

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira-Bejaia

Réf :.....

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement
Filière: Sciences Biologiques
Option: Toxicologie Industrielle et Environnemental

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

MASTER

Thème

***Evaluation de la vulnérabilité à la pollution de la
nappe superficielle de Boulimat (béjaia) par la
méthode GALDIT***

Présenté par :
DJERROUD Laldja et MAKHLOUFI Assia

Soutenu le 26/06/2019

Devant les membres de jury :

Mr. BEN HAMICHE Nadir	MCA	President
Mr. KHEMMOUDJ Kaddour	MCB	Encadreur
Mr. SAADALI Riad	MAA	Examineur

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

Au terme de notre travail, nous tenons à exprimer nos remerciements les plus sincères Au bon Dieu pour la patience et la santé qui nous ont été utiles tout au long de notre parcours d'études.

En premier lieu en tient a remercier notre promoteur Mr Khemmoudj Kaddour pour nous avoir assuré l'encadrement, le temps et l'effort qu'il nous a consacré pour pouvoir réaliser ce mémoire.

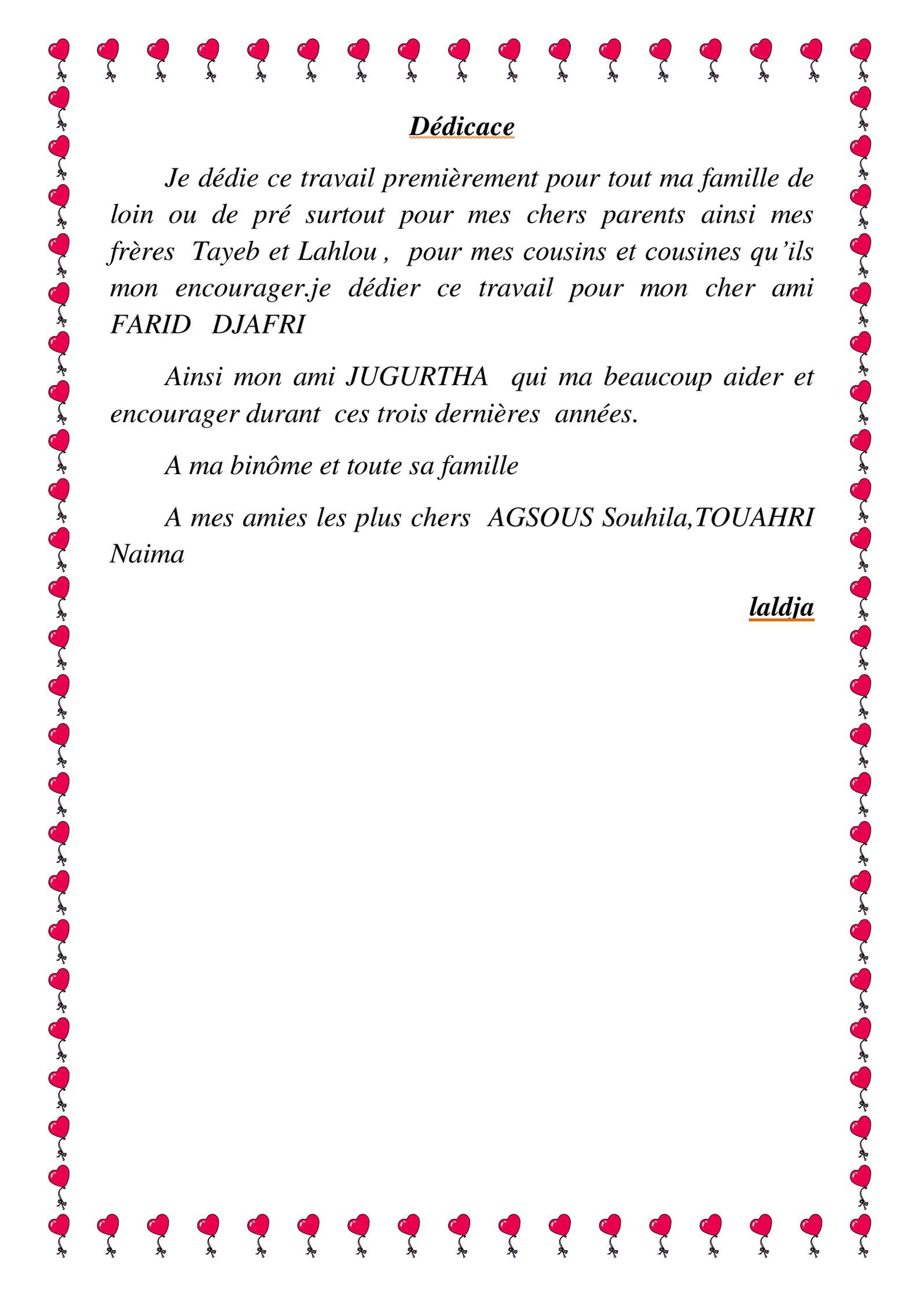
Nos vifs remerciements vont également à monsieur le Dr BEN HAMICHE Nadir qui a fait l honneur de présider le jury.

Nous adressons notre sincère remerciement à Mr le Dr SAADELI Riad d avoir accepté d'examiner notre travail.

Toute notre reconnaissance va également à tous les enseignants du département des sciences biologiques de l'environnement de la faculté des sciences de la nature et la vie, Université Abderrahmane Mira Bejaia pour leurs encouragements et leurs soutiens permanents.

On tient aussi à remercier tout le personnel du laboratoire de Génie des procédés, faculté de technologie pour les analyses des métaux lourds ainsi le laboratoire du Centre National de Technologies et de Consulting (CNTC)- SPA Boumerdes pour les analyses hydro chimique.

Nos remerciement vont a nos chers parents pour leur soutien moral et matériel durant nos études ainsi que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



Dédicace

Je dédie ce travail premièrement pour tout ma famille de loin ou de pré surtout pour mes chers parents ainsi mes frères Tayeb et Lahlou , pour mes cousins et cousines qu'ils mon encourager. je dédier ce travail pour mon cher ami FARID DJAFRI

Ainsi mon ami JUGURTHA qui ma beaucoup aider et encourager durant ces trois dernières années.

A ma binôme et toute sa famille

A mes amies les plus chers AGSOUS Souhila, TOUAHRI Naima

laldja

Dédicace

Je dédie ce modeste travail avec grande fierté et sincérité à ma mère NOUARA qui est une source de tendresse, patience et de générosité et à mon père Belkacem qui a fait de moi tout ce que je suis aujourd'hui que dieu les protège.

Mes chères et adorables sœurs: Sonia, Lydia, Amina, ainsi qu'à mes neveux: Yany, Maysene, Melina, Faiza à ma petite princesse Nelia.

À mon beau frère BOUNIF Zahir qui à toujours été là pour moi je lui serai à jamais redevable.

À mes oncles: Nadir et Djamel, à mon fiancé Gani, mes cousins : Omar, hakim, khaled, kamel et Mahdi, mes cousines:karima et Laldja à mes tantes Nanati et Farida.

À mon binôme et sa famille À tous mes amis et collègues...

À tous les étudiants de la promotion 2018/2019.

ASSIA

liste des tableaux

Tableau I : Différents animaux présentent dans la région d'étude. (DPAT, 2004).....	11
Tableau II : Différents végétaux caractérisés la région de Boulimat (Amari et Bouchettout , 2008)	12
Tableau III : Nombre de logements présent au niveau de la région d'étude par le N° de districts (RGPH, 2008).....	13
Tableau IV: Températures moyennes mensuelles (°c) (2008/2017) (Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).....	17
Tableau V : Les moyennes des précipitations mensuelles (P) de la région de Bejaia (2008/2017). (Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).....	18
Tableau VI : Moyennes mensuelles de l'humidité (%) dans la région de Béjaia (2008/2017). (Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).....	19
Tableau VII : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en mètre par seconde dans la région de Bejaia, période (2008/2017).	20
Tableau VII : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en mètre par seconde dans la région de Bejaia, période (2008/2017).	21
Tableau VIII: Tableau des résultats du bilan hydrique selon la méthode de Thorntwaite 2008-2018 :	23
Tableau IX : les classe de la vulnérabilité par l'indice GALDIT.....	33
Tableau X: Synthèse des poids et rangs de la méthode GALDIT.....	34
Tableau XI : classes de distances	37
Tableau XII : Indices GALDIT.....	39
Tableau XIII: coordonnées géographiques des sources de prélèvements	41
Tableau XIV : résultats des paramètres physiques.....	42
Tableau XV: concentration en métaux lourds au niveaux des puits et oueds	42
Tableau XVI : des résultats hydrochimie	49
Tableau XVII :les normes de Cd , Pb et Zn OMS et Algérienne	50

liste des figures

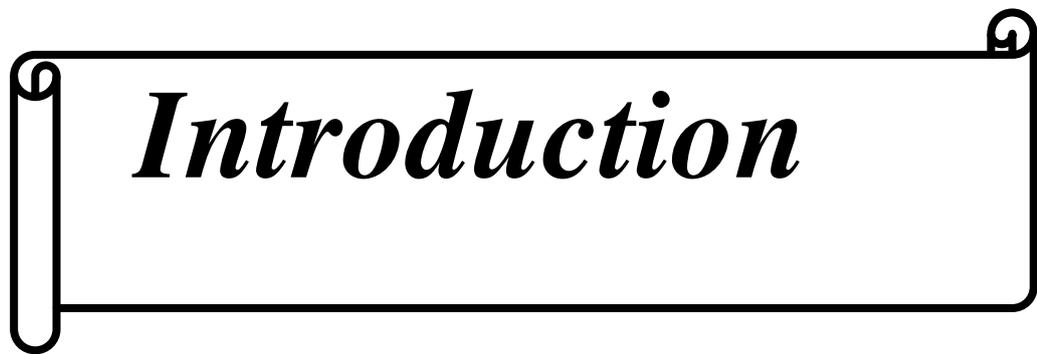
Figure 1 : Schema représentatif de cycle de l'eau dans la nature.....	7
Figure 2: schéma représentatif de deux bassins voisins.....	9
Figure 3: Localisation de la région d'étude (Source Google Earth 2019).	10
Figure 4: Carte géologique de la région de Boulimat (HASSISENE modifier)	14
Figure 5: Carte des types des sols du bassin versant ((HASSISENE modifier).....	15
Figure 6: Carte du réseau hydrographique de la région de Boulimat. (HASSISENE modifier) .	16
Figure 7: Courbe des températures moyennes mensuelles de la région de Bejaia (2008-2017) ...	18
Figure 8: Courbe des précipitations mensuelles de la région de Bejaia (2008-2018)	19
Figure 9: Courbe d'Humidité mensuelles de la région de Bejaia (2008-2017).....	20
Figure 10: Courbe des vents mensuels de la région de Bejaia (2008-2017).....	21
Figure 11: Diagramme ombro-thermique de la région de Bejaia (2008-2017).	22
Figure 12: sites de prélèvements des eaux souterraines (source Google Earth avril 2019)	25
Figure 13: sites de prélèvements des eaux de surfaces (Source Google Earth avril 2019)......	26
Figure 14 :Matériels utilisés	27
Figure 15: Le spectromètre d'absorption atomique en flamme du Laboratoire de Génie des procédés, Université de Bejaia.....	27
Figure16:interface de logiciel Surfer.....	29
Figure 17 : carte de type d'aquifère (djerroud, 2019).....	35
Figure 18: carte de conductivité hydraulique de l'aquifère	36
Figure 19: l'altitude de la nappe par rapport au niveau de la mer(djerroud, 2019).....	36
Figure 20: la distance par rapport au rivage et aux cours d'eau des oueds (djerroud, 2019).....	37
Figure 21: L'impact de l'intrusion saline présente dans la zone (djerroud, 2019).....	38
Figure 22: L'épaisseur de la nappe phréatique ou l'épaisseur saturé d'un aquifère (djerroud, 2019).....	38
Figure 23: carte d'indice de vulnérabilité (djerroud, 2019)	40
Figure 24: carte représentatif de la répartition de la température des eaux souterraines (djerroud, 2019).....	43
Figure 25: carte de température des eaux de surface(djerroud, 2019).....	44
Figure 26: carte de ph des eaux souterraines(djerroud, 2019).....	44
Figure 27: carte de ph des eaux de surface(djerroud, 2019)	45
Figure 28: Carte de la répartition de la conductivité des eaux souterraines(djerroud, 2019).....	45
Figure 29: carte de conductivité électrique des eux de surface(djerroud, 2019)	46
Figure 30: carte représentatif de la répartition des TDS les eaux souterraines(djerroud, 2019) 46	
Figure 31: carte des TDS des eaux de surface(djerroud, 2019).....	47
Figure 32: carte de salinité (Sal) des eaux souterraines(djerroud, 2019)	47
Figure 33: carte de salinité des eaux de surface(djerroud, 2019).....	48
Figure 34: carte de DO des eaux souterraines(djerroud, 2019)	48
Figure 35: carte d'oxygène dissous des eaux de surface(djerroud, 2019)	49
Figure 36:carte représentative de la concentration de cadmium (djerroud, 2019).....	51
Figure 37: carte représentative de la concentration de plomb (djerroud, 2019)	51
Figure 38: carte représentative des résultats de la concentration de zinc(djerroud, 2019).....	52
Figure 39: Décharge sauvage de Boulimat.....	53
Figure 40: carte de risque de bassin versant étudié (djerroud, 2019).....	54

sommaire

Introduction général	1
I.vulnérabilité :.....	3
I-1-Types de vulnérabilité	4
I-2-Critères générales de vulnérabilité	4
I-3-L'aléa et le risque	5
I-4-La pollution.....	5
I-5-Les eaux souterraines	6
Les compositions de l'eau :	7
I-6-Le cycle biogéochimique	8
I-7-Le bassin versant	8
II-1-La situation géographique de la zone d'étude :.....	10
III-A-Résultats et discussion.....	35
III-A-1-Paramètre (G) le type d'aquifère	35
III-A-2-Paramètre (A) la conductivité hydraulique de l'aquifère	35
III-A-3-paramètre (L) l'altitude de la nappe par rapport au niveau de la mer	36
III-A-6-Paramètre (T) : l'épaisseur de la nappe phréatique ou l'épaisseur saturé d'un aquifère ...	38
III-B-1-1--Les paramètres physico-chimiques:on a mesuré les paramètres suivants :.....	41
III-B-2-Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques	43
III-C -Les résultats du spectromètre d'absorption atomique en flamme (SAA) :	50
III-D--Discussions des résultats :.....	52

conclusion

références bibliographiques



Introduction

Introduction général

L'eau est la source vitale la plus précieuse sur la terre, elle est estimée de 1,4 milliards de km³. Elle couvre 72 % des 509 millions de km² de la surface du globe. Avec 97,2% d'eaux salées, dans les mers et océans, L'eau douce représente 2,8% : les glaciers (état solide de l'eau) représentent 2,15 %, les eaux souterraines 0,63 %, les eaux de surface (lacs, fleuves, rivières): 0,019 % et l'eau sous forme gazeuse (vapeur) : 0,001 %.(Choplin, 2005).

Les eaux souterraine contenue dans les « aquifères » un phénomène naturel due aux précipitations et la fonte des glaces sur le sol, une partie coule le long de la surface de la terre vers des ruisseaux, rivières ou des lacs et peut hydrater le sol, une partie s'infiltrer dans le sol, traverse la zone non saturée et atteint la nappe phréatique. Mais cette dernière est exposé à la pollution ; engendré par les différentes activités anthropique tel que, les centres d'enfouissement, les décharges sauvage, l'urbanisation croissante, le développement industriel et agricole contribuent à la dégradation quantitative et qualitative des eaux souterraines.

L'attention porté à la pollution des eaux souterraines est un phénomène assez récent qui s'est amorcé, il y a environ 15 ans les eaux souterraines constituent actuellement l'essentielle des réserves en eau potable de la planète et représente un enjeu économique et stratégique primordiale(Vieville, 1988).La protection des ressources en eau et la santé publique nécessitent une étude détaillée de la vulnérabilité à la pollution des régions qui a été introduite en France 1960 (Vrba et Zaporozec, 1994).

La vulnérabilité est un terme introduit en hydrogéologie par Margat en 1968. Il est défini et utilisé de manière très diverse (Lallemand Barres et Roux, 1989 ; Lallemand Barres, 1994;Gogu et Dassargues ,1998). Plusieurs auteurs ont travaillé sur la vulnérabilité, (Aller et al 1987, Vieville 1988, Murat 2000, Ducommun, 2010 ...) .en Afrique (Kouame 2007, Melloul et al 2009, Smida et al 2010) .en Algérie (Kherici et al 2004, Chaffai et al 2006, Khemmoudj 2009, Charikh2015) , dans la région de Bejaia (Derguini et Adrar 2004, Djellout et Djellas 2006, Ait Hmoudi 2010, Ben Hamiche 2015, Djadi et Traore 2016), Notamment sur la région d'étude (Bedhouche et Barkani, 2005. Boutaya, et Chalal, 2017 ; SI Ahmed et Yahiaoui, 2017). la vulnérabilité est définie aussi comme une propriété intrinsèque des aquifères et des propriétés spécifiques du contaminant. Cependant, d'autres auteurs l'associent aux activités humaines et à la qualité agro-pédologique.

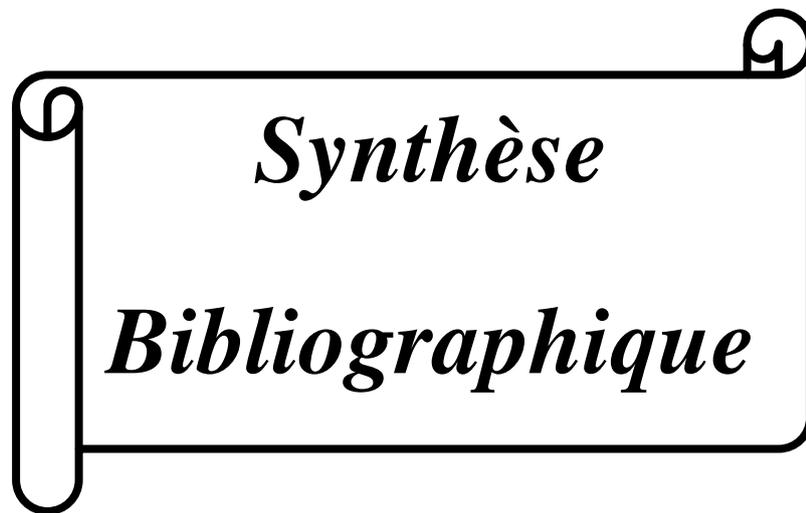
Les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sont fondées sur les documents cartographiques et les systèmes de cotations numériques. Les cartes d'aptitude montrent des différents terrains susceptibles à se laisser traverser par une substance polluante dont on distingue plusieurs horizons : Horizons très sensibles, horizons sensibles et horizons peu ou pas sensibles (Boularak, 2003).

Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'évaluation de la vulnérabilité : La méthode DRASTIC (Aller et al,1987) ,GOD (Foster 1987) ,GLA (Holting et al ,1995),ISIS (Civita et De Regibus , 1995) , SINTACS (Civita ,1994) , EPIK (Doerfliger et al ,1999). PI (Golscheider et al ,2000) , RISK (Petelet et Giraud 2000) et la méthode AVI (Beynenp.eet al 2012).

Dans notre travaille a pour objectif d'établir une carte de vulnérabilité de la région de Boulimat (Bejaïa-Algérie) par l'utilisation de la méthode GALDIT qui à été développée pour la premier fois lors du projet « EU-India INCO-DEV COASTIN » (Michaud et al. 2003) et dont l'objectif était de déterminer la vulnérabilité des aquifères côtiers à l'intrusion marine (Chachadi et Labo-Ferreira, 2005). Cette méthode se base sur les caractéristiques hydrogéologiques, morphologiques, hydrodynamiques et hydro chimiques.

Le travail est structuré de quatre parties :

- **Introduction**
- **CHAPITRE I** : c'est la synthèse bibliographique ; qui englobe l'introduction et quelques généralités sur le thème.
- **CHAPITRE II** : c'est la partie matériels et méthodes où on a présenté la région d'étude, le matériel utilisé et la méthode utilisée.
- **CHAPITRE III** : c'est la partie de résultats et discussion
- **Conclusion et perspictives**



Synthèse
Bibliographique

I.vulnérabilité :

Le terme vulnérabilité vient du latin « **vulnus** » qui désigne la blessure, puis, en latin tardif, s'applique au soldat blessé qui, du fait de ses blessures, est exposé à la mort. On retrouve cette idée de blessure dans les termes de dommages (pour les biens matériels) et de pertes (pour les vies humaines) qui interviennent fréquemment dans les définitions scientifiques de la vulnérabilité (**M. Reghezza, 2006**)... etc.

Le terme devulnérabilité, polysémique, touche alors les sciences dures et les sciences humaines. Pour comprendre et analyser ce terme, certains auteurs ont établi des catalogues de définitions (**Liegeois, 2005 ; Ayrat, 2002**). Ils exposent la diversité sémantique qui peut y être associée avec des définitions globales, spécifiques, sectorielles, ou décomposées en ensembles complémentaires. **En 2012, Sylvia Becerra** analyse l'usage de la notion de vulnérabilité sociale dans l'étude des risques environnementaux à partir de 25 définitions différentes, ainsi que six écoles théoriques, une vingtaine de manuels et plusieurs guides concernant son évaluation (**Becerra, 2012**). Quelques essais de synthèse des définitions et méthodes existent, sous la forme de colloques (**AFPCN, 2005**), d'articles scientifiques (**Cutter, 2003**), d'ouvrages (**D'ercole, 1994 ; Dauphiné 2001**). Concernant la géographie des risques, la genèse des représentations associées à ce terme peut être schématisée à travers la vulnérabilité biophysique et la vulnérabilité sociale. La vulnérabilité biophysique se détermine par la nature de l'aléa, sa probabilité, l'importance de l'exposition des enjeux et la sensibilité physique des enjeux. Selon cette représentation, pour chaque enjeu reconnu, il est possible d'établir une évaluation des dommages en fonction des critères d'impact, de fragilité et d'exposition (**Wisner et al, 2004**).

Procure un degré plus ou moins élevé de protection vis-à-vis des pollutions suivant les caractéristiques de ce milieu(anonyme,2019).il a été choisi afin de sensibiliser la population au fait que même si la notion d'eau souterraine est Le terme vulnérabilité (attesté en 1836, chez Balzac au sens général)a été introduit dans la littérature hydrogéologique par **J.Margat en 1968**. Il est aujourd'hui couramment usité, y compris dans sa version anglaise 'vulnerability'(G.Castany, 1980, O.Banton, 1997). est représentée par la capacité donnée à l'eau située en surface de rejoindre le milieu souterrain saturé en eau. La notion de vulnérabilité repose sur l'idée que le milieu physique en relation avec la nappe d'eau souterraine associée à une image de pureté, cette ressource n'en reste pas moins sensible aux agents extérieurs et susceptible d'être polluée. Selon la nature et la structure des sols et

aquifères, le concept de vulnérabilité pourra prendre des formes et des degrés variés de manière à mettre en évidence les capacités de résistances naturelles diverses des milieux (Margat, 1991).

I-1-Types de vulnérabilité

I-1-1-La vulnérabilité intrinsèque :

C'est un terme utilisé pour présenter les caractéristiques de milieu naturel qui déterminent la sensibilité des eaux souterraines à la pollution par les activités humaines (Benhamiche N, 2015). Cette vulnérabilité dépend de différents facteurs, notamment la nature de sol (pédologie), la pente du terrain, la nature et l'assèchement de la zone non saturée.

I-1-2-La vulnérabilité spécifique :

C'est le terme utilisé pour définir la vulnérabilité d'une eau souterraine à un polluant particulier ou à un groupe de polluants. Elle prend en compte les propriétés des polluants et leurs relations avec les divers composants de la vulnérabilité intrinsèque (Benhamiche N, 2015).

I-2-Critères généraux de vulnérabilité

I-2-1-Les critères de vulnérabilité intrinsèque :

La vulnérabilité intrinsèque d'une nappe dépend de multiples facteurs intervenant soit sur la nature et/ou la concentration de la contamination, soit sur son temps de transfert. Elle est évaluée en prenant en compte les caractéristiques du sol, de la zone non saturée et de la zone saturée qui contrôlent le comportement des polluants (Bézègues S et al, 2002).

I-2-2-Critères de vulnérabilité spécifique :

- **Comportement du polluant potentiel (milieu fixe) :** selon leur nature, les polluants se comportent dans le milieu de manière spécifique. Ce comportement dépend des caractéristiques du milieu, mais également des propriétés physico-chimiques du composé lui-même.

- **Capacités dispersives et épuratoires des sols :** face à un polluant donné, les sols ont des propriétés épuratoires plus ou moins développées et spécifiques de ce polluant ;

- **Intrusions marines (présence ou non de biseau salé)** : dans le cas de la présence d'un biseau salé en équilibre avec une nappe d'eau souterraine, la salinisation de la nappe liée à une surexploitation constitue une pollution potentielle ;
- **Qualité du réseau hydrographique** : dans le cas où il alimente les eaux souterraines, et selon son extension, sa vulnérabilité et la qualité de ses eaux, le réseau hydrographique peut être vecteur de contaminations vers les eaux souterraines ;
- **Typologie de l'occupation du sol** : l'occupation du sol conditionne les volumes et la nature des polluants potentiels.
- **Points sensibles** : sur certains sites, de par l'activité à risque qui y est pratiquée, la vulnérabilité de la nappe est augmentée significativement (**Bézègues S et al, 2002**).

I-3-L'aléa et le risque

D'une façon générale, l'aléa désigne la probabilité de l'occurrence du phénomène et elle est en rapport avec la fonction de l'intensité de l'événement, de son occurrence, de la durée considérée et de l'espace pris en compte (Dauphiné A, 2003). Quant au risque, D'Ercole.R et Demoraes.F (2003) le définit de la manière suivante : « le risque constitue une potentialité : la possibilité de survenue d'un événement à l'origine de conséquences ». Dans certains cas, cette possibilité ou potentialité peut être traduite en probabilités. Le risque réunit donc deux acceptions : une probabilité et des conséquences. Transposé à l'espace, le risque est la probabilité pour un élément donné (personnes, infrastructures, etc.) d'être affecté par un phénomène donné (une inondation, une pollution par exemple) et d'en subir des conséquences (**R. D'Ercole et F. Demoraes, 2003**).

I-4-La pollution

Le terme pollution vient de verbe polluer qui signifie étymologiquement profaner, souiller, salir, dégrader. Ces vocables ne prêtent pas à équivoque, malgré leur empirisme et bien qu'ils recouvrent des notions fort générales (**froïçois R., 2005**).

Le terme pollution a plusieurs significations et qualifie un ensemble d'actions très diverses qui est d'une façon ou d'une autre, dégradent l'environnement (**Marcel M., 2002**)

La pollution des eaux superficielles ou souterraines ; résultent en totalité ou en partie, des activités anthropiques qui, directement ou indirectement, en modifie les composante physique, chimique ou biologique des eaux.

Sources de pollution

On distingue généralement trois sources principales de pollution ;

- **La pollution domestique** : résulte des usages de l'eau par les ménages. Elle comprend les eaux vannes et les eaux ménagères et se compose surtout de pollution organique, microbiologique et chimique.
- **La pollution industrielles** : reflète la diversité des usages elle est composé principalement de déchets organiques mais aussi de multiples polluants chimiques tels que hydrocarbures, métaux lourds, de dissolvants et de produits azotés tant que l'industrie que les centrales électriques peuvent rejeter des eaux réchauffées dont la température peut atteindre et dépasser 30°C.

Les usages agricoles : engendrent des rejets de matières organiques, d'engrais chimiques et de pesticides très divers, voire de pollution bactériologique (élevages).

Ces produits sont très rarement rejetés directement dans les eaux de surface, mais leur épandage en excès entraîne leur lessivage par les eaux de pluie et une pollution diffuse des eaux de surface et des eaux souterraines.

C'est également ce lessivage de sols pollués, par exemple dans des décharges ou des friches industrielles, qui peuvent entraîner la pollution des eaux lessivées. Les eaux ruisselant sur les chaussées polluées constituent également une source de pollution de l'eau.

La partie importante de la pollution des eaux provient de la pollution par voie atmosphérique. Les fumées provenant de l'industrie, des transports ou des maisons peuvent véhiculer un très grand nombre de polluants tels que hydrocarbures (60% de la pollution des mers par les hydrocarbures est transportée par voie atmosphérique), métaux lourds, soufre et gaz carbonique (responsables notamment des pluies acides)

- **La pollution d'origine accidentelle** : ne représentant qu'une part infime des rejets des polluants, ont un impact local extrêmement fort. Il peut s'agir de déversements de produits divers suite à des accidents 'à l'usine' (ruptures ou mauvaise gestion de

vannes, fuites de canalisations ou de citernes, incendies,etc.) ou lors de leur transport (renversement de camions, naufrage, ...)

I-5-Les eaux souterraines

L'eau souterraine ne sont ni des lacs ni des cours d'eau souterrains ces nappes sont de l'eau contenue dans les pores ou les fissures des roches saturées et sont à l'origine alimentée par la pluie. Même si une partie seulement d'entre elles est disponible pour la recharge des nappes en effet 65% d'eau s'évaporent ou sont utilisées par le sol ou les plantes, 15% alimentent par ruissèlement les eaux de surface et seulement 20% qui s'infiltrent lentement dans le sous-sol. Le cycle de l'eau est l'échange permanent de l'eau entre les océans, les eaux continentales, l'atmosphère et la biosphère (**Fig01**).

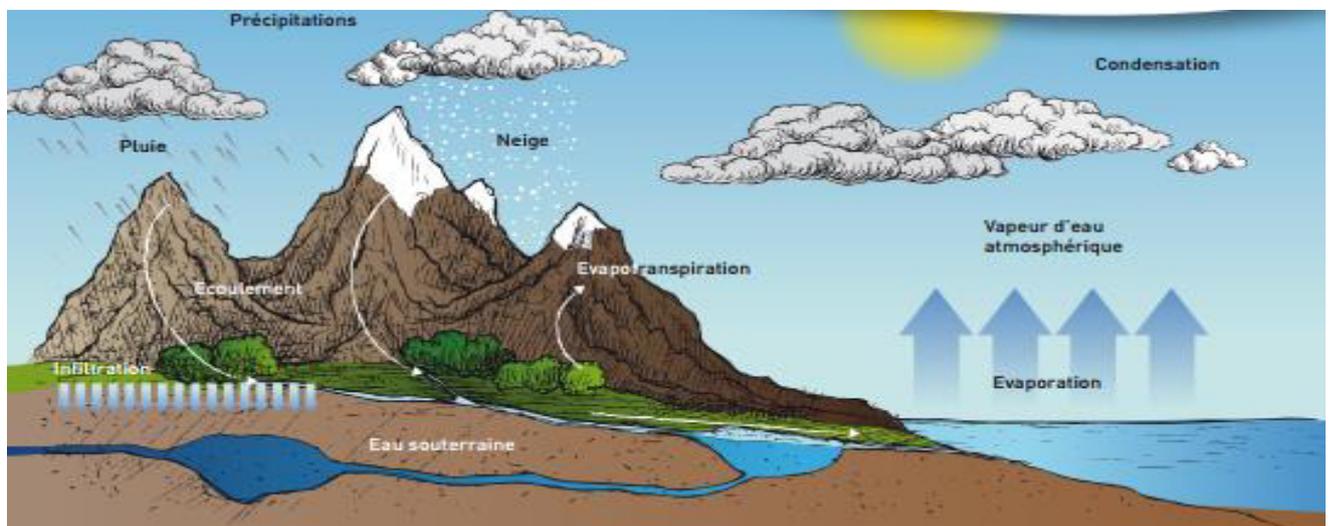


Figure 1 : Schéma représentatif de cycle de l'eau dans la nature (google ,2019)

Les compositions de l'eau :

L'eau pure est composée que de la molécule H_2O mais cette dernière n'existe pas dans la nature, et l'absence des minéraux dans l'eau la rend mauvaise pour la santé.

Dans la nature on trouve l'eau composée de substances dissoutes, principalement des sels minéraux constitués des cations et d'anions provenant des terrains traversés par ces eaux comme : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , F^- ; ces derniers sont bénéfiques ou neutres et leur concentration varie entre quelques mg/L ou centaine de mg/l sauf le NO_3^- et F^- qui ne devraient pas être présents à forte concentration. En plus de ces minéraux les eaux contiennent de nombreux autres éléments en concentration plus faible notamment

des métaux : le zinc, cuivre, feretc ces derniers sont considérés comme bénéfiques et d'autres qui sont toxiques comme le cas de : plomb, cadmium,...etc en plus de ça on trouve des substances minérales dissoutes qui ne sont pas des métaux sont toxiques à diverses concentrations comme : l'arsenic, sélénium,...etc

L'eau contient encore d'autres substances naturelles dissoutes comme : O_2 , CO_2 , SiO_2 , les matières organiques et des bactéries.

Au contraire des eaux de forage (puits) qui ne contiennent généralement pas ou très peu de matières organiques ou bactéries car ces eaux ont été filtrées naturellement par la terre.

I-6-Le cycle biogéochimique

Les métaux lourds contenus dans les roches peuvent se retrouver dans les sols, par altération de ces dernières, à des teneurs variables selon la composition initiale de la roche mère. De même, ils sont présents dans tous les autres compartiments de l'environnement (eau, air et même les êtres vivants). La localisation ou la forme chimique des métaux lourds dans l'environnement peut varier selon les phénomènes naturels ou par l'intervention de l'homme (Benhamiche, 2015).

I-7-Le bassin versant

Qu'est ce qu'un bassin versant ?

Un bassin versant est un territoire géographique bien défini ; il correspond à l'ensemble de la surface recevant les eaux qui circulent naturellement vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine.

un bassin versant est délimité par des lignes de partage des eaux entre les différents bassins ces lignes sont des frontières naturelles dessinées par le relief : elles correspondent aux lignes de crête

Le bassin versant est constitué d'une rivière principale, qui prend sa source le plus souvent sur les hauteurs en amont. Cette rivière s'écoule dans le fond de la vallée pour rejoindre la mer ou se jeter dans un fleuve, en aval, à l'exutoire du bassin versant.

Sur son chemin la rivière collecte l'eau provenant de tous les points de bassin versant (l'eau de ses affluents, l'eau des glaciers... etc)

Chaque bassin versant a ses caractéristiques spécifiques chaque bassin a sa propre taille, sa forme, son orientation, la densité de son réseau hydrographique, le relief, la nature du sol, l'occupation du sol (cultures, haies, forêts, plans d'eau...etc), son climat...etc mais également l'urbanisation et les activités humaines (Fig.2).

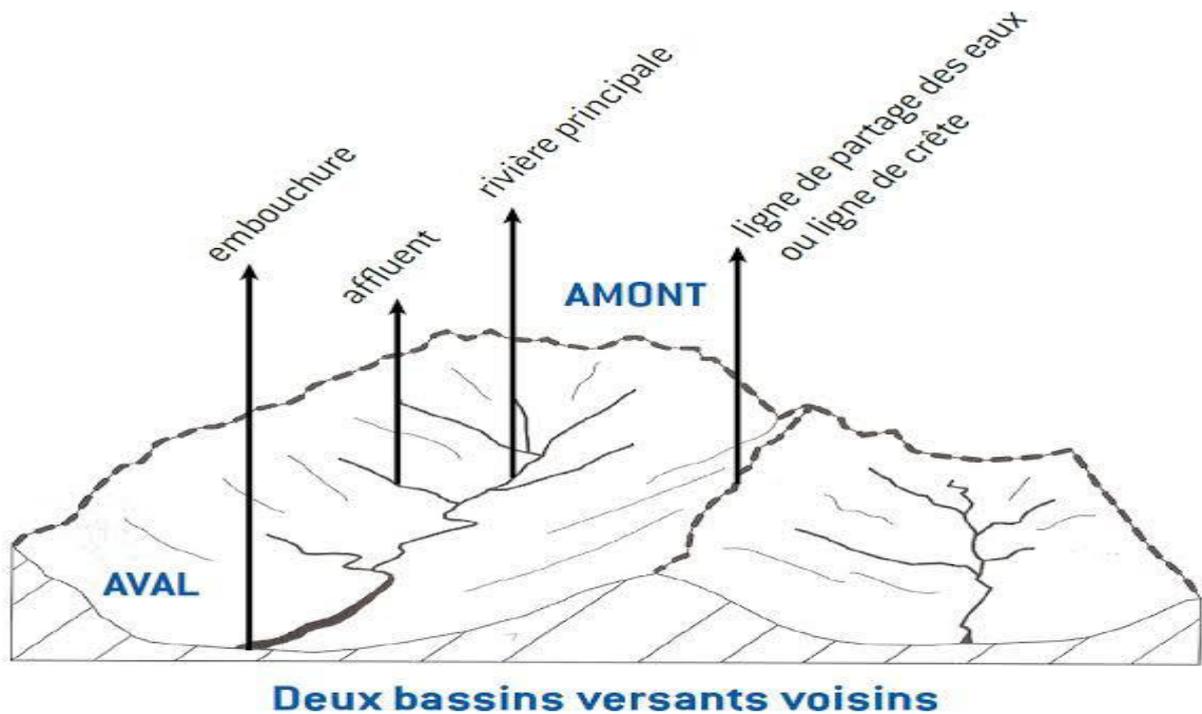


Figure 2: schéma représentatif de deux bassins voisins (google, 2019)



Matériel et méthodes

II-1-La situation géographique de la zone d'étude :

Boulimat est un village touristique en Algérie, et fait partie du parc national de Gouraya, se situe dans la frange littorale ouest de Bejaïa via la route national 24, comprend une superficie de 322 348 ha Du point du vue administratif, Boulimat est constituée de 19 Daïras et 52 communes (ANDI ,2013).

Le village de Boulimat à pour coordonnées géographiques: Latitude : 36°80'96'' nord. Longitude : 4°98'45'' est. Limité Au Nord par la méditerranée, Sud par la commune d'OuedGhir, Ouest par la commune de Toudja, Est par la commune de Bejaia dont la superficie est de 322 348 h. (DPAT, 2006).

Boulimate fait partie du parc national de Gouraya situé dans la frange littorale ouest à 15 Km de chef lieu de la wilaya de Bejaïa via la route national 24 ; avec une population d'environ 3000 habitant et près de 100 000 en saison estivale (Fig.3).

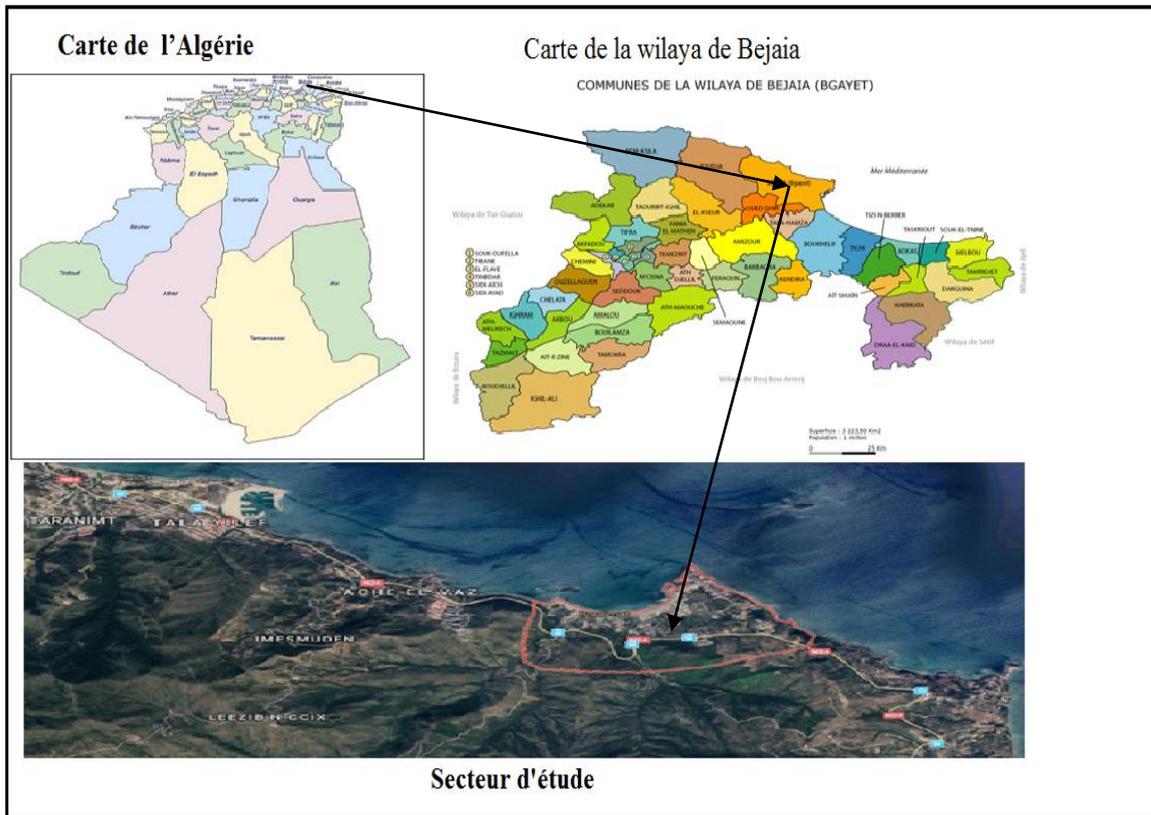


Figure 1: Localisation de la région d'étude (Source Google Earth 2019).

II-2-Faune et la Flore

La région de Boulimat est caractérisée par une biodiversité importante dans la flore et la faune.

➤ **La faune**

Les différents animaux existants dans la zone d'étude (Tableaux IV)

Tableau I : Différents animaux présentent dans la région d'étude. (DPAT, 2004)

Oiseaux	Mammifères	Rapaces
- <i>Chardonneret</i>	- <i>Lapin</i>	- <i>Aigle de benelli</i>
- <i>Coucou gris</i>	- <i>Rat d'égout</i>	- <i>Aigle botté</i>
- <i>Grave à bec rouge</i>	- <i>Rat noir</i>	- <i>Chouette hulotte</i>
- <i>Etourneaux sansonnet</i>	- <i>Renard</i>	- <i>Epervier d'Europe</i>
- <i>Grand corbeau</i>	- <i>Sanglier</i>	- <i>Faucon pèlerin</i>
- <i>Mésange charbonnières</i>	- <i>Singe magot</i>	- <i>Hibou grand</i>
- <i>Pic vert</i>	- <i>Chacal</i>	- <i>duc</i>
- <i>Pigeon ramier</i>	- <i>Lièvre</i>	- <i>Milan noir</i>
- <i>Tourterelle des bois</i>	- <i>Chien</i>	
- <i>Caille des blés</i>	- <i>Chat</i>	
	- <i>Hérisson</i>	
	- <i>Loup</i>	

➤ La flore

Les différentes espèces végétales existantes dans notre région (Tableau II)

Tableau II : Différents végétaux caractérisés la région de Boulimat (Amari et Bouchettout , 2008)

Famille	Nom scientifique	Nom commun
<i>Fabaceae</i>	<i>CalycotumSpinosa</i> <i>GenistaFerox</i> <i>GenistaTricuspidata</i>	<i>Cytise épineux</i> <i>Genêt</i> <i>Genêt à 3 points</i>
<i>Labiataeae</i>	<i>LavandulaStoechas</i>	<i>Lavande sauvage</i>
<i>Asteraceae</i>	<i>InulaViscosa</i> <i>PallenisSpinosa</i>	<i>Inule visqueuse</i> <i>Astérolide épineux</i>
<i>Apiaceae</i>	<i>EryngiumTricuspidatum</i>	<i>Panicauts à trois épines</i>
<i>Rosacéae</i>	<i>RubusUlmifolius</i>	<i>Ronce arbrisseau à feuilles d'arme</i>
<i>Lamiacéae</i>	<i>StachysHirta</i>	<i>épieaire</i>
<i>Ericacéae</i>	<i>Erica Arborea</i>	<i>Bruyère arborescente</i>
<i>Cistacéae</i>	<i>CistusMonspeliensis</i>	<i>Ciste de montpellier</i>
<i>Oléacées</i>	<i>OleaEuropea</i>	<i>Olivier sauvage</i>
<i>Myrtacéae</i>	<i>Eucalyptus Camaldulensis</i>	<i>Gommier de camaldoli</i> <i>Gommier des rivères</i>
<i>Anacardiacees</i>	<i>PistaciaLentiscus</i>	<i>Lentisque</i>
<i>Gramamioaceae</i>	<i>AmpelodesmosMauritanicus</i>	<i>Diss</i>

II-3-Population :

La wilaya de Béjaïa est située au Nord-est de l'Algérie dans la région de la Kabylie. Le chef-lieu de la wilaya est la ville éponyme de Béjaïa, elle est limitée au nord par la mer méditerranée, au sud par les wilayas de Bouira et de Bord Bou-Arredj, à l'ouest par la wilaya

de Tizi-Ouzou et à l'est par les wilayas de Sétif et Jijel. La wilaya de Béjaïa est principalement peuplée de berbères kabyles, souvent trilingues parlant kabyle, arabe algérien et français

La superficie de la wilaya est de 3 261 km² pour une population totale estimée à 915 836 habitants. (www.algerie-monde.com).

La distribution de la population fait ressortir que 60% des habitants vivent dans le chef-lieu, 26% dans les agglomérations secondaires, et le reste dans des hameaux et les zones éparses ainsi donc la population vivant en agglomération représente 87,6% (ANDI 2013) (Tableau III)

Tableau III : Nombre de logements présent au niveau de la région d'étude par le N° de districts (RGPH, 2008).

Nom del'agglomération secondaire	N° des districts	Nombre de constructions	Nombre de logements		Total Logements
			Habités	Inhabités	
Boulimat	10	259	17	234	251
Saket,talaGhilef et Eich Alvaz	11	147	16	141	147
Oued Saket	12	208	00	208	208
Oued Saket	013	167	008	161	169

II-4-Les caractéristiques physiques de la région d'étude

➤ Les reliefs :

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

➤ La géologie :

La géologie (du grec ancien géo ; la terre et logos ; discours), est un terme qui caractérise une discipline scientifique ou l'ensemble des caractères du sous-sol d'une région définie elle se focalise sur l'étude de la Terre ou globe terrestre, notamment sur leur structure, leur composition et leur évolution au cours de temps passés et à venir

La géologie de la région de Boulimat est formée par trois grands ensembles de formations : La formation autochtones, les formations allochtones et le haut fond berbère (Fig. 4).

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

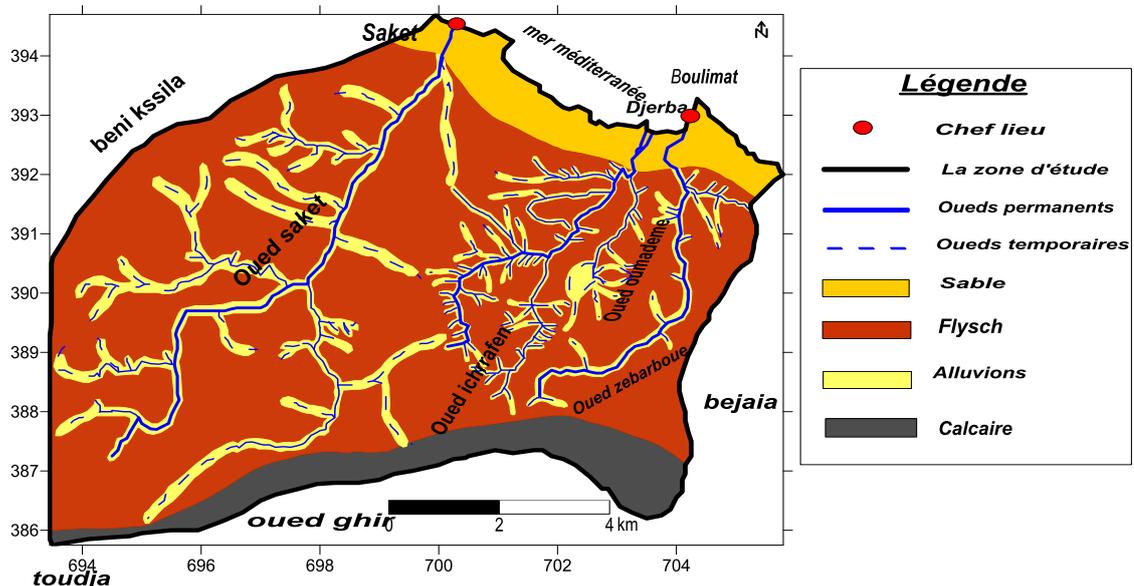


Figure 2: Carte géologique de la région de Boulimat (HASSISENE modifier)

➤ La pédologie :

La pédologie peut prendre plusieurs significations en fonction de domaine dans lequel le terme est utilisé en géotechnique est la science ayant pour but d'étudier la pédogénèse de sol c'est-à-dire la couche superficielle, les particules, les caractéristiques et la taxonomie des sols.

La région est caractérisée par la présence de trois types de sol (Fig.5) :

- Sol sableux tout au long du littoral.
- Sol alluvionnaire qui se trouve autour des Oueds.
- Sol limoneux qui couvre la plus grande partie de terrain

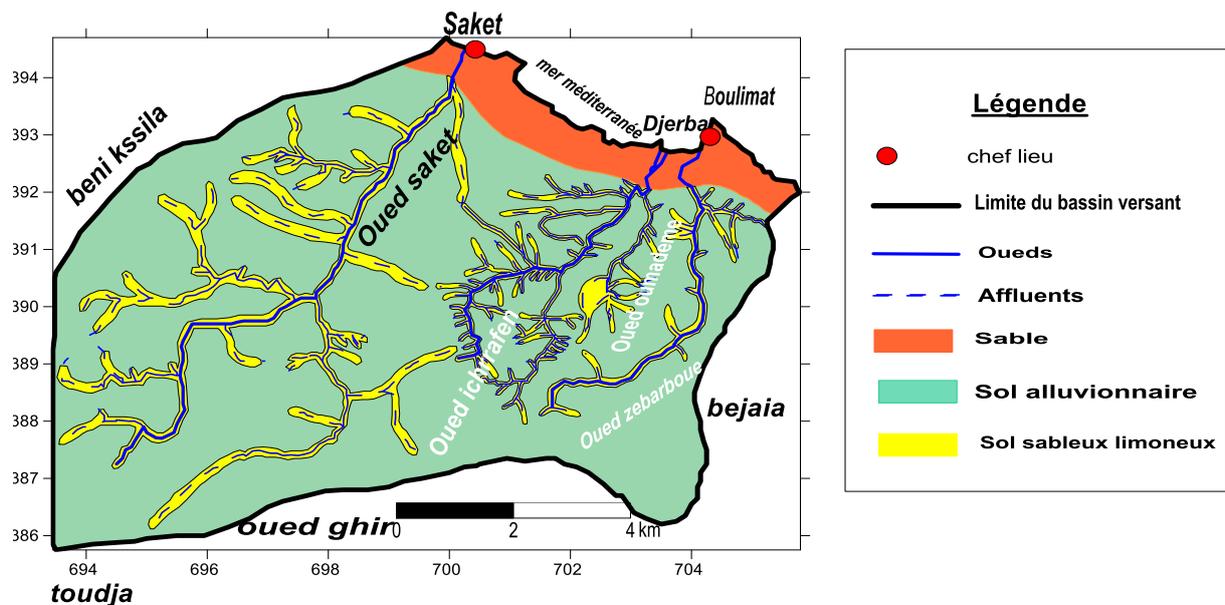


Figure 3: Carte des types des sols du bassin versant ((HASSISENE modifier)

➤ Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique(ou réseau de drainage) se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels permanents ou temporaire qui participent à l'écoulement. Il est l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin.

Le réseau hydrographique du bassin versant est composé de deux Oueds :

- Oued Ichrafen et oued Oumademe dont l'écoulement est temporaire.
- Oued Saket et, oued Djerba (oued Zeberboue) dont l'écoulement est permanent

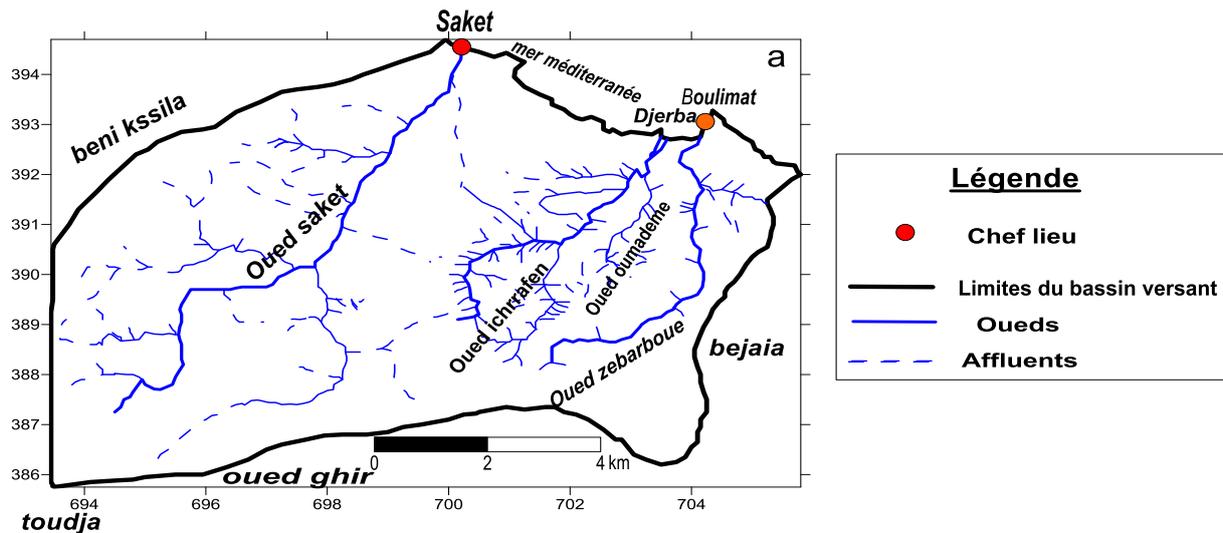


Figure 4: Carte du réseau hydrographique de la région de Boulimat. (HASSISENE modifier)

➤ **Densité du drainage**

Elle représente la moyenne des longueurs des cours d'eau par unité de surface, cette caractéristique reflète la dynamique du bassin versant, la stabilité du réseau hydrographique et le type de ruissellement de surface.

La densité de drainage est donnée par la relation suivante $Dd = \frac{\sum Lx}{A}$

- ✓ **Dd** : Densité du drainage en km
- ✓ **Lx** : La longueur totale cumulée des cours d'eaux en Km. $Lx = 37\text{Km}$
- ✓ **A** : Surface du bassin en km^2

$Dd = 0,55 \text{ Km / km}^2$

II-5-Climatologie de la région d'étude :

Le climat est l'ensemble des conditions météorologiques qui caractérise l'atmosphère ou un lieu donné. (Ramade , 1994). Parmi les facteurs climatiques qu'on peut distinguer :

- les facteurs énergétiques : lumière et température.
- les facteurs hydrologiques : précipitations.
- les facteurs mécaniques : vent et neige

Le climat joue un rôle déterminant dans la minéralisation de la matière organique, et dans l'évolution de la structure du sol. (Henin ,1969), les données climatiques de la région proviennent de la station météorologique de Bejaia.

Cette station possède les caractéristiques suivantes :

Coordonnées géographiques : N 36°43'.E 05°04 '. Altitude : 1.75m. Période : 2008-2017.

Localisation : Aéroport AbaneRamdane Bejaia (Henin ,1969)

➤ Le climat :

La région de Boulimat est soumise à un climat de type méditerranéen. Les données climatiques utilisées sont recueillies de la station météorologique de Bejaia, qui s'étalent sur une période de dix ans ; allant de 2008 à 2017.

➤ Températures :

La température est un facteur important du climat, influe sur le développement de la végétation et le fonctionnement du système racinaire et elle affecte les relations physiologiques entre les organes souterrains et les organes aériens (Greco, 1966)

Nous constatons que le mois d'Août est le mois le plus chaud avec une température maximale de l'ordre de 30.9°C et que le mois le plus froid est le mois de Janvier avec une température minimale de l'ordre de 7.6°C (Tableau IV, Fig 7).

Tableau IV: Températures moyennes mensuelles (°c) (2008/2017) (Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).

Mois \ T°	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
M	28,6	26,3	21,7	18,3	17,2	17,2	19,1	21,3	23,6	27	30,2	30,9
m	19,5	16,5	12,1	8,4	7,2	7,6	9,1	11,2	14,2	17,9	21,2	21,6
(M+m)/2	24,05	21,4	16,9	13,35	12,2	12,4	14,1	16,25	18,9	22,45	25,7	26,25

M : moyenne mensuelle des maximas thermiques.

m : moyenne mensuelle des minimas thermiques.

(M+m)/2 : Température moyennes mensuelles

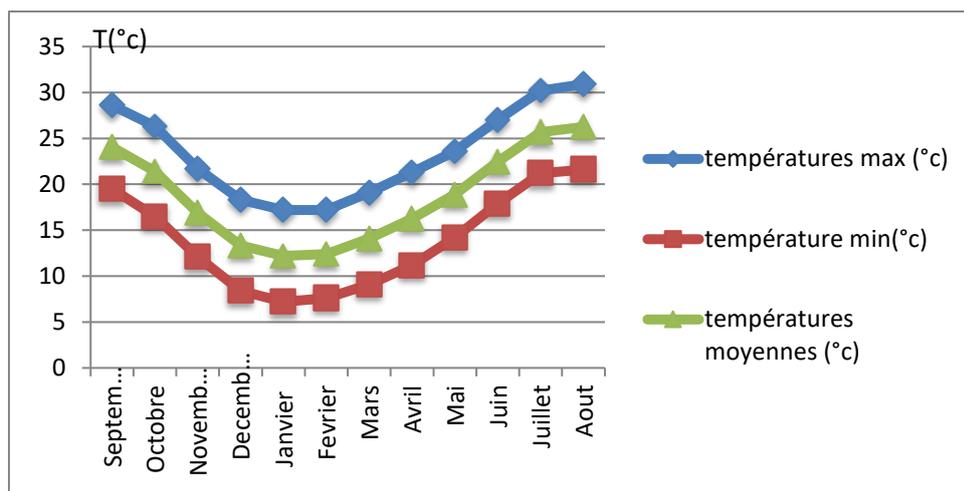


Figure 5: Courbe des températures moyennes mensuelles de la région de Bejaia (2008-2017)

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

➤ précipitations :

Les précipitations constituent la principale « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. Ce sont l'ensemble des eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression.

Les précipitations sont mesurées à la surface de la terre en millimètres. D'eau est recueillie dans le pluviomètre ou enregistrée dans le pluviographe soit sous forme liquide ou solide.

La distribution saisonnière des pluies n'est pas homogène, d'après le tableau, la quantité maximale des précipitations moyennes mensuelles interannuelles sont pour le mois de février 117 mm et le mois le plus bas de précipitation c'est le mois juillet avec 3.02 mm (Tableau V, Fig 8).

Tableau V : Les moyennes des précipitations mensuelles (P) de la région de Bejaia (2008/2017). (Source : station météorologique sise à l'aéroport de Bejaia).

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU
P (mm)	58	66,5	110	89	113,2	116	93,8	55,6	46,56	17,7	3,02	18,71

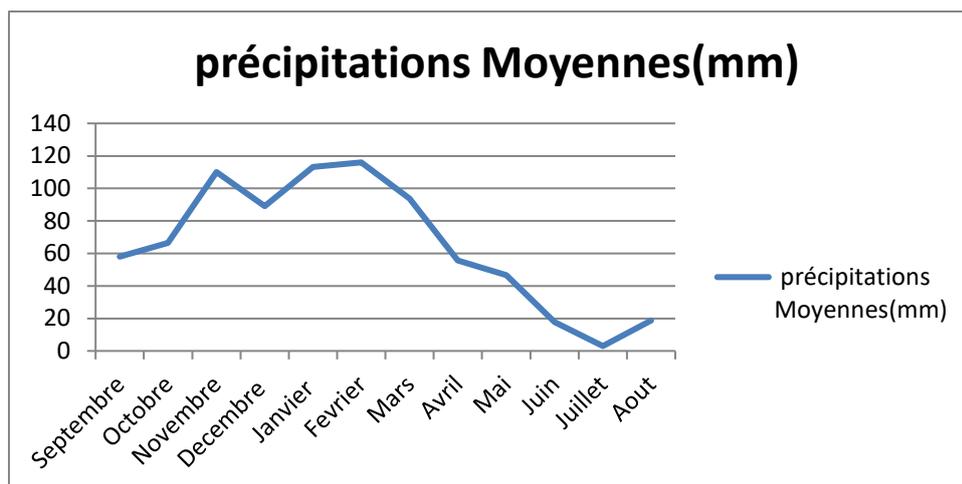


Figure 6: Courbe des précipitations mensuelles de la région de Bejaia (2008-2018)

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

➤ **L’humidité :**

En principe, c'est la quantité d'eau que contient cet air sous forme de vapeur, incolore et inodore. Mais on peut exprimer cette humidité sous bien des formes, et la mesurer avec des méthodes très diverses selon la grandeur que l'on veut déterminer. (<http://documents.irevues.inist.fr>) .Cette quantité est en fonction de la température. On exprime souvent l’humidité de l’air en %. (Berkani et Bedhouche, 2005)

Les moyennes mensuelles d’humidité relatives en pourcentage de la région de Bejaia durant la période entre 2008-2018 (tableau

Tableau VI : Moyennes mensuelles de l’humidité (%) dans la région de Béjaia (2008/2017). (Source : station météorologique sise à l’aéroport de Bejaia).

Mois	SEP	OCT	NOU	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU
H (%)	76,9	76,7	75	77,3	77,8	77,1	77,4	78,6	78	78,1	75,6	76,4

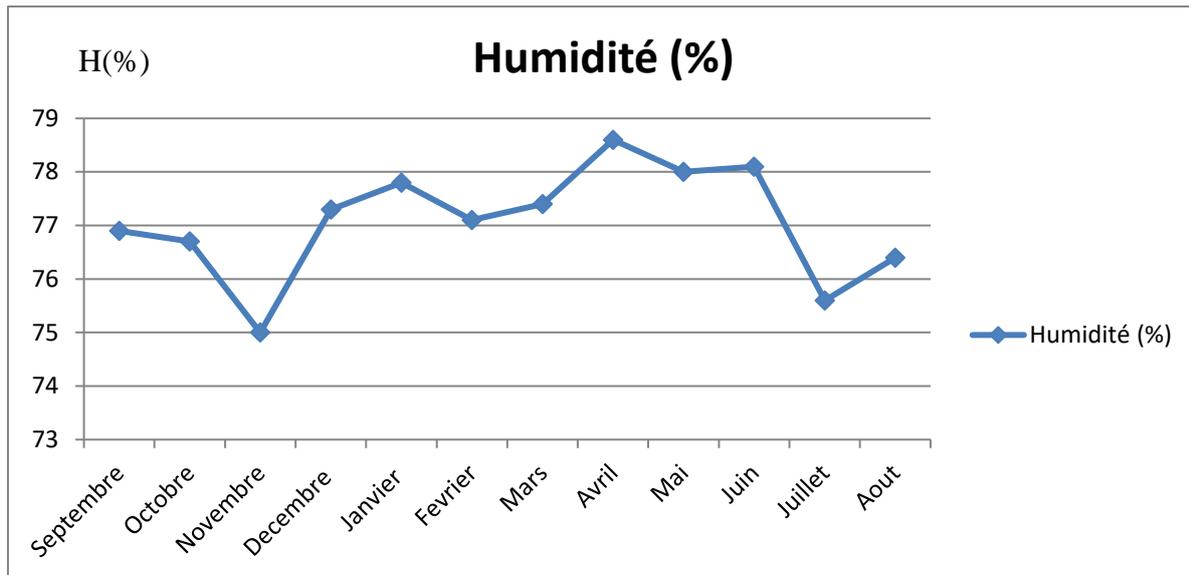


Figure 7: Courbe d’Humidité mensuelles de la région de Bejaia (2008-2017)

➤ **Vent :**

Le vent correspond au déplacement d une masse d air consécutif à des différences locales de température et de pression. Deux paramètres principaux contribuent à la formation des vents a la surface de la terre.

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

Les vents sont fréquents mais généralement calmes avec une variabilité relative de leur vitesse : elles sont comprises entre 2,68m/s et 3,74 m/s ; les vitesses restent faible durant la saison estivale et forte durant la période hivernale.(tableaux VII. Fig10)

Tableau VII : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en mètre par seconde dans la région de Bejaia, période (2008/2017).

Mois	SEP	OCT	NOU	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOU
V (m/s)	2,63	3,06	3,26	3,74	3,47	3,41	3,1	2,68	2,78	2,64	2,73	2,75

Tableau VIII : Moyennes mensuelles de la vitesse du vent en mètre par seconde dans la région de Bejaia, période (2008/2017).

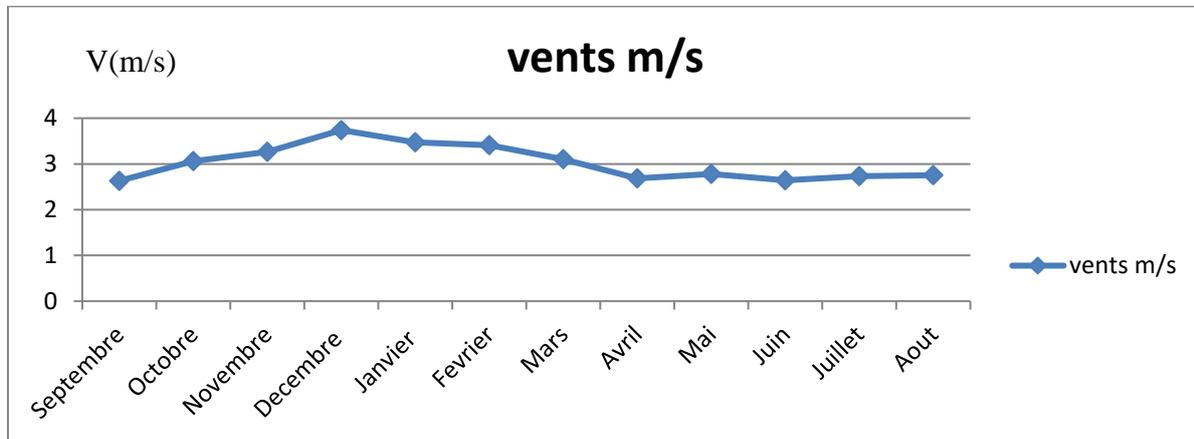


Figure 8: Courbe des vents mensuels de la région de Bejaia (2008-2017)

➤ **Le diagramme Ombro-thermique :**

Désigne une présentation graphique indiquant les variations conjointe de la température moyenne et des pluies mensuelles.

Le diagramme ombro-thermique est une représentation graphique des températures et quantités de précipitations moyennes mensuelles en un lieu donné.

L'intérêt du diagramme ombro-thermique est qu'il permet d'un seul coup d'œil de caractériser n'importe quel type de climat.

Ce diagramme permet de distinguer les mois secs dans l'année, lorsque les températures sont deux fois plus élevées que les précipitations. Le diagramme est conçu de telle sorte que l'échelle de la pluviométrie (P) exprimée en millimètres est égale au double de celle de la température moyenne mensuelle (T) exprimée en degré Celsius (DAJOZ, 1985) : $P = 2 T$

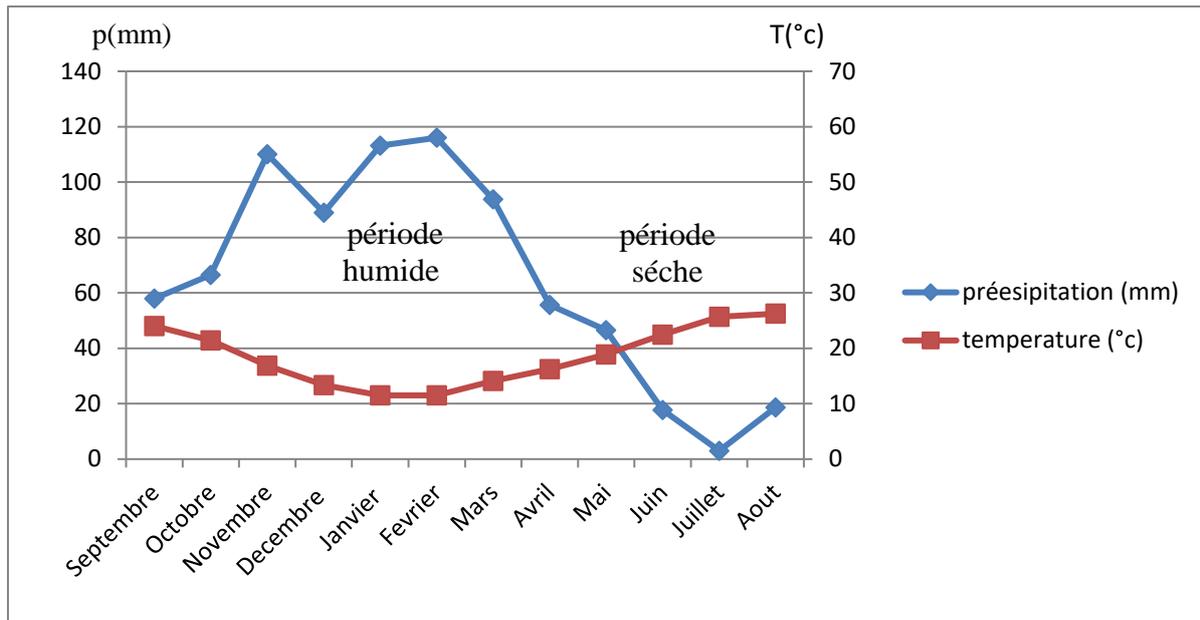


Figure 9: Diagramme ombro-thermique de la région de Bejaia (2008-2017).

II-6-Estimation des paramètres du bilan hydrologique

➤ Méthode de Thornthwaite:

La méthode de Thornthwaite nous permet à partir des données de base (précipitations, températures, le coefficient thermique mensuel K et l'indice thermique mensuel (i) de calculer l'évapotranspiration potentielle mensuelle selon la relation suivante (Tableau VIII)

$$ETP = 16 \left(10 \frac{T}{I}\right)^a K$$

$$a = 1.6 + \frac{I}{100} + 0,5$$

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514}$$

$$I = \sum_{i=1}^n i$$

➤ L'évapotranspiration potentielle (ETP):

L'ETP correspond à l'évaporation d'une surface qui serait suffisamment approvisionnée en eau pour évaporer la quantité d'eau maximale permise par les conditions climatiques. (Roche, 1963)

➤ Evapotranspiration réelle (ETPr) :

Elle correspond à l'évapotranspiration qui se produit pendant un intervalle de temps donné, dans des conditions réelles des teneurs en eau abondantes du sol. Ce paramètre est calculé par plusieurs méthodes empiriques prenant en compte les précipitations et les températures.

✓ Principe de calcul du bilan hydrologique

Si pour un mois $P \geq ETP$  $ETP = ETR$,

L'excédent ($P - ETP$) est affecté en premier lieu à la RFU (si le sous sol a un pouvoir d'infiltration élevé, cet excédent va constituer la composante verticale de l'écoulement souterrain ou l'infiltration efficace vers la nappe), et si la RFU est complète, cette quantité restituée ($P - ETP$) va alimenter l'écoulement.

Si $P < ETP$  $P = ETR$

Il faudra évaporer toute la pluie et prendre à la RFU (jusqu'à la vider) l'eau nécessaire pour satisfaire l'ETR soit :

Si $RFU = 0$, la quantité ($Da = ETP - ETR$) représente le déficit agricole, c'est-à-dire sensiblement la quantité d'eau qu'il faudrait apporter aux plantes.

Tableau IX: Tableau des résultats du bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite 2008-2018 :

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Annuelle
P	58	66,5	110	89	113,2	116	93,8	55,6	46,56	17,7	3,02	18,17	788,09
T	24,05	21,4	16,9	13,35	12,2	12,4	14,1	16,25	18,9	22,45	25,7	26,25	18,66
I	10,78	9,03	6,32	4,42	3,52	3,52	4,8	5,95	7,48	9,71	11,92	12,31	
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,87	1,03	1,1	1,21	1,22	1,24	1,16	
A	1,93												
ETP	107,2	85,57	54,26	35,32	25,81	25,81	38,25	50,3	67,33	93,86	121,85	126,39	805,92
ETP _C	110,41	83	46,66	29,66	22,45	22,45	39,39	55,33	81,46	114,5	151,09	147,23	
ETP _r	58	66,5	54,26	35,32	25,81	25,81	38,25	50,3	46,56	17,7	3,02	18,71	440,16
VAR	-52,41	-16,5	63,34	59,35	90,75	93,55	54,41	0,29	-35,9	-96,8	-148,07	-128,52	

RFU	0	0	63,34	100	100	100	100	0,29	0	0	0	0	
DA	108,22	17,7	63,34	100	-	-	-	0,29	19,67	21,77	76,16	118,83	
EX	-	-	55,74	53,68	87,99	90,19	55,55	5,3	55,74	-	-	-	

➤ **Calcul du ruissellement**

$$R = \frac{p^3}{3(ETP)^2} \longrightarrow \boxed{R = 235,73}$$

➤ **Calcul d'infiltration :**

Le calcul de l'infiltration selon la méthode de Thornthwaite est basé sur la formule suivant :

$$P = ETP + (R + I)$$

(R+I) : Ruissellement +infiltration

P : Précipitation mensuelle en mm

$$P = R + (E + I) \longrightarrow \boxed{I = 112,13}$$

II-7-Echantillonnage :

Pour évaluer la vulnérabilité et le risque de pollution de ressources en eaux souterraines des aquifères de la région de Boulimat, plusieurs prélèvements ont été réalisés dans différentes zones de la région d'étude.

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

Les échantillons de l'eau sont obtenus au niveau des puits et des oueds, 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. C'est pour cette raison que nous avons respecté les recommandations dictée par Rodier en 2009 et qui consiste à :

- Les échantillons pour laboratoire doivent être prélevés de préférence dans des flacons en verre ou des flacons en polyéthylène pour les analyses physico-chimiques.
- Les bouteilles utilisées pour l'échantillonnage doivent être rincées au moins trois fois avec de l'eau à prélever pour les analyses physico-chimiques.
- Les bouteilles doivent être remplies à ras pour les analyses physico-chimiques et bouchées avec précaution.
- Les bouteilles sont désignées par une étiquette où est indiquée l'origine de l'échantillon.
- Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière.
- Les échantillons sont mis au réfrigérateur après leurs conservations.

II-8-Le choix des sites :

Le choix des sites d'échantillonnage a été fait selon l'origine de l'eau, et la répartition des points d'eau dans la nappe de la zone d'étude. Nous avons choisi 5 puits pour les eaux souterraines et 5 points pour les eaux de surfaces pour nos prélèvements durant le mois d'avril 2018(Figure 12 ,13

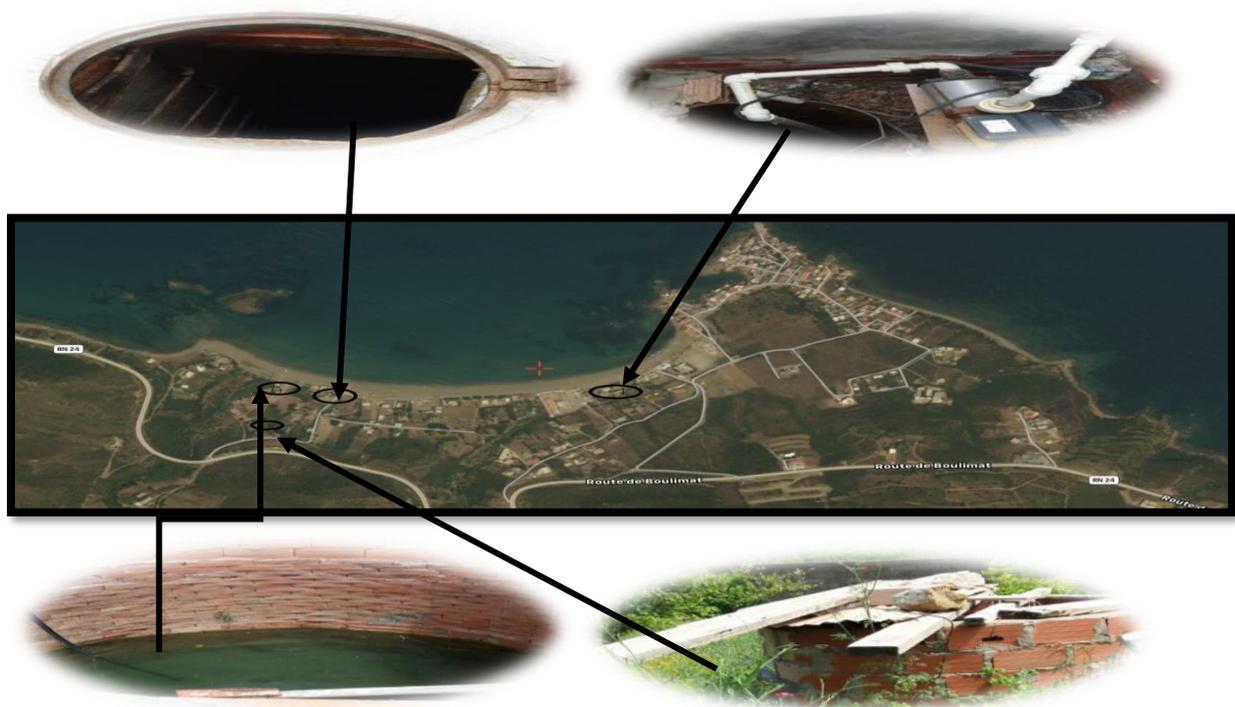


Figure 10: sites de prélèvements des eaux souterraines (source Google Earth avril 2019)



Figure 11: sites de prélèvements des eaux de surfaces (Source Google Earth avril 2019).

II-9-Matériels utilisés :

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

- un GPS ;
- un multi-paramètre (modèle HANNA 9828) ;
- flacon ;
- glacière ;
- tube à essai ;
- papier filtre.
- Filtre seringue 0.22 μm
- Bécher
- Bocal



**Multi-paramètre
(Modèle HANNA9828)**



Glacière



Bocal



Flacon

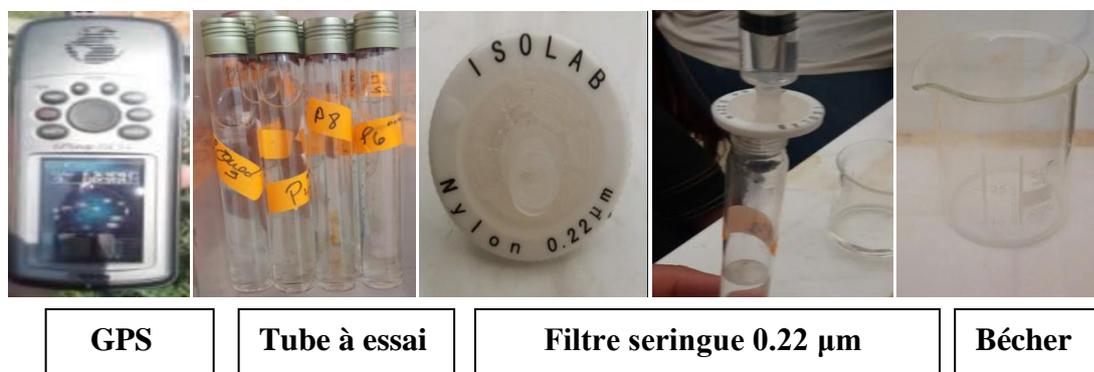


Figure 12 : Matériels utilisés

➤ **Dosage des éléments traces métalliques par spectrométrie d'absorption atomique (SAA)**

Les éléments trace métalliques ont été analysés avec le spectromètre d'absorption atomique en flamme (SAA) (Fig. 18) au niveau du laboratoire Génie des procédés (Université de Bejaia). Les paramètres analysés selon la disponibilité des lampes sont : le zinc, le cadmium et le plomb.



Figure 13: Le spectromètre d'absorption atomique en flamme du Laboratoire de Génie des procédés, Université de Bejaia.

- **Principe**

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux lourds. Elle est basée sur la propriété des atomes, de l'élément à doser, qui peuvent absorber des radiations de longueurs d'ondes déterminées. La solution de l'élément à analyser est nébulisée dans une flamme, ce qui provoque successivement l'évaporation du solvant, la vaporisation de l'élément sous forme de combinaisons chimique et en fin la dissociation de ces combinaisons avec production d'atomes libres à l'état fondamental (Rodier, 2009).

➤ **Le GPS (Global Position System):**

Le système GPS (Global Position System) est un system basé sur une constellation de 24 satellites d'observation de la terre émettant en permanence des signaux datés vers le globe et sur un réseau de stations de surveillance de ces satellites au sol. Le GPS a pour rôle de fournir via un récepteur approprié des données spatiotemporelles (latitude, longitude, élévation,..) de navigation quel que soit la position géographique sur le globe terrestre. Localisation est possible si au moins quatre satellites sont visibles avec la possibilité de déterminer quatre inconnues : les trois coordonnées spatiales, ainsi que le temps (Tatso. 2011).

➤ **Multi paramètre de terrain (HANNA Instrument HI 9828) :**

C'est un appareil de mesure des paramètres sur le terrain, ces paramètres physiques (le Ph, température, salinité...). L'utilisation de cet appareil consiste à faire prolonger la sonde appropriée dans l'eau, après calibrage puis attendre quelques secondes jusqu'à la stabilisation de l'affichage sur l'écran avant de relevé le résultat de la mesure.

➤ **Présentation du logiciel Surfer :**

Le logiciel Surfer conçu par Golden Software, permet de réaliser des cartes à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) en coordonnées Lambert 93. Le logiciel permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières des points x, y, et z, afin de les ordonner. Ces grilles peuvent être importées depuis plusieurs sources pour produire différents types de cartes, incluant des contours, des vecteurs, des images ainsi que des cartes superficielles. Surfer contient plusieurs options cartographiques qui permettent de produire une carte représentant le mieux possible les données utilisées. La carte peut être améliorée en affichant les points de données, en combinant plusieurs cartes ou en ajoutant des dessins ou des annotations.

La variété de méthodes d'interpolation disponibles permet différentes interprétations des données et de choisir la méthode la plus appropriée aux besoins de l'utilisateur. Les fichiers de grilles eux-mêmes peuvent être édités, combinés, filtrés, coupés et transformés mathématiquement. (Baali et al .2012)

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

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

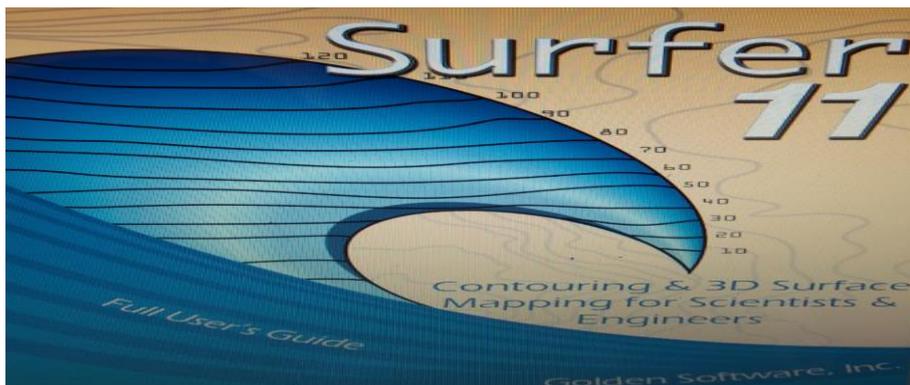


Figure 14: interface de logiciel Surfer 11

II-10-Mesures des paramètres physico-chimiques :

Les paramètres physiques sont directement enregistrés sur place lors de l'échantillonnage, et celle des paramètres chimiques ont été effectuées au laboratoire des de Génie des procédés et Le Centre National de Technologies et de Consulting (CNTC)-SPA Boumerdes.

➤ Analyses des paramètres chimiques :

✚ Détermination de chlorure (Cl⁻) :

- Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent. (Mode opératoire voir annexe III).

✚ Détermination de nitrite (NO₂⁻) :

- Principe

Les nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilamide pour former un sel diazoïque qui après, copulation avec le N-1Naphtyl éthylène diamine dichlorure donne naissance à une coloration rose mesuré à 543nm.

✚ Détermination de sulfate (SO₄²⁻) :

- Principe

Les sulfates sont dosés par spectrophotométrie UV visible à 420 nm, après que les ions de sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de (BaCl₂). (Mode opératoire voir annexe IV)

I-10-La méthode GALDIT

Chaque état hydrogéologique d'un aquifère côtier est inhérent aux caractéristiques physiques qui affectent la possibilité de l'intrusion saline. L'analyse de la vulnérabilité d'un aquifère permet d'évaluer l'impact de la remontée du biseau salé est un cas particulier à la fois de la vulnérabilité spécifique et de la vulnérabilité intrinsèque, d'une certaine manière. Des critères de salinisation doivent être pris en compte en plus des critères relatif à la vulnérabilité intrinsèque. Dans ce sens, il s'agit d'une vulnérabilité spécifique. Cette étude, a été développée par Chachadi et Lobo-Ferreira (2001). Le principe de la méthode **GALDIT** prévoit trois parties significatives: le poids (ou importance), la rangée, et la classe. Chaque facteur de la méthode **GALDIT** est évalué en respectant l'autre; ceci dans le but de déterminer le rôle relatif de chaque facteur. En termes de méthode de cartographie à index la méthode **GALDIT** est la seule méthode dédiée à la vulnérabilité des aquifère côtières par rapport à l'intrusion saline.

La méthode GALDIT, méthode spécifique pour caractériser la vulnérabilité des aquifères côtiers. Elle utilise six paramètres :

- **Le type d'aquifère** : confiné ou non confiné (Groundwater Occurrence) ;
- **La conductivité hydraulique de l'aquifère** : (Aquifer Hydraulic Conductivity) ;
- **La profondeur de la nappe en dessous du niveau de la mer**, (Height of Groundwater Level below Sea Level);
- **La distance par rapport au rivage** (Distance from the Shore) ;
- **L'impact de l'intrusion saline présente dans la zone d'étude** (Impact of existing status of seawater intrusion in the area);
- **L'épaisseur de la nappe phréatique** (Thickness of the aquifer).

Le principe de la méthode **GALDIT** prévoit trois parties significatives: le poids (ou importance), le rang, et la classe. Chaque facteur **GALDIT** est évalué en respectant l'autre; ceci dans le but de déterminer le rôle relatif de chaque facteur :

-**Le poids**: varie de 1 à 4. Les facteurs les plus importants ont une valeur de 4, et le moins significatif correspond à 1. Ceci indique que le paramètre a peu d'influence sur le processus d'intrusion saline.

-**Le rang** : variant entre 2,5 et 10, selon les conditions locales. Les valeurs élevées correspondent à une forte vulnérabilité.

-**La classe** : montre le lien entre les caractéristiques hydrogéologiques locales et la valeur du paramètre.

✚ Paramètre G:

Le paramètre G type d'aquifère a une influence sur le degré d'avancement de l'eau de mer dans la nappe, généralement les eaux souterraines se circulent dans des couches géologiques et celles-ci peuvent être confinées (captives), non confinées (libres), ou semi confinées (semi captive) (**Saliha . 2014**)

✚ Paramètre A :

elle désigne la capacité des formations géologique de la nappe phréatique à périmètre le transfert de l'eau c'est à dire à faciliter sont écoulement ; c'est ce mouvement de l'eau de mer vers la terre qui est influencé par la conductivité hydraulique ; plus la conductivité est élevé plus le risque d'intrusion de l'eau de mer est facilité(**Alkarkouri et al .2014**).

✚ Paramètre L :

Le rapport entre le niveau des eaux souterraines et le niveau moyen de la mer est un des moyens utilisé pour évaluer la vulnérabilité des zones côtières à l'intrusion saline ce rapport détermine la force de la pression hydraulique à éloigner le front des eaux salées cependant il faut noter que le niveaux de la nappe varient et que la vulnérabilité à l'intrusion marine atteint son maximum lorsque les cotes d'eau en dessous du niveau de la mer atteignent leurs niveaux minimum(Alkarkouri et al ,2014).

✚ Paramètre D :

L'impact de l'intrusion d'eau de mer diminue généralement quand déplacer au rivage vers l'intérieur perpendiculairement. Ce paramètre a été estimé d'après trois distances (500 m, 750 m et 1000 m) perpendiculaire à la ligne de côte et les rivières. L'évaluation maximale de 10 est adoptée pour la distance inférieur que 500 m de la côte, alors que le minime (2.5) est distribué pour tout ce plus haut que 1000 m. Les valeurs de 7.5 et 5 sont données, respectivement, avec les distances de 500 à 750 m et de 750 à 1000 m

✚ -paramètre I :

La concentration du chlorure de nappe définit l'ampleur d'intrusion de mer. La concentration du chlorure dans la gamme de 120 à 3260 mg/l est indicative d'intrusion de mer. Les présents résultats infèrent que la nappe aquifère l'eau est contaminée avec eau salée comme Cl, l'ion le plus abondant d'eau salée, est dans les plus hautes proportions. Le HCO₃ est l'ion le plus dominant d'aquifère frais se produit dans les petites quantités dans eau salée généralement. La proportion Cl/ (HCO₃ - + CO₃ -) est un critère pour identifier l'ampleur d'intrusion de l'eau de mer dans le les nappes aquifères côtières et peut être utilisé si les données de l'analyse chimique est disponible

Paramètre T :

Ce facteur est considéré comme facteur amplificateur de la magnitude de l'intrusion de l'eau de mer dans les régions côtières en effet plus l'épaisseur de la nappe aquifère est grande plus le biseau saline a de grande chance de s'étendre le contraire est vrai.

La méthode de calcul de cet indice est basé sur trois aspects suivants :

-le poids relatif assigné à chaque paramètre ça valeur varie entre 1 à 4 dont la plus faible valeur indique que le paramètre a peu de prise sur le processus d'intrusion saline. (tableau X).

-la valeur des conditions hydrogéologiques appeler aussi rang dont ça valeur varie entre 2.5 à 10.

-l'effet cumulé des deux aspects ou classe : obtenu par la combinaison multiplicative des deux aspects (le poids et le rang) ce qui nous permet de déterminer un score sur la base duquel la classification est effectuée (tableau IX).

Tableau X : les classe de la vulnérabilité par l'indice **GALDIT**

Classe de vulnérabilité	Indice GALDIT
Vulnérabilité fort	>7.5
Vulnérabilité moyenne	5-7.5
Vulnérabilité faible	<5

Tableau XI: Synthèse des poids et rangs de la méthode **GALDIT**.

Paramètre	poids	Rang			
		Très faible 2.5	Faible 5	Moyen 7.5	Elevé 10
type d'aquifère	1	Contraint barrière imperméable	Semi captif	Libre	Captif
conductivité hydraulique (m/s)	3	<5	5-10	10-40	>40
altitude de la nappe (m)	4	>2	1.5-2	1-1.5	<1
distance de la côte (m)	4	>1000	750-1000	500-750	<500
impact de l'intrusion saline (ppm)-concentration chlorures	1	<1	1-1.5	1.5-2	>2
épaisseur de l'aquifère (m)	2	<5	5-7.5	7.5-10	>10

L'indice GALDIT est calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Indice GALDIT} = \frac{\sum_{i=1}^6 P_i R_i}{\sum_{i=1}^6 P_i}$$

- P_i est le poids accordé (1 à 4) à chaque paramètre i .

- R_i est le rang ou la nation accordée à chaque paramètre (2,5 à 10).

Résultats et discussions

III-A-Résultats et discussion

Application de la méthode GALDIT :

III-A-1-Paramètre (G) le type d'aquifère

Dans notre zone d'étude, l'aquifère est caractérisée par la présence de trois type de nappes ; libre, captive et semi captive, elles correspondent au poids 1 et a des rangs ; 7.5, 10, 5 Tableau (X), donc on aura trois classe moyen, élevé et faible(fig 17)

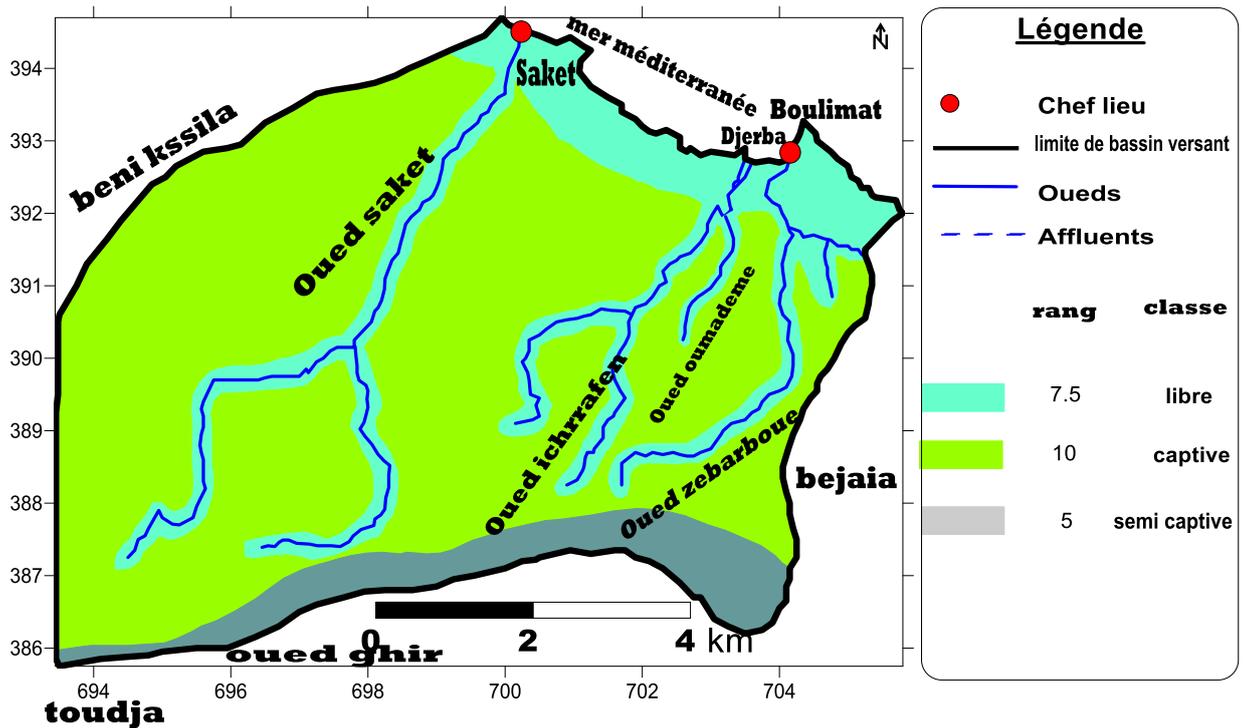


Figure 1 : carte de type d'aquifère (djerroud, 2019)

III-A-2-Paramètre (A) la conductivité hydraulique de l'aquifère

Le bassin versant de Boulimat est caractérisé de trois types d'aquifère dont chaque un est caractérisé par ça conductivité hydraulique ;les alluvions(les eaux superficielle)avec une perméabilité de 10^{-5} m/s, aquifère composé du sable avec une perméabilité de 10^{-3} m/s, Aquifère des flysch (argile, grés et conglomérat) avec une perméabilitéde 10^{-6} m/s et le dernier aquifère composé des calcaires dont la perméabilité 10^{-4} m/s les quatresvaleurs sont de même rang <5 et de classe très faible de 2.5 dont le poids est égale à 3 (Fig18)

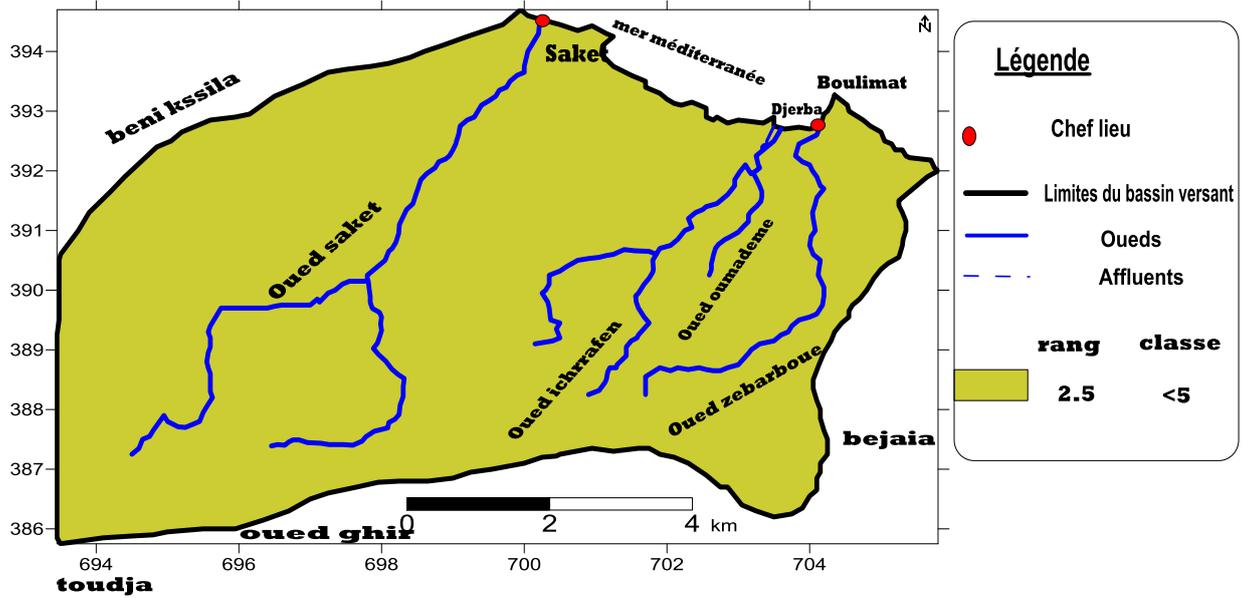


Figure 2: carte de conductivité hydraulique de l'aquifère

III-A-3-paramètre (L) l'altitude de la nappe par rapport au niveau de la mer

L'altitude est calculé par la différence de niveau des points cotés de terrain et le niveau piézométrique de l'aquifère. L'altitude de notre zone d'étude est divisé en de rang >2. Donc le poids 4. (Tableau X). Donc il s'agit de la classe très faible (fig19)

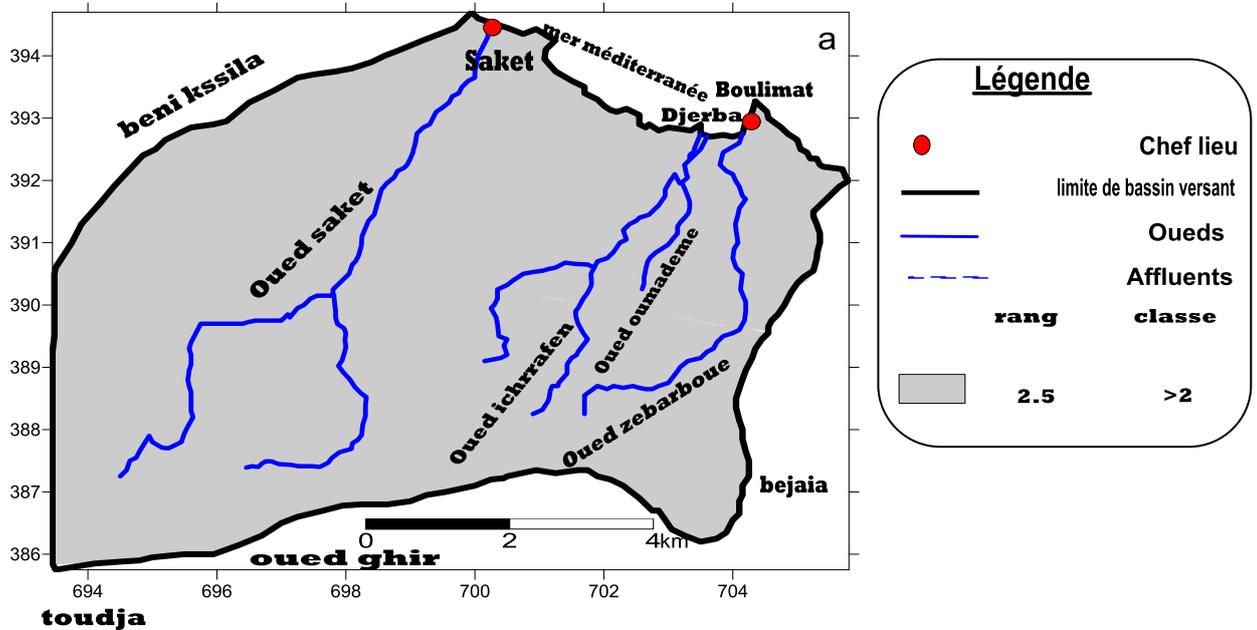


Figure 3: l'altitude de la nappe par rapport au niveau de la mer(djerroud, 2019)

III-A-4-Paramètre (D) : la distance par rapport au rivage et aux cours d'eau des oueds

La vulnérabilité par rapport à l'intrusion de l'eau salé augmente sensiblement à mesure que l'on se rapproche de la mer. la méthode GALDIT distingue trois distance (500m, 750m et 1000m) perpendiculaires à la ligne de cote et aux cours d'eau des oueds .et ces distances sont classées selon les niveaux de rang et de classe (TableauXI)

Tableau I : classes de distances

Distance par rapport au rivage et aux cours d'eau des oueds	Rang ou le niveau d'importance	Classe
<500m	10	Elevé
500-750m	7.5	Moyen
750-1000m	5	Faible
>1000m	2.5	Trés faible

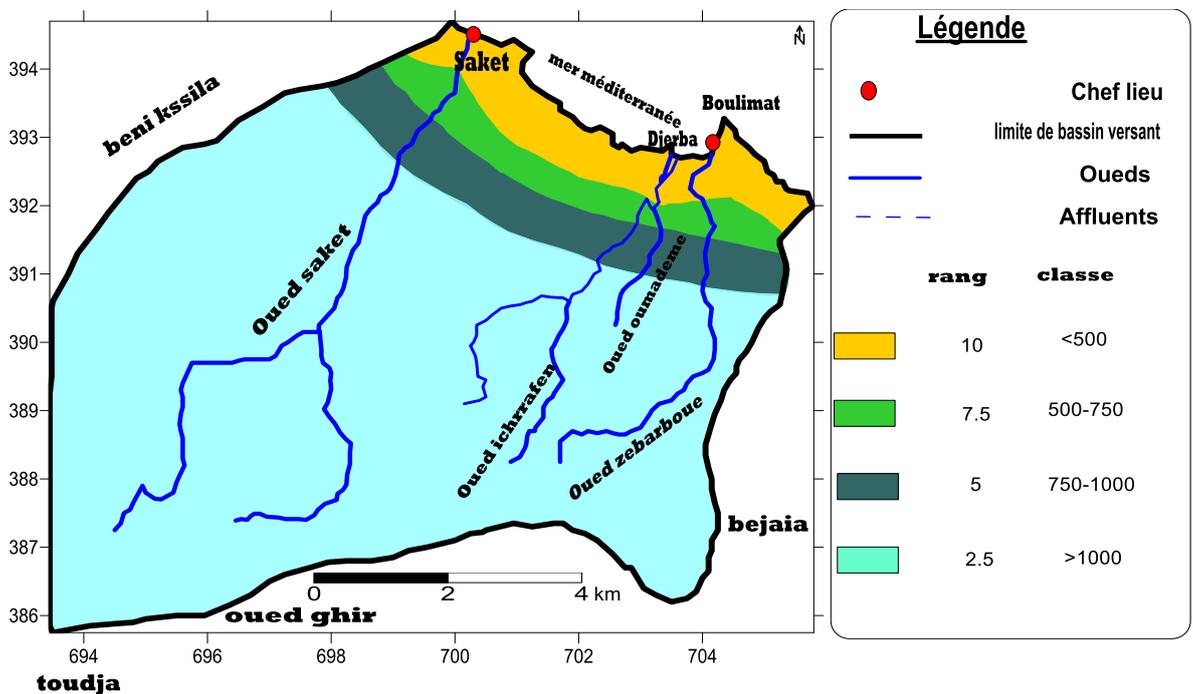


Figure 4: la distance par rapport au rivage et aux cours d'eau des oueds (djerroud, 2019)

III-A-5-paramètre (I) L'impact de l'intrusion saline présente dans la zone

Pour déterminer l'impact de l'intrusion saline nous avons utilisées le rapport suivant : $(Cl / [SO_4^{-2}])$. Après avoir calculé ce rapport pour chaque point d'échantillonnage on a trouvé deux valeurs de 1-1.5 et >2 donc il s'agit de rangs 5 et 10 et de poids 1. Tableau (x). Et d'une classe faible et élevé. (Fig 20)

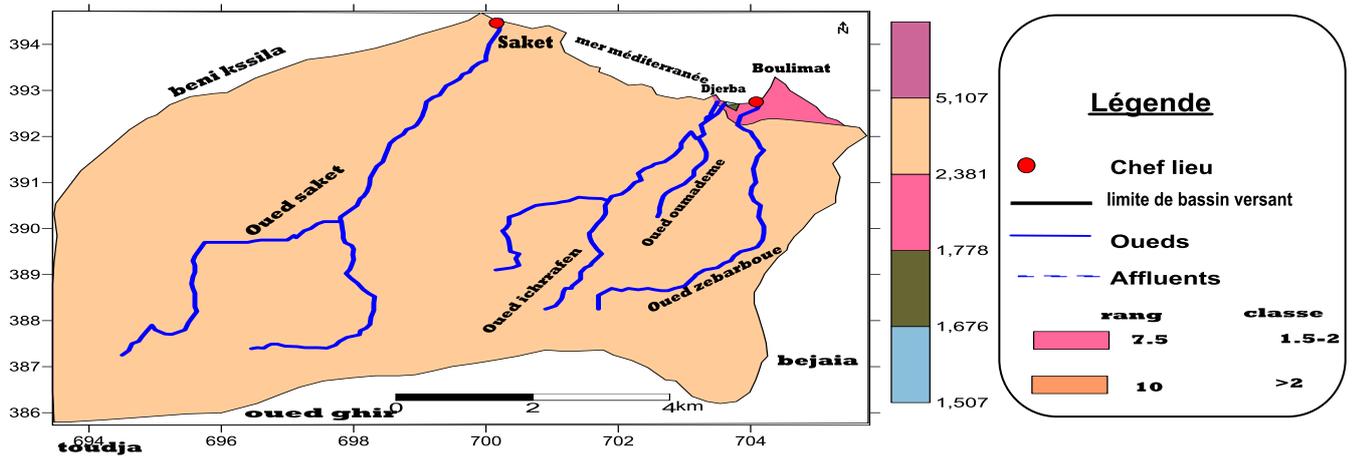


Figure 5: L'impact de l'intrusion saline présente dans la zone (djerroud, 2019)

III-A-6-Paramètre (T) : l'épaisseur de la nappe phréatique ou l'épaisseur saturé d'un aquifère

Ce facteur est considéré comme un facteur amplificateur de la magnitude de l'intrusion saline dans les régions côtières. En effet plus l'épaisseur de la nappe est grand plus l'intrusion a une grande chance de s'étendre. Notre région d'étude est divisé en trois partie demême rang 2.5 et de classe très faible avec un poids égale 2 (fig 22)

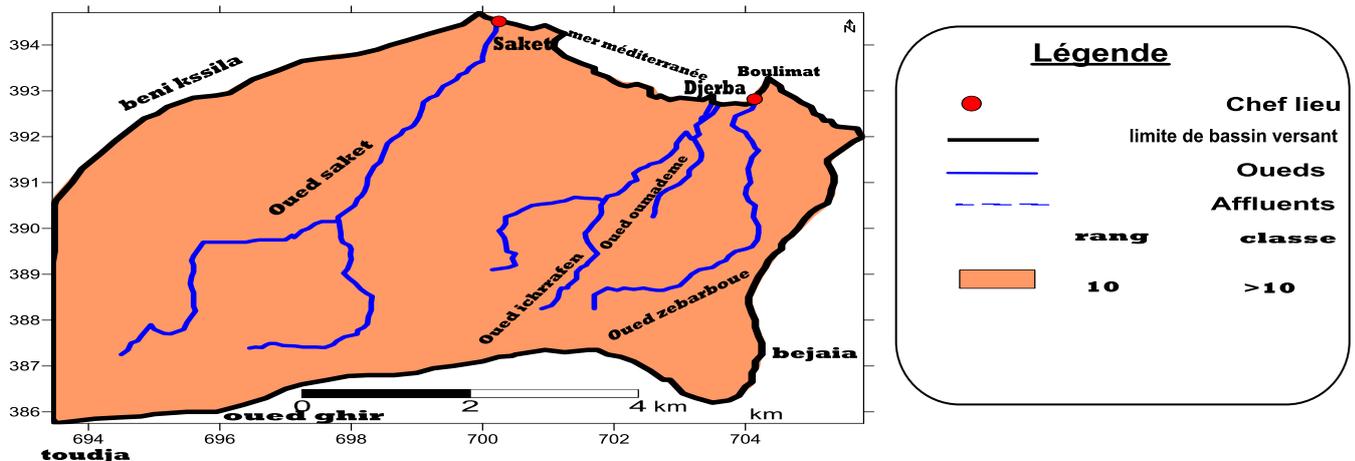


Figure 6: L'épaisseur de la nappe phréatique ou l'épaisseur saturé d'un aquifère (djerroud, 2019)

III-A-7-Indice de GALDIT

Calculer l'indice GALDIT :

$$\text{Indice GALDIT} = \frac{\sum_{i=1}^{n6} P_i R_i}{\sum_{i=1}^6 P_i}$$

Tableau II : Indices GALDIT

$\frac{\sum_{i=1}^{n6} P_i R_i}{\sum_{i=1}^6 P_i}$	Indice GALDIT
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	3.83 vulnérabilité faible
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.16 vulnérabilité faible
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.5 vulnérabilité faible
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.83 vulnérabilité faible
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 7.5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.16 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 7.5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.5 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 10) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.83 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 10) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	6.16 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4 vulnérabilité faible
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.33 vulnérabilité faible
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.66 vulnérabilité faible
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 7.5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.33 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 7.5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.66 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 10) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	6 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 7.5) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 10) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	6.33 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.16 vulnérabilité faible
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.5 vulnérabilité faible

Résultats et discussions

$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	4.83 vulnérabilité faible
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.16 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 7.5) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.5 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 7.5) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	5.83 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 10) + (1 \times 5) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	6.16 vulnérabilité moyenne
$(1 \times 10) + (3 \times 2.5) + (4 \times 2.5) + (4 \times 10) + (1 \times 10) + (2 \times 10) / (1 + 3 + 4 + 4 + 1 + 2)$	6.5 vulnérabilité moyenne

Après avoir calculé les indices GALDIT, on trouve qu'il y'a des valeurs <5 ce qui indique qu'il ya une faible vulnérabilité dans quelques régions et d'autres entre 5 et 7.5 ce qui indique une vulnérabilité moyenne alors si possible d'identifier des régions qui sont susceptibles d'être affectées par une intrusion saline (Fig 22) .

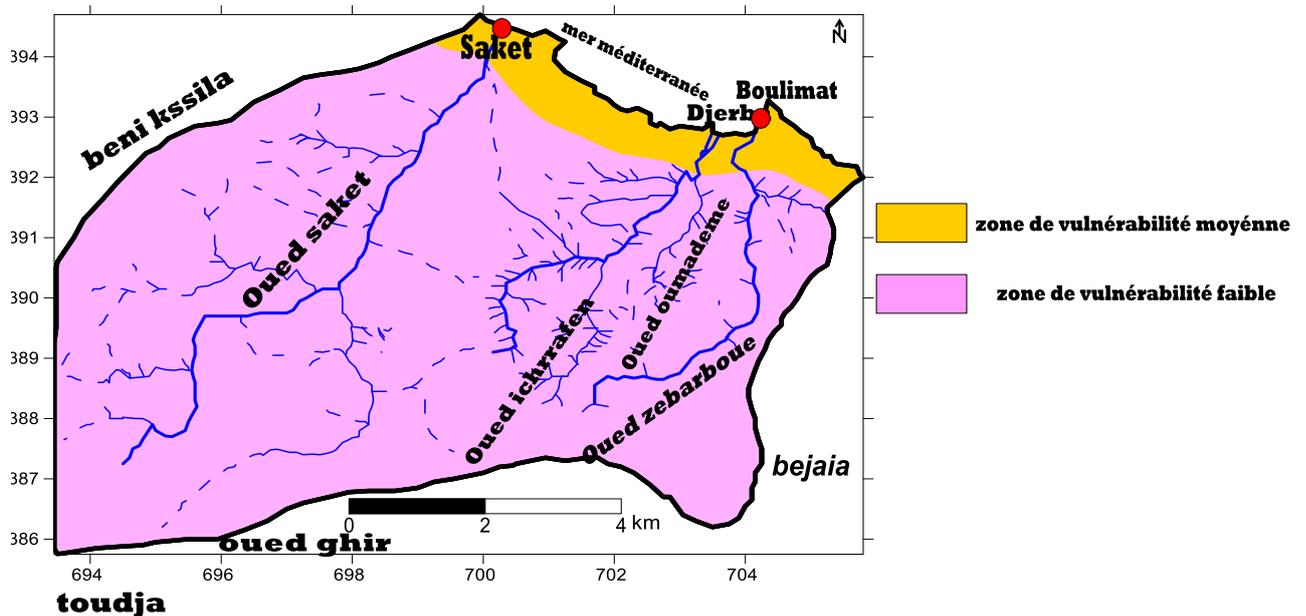


Figure 7: carte d'indice de vulnérabilité (djerroud, 2019)

III-B-Coordonnées géographiques des sites de prélèvements

Tableau III: coordonnées géographiques des sources de prélèvements

Localité	Désignation des points	Nom commun	Coordonnées géographiques				
			X*	Y**	Z***	X	Y
Boulimat	Puits	Boulimat (p1)	E4°59'09.1''	N36°48'46.3''	±3	704	392.6
		Boulimat (p2)	E4°58'48.2''	N36°48'45.4''	±3	703.8	392.6
		Boulimat (p3)	E4°58'49.0''	N36°48'45.3''	±3	703.7	392.4
		Djerba (p4)	E4°58'45.1''	N36°48'45.5''	±3	703.6	392.7
		Djerba (p5)	E4°58'42.9''	N36°48'41.6''	±3	703.5	392.4
djerba	Oueds	O1	E4°58'41.3''	N36°48'50.4''	±3	703.3	392.2
		O2	E4°58'43.2''	N36°48'48.3''	±2	703.7	392.1
		O3	E4°58'43.8''	N36°48'46.7''	±2	703.5	391.75
		O4	E4°58'38.2''	N36°48'39.8''	±3	703.25	392
Saket	Oueds	O5	E4°56'22.5''	N36°48'39.5''	±4	700.1	394.4

X* et **Y**** : longitude en degrés-minutes-seconde et **Z***** : altitude en mètre.

III-B-1-Résultats des paramètres physico-chimiques et hydro-chimiques

L'analyse de la qualité de l'eau a été abordée sur un total de 10 zones réparties sur le territoire de la zone d'étude Boulimat. On utilisant ces paramètres nous pouvons évaluer la qualité de l'eau de cette région pour ce là, nous avons mesuré, les paramètres physicochimiques et les métaux lourds.

III-B-1-1--Les paramètres physico-chimiques: on a mesuré les paramètres suivants :

- La température (T)
- Le potentiel d'hydrogène (pH)
- La conductivité électrique (Ce)
- total des solides dissous (TDS)

- La salinité(Sal)
- L'oxygène dissous (DO)

Les résultats des analyses sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV : résultats des paramètres physiques

	T	PH	CE	TDS	SAL	DO
Unité	C°	-	µm/cm	g/l	Psu	Mg/l
Norme	25	6.5-9.5	2800	<1	0,263-0,391	5
P1	18.16	7.32	2391.33	1.196	1.24	6.13
P2	17.81	7.35	1627.66	0.814	0.82	7.63
P3	17.95	7.36	1832.33	0.916	0.93	7.36
P4	17.38	7.04	2471.33	1.235	1.28	8.35
P5	16.98	7.2	3144.5	1.343	1.4	7.82
O1	22.93	8	1272	0.64	0.63	6.42
O2	20.37	7.44	1026	0.513	0.51	5.89
O3	18.71	7.54	1040.6	0.52	0.51	6.49
O4	16.94	7.88	1004.3	0.502	0.5	6.57
O5	19.82	8.16	763.6	0.382	0.37	5

III-B-1-2-Les éléments traces métalliques

Les concentrations des éléments traces métalliques Cd, Pb et Zn on été mesuré au niveau de laboratoire de génie des procédés(SAA) à l'université de Bejaia. Les résultats sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau V: concentration en métaux lourds au niveaux des puits et oueds

	Pb	Zn	Cd
Norme	0.001(ug/l)	3(mg/l)	0.003(ug/l)
P1	0.3627	0.7686	1.4918
P2	1.0019	10.2068	1.2351
P3	1.499	1.6966	0.967
P4	0.2029	0.5444	1.0627
P5	52.9868	0.9926	1.0742
O1	22.3782	13.4686	1.7792
O2	41.9081	6.664	3.6832
O3	0.0431	0.1619	0.9516
O4	1.0019	6.6989	0.8865
O5	0.025	0.2712	0.8980

III-B-2-Résultats et discussion des paramètres physico-chimiques

Les mesures physico-chimiques in situ et les prélèvements d'eau sont conditionnés par la répartition des puits dans la zone d'étude.

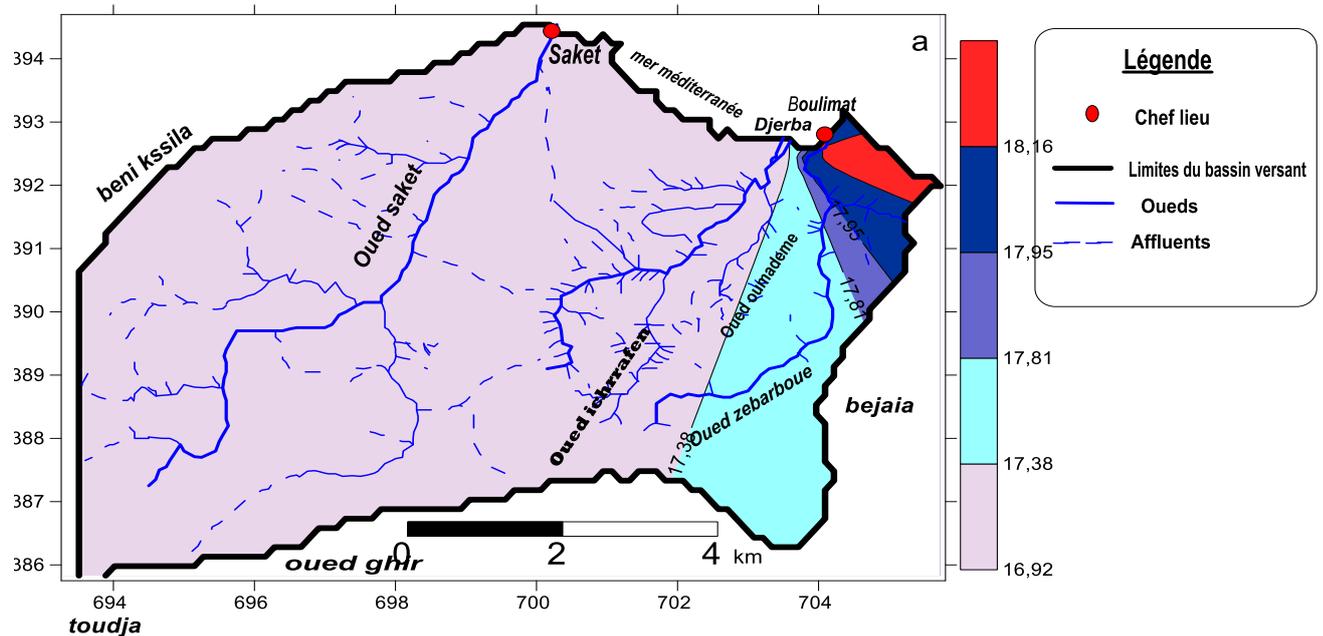
III-B-2-1-Paramètre physique

✚ Température :

Les températures des eaux souterraines varient entre [18.16°C et 16.98°C], et dans les eaux de surface varient entre [22.93°C et 19.82°C].

Selon Rodier, 1996 pour les milieux aquatiques la température des eaux superficielles sont influencée par celle de l'air, et ceci d'autant plus que la profondeur est faible. Elle dépend de l'altitude, de la saison, de l'heure et du débit.

D'après l'OMS la température de l'eau n'a aucune valeur précise lorsque elle n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme. Les normes de la température maximale des eaux de consommation ce qui fait que tous nos échantillons sont conformes aux normes.



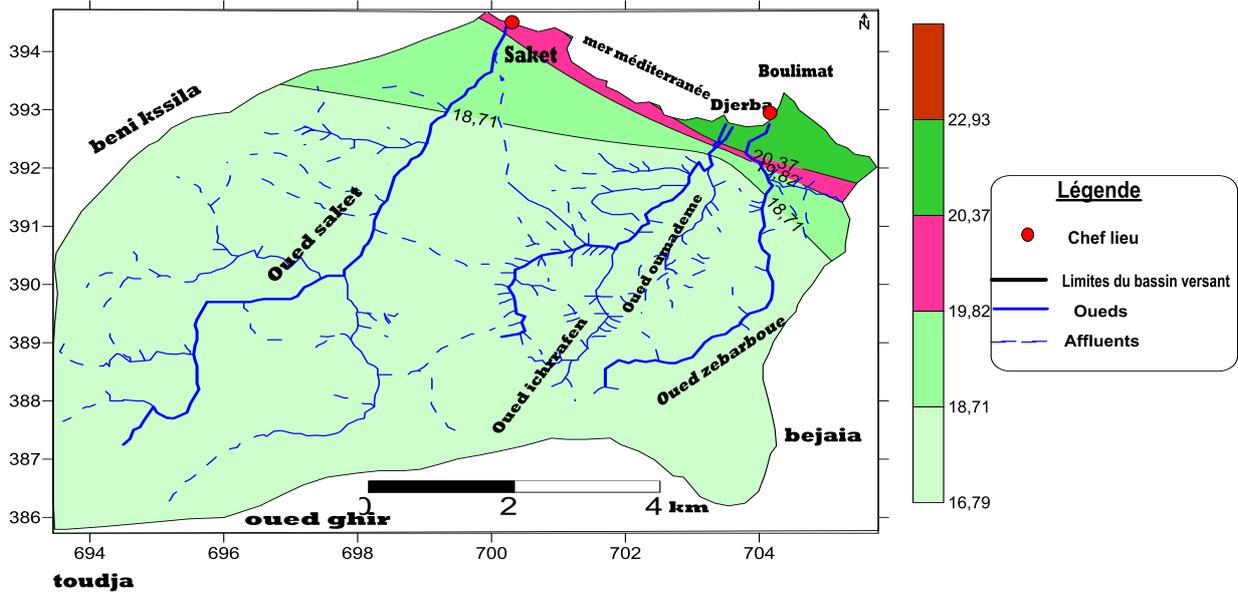


Figure 9: carte de température des eaux de surface(djerroud, 2019)

Le potentiel d’hydrogène (pH) :

Le pH est une mesure de la concentration en ions H^+ contenus dans une eau. Il représente solution ou d’un liquide est acide ou basique. Il dépend de l’origine de l’eau et des terrains traversés par cette eau.

On a le PH des eaux des puits qui varie entre 7.2 et 7.36 ce qui indique que la qualité est alcalin selon la norme cette eau est considéré comme eau potable quant aux eaux de surface la valeur de PH est entre 8 et 8.16 ces valeur ne dépasse les normes algérienne alors cette eau est peut-être consommé.

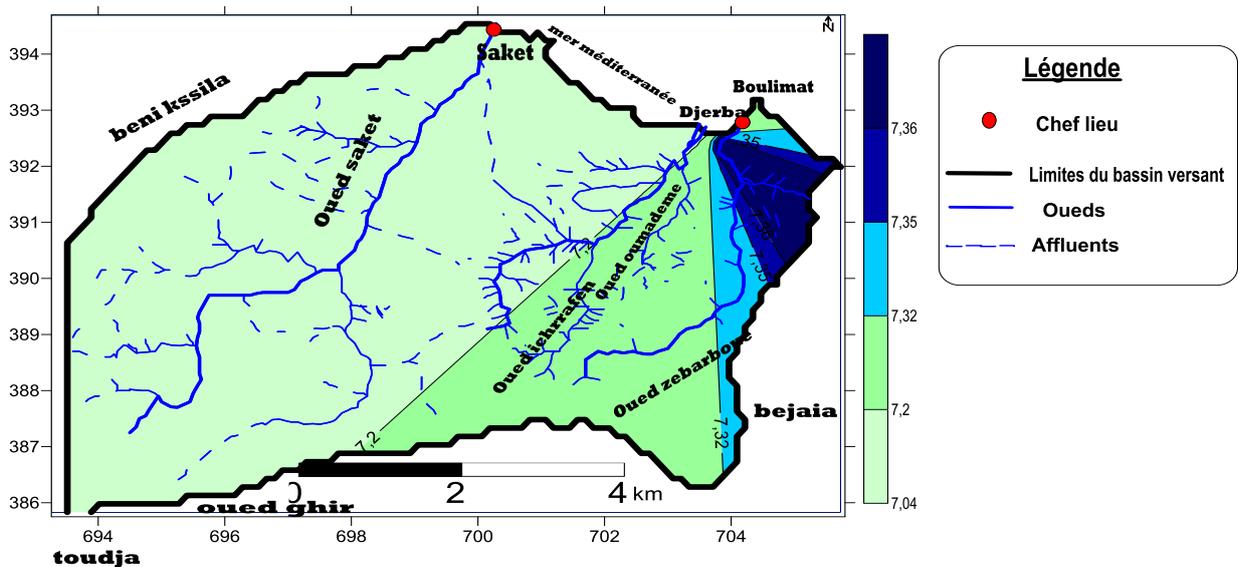


Figure 10: carte de ph des eaux souterraines(djerroud, 2019)

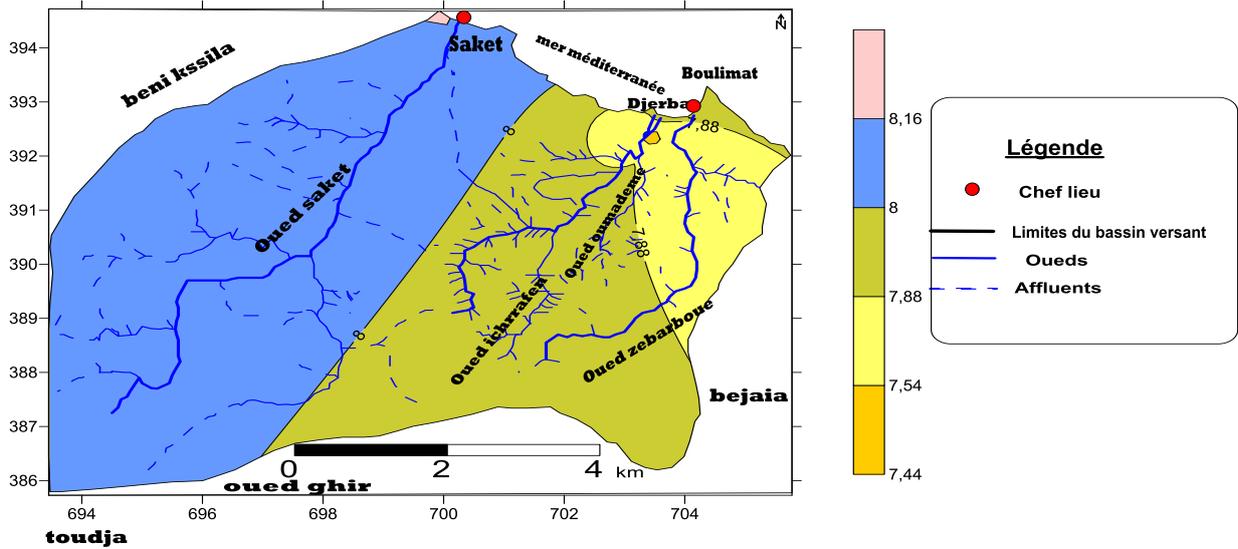


Figure 11: carte de ph des eaux de surface(djerroud, 2019)

La conductivité électrique :

On a obtenu des valeurs différentes d'un site à un autre la plus élevé est observé dans les puits N° 5 avec une valeur de 3144.5 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et une valeur faible observé dans l'oued N5 avec une valeur de 763.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$

Ces résultats indiquent que la minéralisation des eaux souterraines est importante par rapport aux eaux de surface et cela peut-être expliqué par l'infiltration des eaux de surface qui influence sur la qualité des eaux souterraines. et les résultats obtenus dépassent les normes dans le cas des eaux souterraines ce que explique que cette eau ne peut pas être consommée car elle est néfaste sur la santé de l'homme

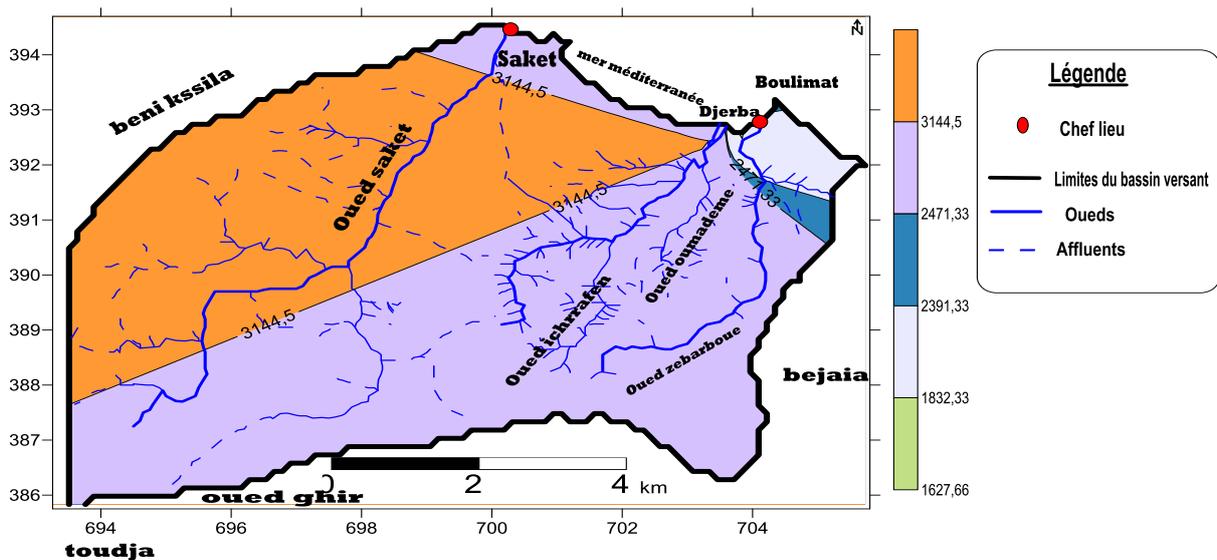


Figure 12: Carte de la répartition de la conductivité des eaux souterraines(djerroud, 2019)

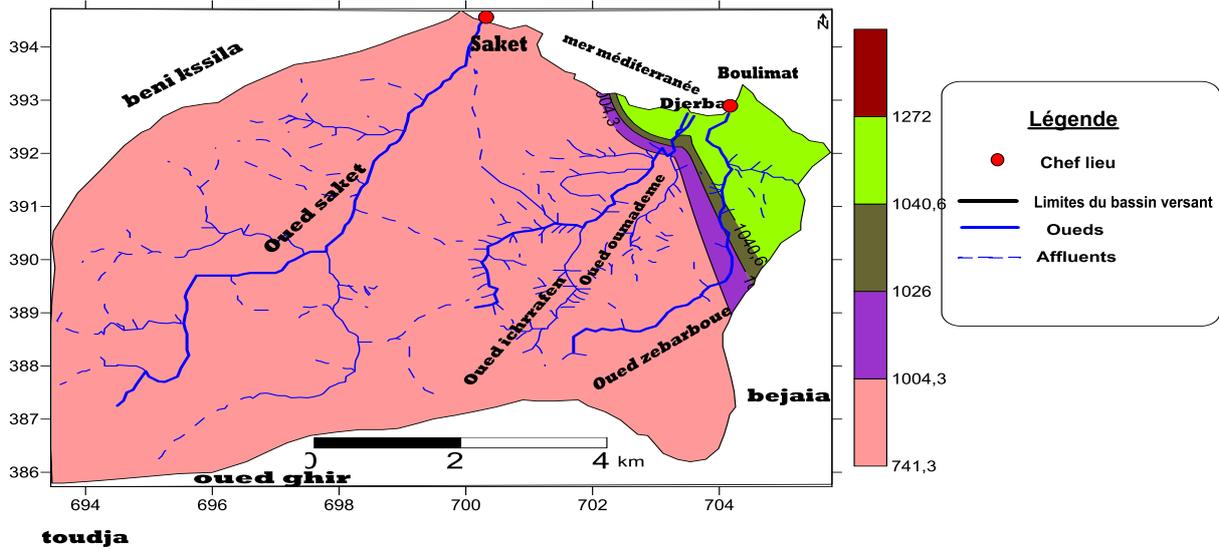


Figure 13: carte de conductivité électrique des eaux de surface(djerroud, 2019)

Total des solides dissous :

Les résultats obtenus montre des valeurs qui dépasse les normes comme dans le cas des trois puits(p1),(p4) et (p5) alors ils ne peuvent pas être consommé car elle peut enjondré des problèmes sanitaires par contre dans le cas des eaux de surface les valeurs sont en dessous de l'énorme elle varie [0.502 et 0.64] ces valeurs indique la présence des sels dissous dans l'eaux

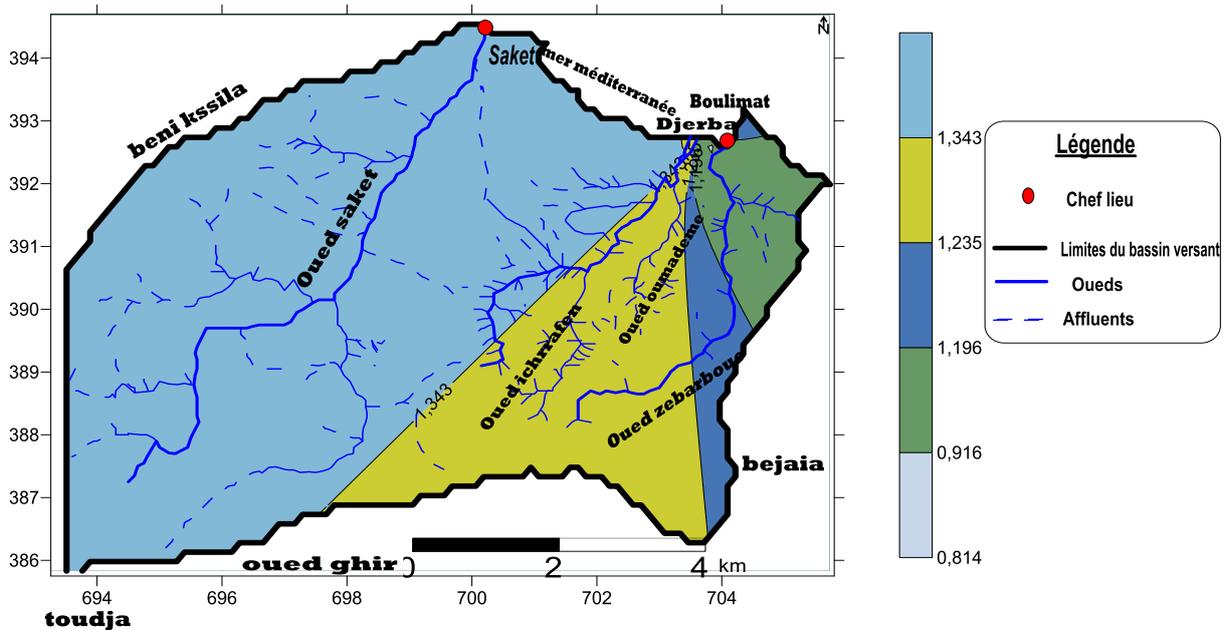


Figure 14: carte représentatif de la répartition des TDS les eaux souterraines(djerroud, 2019)

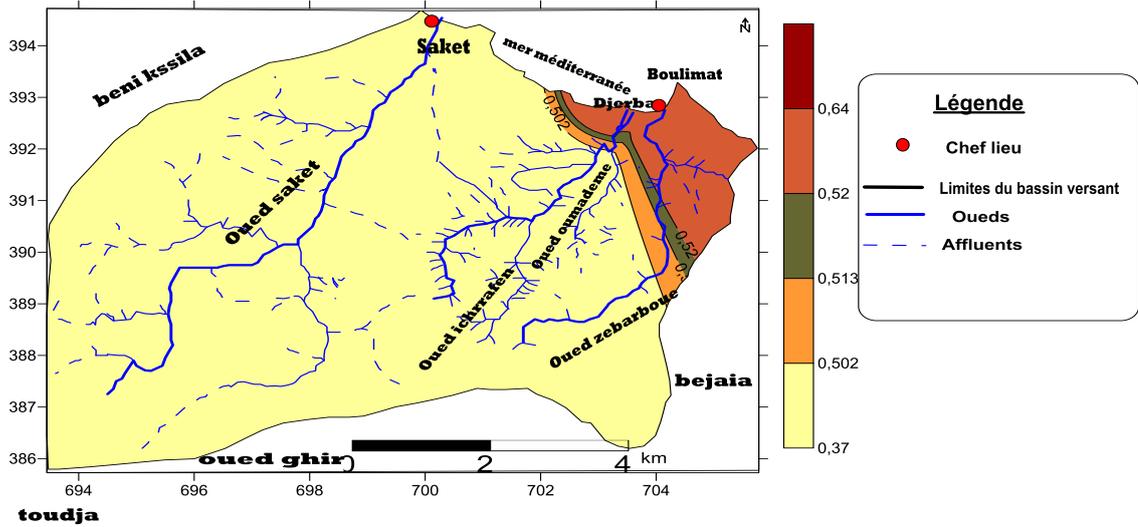


Figure 15: carte des TDS des eaux de surface(djerroud, 2019)

La salinité :

On a observé que les valeurs de salinité est entre [0.37 -1.4] cette valeur est acceptable, ce caractères dépend de types des terrains traversés et le temps de séjour et ainsi l'activité anthropique

Cette valeur représente l'ensemble des sels déterminés et elle est exprimée en mg/l et elle influence directement sur la conductivité électrique

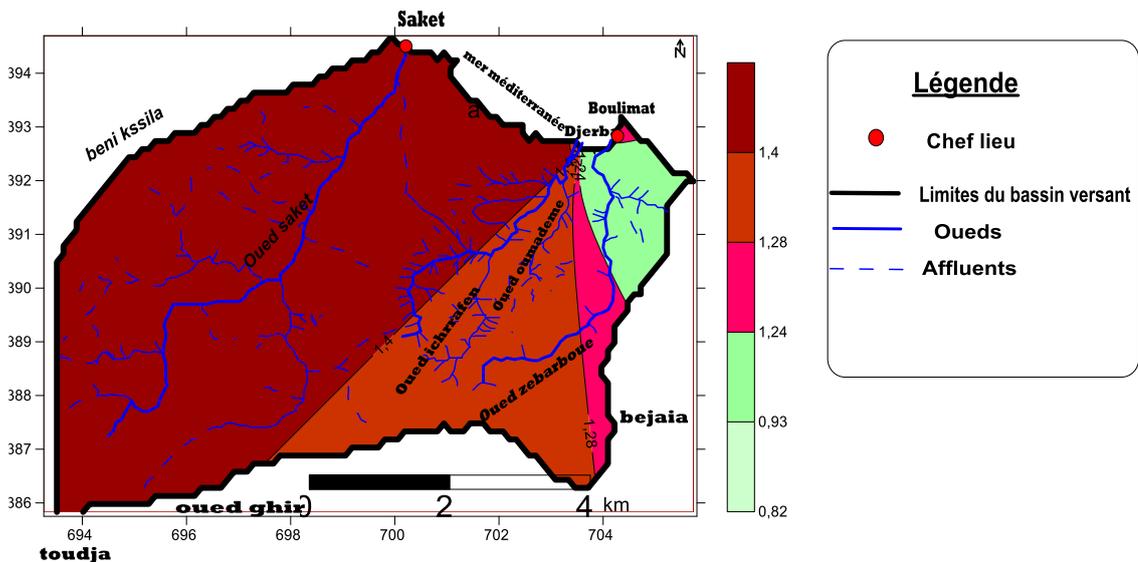


Figure 16: carte de salinité (Sal) des eaux souterraines(djerroud, 2019)

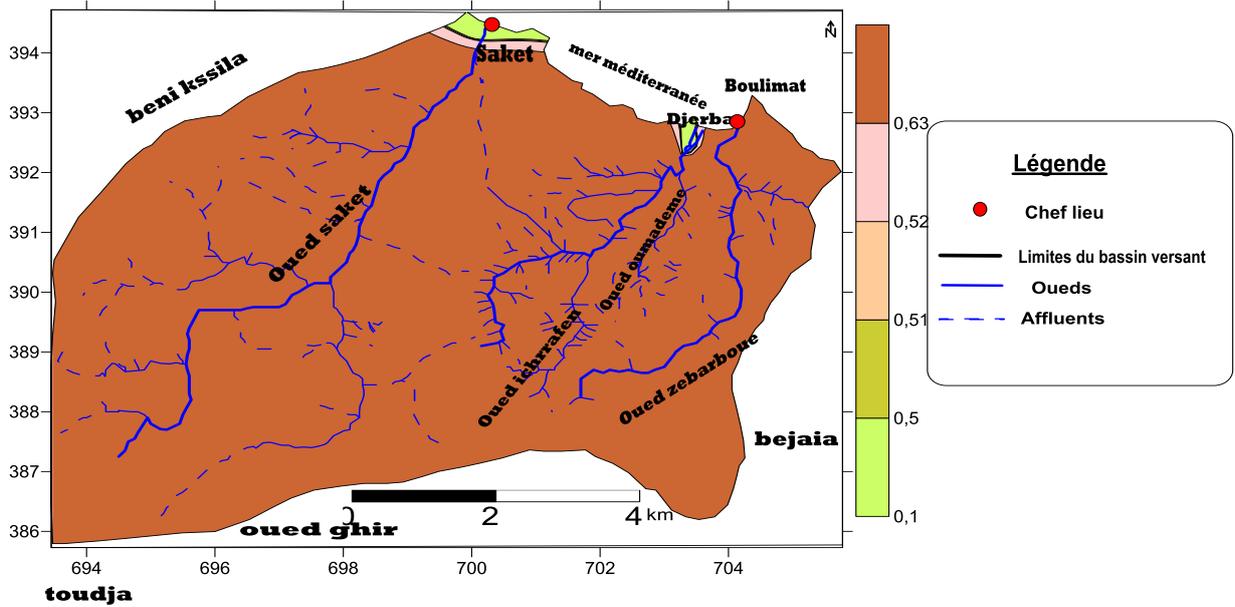


Figure 17: carte de salinité des eaux de surface(djerroud, 2019)

L'oxygène dissous en mg/l/ :

les valeurs de nos résultats varient entre 5 et 8.35

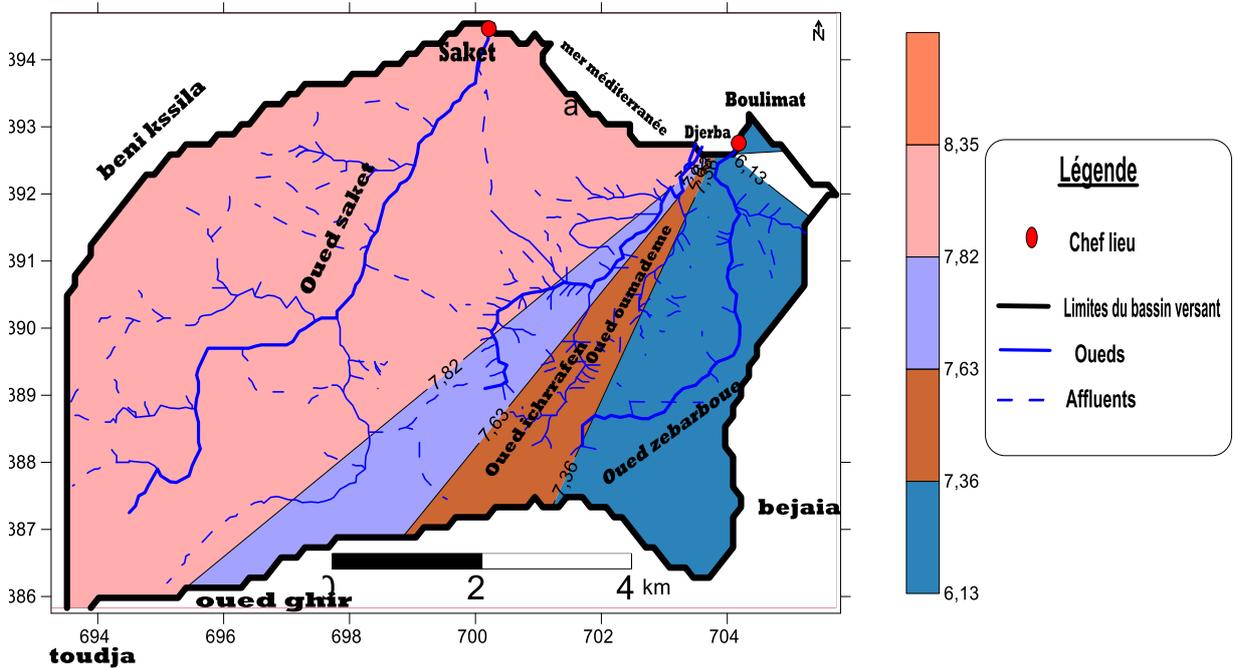


Figure 18: carte de DO des eaux souterraines(djerroud, 2019)

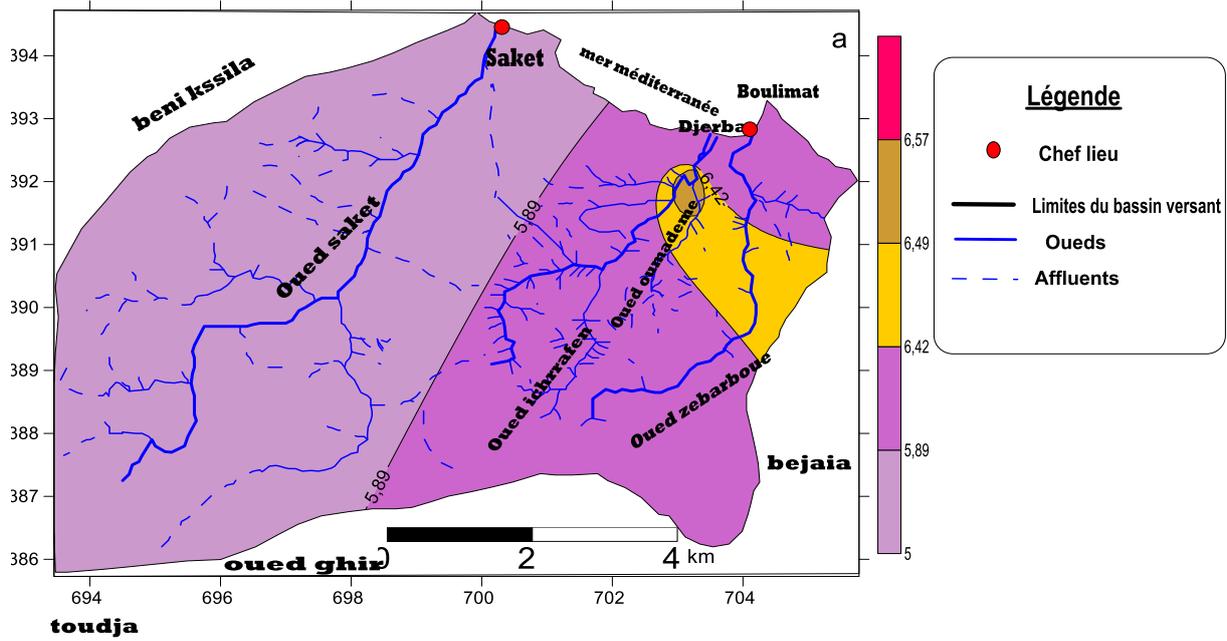


Figure 19: carte d'oxygène dissous des eaux de surface(djerroud, 2019)

III-B-2-2-Paramètre des résultats hydrochimie :

Tableau VI : des résultats hydrochimie

Paramètre	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ⁻²	NO ⁻³
P1	390.5	164	0	0.155
P2	357.5	201	0	0.876
P3	342	204	0	0.893
P4	122	212	0	0.987
P5	118	139	0	0.044
O1	122	161	0	0.124
O2	118	149	0	0.114
O3	125	155	0	0.116
O4	136	167	0	0.128
O5	142	214	0	0.035
Normes OMS	200	500	0.1	50

III-B-2-2-1--Discussion des résultats hydrochimies

➤ La quantité de Nitrite NO⁻²

Les résultats sont nulles dans tout les sites de prélèvement La présence des nitrites d'origine naturelle est très rare. Ils sont répandus dans le sol, les eaux et les plantes mais en quantité relativement faible. La présence des nitrites dans une eau naturelle peut être due à une oxydation incomplète de composés azotés.

- **La quantité de SO₄⁻²** comprise entre 139 et 214 (Mg/l), cette valeur n'a pas dépassé la valeur moyenne
- **La quantité du Chlore (Cl⁻)** : est comprise entre 118 et 390.5 (mg/l) est très élevé selon la norme de l'OMS qui dépasse pas le 200 mg/l la possibilité d'avoir des risque sanitaire.

III-C -Les résultats du spectromètre d'absorption atomique en flamme (SAA) :

III-C-1-Dosages des métaux lourds

Les éléments trace métalliques ont été analysés avec le spectromètre d'absorption atomique en flamme (SAA) .au niveau du laboratoire Génie des procédés (Université de Bejaia).

Tableau VII :les normes de Cd , Pb et Zn OMS et Algérienne

métaux	Norme oms	Norme algérienne
Cadmium Cd	0.003 ug/l	3 ug/l
Plomb Pb	0.001 ug/l	10 ug/l
Zinc Zn	3mg/l	5mg/l

III-C-1-1-Résultats de dosage de Cd (cadmium)

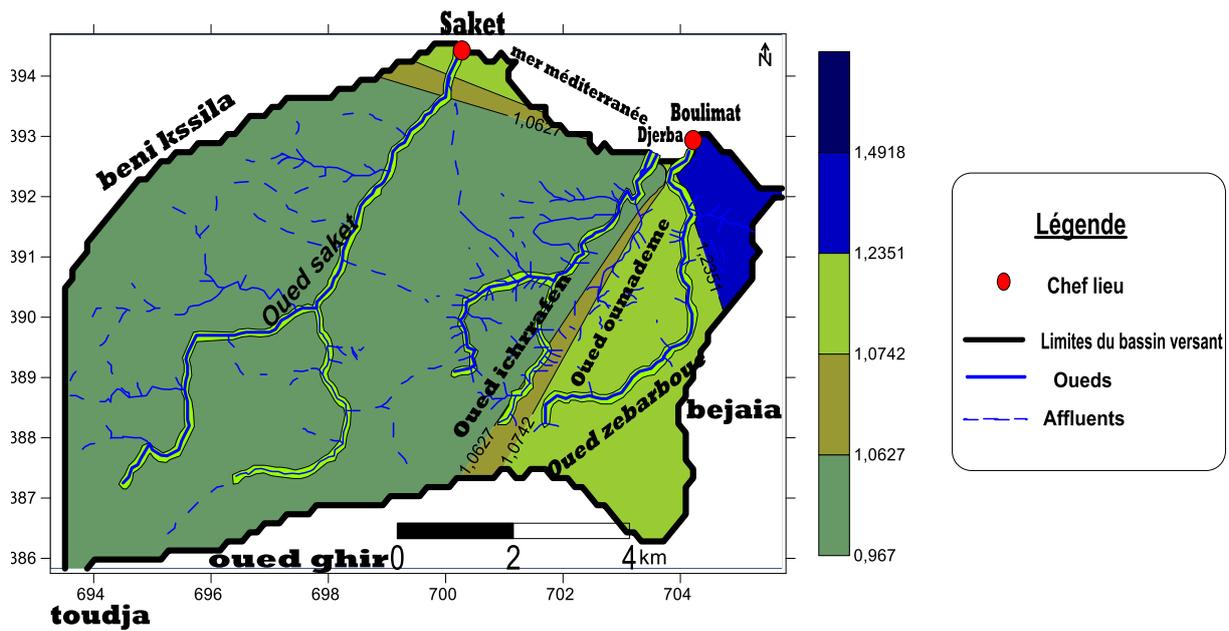


Figure 20: carte représentative de la concentration de cadmium (djerroud, 2019)

III-C-1-2-Résultats de dosage de pb (plomb) :

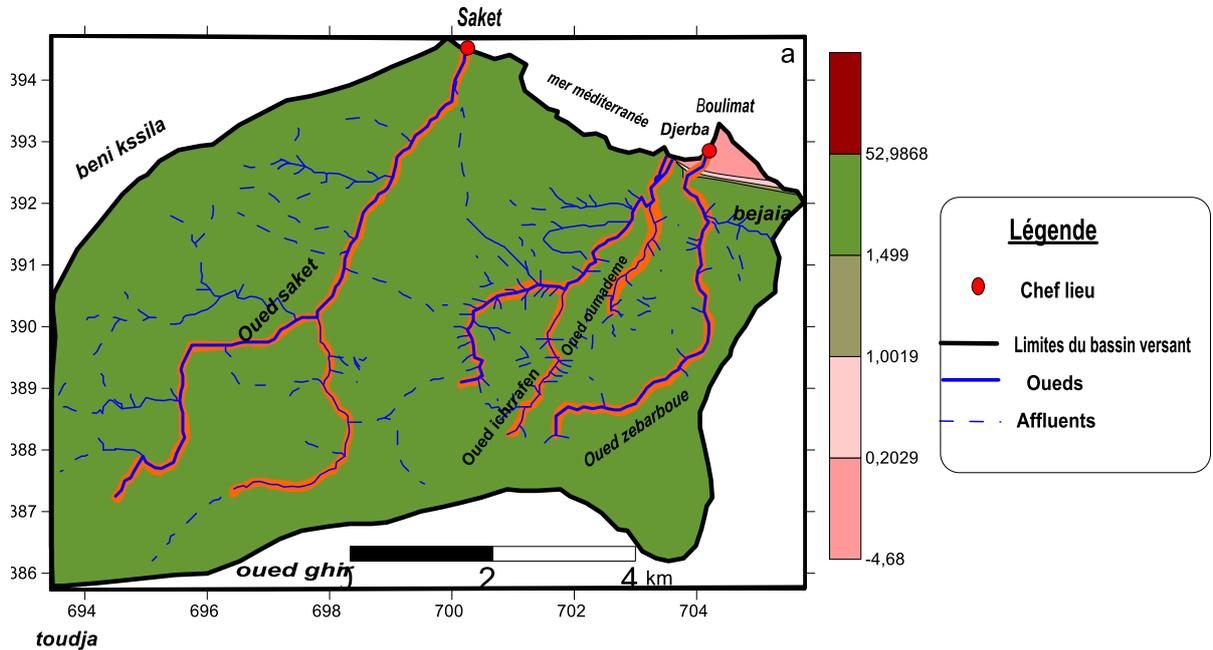


Figure 21: carte représentative de la concentration de plomb (djerroud, 2019)

III-C-1-3--Résultats de dosage de zinc :

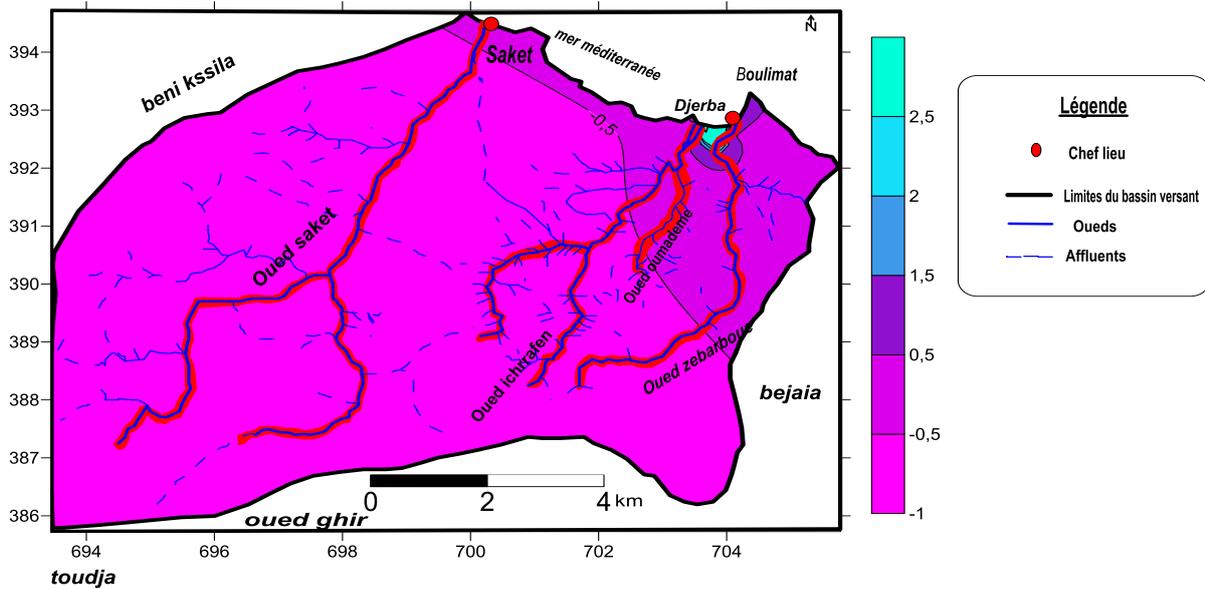


Figure 22: carte représentative des résultats de la concentration de zinc(djerroud, 2019)

III-D--Discutions des résultats :

Les métaux lourds qui se trouve dans l’eau et dans les sédiments sont absorbés par les espèces faunistiques et floristique qui vive dans le milieu aquatique l’accumulation des métaux lourds dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire peuvent atteindre des concentrations menaçant la survie de certaines populations naturelles et peux causer des problèmes de santé pour le consommateur.

D’autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) .Dans notre étude on s’est basé sur trois métaux lourds: le Cadmium, le Plomb, le Zinc.

D’aprèsles résultats obtenus au niveau de la SAA les valeurs obtenues dépassent les normes

➤ **Le cadmium :**

Le cadmium est un métal dangereux pour la santé humaine même s’il se trouve en faible concentration, son accumulation dans le cortex rénal a une longue période provoque une perte anormale de protéine par les urines et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées.dans nos résultats la concentration est comprise entre (0.8980 et 3.6832 ug/l) , ces résultats dépassent les normes autorisées qui est 0.003ug/l alors cette eaux ne doit pas être consommé .

➤ Plomb :

Ce métal est très liposoluble dans l'eau et il passe immédiatement dans le sang ce qui lui permet de se propager facilement et d'atteindre plusieurs organes principalement le système nerveux, les reins et le sang ce qui cause une intoxication par le plomb (le saturnisme).

Les résultats obtenus sont (-0.1522 et 41.9081 µg/l) alors on a des résultats qui dépassent l'énorme P4, P5 et P8 et l'énorme est 10 µg/l alors cette eau cause des risques sanitaires

➤ Zinc :

Ces valeurs varient entre (-0.5444 et 13.4686 µg/l) l'énorme est 5 mg/l alors il y a des valeurs qui dépassent cette norme

III-E-Les sources de pollution dans la région d'étude Boulimat :

Parmi les sources de pollution qui se trouvent à Boulimat on trouve la pollution due aux décharges sauvages qui peuvent provoquer de véritables dangers pour la santé humaine sans oublier ces effets nocifs sur les quatre compartiments de l'environnement. Ces décharges touchent beaucoup le côté esthétique de la commune.

Généralement les décharges de la région sont composées des déchets ménagers et industriels. Cette dernière non seulement elle touche la santé publique et esthétique de la région mais elle porte atteinte à beaucoup d'espèces faunistiques et floristiques du parc national de Gouraya dont elle fait partie



Figure 23: Décharge sauvage de Boulimat

➤ Pollution par le trafic routier

Les émissions de substances, polluantes ou non, émanant des infrastructures routières sont générées par plusieurs types de sources :

- ✓ Les véhicules en circulation sur l'infrastructure.
- ✓ L'abrasion de la chaussée.
- ✓ L'usure des équipements.

➤ La pollution agricole L'activité agricole

modifie fortement la qualité et la dynamique de l'eau dans le milieu. Par l'apport de fertilisants et de pesticides.

➤ Pollution causée par les estivants

La région de Boulimat est l'une des régions la plus touchée par la pollution pendant la saison estivale à partir d'un nombre très important des estivants à l'environ de 100000 visiteurs chaque année qui a pour conséquences : Une augmentation des déchets ménagers sur la plage, et Une augmentation des rejets des eaux usées vers la plage ou vers les nappes souterraines

III-F-Discussion de la carte risque

La projection des sources de pollution sur la carte de vulnérabilité nous donne une carte de risque selon la relation suivante

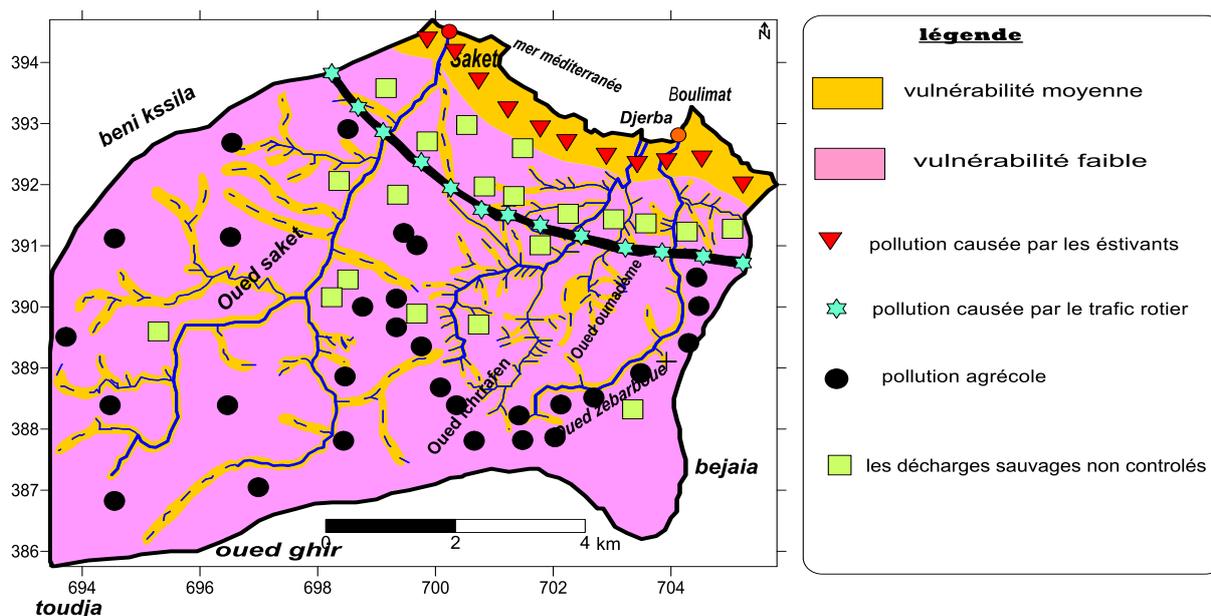


Figure 24: carte de risque de bassin versant étudié (djerroud, 2019)

Risque = Aléa + vulnérabilité

La présence des sources de pollution dans le site d'étude (les dépotoirs et la décharge sauvage, trafic routier, Pollution par les estivants et pollution agricole), qui a une vulnérabilité importante, à un impacte directe et sévère sur la biodiversité, l'environnement et surtout sur la santé humaine.

Tableau XI : classes de distances	37
Tableau XII : Indices GALDIT	39
Tableau XIII: coordonnées géographiques des sources de prélèvements	41
Tableau XIV : résultats des paramètres physiques	42
Tableau XV: concentration en métaux lourds au niveaux des puits et oueds.....	42
Tableau XVI : des résultats hydrochimie	49
Tableau XVII :les normes de Cd , Pb et Zn OMS et Algérienne	50

Figure 17 : carte de type d'aquifère (djerroud, 2019).....	35
Figure 18: carte de conductivité hydraulique de l'aquifère	36
Figure 19: l'altitude de la nappe par rapport au niveau de la mer(djerroud, 2019)	36
Figure 20: la distance par rapport au rivage et aux cours d'eau des oueds (djerroud, 2019)	37
Figure 21: L'impact de l'intrusion saline présente dans la zone (djerroud, 2019)	38
Figure 22: L'épaisseur de la nappe phréatique ou l'épaisseur saturé d'un aquifère (djerroud, 2019)	38
Figure 23: carte d'indice de vulnérabilité (djerroud, 2019)	40
Figure 24: carte représentatif de la répartition de la température des eaux souterraines (djerroud, 2019)	43
Figure 25: carte de température des eaux de surface(djerroud, 2019)	44
Figure 26: carte de ph des eaux souterraines(djerroud, 2019)	44
Figure 27: carte de ph des eaux de surface(djerroud, 2019)	45
Figure 28: Carte de la répartition de la conductivité des eaux souterraines(djerroud, 2019)	45
Figure 29: carte de conductivité électrique des eux de surface(djerroud, 2019).....	46
Figure 30: carte représentatif de la répartition des TDS les eaux souterraines(djerroud, 2019)	46
Figure 31: carte des TDS des eaux de surface(djerroud, 2019).....	47
Figure 32: carte de salinité (Sal) des eaux souterraines(djerroud, 2019)	47
Figure 33: carte de salinité des eaux de surface(djerroud, 2019)	48
Figure 34: carte de DO des eaux souterraines(djerroud, 2019)	48
Figure 35: carte d'oxygène dissous des eaux de surface(djerroud, 2019)	49
Figure 36:carte représentative de la concentration de cadmium (djerroud, 2019)	51
Figure 37: carte représentative de la concentration de plomb (djerroud, 2019)	51
Figure 38: carte représentative des résultats de la concentration de zinc(djerroud, 2019)	52
Figure 39: Décharge sauvage de Boulimat	53
Figure 40: carte de risque de bassin versant étudié (djerroud, 2019)	54



Conclusion

Conclusion

Au cours de cette recherche sur l'étude de la vulnérabilité à la pollution des nappes superficielles de Boulimat nous avons parler en premier lieu sur les caractéristique de la région d'étude ; la situation , les espèces faunistiques et floristiques qui localisent la région , la pédologie , la géologie , l'hydrologie et le climat qui caractérisent cette zone, le matériel utilisées dans cette étude et les méthodes utilisé pour étudié la vulnérabilité des eaux souterraine dans cette région réalisé dans la synthèse bibliographique et matérielles et méthodes .

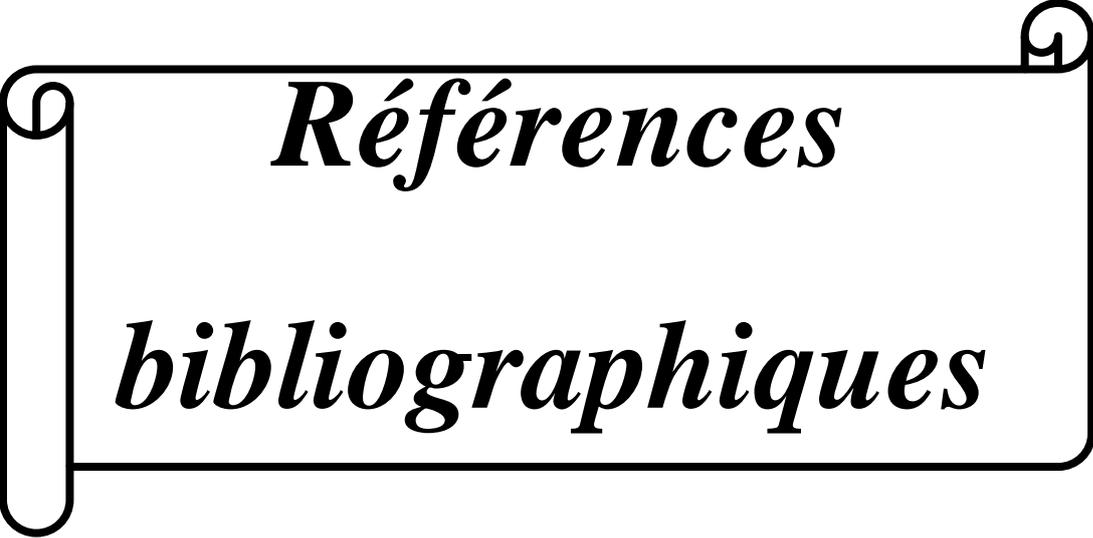
Dans le dernier chapitre résultats et discussion on s'est focalisé sur l'étude des paramètre de la méthode GALDIT avec la réalisation des six carte avec leurs superposition qui nous donne la carte de vulnérabilité finale distinguer les trois zones de vulnérabilité forte, moyenne et faible.

La projection des sources de pollution sur la carte de vulnérabilité nous donne la carte de risque.

La cartographie de la vulnérabilité et des risques de pollution des eaux souterraines est une méthodologie qui est devenue nécessaire afin d'assurer la gestion qualitative et quantitative des ressources en eau en relation avec les diverses activités anthropiques et touristiques. Elle apparait donc nécessaire et incontournable car ce type de carte permet d'identifier très facilement les zones à risques de pollutions potentielles .la cartographie est un outil d'aide à la décision aux gestionnaires des ressources en eau et permettra également d'orienter l'aménagement du territoire.

Les recommandations

- La sensibilisation auprès des habitants et des estivants de la région sur le risque de la pollution
- Faire un suivi hydro-chimique des eaux de surfaces et souterraines permanent.
- Construire d'une station d'épuration.
- Contrôler l'utilisation des pesticides
- Contrôlé les rejets
- Construire des dépotoirs et la récupération des déchets régulièrement



Références

bibliographiques

Référence bibliographique

- **Al Karkouri .J,2014:**Cartographie de la vulnérabilité à l'intrusion marine de l'aquifère côtier de Mnasra (Littoral Du Gharb-Maroc –Nord –Occidental).Marine Scor Journal Vol 1.
- **ANDI. Agence National du Développement et de L'Investissement .2013.**Invest in Algeria . Wilaya de Bejaia .28p.
- **Alami S.(2011).**Tutoriel d'utilisation de surfer 9.Institut de recherche pour le développement (IRD).Fort de France.23p
- **Ait Hmoudi TF. (2010).**Etude de la vulnérabilité de la Baie de Bejaia. Université de Bejaia.
- **Amaria .,Bouchettout F. 2008.**Etude de la stabilité des agrégats des sois de la station Boulimat de la cote ouest de Bejaia (Wilaya de Bejaia).Mémoire de master faculté des sciences de la nature et de la vie .Université de Bejaia
- **Boutaya, I .,Challal, S., (2017).** Etude de la vulnérabilité à la pollution de la région de Boulimat par la méthode Drastic. Mémoire de master faculté des sciences de la nature et de la vie .Université de Bejaia.
- **BenHamiche N.2015 .**Contribution à l'étude de l'influence climatique, lithologique et anthropique sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'un aquifère du Nord- Est Algérien : Cas de la basse suommam, Bejaia .thèse.
- **Baali, F. (2012).** Cartographie sous le logiciel surfer de la pluviométrie de la région Provence alpes cote d'Azur entre 1967 et 1997 et de la température du département du département des Alpes maritimes entre 1971 et 1990 .Projet d'ingénierie. Ecole polytechnique de l'Université de Nice –Sophia Antipolis.21p.
- **Bedhouche, O., Berkani, N. (2005).** La vulnérabilité à la pollution de la région d'Aokas .Thèse d'ingénieur d'état en écologie et environnement, Université d'A Mira de Bejaia.
- **Bedhouche O .,BerkaniN.2005.**La vulnérabilité à la pollution de la région d'Aokas .Thèse d'ingénieur d'état en écologie et environnement non publié, Université d'A Mira de Bejaia.
- **Charikh M. (2015).**Estimation et cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines en milieu aride : Application à la cuvette de Ouargla .Mémoire de magister. Université d'Ouargla

Références bibliographiques

- **Chaffai H., Laour R., Djabri L., Hani AD .(2006)** .Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux de la nappe alluviale de Skikda :Application de la méthode DRASTIC. Université d'Annaba
- **Djadi HM ., Traore PN. (2016).** Etude de la vulnérabilité de la commune de SoukElTenine par la méthode DRASTIC et GOD .Université de Bejaia.
- **Djellout N.,Djallas D .(2006)** .Etude de la vulnérabilité à la pollution de la région de Tichy.Université de Bejaia .
- **Derguini N ., Adrar H. (2004)** .Etude de la vulnérabilité à la pollution de la commune de Souk –El-Tenine. Université de Bejaia.
- **DPAT,Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire.2004.**Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia. Édition 2005.19-135P
- **Dajoz, R. (1985).** Précis d'écologie. Ed. Dunod, paris ; 489p.
- **GoguR ., Dassargues A .1998.**A short review on groundwater vulnerability assessment, Basic statements for use in the framework of the cost 620 action.Workshop 18-20 mai. Université deNeuchâtel.
- **Greco J.1966.**La défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie .ED.Publication du ministère de l'agriculture et de la réforme agraire .Alger.393p
- **Henin S.1969.** L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques 2ème édition, le profil cultural, Masson ,322p.
- **Khemmoudj K. (2009)** .Dynamique des systèmes et stratégie d'aménagement et gestion de la ressource en eau en zone semi aride : Cas de la région d'El Eulma. Wilaya de Sétif. Thèse doctorat .Université d'Annaba.
- **Kherici N., Baali F., rouabhiaAK.,Djabri. (2004).**Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Abiod (Algerie). Université d'Annaba.
- **Lallemend-Barres A. 1994.** Normalisation des critères d'établissement des cartes de vulnérabilité aux pollutions. Etude documentaire préliminaire. R37928. BRGM.
- **Lallemend-Barres A. ., Roux J-C .1989.** Guide méthodologique d'établissement des périmètres deprotection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine. BRGM manuels etMéthode n° 19.
- **Margat J. (1991).** La vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions, conception - estimation cartographie. Institut Européen de l'eau, 9 p. « M ».

Références bibliographiques

- **Margat J. (1968).** Vulnérabilité des nappes d'eau souterraine a la pollution. Base de la cartographie, Doc. BRGM, 68 SGL 198 HYD. Orléans, France.
- **Rebbas, K. (2014).** Thèse de Doctorat.Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Bejaia. Université Ferhat Abbas Sétif1. 114p.
- **Rodier, J. (2009).** L'analyse de l'eau .9eme édition, Dunod.
- **RGPH.2008.** Recensement Global de la Population Habitat.
- **Reghezza, M., 2006 b.** Réflexions autour de la vulnérabilité métropolitaine : la métropole parisienne face au risque de crue centennale. Thèse de doctorant, Université Paris XNanterre, Paris, 382 p.
- **Ramande, F. (1994).** Elément d'écologie, écologie fondamentale .Edi science. Paris. 517p
- **Roche, M. (1963).** Hydrologie de Surface. Gauthier-Villars, Paris, France, 430p.
- **SI Ahmed, A., Yahaoui, N. (2017).** Etude de la vulnérabilité à la pollution de la région de Boulimat par la méthode Sintacs..Mémoire de master faculté des sciences de la nature et de la vie .Université de Bejaia. 41p.
- **Saliha N. 2014.** Etude de l'évolution de la salinisation de l'aquifère de la chaouia (Azemmour – Bir Jdid, Maroco). Climatologie, hydrogéologie, hydrochimie et tomographie. Maroc. pp. 144-146.
- **Tatso R. 2011.** Intégration d'un observatoire urbain sur Google Maps : Cas des infrastructures de la santé de la ville de Douala Cameroun, Thèse de doctorat, Académie Internet. p. 78.
- **VRBA J.& ZOPOROZIC A, (1994),** « guidbook on mapping groundwater vulnerability. In international contributions to hydrogeology », 16, I. A. Hydrogeologists (editeurs), 131 p.
- **Vieville JJ. (1988).** Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines aux polluants et conception assistée par ordinateur. Projet de recherche présente pour l'option conception et gestion.

Site web :

- <http://documents.irevues.inist.fr>
- www.actu-environnement.com
- www.algerie-monde.com

Résumé

Les zones côtières sont généralement un lieu de concentration de différentes activités anthropiques : la forte urbanisation, l'industrialisation, l'agriculture maraîchère et l'activité touristique. Les aquifères côtiers se trouvent par conséquent souvent confrontés à des exploitations abusives pour répondre à des besoins en eau très élevés et se trouvent exposés à des problèmes de pollution ; Il s'agit de phénomènes d'avancée du biseau salé dans les terres en cas de mauvaise gestion quantitative des nappes. La combinaison des outils, géologiques, géophysiques, hydrogéologiques, piézométriques, et hydrochimiques, ainsi que l'utilisation des méthodes de cartographie a la vulnérabilité, méthode GALDIT cas de notre travail. Par ces différentes approches utilisées, nous avons démontré qu'il n'y pas d'invasion saline au niveau de la région étudiée.

Mots-clés : nappe côtière, invasion saline, vulnérabilité, pollution, GALDIT, eaux souterraines.

Abstract

The inshore zones are generally a place of different activities anthropiques concentration: the strong urbanization, the industrialization, the market agriculture and the tourist activity. The aquiferous inshore are therefore often confronted to the abusive exploitations to answer to needs in water very elevated and are expositions to problems of pollution. It is about phenomena of advanced of the bevel salted in earths in case of bad quantitative management of tablecloths. The combination of tools, geological, geophysical, hydrogéologiques, piézométriques, and hydrochimiques, as well as the use of cartography methods has the vulnerability, method GALDIT case of our work. By these different used approaches we demonstrated that him there not of saline invasion at the level of the studied region.

Words - key: inshore tablecloth, saline invasion, vulnerability, pollution, GALDIT, underground waters