

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme
LICENCE ACADEMIQUE
en Hydraulique
Spécialité : Sciences Hydrauliques**

Thème

**Cartographique des caractéristiques physicochimiques des
eaux souterraines par un système : SIG cas la commune de
zaafran wilaya de jelfa**

Préparé par :

Boudraa Elabbas karam allah
Zeghmar Amer
Zeghad Ibrahim
Achour Abd Elghani

Dirigé par :

M. Koussa Miloud

Année universitaire :2013/2014

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord mon dieu pour pouvoir m'aider et m'encourager pour compléter ce modeste travail.

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon promoteur **Monsieur koussa miloud**, de l'université de Mila, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de diriger ce travail, et pour ses conseils judicieux et ses orientations,*

j'adresse mon grand amour à mes parents, mon père pour son sacrifice ma mère pour sa tendresse, et mes frères et sœurs, Je remercie par la même occasion tous mes amis de cet promotion , c'est grâce à leur amour et leurs sacrifices que ce mémoire a été mené à bonne fin. Mon plus grand souhait dans cette vie.

Nous remercions toutes personnes qui ont contribué de près ou de Loin à l'achèvement de ce travail.

SOMMAIRE

Chapitre I

I. Présentation de la région d'étude.....	1
I.1. Situation géographique	1
I.2. Ressources en eau.....	2
I.2.1. Alimentation et stockage de l'eau.....	2
I.2.1.1. Alimentation d'une nappe	2
I.2.1.2. Ressources hydriques	2
I.2.1.3. Réseau hydrographique	3
I.2.1.3.1. Le sous bassin versant d'oued Touil	3
I.2.1.3.2. Bassin versant de Zahrez	3
I.2.1.4. Les eaux souterraines	3
I.2.1.5. Les eaux superficielles	4
I.2.2. Inventaire de point d'eau	5

Chapitre II

Introduction	6
II. Les systèmes d'information géographique	6
II.1 fonctionnement des SIG	12
II.2. Domain d'application des (SIG)	13
II.3 Présentation du logiciel arcgis 9.3	15

Chapitre III

Introduction	17
III. Etude des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau	17
III.1. Paramètres physiques	17
III.1.1. Conductivité électrique	17
III.1.2. Turbidité	19
III.1.3. Résidus secs	19
III.2. Paramètres chimiques	19

III.2.1. Cations	19
III.2.1.1. Calcium (Ca²⁺)	19
III.2.1.2. Magnésium (Mg²⁺)	20
III.2.1.3. Potassium (K⁺)	20
III.2.1.4. Sodium (Na⁺)	20
III.2.2. Anions	21
III.2.2.1. Bicarbonates et Carbonates	21
III.2.2.2. Chlorures	21
III.2.2.3. Nitrates (NO₃⁻) et Nitrites (NO₂⁻)	21
III.2.2.4. Sulfates (SO₄²⁻)	22

Chapitre IV

Introduction	23
IV .1 .Les caractéristique climatiques et bioclimatiques	23
IV .2. Analyse des facteurs climatiques majeurs	23
IV .2.1. Analyse des paramètres hydrique	23
IV .2.1.1. Le Vent.	23
IV .2.1.2. L'humidité	23
IV .2.1.3. Estimation de l'évapotranspiration	24
IV .4.2.1.4 Précipitation moyennes mensuelles	24
IV .2.1.5. Répartition saisonnière des précipitations	25
IV .2.2 .Analyse des paramètres thermiques	26
IV .2.2.1. Températures moyenne mensuelle (°C).	26
Conclusion	27

Chapitre V

V .I . Cartes de répartition des cations	31
V .I.1. Carte d'évolution de Calcium Ca⁺⁺	31
V .I.2. Carte d'évolution de Magnésium Mg⁺⁺	31
V .I.3. Carte d'évolution de Potassium K⁺	32
V .I.4. Carte d'évolution de Sodium Na⁺	32
V .II. Cartes de répartition des anions	33
V .II.1. Bicarbonates HCO₃⁻	33
V .II.2. Chlorures Cl⁻	33
V .II.3. Nitrates NO₃⁻	34
V .II.3. Sulfates SO₄.....	34

Conclusion générale

Références bibliographiques

La liste de figure et tableau

ANNEXES

Introduction générale

Introduction Générale

L'eau joue un rôle important à la surface de notre planète qu'elle soit à l'état liquide, solide ou gazeux. Elle est présente dans le sol, sur la terre et dans l'atmosphère.

Aujourd'hui la qualité de l'eau et de l'environnement nous concerne tous, elle est prioritairement une exigence de santé, c'est pourquoi, il est nécessaire de la traiter de l'économiser. L'évaluation de la qualité des eaux repose sur la connaissance des paramètres physique, chimique et microbiologique. Ce pendant la réglementation relative aux eaux destinées à la consommation humaine prévoit la détermination de certains paramètres microbiens pour la contrôler.

La steppe est constituée d'un vaste territoire caractérisée par un climat semi-aride. Dont l'aridité est définie grâce à un ensemble des facteurs climatiques (précipitations, humidité, température.....)Et parmi les problèmes qui devint le plus en plus préoccupant c'est le phénomène de la salinité de l'eau, ce dernier a plusieurs répercutions sur la qualité des eaux et leurs aptitudes pour l'irrigation.

Dans la région de zaàfrane les eaux des puits considèrent comme une source principale pour l'irrigation, on tenir compte que le nombre des puits dépasse 441 puit.

Dans le cadre d'étude on base sur les caractéristiques physico-chimique des eaux des puits pour objectif de :

L'homme est culturellement initié aux représentations symboliques, la cartographique (SIG).

L'objectif de notre travail est l'utilisation des moyens SIG (logiciel Arcgis et Global mapper) et à l'aide des fichiers DEM pour l'établissement des cartes iso teneurs des principaux paramètres mettant en évidence la variation spatiale des caractéristiques physico-chimiques des eaux des puits a fin d'estimer le degré de minéralisation des eaux étudiée.

Par ailleurs ces cartes permettent de donner une explication du comportement hydrogéochimique des eaux souterraines.

Chapitre I

Présentation de la région d'étude

I. Présentation de la région d'étude

I.1. Situation géographique :

La commune de Zaâfrane en 1974 est située à environ 61Km Nord du chef la wilaya de Djelfa à 950 m d'altitude elle s'étend sur superficie de 121400 ha représentent 8,76 de la superficie globale de la wilaya de Djelfa (A.P.C Zaâfrane).

Elle est limitée au Nord par la wilaya de Tiaret et la commune de Guernini, à l'Ouest par communes d'El gueddid et Charef, à l'Est par communes Hassi bahbeh et Djelfa et au Sud par les communes de Benyagoub et Ain El bel (fig N°1).

Longitude Est 2°27' à 3°05'

Latitude Nord 34°32' à 35°03'



Figure N °1 : Carte de la situation géographique de la région d'étude.

I.2. Ressources en eau

I.2.1. Alimentation et stockage de l'eau

I.2.1.1. Alimentation d'une nappe :

La source d'alimentation en eau d'un bassin hydraulique est fournie par les précipitations efficaces c'est à dire par le volume d'eau qui reste disponible a la surface de sol après soustraction des pertes par évapotranspiration réelle .l'eau se repartie en deux fractions :

- Le ruissellement qui alimente l'écoulement de surface collecté par le réseau hydraulique ;
- L'infiltration qui alimente le stock d'eau souterrain.

La hauteur d'infiltration et la quantité d'eau infiltrée à travers le sol pendant une durée déterminée. Le taux d'infiltration et le rapport entre la hauteur d'infiltration et la hauteur de précipitation efficace.

Les parts respectives du ruissellement et de l'infiltration sont régies par de nombreux facteurs :

- La géomorphologie de bassin : pente topographique, réseau hydraulique.
- La lithologie de sous-sol.
- Sol : nature, humidité, couverture végétale.
- La profondeur de la surface piézométrique.
- L'aménagement des eaux et des sols : barrage, dérivation des cours d'eau, rectification

De lit, drainage des zones humides, imperméabilisation de surface (Zones urbain, voies de communication), pratiques agricoles.....

I.2.1.2. Ressources hydriques :

L'aridité du climat de la région, se traduit par d'important écarts de température et par une pluviométrie insuffisante et irrégulières, le réseau hydraulique de type endoréique (ou écoulement interne) drainé vers les dépressions fermés (chotts, sebkhya) est faible.

La potentialité en eau souterraines de la région sont quant a elles insignifiantes comparés à la potentialité recèlent les nappes souterraines de l'Algérie nord en raison de l'insuffisance pluviométrique de la région mais aussi pour l'insuffisante couverture par des études hydrologique complètes, permettent d'estimer la potentiel en eau souterraine.

I.2.1.3. Réseau hydrographique :

Sont constitué par un ensemble des oueds de type endoréique (95% des bassins versant)
La dépression du zahrez el guarbi est l'exutoire des différents oueds pendant la saison des pluies.

Au nord-ouest de la zone est constitué par un réseau d'affluents oued Touil qui constituent la partie amont de l'oued cheliff qui sont xérique (qui se déversent dans la mère).

La zone étudiée comprend deux ensembles hydrographiques :

- Le bassin versant de Zahrez.
- Le sous bassin versant d'oued Touil

I.2.1.3.1. Le sous bassin versant d'oued Touil :

Il occupe une superficie 6600 ha soit 5.44% de l'ensemble des territoires, il est situé dans la partie Nord- Ouest de la zone étudiée, il draine les écoulements de la région de Chebket-EI- Meksem et Draa Er-rmel par le sens Est-Ouest

I.2.1.3.2. Bassin versant de Zahrez :

Il occupe de 114800 ha. Soit 94.56% de l'ensemble de la zone étudiée, il draine les écoulements des plaines et des plateaux issus d'un réseau d'oueds dont les plus importants sont oued El-Hadjia et oued Kerireche, ces oueds sont caractérisés par des écoulements pérennes.

I.2.1.4. Les eaux souterraines :

Les eaux que l'on peut trouver dans le sous-sol ont des origines diverses, les nappes phréatiques ne sont séparées de la surface par aucune couche imperméable. Elles peuvent être superficielles ou profondes suivant la situation du niveau imperméable qui les supporte, Elles sont alimentées par les pluies et leur niveau varie selon que la saison des pluies a été copieuse ou non. D'autres nappes sont séparées de la surface par une ou plusieurs couches imperméables.

I.2.1.5. Les eaux superficielles :

D'après Pouget (1980), la région de Zaâfrane est caractérisée par les pluies brèves et intenses (orages) qui causent les écoulements superficiels généralement par les oueds à endoréisme dans la zone.

Il existe deux types d'oueds :

Les oueds à écoulement pérenne traversant les plaines et le cordon dunaire pour atteindre la dépression de Zaâfrane, qui collecte les eaux des plateaux et des plaines se sont l'oued Messrane et l'oued Hadja.

Il existe un écoulement d'eau de surface occasionné par les averses de forte intensité et les crues, les crues sont irrégulières en nombre, en intensité et en durée. Leur répartition est variable au cours de l'année.

Les caractéristiques principales des eaux superficielles de la zone d'étude est la présence de Zahrez El-ghurbi (Sebkha). Et il reçoit les eaux de ruissellements et ne porte aucune végétation.

Pendant la saison de pluies en hiver, la Sebkha se transforme en un véritable lac et en saison estivale, la Sebkha se dessèche et elle ne subsiste qu'un mince film d'eau discontinu et sursaturée en sel de sodium.

Selon l'étude de Pouget (1980), et Tryssac (1980) il existe trois types de nappe :

- la nappe phréatique du Zehrez El-Gharbi :

Elle s'appauvrit eau peu profonde en bordure 1 à 3 m, par contre la profondeur augmente progressivement et peut atteindre 30 m.

Les puits les plus importants sont creusés, dans les principales zones d'épandage de crues. Cette nappe occupe la zone nord de la région d'étude.

- la nappe phréatique située au cordon dunaire :

D'après Pouget (1971), le cordon dunaire constitue un recevoir idéal pour toutes les eaux de ruissellement descendant du piedmont de l'Atlas saharien.

Son niveau change en fonction de la disponibilité pluie et de son exploitation.

Cette nappe peu profonde de 0 à 15 m, mais elle atteint 30 m. Dans quelques endroits, il semble que cette nappe soit alimentée par l'oued Kouririche.

- La nappe du turonien :

Elle est constituée de calcaire massif et de calcaire en plaquettes, la salure augmente vers l'aval puisque le résidu sec qui n'est que 3g /l, à Messrane, atteint 20g/l sous l'épandage.

Cette formation aquifère est considérée comme un bon recevoir au niveau de la partie centrale et plus particulièrement dans les zones de Djebel Ouacha et Brade El-Aiche.

I.2.2. Inventaire de point d'eau :

Les puits sont la majorité des points d'eau dans la région de Zaâfrane, ils servent irriguer les terres et à l'alimentation en eau potable de la population D'après l'inventaire effectué par les techniciens de L'ANRH en 1993 plus de 362 puits paysans, 5 sources situés au Sud de la zone et un forage, Dans notre projet il Ya que les données de 14 points que sont disponibles.

Chapiter II

Systeme d'information géographique

Introduction :

Un objet ou un événement localisé dans l'espace constitue, avec ses données attributaires, une information géographique. L'objectif des Systèmes d'information Géographique est de permettre la gestion de ce type d'information. Les SIG doivent donc être capables de traiter le volet graphique de l'objet mais également son contenu sémantique ce qui le rapproche des Systèmes d'information (SI).

Le champ de ces informations géographiques est très vaste. Il comporte à la fois des objets localisables par nature (les cours d'eau, les routes, les limites communales...) et d'autres (les plus nombreux) qui le sont par association. Il est ainsi possible de rattacher le débit d'un cours d'eau à une station de mesure ou des clients à une région. De ce fait, les domaines d'application des SIG sont également très vastes et couvrent de nombreux domaines allant de l'aménagement du territoire au géomarketing.

La représentation de cette information géographique est la cartographie, une des premières tâches qu'il soit possible de réaliser avec un SIG. Mais il est capital de noter qu'ils peuvent dépasser ce niveau d'analyse en permettant d'étudier les relations spatiales entre des objets d'une même thématique (compréhension de la structure des réseaux hydrographiques) mais également entre des objets de thématiques différentes (relation entre la répartition de la population et celle des centres hospitaliers). De ces analyses pourront découler des modèles et/ou des simulations qui conduiront à la production d'information à destination du décideur.

C'est donc ce niveau d'analyse qui fait du SIG un outil d'aide à la décision « territorial ».

L'objectif de cet article est de proposer une introduction aux SIG qui permettent de revenir dans

II. Les systèmes d'information géographique

Le système d'information qui a recours à une base de données spatiale pour trouver une réponse à des requêtes de nature géographique au moyen de diverses manipulations, telles que le tri, la recherche sélective, le calcul, l'analyse spatiale et la modélisation. Il est connu par abréviation S.I.G (système d'information géographique) ou SIT (Systèmes d'Information du Territoire) et il définit :

- Le système d'information géographique (S.I.G) se définit comme étant un système d'acquisition, de gestion, d'analyse et de représentation des données. Il est spécifiquement conçu pour traiter des entités géographiquement référencées, c'est-à-dire dont on connaît les coordonnées x{longitude}, y {latitude}, voire altitude} selon une projection donnée {Lambert, etc.} .

- Le S.I.G est une méthode d'enregistrement, de gestion et d'extraction d'information relative à l'environnement terrestre et ayant une forme structurée. Cette information est définie, entre autre, par ses paramètres de localisation spatiale permettant de la manipuler et de la cartographier de plusieurs manières (BON, 1994).

Le terme de « système d'information à référence spatiale » (SIRS) a été proposé comme étant plus générique, il s'est notamment largement répandu au Canada. Mais, le terme « système d'information du territoire » (SIT) est généralement utilisé dans les domaines du cadastre et de l'aménagement du territoire (KNO, 2005).

Qu'il soit dénommé SIG, SIRS ou SIT, le système d'information géographique est un ensemble organisé de matériels informatiques, de logiciels, de données géographiques et de personnels capables de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées.

Un système d'information est un objet artificiel greffé sur un objet naturel pouvant être une Organisation. Il est conçu pour mémoriser un ensemble d'images de l'objet réel à différents moments de sa vie. Il constitue ainsi une extension de la mémoire humaine, qui amplifie la capacité de la mémorisation des acteurs et facilite leur prise de décision (CEM, 2000).

Historique du S.I.G :

A . Période des précurseurs (années 60) :

- Développement "aléatoire";
- Travaux pionniers des laboratoires de calcul (USA principalement)(BEL, 2007);
- Applications pilotes (USA Bureau of the Census, militaires).

B . Expérimentation (années 70) :

- Arrivée des unités graphiques, informatique des spécialistes

- Apparition des premières compagnies de logiciels de S.I.G
- ESRI 1969, Intergraph, Computer Vision, Synercom

C . Mise en œuvre (années 80) :

- Développement des applications
- Diffusion des outils (Ex: ArcInfo 1982)
- Essor de la recherche, mise en place des programmes d'enseignement
- Emergence d'une communauté d'utilisateurs

D. Maturité (années 90) :

- Généralisation des applications et élargissement des thématiques
- Multiplication des outils, apparition du Desktop GIS
- Apparition d'un marché commercial
- S.I.G sur internet

E. Diffusion (années 2000) :

- S.I.G Mobile (Geolocationbased services)
- Interopérabilité (RIE, 2001)

Les composants d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est constitué de 4 composants majeurs (Voir figure N°2) :

a) Matériel

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

b) Logiciels

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.

Principaux composants logiciel d'un SIG :

Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques.

Système de gestion de base de données.

Outils géographiques de requête, analyse et visualisation.

Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

c) **Données**

Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

d) **Utilisateurs**

Un Système d'Information Géographique (SIG) étant avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour et il est raisonnable de penser qu'à brève échéance, nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.



Figure N °: 2 Composants d'un SIG

II.1 fonctionnement des SIG

Le système d'information est défini par Burrough (BUR, 1986) en fonction des opérations que permet cet outil informatique :

- La saisie (numération) des données ;
- Le stockage (base de données graphiques et attributaire) ;
- L'analyse (requête, modélisation, simulation) ;
- La sortie (production de cartes, tableaux et graphiques, exportation et transfert de fichiers).

Le S.I.G offre cinq fonctionnalités, plus connues sous le terme des «5A» (Abstraction, Archivage, Analyse, Affichage et Acquisition) (DEN, 1996) (figure N 3).

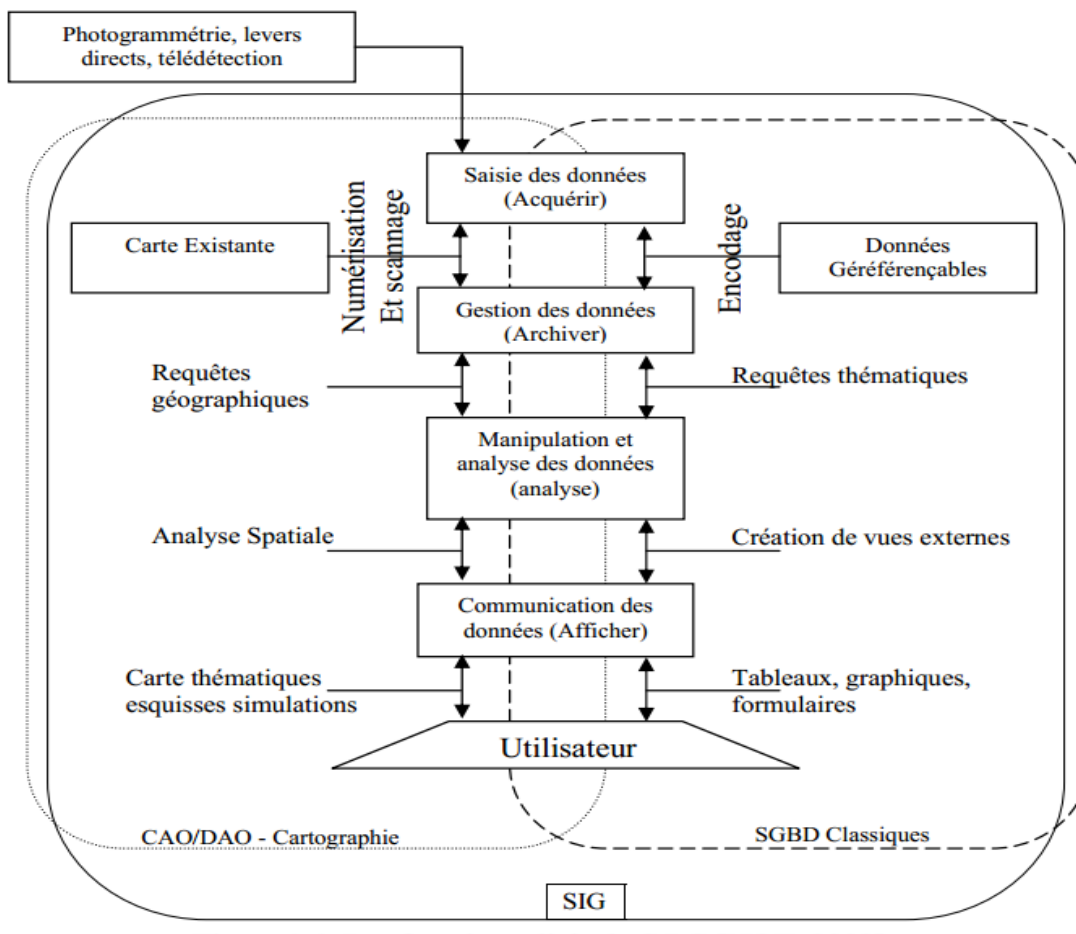


Figure N 3: Les fonctionnalités du S.I.G (NOT, 2002).

Les fonctionnalités sont :

- L'acquisition des données localisées dans une base d'information géographique ;
- L'archivage des informations sous forme de plans thématiques, permettant un accès rapide ;
- L'accessibilité aisée à l'ensemble des informations par un affichage des couvertures ou par un Accès direct aux fichiers informatiques ;
- L'analyse des informations par divers traitements spatiaux basés sur une ou plusieurs couches (s), et conduisant à produire une information inédite ;
- La valorisation des résultats sous différentes formes : tableaux, cartes et consultations à l'écran (AUG, 2004).

II.2. Domain d'application des (SIG)

Les domaines d'application des S.I.G sont aussi nombreux que variés (Fig. 4) Citons cependant:

- Les applications touchant l'environnement (météorologie, océanographie, changement Climatique) ;
- L'aménagement du territoire (ex. urbanisme, agriculture de précision et sylviculture)
- La prospection (ex. pétrole, gaz) ;
- La prévention et la gestion des catastrophes naturelles ;
- La surveillance des traités (OCD, 2004)(ex. environnement, désarmement (C3R))

Domaines	
Commentaires	
Protection des zones humides, études d'impact environnemental, gestion des produits dangereux, modélisation des eaux souterraines et dépistage des contaminants, recherche du potentiel minier, etc.	Localisation à partir des adresses, planification des transports, développement de plan d'évacuation, planification et distribution des flux de véhicules, localisation des accidents, sélection d'itinéraires, etc.
Administration municipale	Gestion du cadastre, zonage, évaluation foncière, gestion de la qualité des eaux, entretien des infrastructures, schémas d'aménagement, etc.
Gestion des installations	Localisation des câbles et tuyaux souterrains, rééquilibrage des réseaux électriques, planification et entretien des installations, localisation des dépenses énergétiques, etc.
Commerce	Analyse de la structure des marchés, planification des développements et ciblage des clientèles, analyse de la concurrence et des tendances des marchés, etc.
Santé	Épidémiologie, répartition et évolution des maladies et des décès, distribution des services socio-sanitaires, plans d'urgence, etc.
Protection de l'environnement	Étude des changements globaux, suivi des changements climatiques, biologiques, morphologiques, océaniques, etc.

Fig. 4 : Domaine d'application de SIG

II.3 Présentation du logiciel arcgis 9.3

En 1999 ESRI a édité une suite de logiciels, qui porte comme nom Arc GIS.

L'évolution d'ArcView à Arc GIS n'est pas une mise à jour simple, mais un développement D'une toute nouvelle famille de SIG, comme le montre son nouveau nom.

ArcInfo : est la version la plus complète d'Arc GIS. Arc Info Desktop est composé de Trois modules avec des fonctionnalités différentes : Arma, ArcCatalog et ArcToolbox. Ces Applications représentent les fondements méthodologiques et les clefs d'accès pour un utilisateur du SIG : Cartes, Données et Outils.

ArcMap : est l'environnement de traitement des données et de rédaction de documents cartographiques. Ses fonctions clefs sont la visualisation, la création, l'édition, la consultation, L'analyse et la mise à jour des données cartographiques ou géographiques.

Les informations géographiques s'affichent sur une carte sous la forme de couches.

Chaque couche représente un type particulier d'entités. Une couche ne contient pas de Données mais renvoie à une source de données, qui est stockée sur le disque ou ailleurs.

ArcCatalog : est une application orientée sur les données pour la gestion, la Localisation et la navigation dans les données spatiales. Toutes les connexions aux données Nécessaires sont y définies. Ces connexions peuvent appeler des dossiers sur disque, des bases De données en réseau ou des serveurs internet « ArcIMS ».

ArcToolbox : est une application pour la mise en œuvre de toutes les opérations de Traitement géographique. Elle inclut les fonctionnalités d'analyse de données et de conversion De formats. Cette application peut être considérée comme la nouvelle interface de présentation Des fonctions de géo traitement d'Arc Info.

Conclusion :

L'information géographique peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique (coordonnées X, Y, Z) à la surface de la terre. Ces informations géographiques peuvent être gérées dans des Systèmes d'Information Géographique (S.I.G). Qu'il soit dénommé SIG, SIRS ou SIT, le système d'information géographique s'appuie sur les Technologies de base de données en lui ajoutant des capacités de description et d'analyse spatiales.

Aujourd'hui, les systèmes d'information géographiques représentent un marché de plus d'un milliard d'euros sur le territoire français. Les utilisateurs de S.I.G dépensent parfois chaque année des centaines de milliers d'euros en conseil, logiciels, matériels, données, formation et développement.

Les systèmes d'information géographiques jouent un rôle prépondérant puisqu'ils combinent les Fonctions d'intégration, de gestion, d'analyse et de visualisation des données spatiales. Certains auteurs [KLE,2001] vont jusqu'à affirmer que l'innovation à laquelle donnent lieu les systèmes d'information géographiques dans la société et les sciences, correspond au premier stade d'une révolution scientifique, technologique et intellectuelle aussi profonde que la révolution provoquée par l'imprimerie.

Dans le chapitre suivant, nous nous intéresserons à la modélisation des entités géographiques d'un réseau routier urbain des communes algériennes, pour pouvoir concevoir un système d'information géographique capable de gérer la circulation routière et les itinéraires de voyage.

Chapiter III

Paramètres pysico-chimiques des
eaux

Introduction :

Les eaux souterraines constituent en général des réserves naturelles de bonne qualité qui nécessitent peu de traitement par rapport aux eaux de surface. Cette ressource doit être bien gérée car elle est ni inépuisable, ni insensible aux agressions de l'environnement. Il est indispensable d'assumer une gestion quantitative et quantitative des eaux souterraines, afin de satisfaire la demande par les points de production les mieux adaptés. Une exploitation rationnelle est indispensable, car une exploitation mal maîtrisée des nappes pourrait avoir des conséquences très néfastes et peut être irréversibles sur la qualité de l'eau.

Une eau est polluée lorsque sous l'effet de l'activité humaine, elle devient impropre à satisfaire la demande d'utilisation ou qu'elle présente un danger l'environnement (Castany ,1982).

1. Etude des caractéristiques physiques et chimiques de l'eau :

L'étude ne concerne que les caractéristiques physiques et chimiques qui ont été prises en compte au cours de notre travail.

1.1. Paramètres physiques :**1.1.1. Conductivité électrique :**

La conductivité électrique est une mesure qui permet un contrôle simple et rapide de la minéralisation des solutions. Elle dépend de la force ionique de l'eau et augmente en fonction de la teneur en ions dissous, de la nature des différentes substances dissoutes, à leurs concentrations réelles et relatives et à la température à laquelle est mesurée.

L'unité principale de conductivité qui varie d'environ 2% par °C (Jean, 2000).

La CE est proportionnelle à la somme des cations ou des anions (Achour et Guergazi, 2005). par ailleurs la minéralisation des eaux comme indiquée dans le tableau ci-dessous est

Tableau N°01 : La conductivité et le degré de la minéralisation

Conductivité	Minéralisation
0 - 100 us /cm	Minéralisation très faible
100 - 200 us /cm	Minéralisation faible
200 - 333 us/cm	Minéralisation moyenne accentuée
333 - 666 us/cm	Minéralisation accentuée
666 - 1000 us/cm	Minéralisation importante
> 1000 us /cm	Minéralisation élevée

(Diallo, 1996)

Température :

Les valeurs mesurées de la température dépendent essentiellement de l'heure de la mesure, de la saison et de l'ensoleillement lorsque la nappe est peu profonde. Des variations apparaissent encore, selon le mois de l'année ou la saison.

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, Il est à signaler que la connaissance de ce paramètre

Peut aider d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau (Guy, 2003).

Potentiel d'hydrogène (PH) :

Le PH est une mesure de l'activité des ions hydrogènes (H^+) dans une solution aqueuse exprimée en moles /litre. L'échelle des PH s'étend en pratique de 0(très acide) à 14(très alcaline). Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (tableau 02). Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco-carbonique (Moussa, 2005) :



Tableau N°02 : Classification des eaux d'après leur pH.

pH	L'alcalinité ou l'acidité des eaux
PH <5	Acidité forte présence des minéraux ou matières organiques dans les eaux naturelles
PH =7	PH neutre
7 < PH <8	Neutralité approchée majorité des eaux de surface
5.5 <PH <8	Majorité des eaux souterraines
PH > 8	Alcalinité forte, évapora

1.1.3. Turbidité :

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension à savoir : Argiles, grains de silice, matières organiques, etc. l'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité. Celui – ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace (Rodier, 1978).

Tableau N°03 : Classification des eaux en de la turbidité.

Turbidité	NTU<5	5< NTU < 30	NTU > 50
Nature de l'eau	Eau claire	Eau légèrement trouble	Eau trouble

(NTU, nephelometric turbidity unit)

(Rodier,

1978)

1.1.4. Résidus secs :

Les résidus secs, exprimés en (mg/l), représente la totalité des sels dissous, il est obtenu par dessiccation de l'eau à 110° C (Rodier, 1978).

1.2. Paramètres chimiques :

L'eau, au contact des terrains qu'elle rencontre, se charge en divers élément qui vont influencer sur sa qualité. Certains de ces éléments sont présents naturellement dans le sol, et vont définir la qualité « naturelle » de l'eau. Ainsi l'eau à l'état naturel peut contenir (Kane, 2000) :

- des matières organiques,
- des matières dissoutes provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, sulfates, chlorures, métaux lourds,...)
- des particules en suspension

1.2.1. Cations :**1.2.1.1. Calcium (Ca²⁺) :**

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, et. Les eaux pluies, de citernes n'es renferment que des traces. Certaines eaux minérales en contiennent plusieurs centaines de milligrammes par litre. En dehors de certaines manifestations gustatives, les eaux qui dépassent 200 mg /l de calcium présentent de sérieux inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (Rodier, 1996).

Le calcium est l'un des principaux cations qui soient associés à la dureté de l'eau potable. C'est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium.

Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ; qui sont facilement solubles.

1.2.1.2. Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium est un élément relativement abondant dans l'écorce terrestre et rentre toujours dans la composition des eaux naturelles en contact avec du granite, de la dolomie ou du calcaire (OMS, 1994). Il peut aussi provenir des embruns marins qui se sont infiltrés avec les eaux de pluie. Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à quelques fois, plusieurs centaines de milligrammes par litre (Tandia, 2000).

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2.5 pour cent de la croûte terrestre et forme généralement des minéraux comme la giobertite (magnésite), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante. Toutes les eaux naturelles en contiennent et il contribue largement à leur dureté. Les principales sources du magnésium contenu dans les eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et des carbonates de magnésium des roches sédimentaires.

1.2.1.3. Potassium (K^+) :

Le potassium est le deuxième élément le plus léger, le plus réactif, le plus électropositif des métaux. C'est un solide mou qui est facilement coupé à l'aide d'un couteau. Les surfaces fraîchement coupées ont un aspect métallique. Il s'oxyde rapidement dans l'air et doit donc être conservé dans l'huile. Comme les autres métaux alcalins, il se décompose au contact de l'eau avec formation d'hydrogène. Lorsqu'il est plongé dans l'eau, il prend feu spontanément. Ses sels émettent une couleur violette lorsqu'ils sont exposés à une flamme.

Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium (K^+) soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépassent pas habituellement 10 à 15 mg/l. le seuil de perception gustative du chlorure de potassium se situe à environ 20 fois cette valeur (Cheikh F, 2008).

1.2.1.4. Sodium (Na^+) :

Le sodium est élément fréquemment rencontré dans les eaux souterraines. Il présente plusieurs origines indépendamment du lessivage des formations géologique riche en NaCl ; le sodium peut provenir de la décomposition des sels minéraux tels que les silicates, des venues d'eaux salées dans les nappes ; des rejets d'eaux usées d'origine industrielle et domestique (Taha, 2002).

1.2.2. Anions :

1.2.2.1. Bicarbonates et Carbonates :

Les bicarbonates, ou hydrogénocarbonate, est un ion poly atomique dont la formule chimique est HCO_3^- . Bicarbonate porte ce nom de par le caractère double de ses propriétés, il est à la fois acide et base appartenant à deux couples acido-basiques différents, on appelle cela une espèce ampholyte. A ne pas confondre avec les ions carbonates qui portent deux charges négatives. Il s'agit de la forme intermédiaire entre la déprotonation de l'acide carbonique : ôter le premier proton (ion H^+) de l'acide carbonique donne le bicarbonate ; ôter le second proton donnera la forme carbonate ionique. L'anhydride carbonique libre dans une eau (sous forme de : carbonate et bicarbonate) dépend de l'alcalinité et de la valeur du PH de l'eau. C'est un facteur important en déterminant les propriétés corrosives d'une eau (Dan et al, 2009). L'équation de la dissolution est donnée comme suite :



Les bicarbonates n'ont pas un rôle prépondérant direct sur la santé humaine (Jacques et al, 2002).

1.2.2.2. Chlorures :

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) ; ils représentent environ 0.05% de la lithosphère. Ce sont les océans qui contiennent de loin la plus grande quantité de chlorures dans l'environnement.

Les chlorures donnent un goût désagréable et pose le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs à partir de 50mg/l (norme de l'O.M.S).

La présence des chlorures dans les eaux souterraines peut avoir une origine essentiellement agricole (engrais, pesticides etc..), industrielle et urbaine (eaux usées) (Achour et Guergazi, 2002).

Le chlorure est trouvé dans presque les eaux et vient d'un certain nombre de sources, compris les dépôts de minéraux. Elle est habituellement combinée avec du sodium et à un moindre degré avec du potassium, le calcium et le magnésium, qui prépare le chlorure un des composants les plus stables dans l'eau (Don et al, 2009).

1.2.2.3. Nitrates (NO_3^-) et Nitrites (NO_2^-) :

Les nitrates résultent de l'oxydation de l'azote organique et sont donc présents à l'état naturel dans les sols et dans les eaux. L'augmentation du taux de nitrates dans les eaux superficielles et souterraines est due pour une large part à l'enrichissement des sols par des engrais chimiques ou organiques, ainsi qu'aux rejets l'eau usées ou mal traitées dans les cours d'eau. Les nitrates en eux-mêmes ne présentent pas de danger particulier pour la santé, c'est leur transformation en nitrites dans l'estomac qui peut être toxique. la majeure partie de cette oxydation dans le sol et l'eau est réalisée en nitrifiant des bactéries et peut seulement se produire dans un environnement bien oxygéné. L'utilisation des engrais azotés sur la terre peut également provoquer des concentrations accrues en nitrate en eaux de surface et souterraines (Rieu, 1981).

Le nitrite ou azote nitreux, représente une forme moins oxygénée et moins stable, elle résulte de passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique (Moussa, 2005).

1.2.2.4. Sulfates (SO_4^{2-}) :

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse. Le gypse est un sulfate de calcium hydraté qui est faiblement soluble (7 g/l dans les conditions normales).

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre peut être très largement dépassé (jusqu'à 300 mg/l) dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. La teneur en sulfates des eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalinoterreux de la minéralisation (Rodier, 1996).

Chapiter IV

Etude Climatologique de la région
d'étude

Introduction :

L'étude climatologique a pour but d'estimer le volume d'eau mise à la disposition des nappes souterraines et de faciliter donc leur exploitation naturelle.

Les précipitations et les facteurs climatiques dans leur ensemble sont des variables très aléatoires dans le temps et dans l'espace, de même ils permettent d'expliquer quantitativement la variation de composantes du régime hydrologique dans sa conception la plus large. (TOURI 2010)

1 .Les caractéristique climatiques et bioclimatiques :

Vu l'absence de station météorologique à Zaafrane, nous avons pris en considération les données climatiques de la station la plus proche, en l'occurrence la station de Djelfa (O.N.M).

Pour extrapoler les données existantes pour Zaafrane, nous avons utilisé le gradient altitudinal pluviométrique adopté. Pour la steppe Sud Algéroise, ce gradient est de 20 mm /100mm, pour le gradient thermique nous avons utilisé celui de (SELTZERT.P ,1946) que est de 0.7°C/ 100m pour M est de 0.4°C 100m pour m.

Avec : M et m sont exprimées en degré Celsius. DJEBAILI(1984)

2. Analyse des facteurs climatiques majeurs :

Les précipitations et les températures sont les principaux facteurs climatiques que nous Etudions.

2.1. Analyse des paramètres hydrique :

2.1.1. Le Vent :

C'est un élément climatique qui permet le déplacement du sable et d'autres particules fines, il influe aussi sur l'évapotranspiration et les formations géomorphologiques. Caractérisé par une direction Est-Ouest.

2.1.2. L'humidité :

Joue un rôle très important, il est conditionné par la différence de température et la direction du vent.

L'humidité relative est toujours supérieure à 30 % variant de 34% en été à 78% en hiver, la moyenne annuelle est 59.95%.

2.1.3. Estimation de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration est définie comme étant l'ensemble des pertes par transformation de l'eau en vapeur quelque soit le facteur mis en jeu.

Transformation de l'eau en vapeur quelque soit le facteur mis en jeu.

L'évaluation de l'évapotranspiration par la formule de **TURC** suivant

$$ETR = P / (0.9 + P^2/L)$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

T : température moyenne annuelle (C°).

ETR : évapotranspiration réelle (mm).

4.2.1.4 Précipitation moyennes mensuelles :

La pluviométrie est un facteur primordial du climat, car d'une part elle est à la base du maintien et de l'épanouissement du tapis végétal, d'autre part elle joue un rôle important dans en cas d'insuffisance pluviométrique (figure N°3). TOUIRI (2010)

Tableau N°3 : précipitation moyenne mensuelle (1975-2003) en (mm)

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	797.12	783.44	710.16	647.12	752.56	458.4	221.12	369.68	636.8	657.28	711.04	619.92

(Source : O.N.M Djelfa ; 2010)

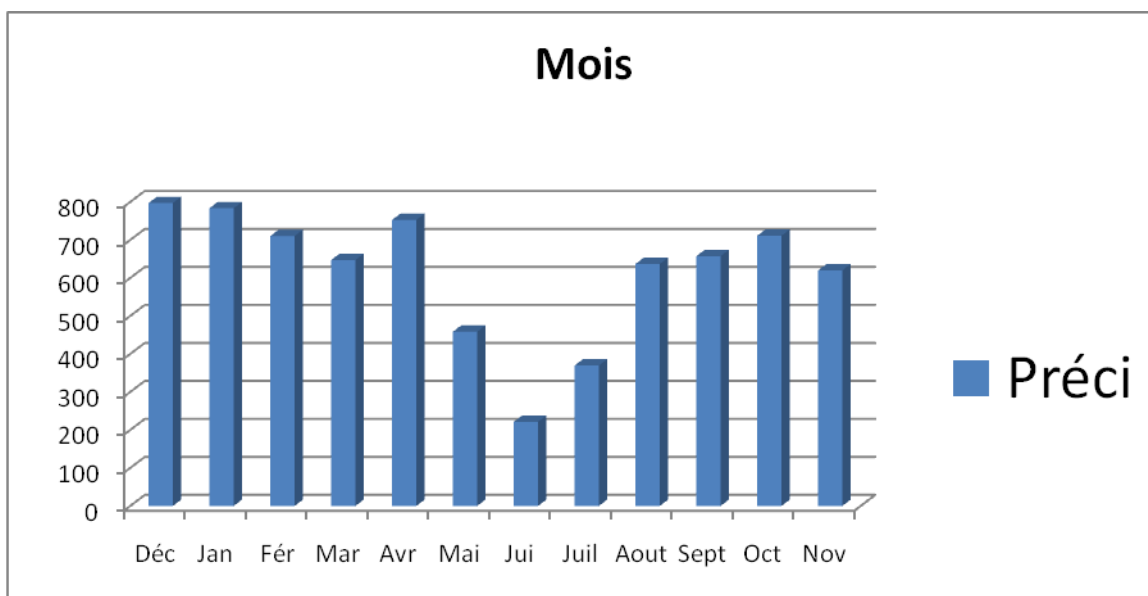


Figure N°4 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm).

Station de zaàfrane (1975-2003)

D’après la figure N°3, on constate que les plus arrosés sont novembre à février et mai, avec une pluviosité qui varie ente 800 et 650 mm

Les mois juin, juillet et aout sont les plus secs, les précipitations pour ces trois mois ensemble ne dépassent pas les 450 mm.

2.1.5. Répartition saisonnière des précipitations :

Tableau N°4 : Répartition saisonnière des précipitation (1975-2003)en (mm)

Saisons	Hiver			Printemps			Été			Automne		
	Déc	Jan	Fér	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
P (mm)	797.12	783.44	710.16	647.12	752.56	458.4	221.12	369.68	636.68	657.28	711.04	619.92
Saison	2163.28			2083.22			1068			2049.44		

(Source :O.N.M Djelfa ;2012)

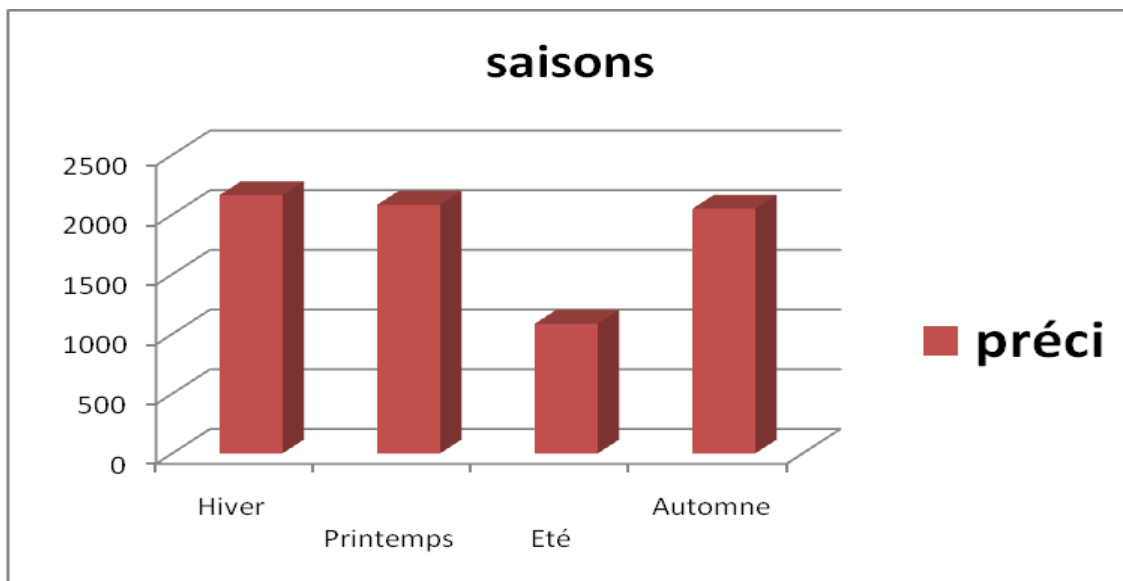


Figure N°4 : Répartition saisonnière des précipitations en (mm).

Station de Zaàfrane (1975-2003)

D'après la figure N°4, on constate que la saison la plus arrosée est l'Hiver, avec une précipitation qui atteint 2250mm, et une faible pluviosité en Eté qui ne dépasse pas 1000mm.

2.2 .Analyse des paramètres thermiques :

2.2.1. Températures moyenne mensuelle (°C) :

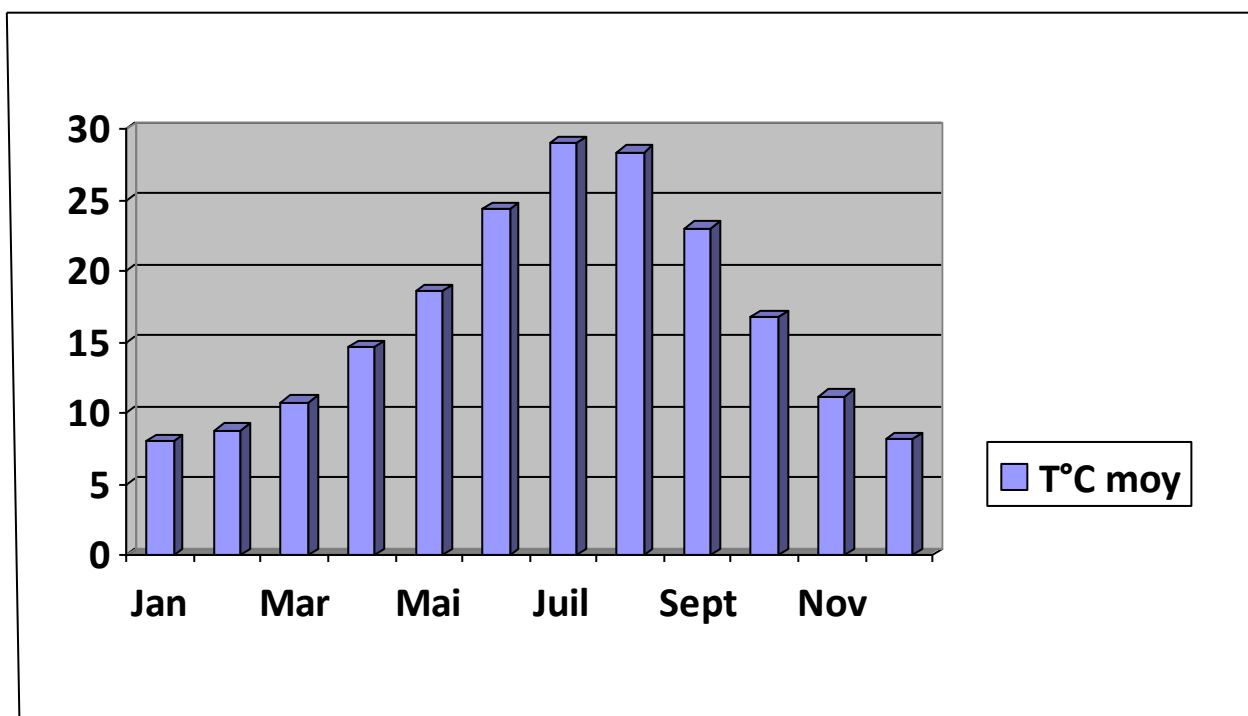
La températures et l'un des agents de la dégradation des sols ,elle a une action directe sur les roches et le sol pendant le jour , les rochers se chauffent par l'effet des rayonnements solaires ,elles se dilatent durant la nuit (figure N°4)

Tableau N°3 :Moyennes mensuelles des températures en (°C) de la

Station Zaàfrane (2007 -2011)

Mois	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T _{moy} C°	8.08	8.79	10.77	14.62	18.6	24.35	28.96	28.36	23.02	16.78	11.22	8.15

(Source : O.N.M Djelfa ; 2012)



**Figure N°4: Moyennes mensuelles des températures en (°C) de la station
de Zaaàfrane (2007-2011)**

D'après ce graphe, on remarque que les mois les plus chauds sont juillet et aout avec une température de 29°C, alors que les mois les plus froids avec une température de 8°C sont janvier, février, décembre.

Conclusion :

D'après l'étude de milieu, il ressorte que la zone de Zaafrane a les caractéristiques suivantes :

Une formation géologique riche en sels.

Les eaux souterraines et superficielles minéralisées.

L'étude du climat vient de confirmer un certain nombre de caractères classiques du climat méditerranéen aride, à savoir un climat spécifique, rude et contrasté se caractérisant aussi par :

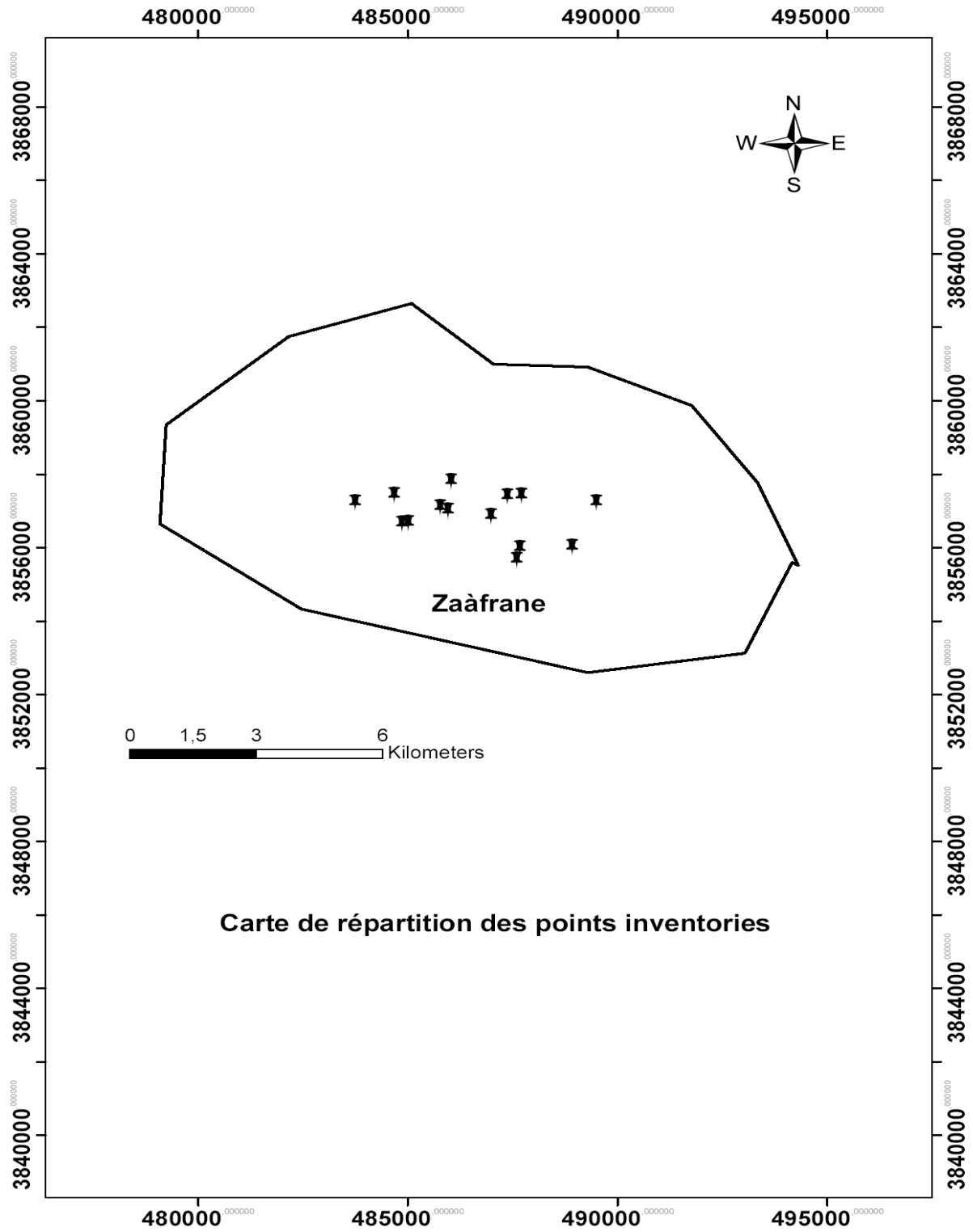
-une pluviosité annuelle très faible et très irrégulière.

- des températures moyennes assez élevées et une sécheresse estivale très prononcée,
- une saison froide avec des précipitations irrégulières ou le bilan hydrique reste toujours déficitaire.
- toutes ces facteurs déterminant une forte aridité et participant, en partie, à la formation des sols à caractère salin.

Chapiter V

Résultats et discussions

Carte de répartition des points inventoriés



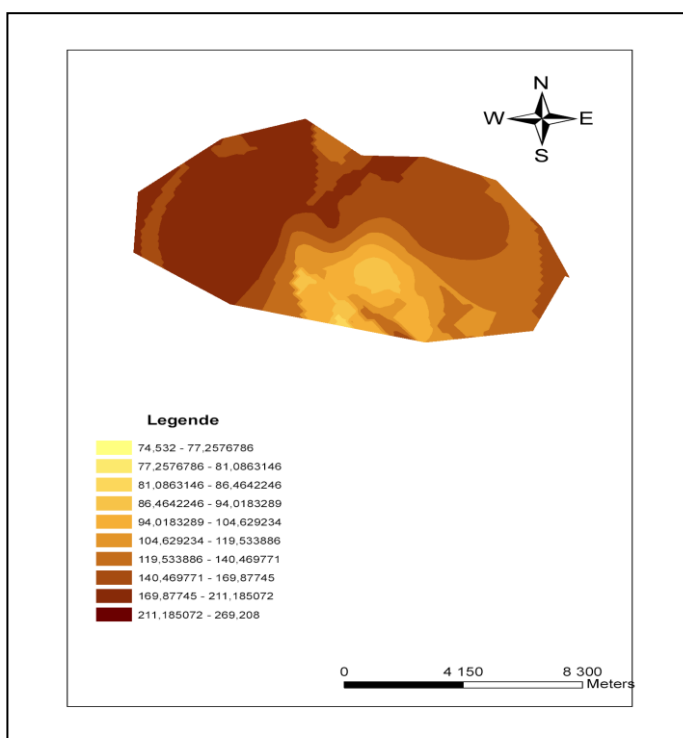
Dans notre étude les analyses physico-chimiques des eaux souterraines ont été effectuées au laboratoire de l'ANRH de Djelfa

Après la réalisation de base de données de les éléments chimiques majeurs avec leurs coordonnées géographiques de ces points (X, Y) on a établi les différentes cartes thématique des cations (Na, Ca, Mg, K) et des anions (Cl, HCO₃, NO₃, SO₄).

I. Cartes de répartition des cations :

I.1. Carte d'évolution de Calcium Ca⁺⁺ :

Selon la carte de répartition on constate que cet élément présente une variation de l'Ouest au Sud- Est de la région d'étude. Ces résultats sont influencés par la nature Géologique de terrain (calcimagnésique).

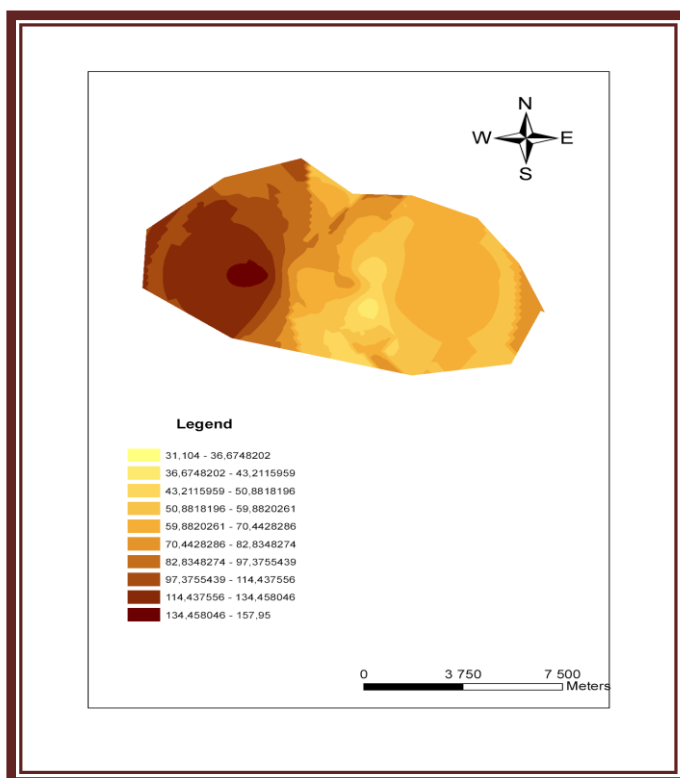


I.2. Carte d'évolution de Magnésium Mg⁺⁺ :

La figure ci-contre montre que le Magnésium varie de 34 mg/l à 170 mg/l

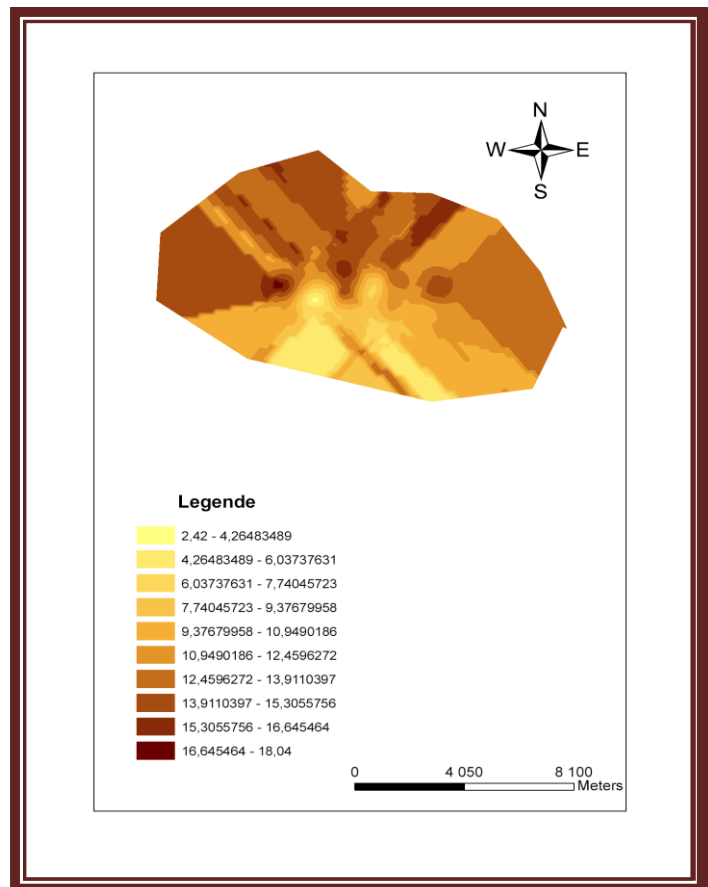
La région Ouest présente des valeurs plus élevées des normes de l'OMS (50mg/l)

Et sa revient au type géologique de la région (terrain calcimagnésique).



I.3. Carte d'évolution de Potassium K⁺

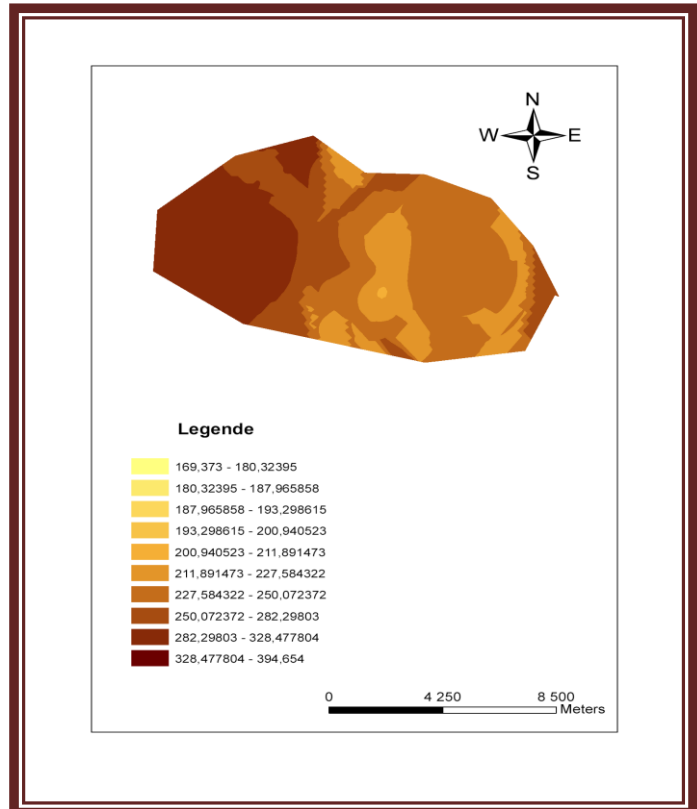
La teneur en Potassium est faible sur toute la région par rapport aux normes de l'OMS (12 mg/l). Il Ya quelques valeurs qui dépassent les normes qu'on peut l'expliquer par l'utilisation non controlée des engrais



I.4. Carte d'évolution de Sodium Na⁺

La teneur en Sodium est très élevées par rapport aux normes de l'OMS (150 mg/l) Sur toute la région d'étude.

Ces résultats peuvent se traduire par le lessivage de la formation géologique et la décomposition des sels minéraux

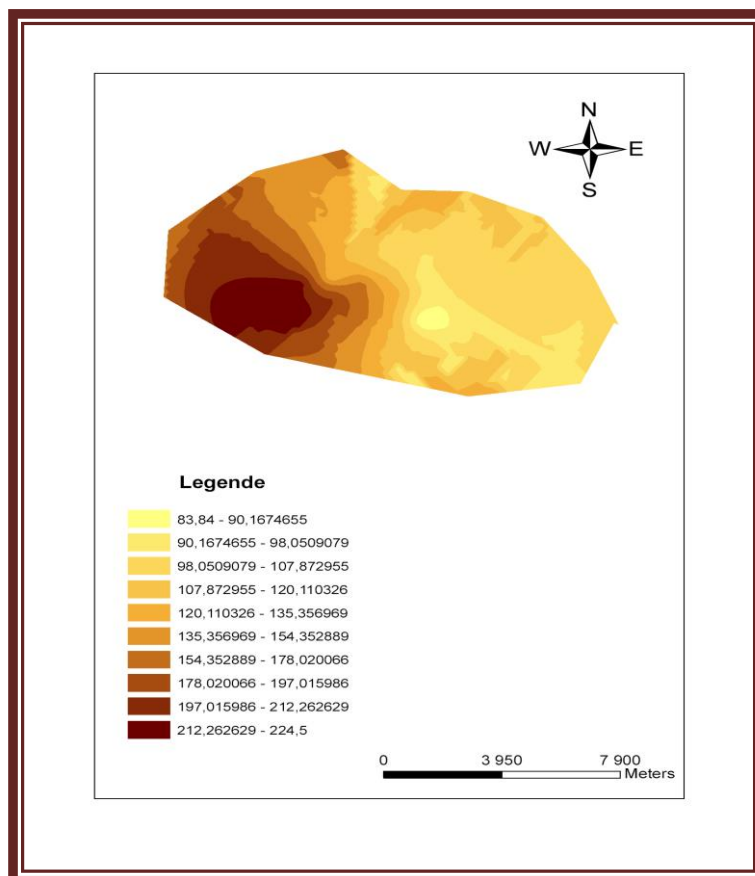


II. Cartes de répartition des anions :

II.1. Bicarbonates HCO_3^- :

Les ions de Bicarbonates montre une répartition varie de 60 à 224.5 mg/l

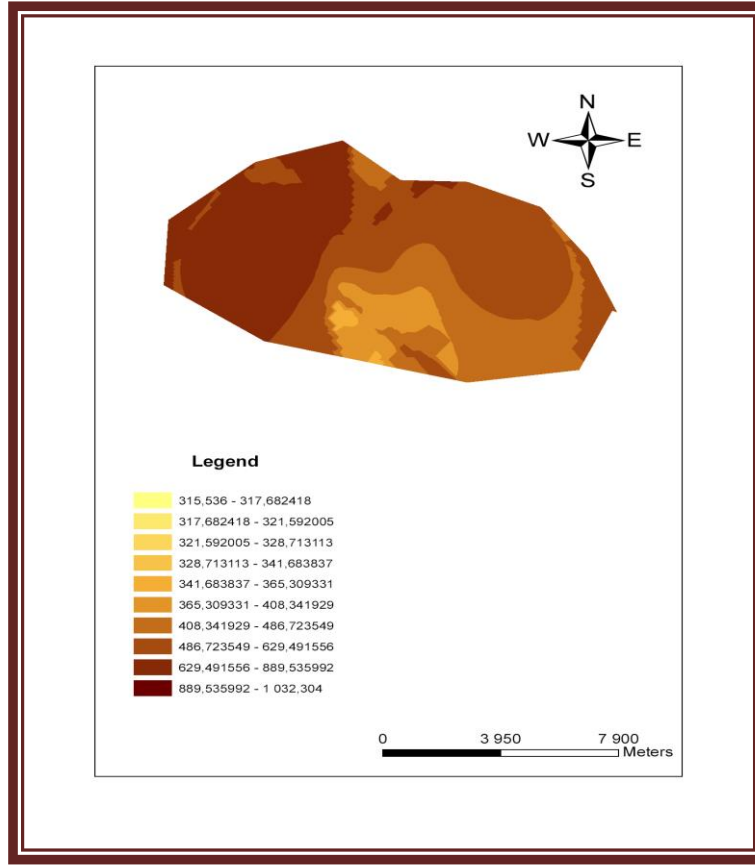
Qui sont des valeurs inférieures de l’OMS et ne présentent aucuns problèmes à la potabilité.



II.2. Chlorures Cl^- :

La carte ci-contre présente des teneurs très élevées en chlorures qui dépassent les normes de l’OMS

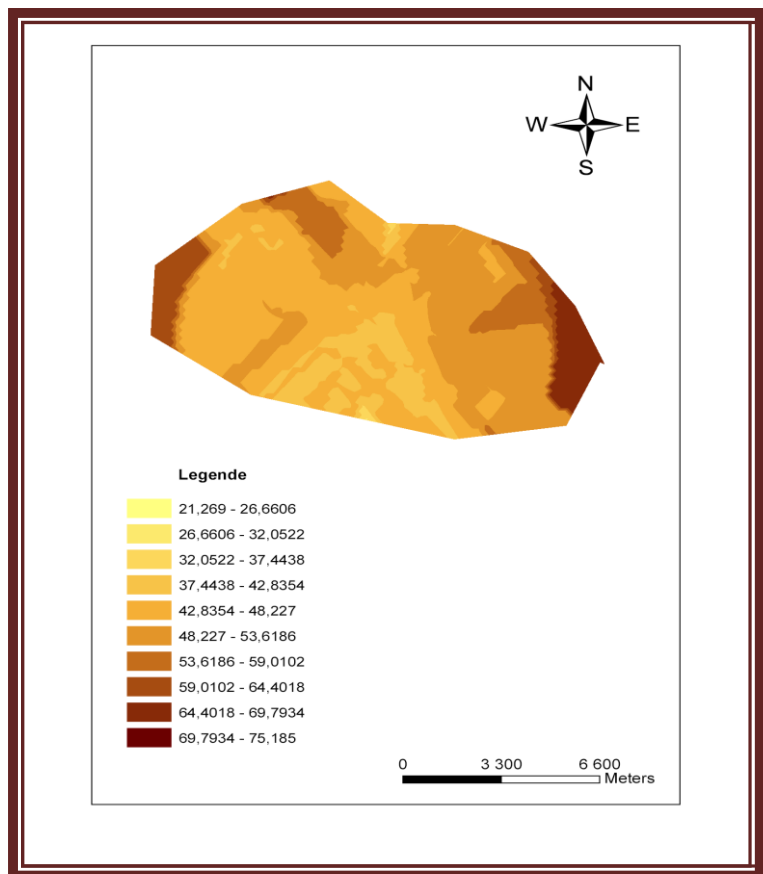
(200 mg/l), qui peuvent s’expliquées par l’utilisation non contrôlée des engrais et des pesticides



II.3. Nitrates NO₃⁻ :

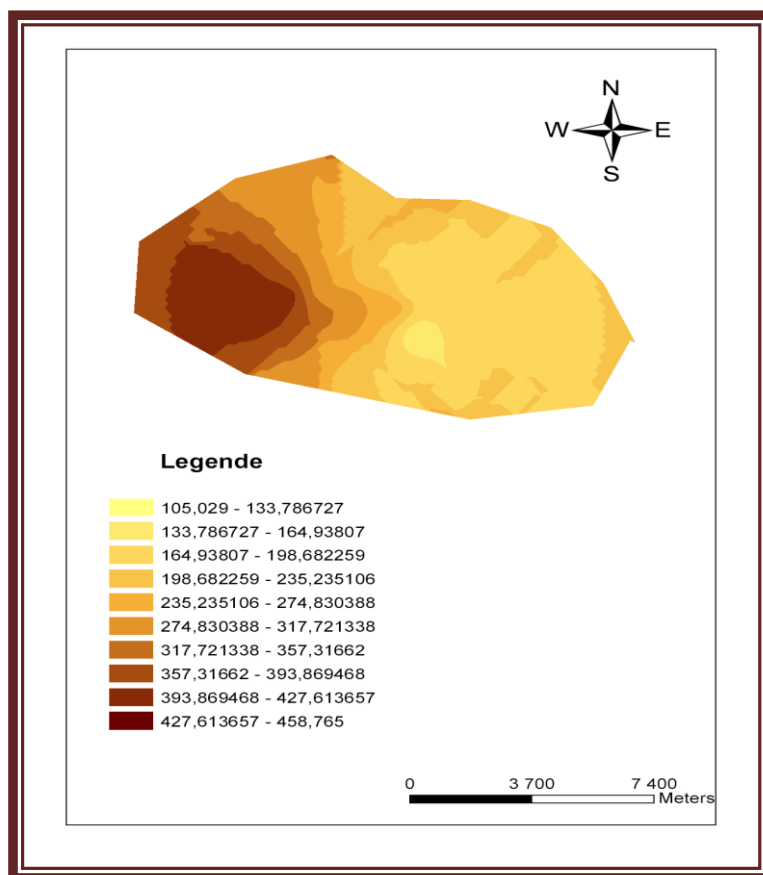
Les nitrates sont relativement faibles par

Rapport à l’OMS (50mg/l) à l’exception des valeurs élevées sont enregistrées à l’Est et à l’Ouest de la région .ces fortes valeurs expliquées par l’enfouissement des d’ordures ménagères domestiques.



II.3. Sulfates SO₄⁻ :

On constate sur la carte que les sulfates existent à des valeurs très élevées à l’Ouest de la région d’étude et dépassent les normes de l’OMS (250mg/l) qui peuvent expliquées par la dissolution des formations gypseuses et les engrais qui sont largement utilisés à l’agriculture.



Conclusion générale

Conclusion générale

La qualité de l'eau de boisson est primordiale pour la santé, surtout que les risques de pollution des eaux souterraines exploitées pour la production d'eau potable. Dans notre cas, l'emplacement de quelques ressources (puits et forages) dans la région de zaàfrane.

Ce présent travail avait pour objectif l'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux superficielles de la région de zaàfrane. IL faut souligner que la région est à vacation agricole, et une meilleure reconnaissance de l'aspect quantitatif des ressources hydriques, permettra de mieux cerner les problèmes de salinité.

L'étude est réalisé dans une région ou affleurent des formations hétérogène, qui par le processus de lessivage au de dilution entraînent une augmentation de la salinité.

A partir les normes adopte par L'O.M.S en 1985 établie que les eaux de la nappe superficielle sont généralement admissibles à la consommation humaine sauf certain puits.

Dépend de certain calcul de divers indice liées à l'estimation de la qualité des eaux destinées à l'irrigation on peut déterminer que les eaux de la nappes superficielles de la région de pour certains cultures. Zaàfrane sont acceptable a l'irrigation.

A l'issue de ce travail qui est axé sur l'utilisation des systèmes d'information géographique comme utile de base pour la cartographie des différents paramètres (piézométrie, les caractéristiques physicochimiques), ainsi nous avons exploré les différentes possibilités de connaissance du terrain que nous offre la cartographie et les SIG afin de traiter des données et de produire l'information spatiale utile pour réaliser des études sur terrain.

Cette étude nous a permis d'approfondir nos connaissances sur l'utilisation des logiciels SIG(Arcgis9.3 et Global Mapper 11),qui nous ont permis de leur tour, en adoptant un méthodologie fondé sur ces logiciels et basée sur la croisement des couches, d'obtenir les résultats cartographiques.

Références bibliographiques

1. Achour S et Guergazi S, 2002. Incidence de la minéralisation des eaux algériennes sur la réactivité de composés organiques vis –a – vis du chlore, Rev. Sev. Eaux, 15.3, pp.649-668.
2. Achour S. 2005. Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. Thèse de doctorat en pharmacie, Mali. PP. 119-127.
3. Castany, 1982. Principes et méthodes de l'hydrogéologie, Dunod université Bordas, Paris, 238p.
4. Cheikh F, 2008. Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes communes l'Arrondissement du département de Guédiawaye. Université Cheikh Anta Diop Dakar, Sénégal. 75p.
5. Diallo B., 1996. Analyse et contrôle de la pollution des eaux du fleuve Niger par les rejets liquides urbains et industriels du district de Bamako. Thèse Doctorat de Biologie : ensup Bamako. Mali.
6. Don D. R, Malcolm J. B, 2009. Water Supply. Sixth édition. pp.195-266.
7. Guy F, 2003. Irrigation water Quality standards and salinity management strategies. 18P
8. Jacques H, Claire H, Paul J, Michel D, Philippe H, 2002. Eaux de boisson et lithiase calcique urinaire idiopathique, quelles eaux de boisson et quelle cure de diurèse. Progrès en urologie. Vol. 12. pp.692-699.
9. Jean P.Y .F, 2000. Caractérisation de la nappe phréatique de Mboro par rapport aux normes conventionnelles pour l'eau potable : physico-chimie et chimie. Université cheikh anta siop de Dakar Département de géographie. 46p.
10. Kane, 2000. Evaluation saisonnière de quelques paramètres du contrôle de la qualité de l'eau du réseau d'adduction de la ville de Bamako, Thèse de doctorat en pharmacie, Bamako.
11. Moussa M. D. H, 2005. Les eaux résiduaires et des teintureries, Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat en pharmacie. Mali. 109p.
12. O.M.S, 1994. Directives de la qualité pour l'eau de boisson, 2^{ème} Ed.vol. 1. Recommandations Genève.
13. O.N.M. , 2003 –Office National de Météorologie de Station de Djelfa.
14. Rieu M, 1981. Sodium absorption ration et estimation du pouvoir alcalinisant des eaux. ORSTOM. Montpellier. Vol. 13. N° 2, pp. 123-128.

15. Rodier J, 1978. L'analyse d'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7^{ème} édition, dunod, France. pp.925-953.
16. Rodier J, 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, huitième édition, dunod, Paris. 1384 p.
17. Taha H.D. 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité. Azote et métaux lourd) sous l'effet de la pollution saline agricole et industrielle. Thèse de Doctorat. Ed. Franche-Comté.199p.
18. Tandia A, A. 2000. Origine, évaluation et migration des formes de l'azote minéral dans les aquifères situés sous environnement périurbain non assaini : cas de la nappe des sables quaternaires de la région de la région de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat d'Etat ès sciences naturelles, ucad. USA. 202 p.
19. TOURI M.2010-L'utilisation des SIG pour l'aménagement du sous bassin versant élémentaire de SIDE M'Hamed Ben Aouda.Mémoire de Master. Université de Relizaine.

La liste de figure et tableau :

Figure N 1 : Carte de la situation géographique de la région d'étude .

Figure N 2 : Composants d'un SIG.

Figure N 3: Les fonctionnalités du S.I.G (NOT, 2002).

Figure N 4 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm). Station de zaàfrane (1975-2003).

Figure N 5 : Répartition saisonnière des précipitations en (mm) Station de Zaàfrane (1975-2003) .

Figure N 6 Moyennes mensuelles des températures en (°C) de la station de Zaàfrane (2007-2011).

Tableau N 1 : Domaine d'application de SIG.

Tableau N 2 : La conductivité et le degré de la minéralisation.

Tableau N 3 : Classification des eaux d'après leur pH.

Tableau N 4 : Classification des eaux en de la turbidité.

Tableau N 5: précipitation moyenne mensuelle (1975-2003) en (mm).

Tableau N 6 : Répartition saisonnière de la précipitation (1975-2003) en (mm).

Tableau N 7 : Mensuelles des températures en (°C) de la Station Zaàfrane (2007 - 2011).

ANNEXES

ANNEXES

Tableau des analyses chimiques des eaux souterraines

N° de puits	NO ⁻³	B ⁺	SO ₄ ⁻²	Mg ⁺²	Cl ⁻	HCO ⁻³	k ⁺	Ca ⁺²	Na ⁺	y	x
1	32.77	0.598	312.364	74.49	315.536	207.1	3.212	94.26	202.794	3856648.67	484864.355
2	31.851	0.619	328.002	59.778	324.08	177.24	2.42	74.532	260.099	3856665.07	485009.124
3	56.481	0.423	458.765	157.95	1032.304	224.5	18.04	269.208	394.654	3857232.78	483744.021
4	40.925	0.433	359.389	50.264	340.512	180.2	10.12	131.964	290.925	3857096.35	485760.927
5	67.037	0.364	266.29	63.666	381.504	101.33	11.53	87.976	241.342	3857434.47	484681.313
6	30.925	0.419	327.037	94.284	540.544	124.53	6.57	86.412	309.473	3856859.81	486980.933
7	72.962	0.454	250.364	68.04	516.152	137.25	16.52	163.385	255.38	3857003.63	485961.89
8	21.269	0.481	197.591	86.508	765.72	111.44	17.34	219.941	245.743	3857813.06	486028.636
9	40.925	0.289	134.439	34.992	321.208	98.75	7.126	94.26	169.373	3857398.95	487373.232
10	47.592	0.323	202.587	37.422	348.082	93.332	13.53	113.112	194.192	3857416.98	487705.373
11	75.185	0.378	197.896	70.47	635.264	109.75	16.55	188.793	255.38	3857237.33	489486.101
12	59.629	0.344	205.706	71.512	460.768	92.24	8.52	94.532	249.373	3856023.73	488902.656
13	23.143	0.241	120.468	31.104	338.224	83.84	6.033	85.396	186.733	3855672.42	487581.132
14	37.112	0.275	105.029	31.592	341.882	87.27	10.52	78.248	188.856	3855977.25	487672.967

Tableau des analyses Physiques des eaux souterraines

N de puits	CE(ms/cm)	C °	ph	N piez(m)	y	x
1	3.69	18.6	7.38	5	3856648.669	484864.355
2	3.04	19.4	7.29	5	3856665.066	485009.124
3	8.53	17.2	7.03	3.3	3857232.782	483744.021
4	5.82	16.5	7.2	3.7	3857096.353	485760.927
5	3.79	17.4	7.52	5	3857434.473	484681.313
6	5.43	17.1	7.23	5.3	3856859.813	486980.933
7	5.39	16.2	8.58	3	3857003.632	485961.89
8	6.1	18.1	7.1	3	3857813.056	486028.636
9	2.64	16.8	7.43	6.8	3857398.948	487373.232
10	2.95	17	7.45	7	3857416.979	487705.373
11	6.76	18.1	7.21	7	3857237.332	489486.101
12	4.07	18.9	7.2	8	3856023.734	488902.656
13	2.03	20	7.19	8.8	3855672.417	487581.132
14	2.59	19.7	7.12	8.2	3855977.251	487672.967

Tableau de Précipitation moyenne mensuelle (1975-2003) en (mm)

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	797.12	783.44	710.16	647.12	752.56	458.4	221.12	369.68	636.8	657.28	711.04	619.92

Tableau de Moyennes mensuelles des températures en (°C) de la

Mois	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T_{moy} C°	8.08	8.79	10.77	14.62	18.6	24.35	28.96	28.36	23.02	16.78	11.22	8.15

Tableau de Répartition saisonnière des précipitations (1975-2003) en (mm)

Saisons	Hiver			Printemps			Eté			Automne		
	Déc	Jan	Fér	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov
P (mm)	797.12	783.44	710.16	647.12	752.56	458.4	221.12	369.68	636.68	657.28	711.04	619.92
Saison	2163.28			2083.22			1068			2049.44		