès des échantillons sont Sulfaté calcique

Selon le Schoeller Berkaloffon peut dire que les eaux de la région d'étude sont marquées par les calciums qui s'accompagnent tantôt de sulfate tantôt de chlorure ; ceci est en liaison directe avec la présence dominante des argiles, des terrains salifère, et des formations carbonatées et gypsifères.

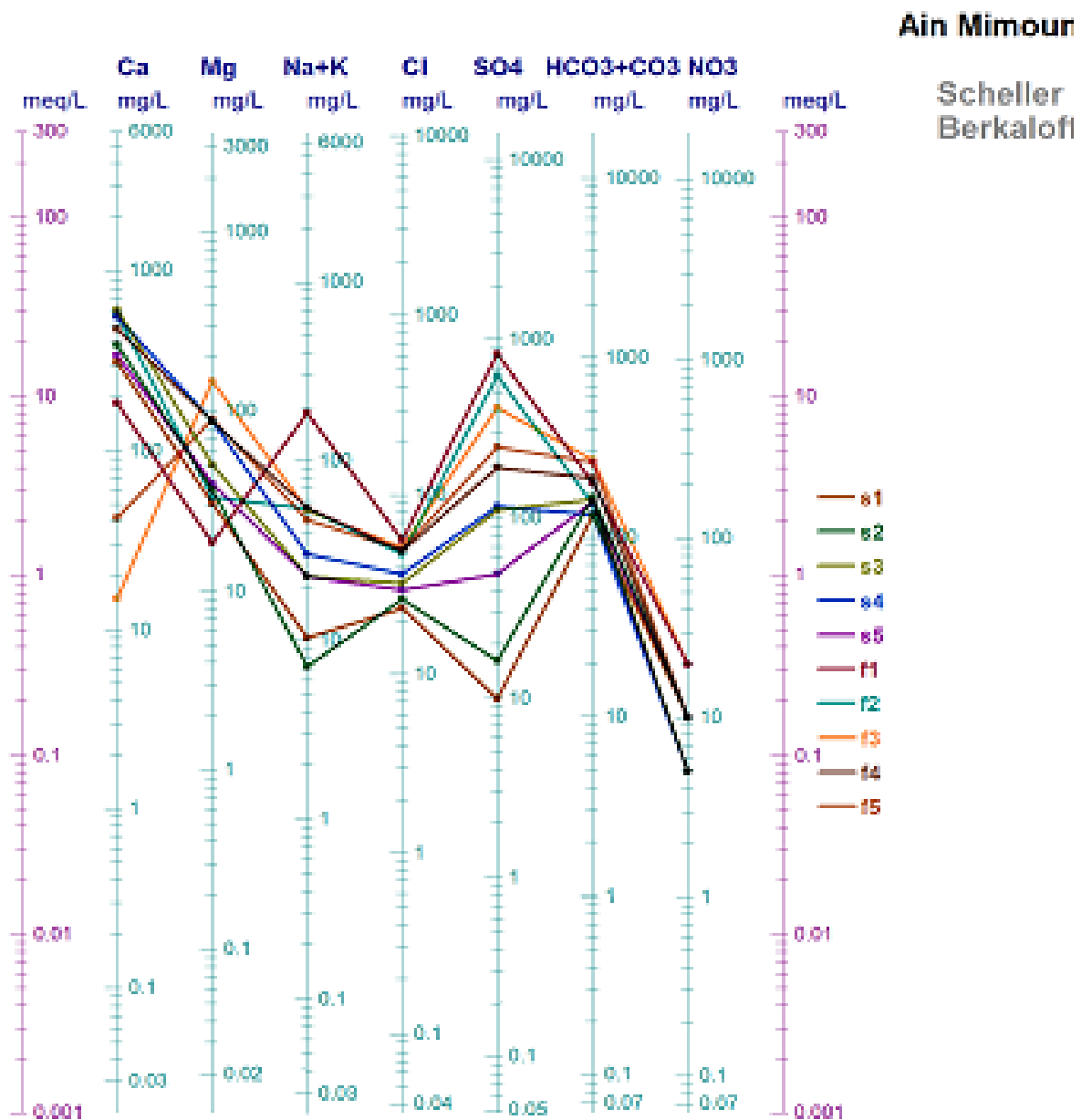


Figure 27: Diagramme de Schoeler Berkaloff.

Conclusion

L'étude hydrochimique, nous a permis de mettre en évidence les paramètres physico-chimiques ayant une influence directe sur la qualité des eaux ; ces paramètres sont liés aux systèmes aquifères existant ou à l'influence de la géologie.

Au terme de ce chapitre, il a été constaté ce qui suit, les analyses physico-chimiques nous en révélé que les concentrations les plus élevées en la matière, sont rencontré dans la formations géologiques récentes du quaternaire.

En ce qui concerne la classification des eaux, Selon les diagrammes de piper et Schoeller Berkloff nous avons permis de classer les eaux en trois familles.

- Famille chlorurée calcique;
- Famille sulfaté magnésique;
- Famille sulfatée calcique dans notre zone d'étude

Il y'a lieu de dire que la majorité des éléments dont leurs concentrations ont dépassé les normes admissibles ce qui se répercute sur la qualité des eaux de notre zone d'étude. Ces eaux sont très dures, ce qui entraîne des inconvénients de cuisson et pour la lessive et peuvent entraîner aussi des risques de salinisation des sols.

Conclusion

Au terme de ce travail engagé pour l'évaluation de l'effet du baryte dans la région d'Ain Mimoun, nous ont pu conclure ce qui suit:

Il y'a lieu de dire que le climat de la région d'étude est semi-aride.

Les échantillons d'eau récupérés des forages et sources, les premiers (forages) localisés dans les formations géologique du quaternaire (la ou l'emplacement de l'usine de baryte) qui se trouve au nord de la région d'étude. Quant au secondes (les sources), ces derniers sont localisés, en fait, dans les formations géologiques du crétacé au centre et sud de la région d'étude.

En ce qui concerne la classification des eaux souterraine de cette région, nous avons obtenus un faciès chimique de type sulfaté calcique.

Les résultats physicochimiques de ces échantillons d'eau souterraine nous ont tranchés en ce qui concerne la pollution en barytes de ces eaux, puisque les concentrations en matière de cet élément sont élevées dans les échantillons récupérés à proximité de l'usine. Outre, les résultats d'analyse physico-chimique dépassant les valeurs admissibles fixées par l'OMS, il y'a lieu le chlore, baryum

Annexes 01:

Méthodologie

Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Nous avons prélevés 10 échantillons (5 fourrage et 5 sources). Les analyses sont faites au maximum 72 heures, après la prise d'échantillons.

1. caractérisation physico-chimique

1.1. Paramètres physico-chimiques

Il existe un très grand nombre de paramètre physique et chimique qui permettent de caractériser une eau, y compris le ph, la conductivité électrique la salinité, les nitrates, les nitrites, les phosphates, les chlorures, les sulfates, et l'ammonium, ainsi le dosage des éléments majeurs : Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; k^+ .

1.1.1. La température de l'eau

C'est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sals et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH. la température de l'eau lors de l'analyse est 18°C. (jean Rodier et coll.)

1.1.2. Le Ph

Le ph mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) en solution. Notamment, en solution aqueuse, ces ions sont présents sous la forme de l'ion oxonium H_3O^+ (appelé aussi ion hydronium). Plus couramment, le PH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution. IL est lie aux variations de la température, salinité, oxygène dissous, du taux de CO_2 et des terrains traversé [43]. Le pH a été mesurés par un pH mètre type Hach Sens ion1.



Fg1 : mesure ph de l'eau

1.1.3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. (*E. Derwich et al, 2010*),

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est dû à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. (*Franck Rejsek, 2002*).

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (ms/ m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (*Ibge, 2005*).

La mesure de la conductivité électrique se fait sur terrain et elle se refait au laboratoire à l'aide d'un conductimètre.



Fig2 : mesure la conductivité d'eau

1.2. Paramètres chimique

1.2.1. La turbidité

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur ((*jean Rodier et coll*)).

1.2.2. Les anions et les cations

Les anions et les cations majeurs analysés sont les chlorures, les nitrates, nitrites, les sulfates, le sodium, le potassium, les phosphates, et le fer total. Ces ions sont conservatifs, c-e-d

que leur abondance n'est pas modifié au cours du temps dans les conditions normales de stockage.

1.2.3. TDS

Le TDS (total des solides dissous) représente la concentration totale des substances dissoute dans l'eau. Le TDS est compose de sels inorganique et de quelque matière organique Les sels inorganique communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont des anions.

1.2.4. La dureté totale

La dureté de l'eau est calculée en mesurant la quantité d'ions calcium, magnésium, aluminium, fer, strontium, etc. Présents dans l'eau, les deux premiers cations (Ca^{2+} et Mg^{2+}) étant généralement les plus abondants. Comme le calcium est des ions les plus abondants, il devient donc un bon indicateur de la dureté de l'eau. C'est pourquoi on exprime la dureté selon la quantité de trioxycarbonate de calcium (CaCO_3 , communément appelé le carbonate de calcium) présente dans une solution. Cette quantité est exprimée en mg/l ou ppm.

1.2.5. La couleur

La coloration d'une eau et dite varie ou réelle lorsqu' elle est due à la seule substance en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration.les couleurs réelle et apparent sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité.



Fg4 : mesure la coloration de l'eau

2. Matériel et méthodes

2.1. Méthodes

La conductivité, la salinité et la turbidité ont été déterminées pas le même appareil, un conductimètre de type Hach Sens ion5.

Deux méthodes ont été utilisées pour la détection de la majorité des paramètres physico-chimiques par utilisation d'un kit de test pour l'analyse de l'eau type VISCOCOLOR :

a/colorimétrie

Dans les méthodes colorimétriques, on tire profit de la propriété de certains réactifs chimiques à former un composé coloré avec la substance recherchée. L'intensité de la coloration croît avec la concentration de cette substance.

b/Titrimétrie

Un certain nombre de substances ne transforment que difficilement, voire pas du tout, en substances colorées quantifiables. Dans bien de cas, on a alors recours aux méthodes titrimétriques. Le principe de mesure, expliqué brièvement, est le suivant :

Lors de l'analyse volumétrique, on ajoute goutte à un volume d'échantillon précisément mesuré une solution (le titrant), dont la substance active réagit avec la substance recherchée dans l'échantillon. Après que cette substance soit complètement transformée par la réaction, un ajout supplémentaire du titrant conduirait à un excès de ce dernier. Le point de fin de réaction (point d'équivalence ou point de virage) est visible grâce au changement de la couleur d'un indicateur ajouté à l'échantillon.

2.1.1. La dureté totale

La dureté totale a été déterminée par titrage complexométrique.

2.1.1.1. Principe de la méthode

Les ions calcium et magnésium responsable de dureté de l'eau, sont combinés par l'agent EDTA pour former un chélate. La détermination est effectuée par titrage à l'aide d'un indicateur métallique qui change de couleur lorsque toutes les substances responsables ont été liées.

2.1.1.2. Mode d'emploi

- Introduire un volume de 10 ml de l'échantillon dans un bécher
- Ajouter environ 20 ml de tampon ammoniacal à Ph=10.
- Ajouter quelques gouttes de NET (noir d'eriochrome).
- Doser cette prise d'essai à l'aide de la solution d'EDTA placée dans la durette jusqu'au virage de la solution du rouge au bleu.

2.1.2. Détermination de sodium (Na^+) et de potassium (K^+)

Les cations de sodium et de potassium ont été déterminés par le photomètre à flamme (annexe 1), en sélectionnant pour chaque cation la longueur d'onde caractéristique.

2.1.2.1. Mode d'emploi

- Allumer l'appareil.
- Placer le filtre sur Na ou k selon le dosage.
- Faire passer la solution étalons filles de la plus concentrée à la moins concentrée.
- Faire passer la solution à doser (et faire les dilution si nécessaire), noter les valeurs.
- Entre chaque mesure, rincer le dispositif de pulvérisation à l'eau distillée.

2.1.3. Détermination des ions ammonium (NH_4^+)

Les ions ammonium ont été détectés en utilisant un kit de test calorimétrique type VISOCOLOR.

2.1.3. 1. Principe de la méthode

Les ions ammonium réagissent avec le chlore pour donner de la chlorémie, laquelle réagit en présence d'un catalyseur en milieu alcalin avec des phénols pour donner des colorants indo phénoliques bleus. Les amines primaires réagissent comme les ions ammonium, donnant des résultats par excès. Les substances consommant le chlore entraînent des sous-estimations ou même inhibent la réaction en fonction de leur concentration.

Domaine de mesure : 0.2-3mg/l

2.1.3.2. Mode d'emploi

- Verser un échantillon d'eau de 5ml dans chacun des deux récipients de mesure à l'aide de la seringue en plastique.
- Placer un récipient de mesure dans la position A du comparateur.
- N'ajouter du réactif que dans le récipient de mesure B.
- Ajouter 10 gouttes de NH_4^{-1} , fermer le récipient et mélanger.
- Ajouter 1 cuillère de mesure rase de NH_4^{-2} fermer le récipient le mélange jusqu'à ce que la poudre soit dissoute. Attendre 5min.
- Ajouter 4 gouttes de NH_4^{-3} fermer le récipient et mélanger.
- Ouvrir le récipient après 7 min et le placer dans la position B du comparateur.
- Faire glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut.
- Lire la valeur sur la languette du comparateur. Des valeurs intermédiaires peuvent être évaluées.
- Après usage, rincer soigneusement les deux récipients et les refermer.

2.1.4. Chlorure (CL^-)

Les ions chlorures ont été détectés en utilisant un kit de test calorimétrique type VISOCOLR

Domaine de mesure : 1-60mg/l

2.1.4.1. Principe de la méthode

Les ions de chlorure réagissent avec le thiocyanate de mercure(II) non dissocié, le thiocyanate libre développe par réaction avec les ions de fer(II) une coloration orange.

2.1.4.2. Mode d'emploi

- Verser à l'aide de la seringue en plastique un échantillon d'eau de 5 ml dans chacun des deux récipients de mesure.
- Placer un récipient de mesure dans la position A du comparateur.
- N'ajouter du réactif que dans le récipient de mesure B
- Ajouter 10gouttes de Cl^{-1} fermer le récipient et mélanger.
- Ajouter 5 gouttes de Cl^{-2} fermer le récipient et mélanger.
- Ouvrir le récipient après une minute et placer le à la position B de comparateur.
- Faire glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut.
- Lire la valeur sur la languette du comparateur. Des valeurs intermédiaires peuvent être évaluées.
- Après usage, rincer soigneusement les deux récipients et les refermer.

2.1.5. Détermination de nitrite (NO_2^-)

La détermination du nitrite a été réalisée à l'aide d'un kit de test VISICOLOR

2.1.5.1. Principe de la méthode

En milieu acide les ions nitrites forment avec la sulfanilamide un sel de diazonium qui, couplé avec une amine de naphthyle, forme un colorant rouge –violet.

Domaine de mesure 0.02-0.5mg/l

2.1.5.2. Mode d'emploi

- Verser un échantillon d'eau de 5ml dans chacun des deux récipients de mesure à l'aide de la seringue en plastique.
- Place un récipient de mesure dans la position A du comparateur.
- N'ajouter du réactif que dans le récipient de mesure B.
- Ajouter 4 gouttes de NO_2^{-1} fermer le récipient et mélanger.
- Ajouter 1 cuillère de mesure rase de NO_2^{-2} , fermer le récipient et secouer le mélange jusqu'à ce que la poudre soit dissoute.

- Ouvrir le récipient après 10 min et le NO_2^{-2} , fermer le récipient et secouer le mélange jusqu'à ce que la poudre soit dissoute.
- Ouvrir le récipient après 10min et le placer dans la position B du comparateur
- Faire glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut.
- Lire la valeur sur la languette du comparateur. Des valeurs intermédiaires peuvent être évaluées.
- Après usage, rincer soigneusement les deux récipients et les refermer.

421.6. Détermination de nitrate

La détermination des nitrates a été réalisée à l'aide d'un kit de test VISICOLOR ECO® qui permet la détermination colorimétrique des ions nitrates.

2.1.6.1. Principe de la méthode

Les ions nitrates sont réduits en ions nitrates en milieu acide. Ceux-ci forment un colorant azoïque jaune-orange.

2.1.6.2. Mode d'emploi

- Verser un échantillon d'eau de 5 ml dans chacun des deux récipients de mesure à l'aide de la seringue en plastique.
- Placer un récipient que dans la position A du comparateur.
- N'ajouter du réactif que dans le récipient de mesure B.
- Ajouter 5 gouttes de NO_3^{-1} , fermer le récipient et mélanger.
- Ajouter 1 cuillère de mesure rase de NO_3^{-2} , fermer le récipient et secouer immédiatement le mélange pendant 1 min.
- Ouvrir le récipient après 5 min et le placer à la position B du comparateur.
- Faire glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut.
- Lire la valeur sur la languette du comparateur .Des valeurs intermédiaires peuvent être évaluées.
- Après usage, rincer soigneusement les deux récipients et les refermer.

2.1.7. Détermination de phosphate (PO_4^{-3})

La Détermination du phosphate a été réalisée à l'aide d'un kit colorimétrique de test VISICOLOR.

2.1.7.1. Principe de la méthode

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former de l'acide phospho-molybdique lequel sera réduit en bleu de phospho-molybdène.

Domaine de mesure 0.2-5mg/l

2.1.7.2. Mode d'emploi

- Verser un échantillon d'eau de 5 ml dans chacun des deux récipients de mesure à l'aide de la seringue en plastique.
- Placer un récipient que dans la position A du comparateur.
- N'ajouter du réactif que dans le récipient de mesure B.
- Ajouter 6 gouttes de PO_4^{-1} , fermer le récipient et mélanger.
- Ajouter 6 gouttes de PO_4^{-2} , fermer le récipient et mélanger.
- Ouvrir le récipient après 10 min et le placer à la position B du comparateur.
- Faire glisser le comparateur jusqu'à ce que les couleurs soient identiques dans le trou d'inspection du haut.
- Lire la valeur sur la languette du comparateur .Des valeurs intermédiaires peuvent être évaluées.
- Après usage, rincer soigneusement les deux récipients et les refermer.

Principe du photomètre de flamme

Dans un atome ou un cation métallique, les électrons ont des niveaux énergétiques quantifiés. toute variation d'énergie correspond au passage d'un électron d'un niveaux énergétique à un autre.

L'adsorption d'énergie correspond à une transition électronique d'un état stationnaire à un autre de plus forte énergie : c'est l'état excité instable.

L'émission énergétique est en particulier l'émission de radiation électromagnétique, correspond à la transition inverse: de l'état excité à l'état fondamental de plus basse énergie.

Certains atomes ou cation métalliques sont susceptibles d'être excités par une flamme. des électrons sont amenés à un niveau d'énergie supérieur par chauffage dans la flamme d'un bruleur à gaz, et, lors de retour à l'état fondamental, il y'a émission d'énergie lumineuse, sous forme de photons.

Pour un métal donné, il y'a émission dans ces conditions, d'un spectre de radiations simples, chacune d'elles correspond à une transition électronique possible. le photomètre de flamme permet le dosage des cations alcalins Li^+ , Na^+ , K^+ .

Annexes 02

1. Etudes minéralogiques

Outre les filons de baryte, on rencontre plusieurs indices comme la minéralisation de cuivre, de plomb, de quartz, de calcite, etc.

- **La baryte (BaSo4)**

Est enfermée de deux espèces, l'un à cristaux grisèrent donne des émanations allongées et à agrégats d'une structure fibreuse, l'autre à cristaux fins forma de grains isométriques.

- **Le quartz(SiO2)**

Est en deux générations grés en forme de séparation allotriomorphe se développent en cristaux prismatiques.

- **Le dioptase (CuSiO3, H2O)**

(Cuivre gris) se présente sous l'aspect de grains arrondis et angulaires disséminés dans la baryte.

- **La chalcopryrite (CuFeS2)**

Se rencontre en forme de séparation irrégulière le long des fissures dans la baryte.

- **La sphalérite (ZnS)**

Se présente sous forme de grains arrondis.

- **Le cinabre (HgS)**

Est représentée en dissémination dans la pana base.

- **La calcite (CaCo3)**

Donne des séparations à contact irréguliers.

- **Les hydroxydes de fer (Fe2O3, H2O)**

Sont disposés irrégulièrement dans le contact le long des fissures.

- **La malachite et l'azurite (Cu2Co3(OH) 2)**

Se rencontrent en forme de séparation et nids isolés. Tous ces indices métallifères sont en quantités négligeables et ne présentent aucun intérêt économique.



Baryte (BaSo4)

Bibliographie

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ABDESSEMED K.** LE CEDRE DE L'ATLAS (*CEDRUS ATLANTICA* MANETTE) DANS LES MASSIFS DE L'AURES ET BELEZMA -TH. DOCT UNIV. AIX-MARSEILLE, 1981. 199 P.
- **ARMAND C.1970:** CLIMATOLOGIE P191.
- **BLIEFERT, PERRAUD.2011:** CLIMIE DE L'ENVIRONNEMENT AIR, EAU, SOL, DECHETS .2^E EDITION.125P
- **BOUAICHA, F. 2009:** «ETUDE GEOPHYSIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE DANS LA REGION DE KHENCHELA, CAS DE KHEIRANE ET TAOUZIENT, IMPACT SOCIO-ÉCONOMIQUE». UNIVERSITE MENTOURI- CONSTANTINE, 166P.
- **BOULABEIZ, M. 2006:** EVOLUTION DES ELEMENTS CHIMIQUES ET EVALUATION DE RISQUE DES EAUX SOUTERRAINES A LA POLLUTION (CAS DE LA NAPPE DE COLLO, NORD-EST ALGERIEN) MEMOIRE MAGISTER UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA, 148P.
- **BOULKENAFET, Z. 2008:** RESSOURCE EN L'EAU ET PERSPECTIONS DE GESTION INTEGREE DANS LE BASSIN VERSANT D'EL-KEBIR OUEST . MEMOIRE MAGISTER, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABE 145P.
- **BOUZIDI .A.2013:** *L'IMPACT DE L'EXPLOITATION DES GISEMENTS DE BARYTE SUR LE CEDRE DE L'ATLAS DANS LA REGION D'AIN MIMOUN W. KHENCHELA.*(MEMOIRE MASTER) DEPARTEMENT GENI DE L'ENVIRONNEMENT U, NIVERSITE ABBAS L'AGHROUR, KHENCHELA.
- **CHENAG, F. LAKHNECH, Z 2014:** CARACTERISATION DES EAUX DE LA VALLEE D'OUED AIN MIMOUN MEMOIRE MASTER GENIE DE L'ENVIRONNEMENT UNIVERSITE ABBAS L'AGHROUR –KHENCHELA.
- **EAUPOTQALITE01.DOC :** QUALITE DE L'EAU POTABLE, P1 PDF.
- **GAAGAI, A.2006:** ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROCHIMIQUE DU BASSIN VERSANT DU BARRAGE DE BABAR SUR OUED EL ARAB REGION EST DE L'ALGERIE. MEMOIRE MAGISTER, UNIVERSITÉ DE BATNA, 103P.
- **GHEDIRMAHFOUD5@YQHOO.FR.2012:** ETUDE D'IMPACTS DE L'ACTIVITE MINIERE, LE PERIMETRE 6183PM, 55P.

- **HADJAB. R ET GUELLIL.R.2014:**STRUCTURE ET ECOLOGIE DE L'AVIFAUNA AQUATIQUE DES ZONES HUMIDES DES HAUT-PLATEAUX (MEMOIRE DE MASTER) DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT - UNIVERSITE ABBAS L'AGHROUR –KHENCHELA.
- **HEZIL, A.2013:** ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DES VAPEURS D'EAU THERMALE DE HAMMAM K'NIF, MEMOIRE MASTER ,ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT,UNIVERSITE DE KHANCHELA.
- **JEAN, R. 2009 :** L'ANALYSE D' EAU 9^EEDITION ENTIEREMENT MISE A JOUR. BERNARD LAEGUBE,NICOLE ;ERLET ET COLL.1579P.
- **KOLLER E.2004 :** TRAITEMENT DES POLLUTIONS INDUSTRIELLES : EAU. AIR. DECHETS. SOLS. BOUES. L'USINE NOUVELLE. -DUNOD, PARIS.
- **LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE REGIONALE**, PARIS, 22 MARS 2013 PDF.
- **LAURENT. H.2007:** BIOCLIMATOLOGIE, CONCEPTS ET APPLICATION.
- **LUNNTECH. 1998 – 2008:** TRAITEMENT DE L'EAU ET DE L'AIR. –ROTTERDAMSE WEG. 402 M. FRANCE
- **MEFTAH, L.2012:** AUDIT ENVIRONNEMENTAL, PERIMETRE UNITE DE BARYTE DE AIN MIMOUN, COMMUNE DE TAMZA, DAIRA D'EL HAMMA,WILAYA DE KHENCHEL P152.
- **MEQUEL G, 2001:** LES EFFETS DES METAUX LOURDS SUR L'ENVIRONNEMENT. 2001.
- **MEROUANI.M ET BOUGUED.AH ABD EL B.2013:** ETUDE DE LA POLLUTION CHIMIQUE ET LA VULNERABILITE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA CUVETTE DE OUARGLA. MEMOIRE MASTER ACADEMIQU
- **MOREL R.1989:** LA DYNAMIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL. TECHNIQUE AGRICOLA.
- **OSMANI S.2012:** *ETUDE BIOGEOCHIMIQUE ET ISOTOPIQUE DE QUELQUES SOURCES DU VERSANT NORD DUMASSIF DES AURES (W.DE KHENCHELA).* MEMOIRE DE MAGISTER UNIVERSITE ABBAS L'AGHROUR –KHENCHELA.
- **OUANES, M. 20112:** SYNTHESE HYDRO CHIMIQUE DES EAUX DU BASSIN SEMI-ARIDE DE F'KRINIA, MEMOIRE DE MAGISTER UNIVERSITE ABBAS L'AGHROUR – KHENCHELA103P.
- **PLAN D'AMNAGEMENT**, DE LA ZONE DES OULED YAGOUB ET DES BENI OUDJANA40.4000 HQ, BUREAU NATIONAL DES ETUDES FORESTIERES (1985-2004).

- **RAMADE, F.2002:** DICTIONNAIRE ENCYCLOPEDIQUE DE L'ECOLOGIE ET DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT. 2^{ème} EDITION, 534 P.
- **RAMADE.F.2005:** ETUDE DE LA POLLUTION CHIMIQUE ET LA VULNERABILITE A LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAIN.864PT.
- **RODIER, 2009:** ANALYSE DE L'EAUX, EAUX NATURAL .EAUX RESIDUAURES. EAU DE MER .PARIS.DUNOD, 1579 .P(2009).
- **RODIER, J.2005:** L'ANALYSE DE L'EAU (EAUX NATURALLES RESIDUAIRES EAU DE MER), 8^e EDITION.
- **ROGER, D .2006 :** PRECIS D'ECOLOGIE, 8^e EDITION, COUR ET QUESTIONS DE REFLEXION, LICENCE3^e ANNEE, MASTER, CAPES, AGREGATION.
- **ROPIER, J ; BAZIN C ; BROUTHIN P ; CHAMBON P ; CHAMPSAUR H ET RODIL 2005:**L'ANALYSE DE L'EAU ; EAUX NATURELLES, EAUX RESIDUAIRES, EAUX DE MER. CHIMIE, PHYSICO-CHIMIE, MICROBIOLOGIE, INTERPRETATION DES RESULTATS. 8^{ème} EDITION -DUNOD, PARIS, 1383 P.
- **SAID EL, K .2003:** MANUEL DU COURS DE CLIMATOLOGIE, 1ASMETEO.

LES RÉFÉRENCES ÉLECTRONIQUES :(sites, web)

- **HTTP://DICTIONNAIRE.DOCTISSIMO.FR/DEFINITION-BARYTE.HTM**
- **HTTP://FR.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/BARYTINE**
- **HTTP://FR.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/NEIGE**
- **HTTP://WWW.SOCIETECHIMIQUE DE DEFRENCE.FR/PRODUT-DU-JOUR SULFATE.HTML**

Résumé

Notre travail se veut la contribution à l'analyse de l'effet des rejets de l'usine de baryum dans la région d'Ain Mimoun dans la wilaya de Khenchela, cette dernière est à climat semi-aride, l'échantillonnage de l'eau souterraine a été effectué sur des formations du quaternaire et celle du créacé pour but d'analyse physico-chimiques. L'étude hydrochimique nous a révélé que, effectivement les concentrations de baryum sont élevées notamment dans les échantillons prélevés à proximité de l'unité de production. Ceci dit que les rejets de cette unité en baryum à un impact de pollution sur les eaux souterraines de notre région d'étude.

Mots clés : les eaux souterraines, Ain Mimoun, l'usine de baryte, la pollution.

Summary

Our work represents the contribution and the analysis of the effect of barium factory remaining in Ain Mimoun region at the Willaya of khenchela, this region is characterized by a semi-arid climate .The selection of underground water samples was taken from chalked regions so as to make physic-chemical analysis .The hydro-chemical study proved that the samples of water taken from the regions which are near the factory ,constitute a huge quantity of barium .

We deduce that the remaining of barium factory has an impact to pollute the underground water at our region.

Key words The underground water, Ain Mimoun, The factory of barite , the pollution

ملخص

ارتأينا من خلال هذا العمل البحثي في المساهمة في معالجة تأثير النفايات مصنع الباريت في منطقة عين ميمون بولاية خنشلة ، هذه الأخيرة متواجدة في مناخ شبه جاف .حيث تم أخذ عينات من المياه الجوفية من منطقة ذات طبيعة جيولوجية في حقبة بلورية و رباعية مختلفة، أما بالنسبة للتحاليل الفيزيوكيميائية للمياه الجوفية بينت لنا أن مياه هذه المنطقة ملوثة بمادة الباريت خاصة في ما يتعلق بالعينات المستخرجة في المنطقة القريبة من مصنع الباريت .

الكلمات المفتاحية : عين ميمون، مصنع الباريت، التلوث، المياه الجوفية

Nom : M ^{elle} Nasri, M ^{elle} Maache Prénom : Nawel , Djahida	Date de Soutenance 13/06/2015						
Master Académique en Biologie Option: Génie de l'Environnement							
Thème Impact des rejets de l'usine de baryte sur la qualité des eaux souterraine d'Ain Mimoun (wilaya de khenchela)							
Résumé <p>Notre travail se veut la contribution à l'analyse de l'effet des rejets de l'usine de dans la région d'Ain Mimoun, cette dernière est à climat semi-aride, l'échantillonnage a été effectué sur des formations du quaternaire et celle du crétacé. L'étude hydrochimique nous a révélé que, effectivement la concentration de baryum sont élevé notamment dans les échenillons prélevé à proximité de l'unité, ceci dit que les rejets de cette unité en baryte à un impact négatif de pollution sur les eaux souterraine de notre région d'étude.</p>							
Mots clés : les eaux souterraines d'Ain Mimoun, l'usine de baryte d'Ain Mimoun, la pollution							
Jury de soutenance <table border="0"> <tr> <td>Président : Bouzou Mourade Lazhar- MAA</td> <td>Univ. Abbès Laghrour - Khenchela</td> </tr> <tr> <td>Encadreur : Ouannes Meyada-MAB</td> <td>Univ. Abbès Laghrour - Khenchela</td> </tr> <tr> <td>Examineur : La khdari Soumia-MAB</td> <td>Univ. Abbès Laghrour - Khenchela</td> </tr> </table>		Président : Bouzou Mourade Lazhar- MAA	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela	Encadreur : Ouannes Meyada-MAB	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela	Examineur : La khdari Soumia-MAB	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela
Président : Bouzou Mourade Lazhar- MAA	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela						
Encadreur : Ouannes Meyada-MAB	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela						
Examineur : La khdari Soumia-MAB	Univ. Abbès Laghrour - Khenchela						
Ce Travail a été effectué au laboratoire d'analyse environnementales et d'essais chimiques sur les matériaux d' Ain M'lila.							