

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DES SCIENCES
DE LA NATURE ET DE LA VIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : ECOLOGIE
OPTION : ECOLOGIE DES
MILIEUX NATURELS

N° :

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : BOUGUENDOURA Sarra.
DJERIOU Bochra.

Intitulé

APPORT DU SIG À L'ÉVALUATION ET À LA
CARTOGRAPHIE DE LA QUALITÉ DE L'EAU
DES PUIITS AU TOUR DU CHOTT EL HODNA.

Soutenu devant le jury :

MERABTI Karim

MAA

Président.

KHOUDOUR Djamel

MCA

Rapporteur.

ARAB Radhia

MCA

Examineur.

Année universitaire : 2021/2022.

Dédicace

Dédicace

Je dédie ce travail....

A mes chers parents, en qui j'ai trouvé le soutien immense dans les études et la vie, espérant que ce travail soit pour eux le témoignage

de ma profonde affection et mon grand respect ;

A Tous mes chers frères et chères sœurs ;

A Mes enseignants ;

A tous mes amis et mes collègues ;

A toutes les personnes qui m'ont soutenue de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

BOCHRA

Dédicace

A Mon très cher père

Saleh

A Ma très cher mer

Karima

A Mon frère Anis

A Ma sœur Racha

A Mon binôme : Bochra

A tous ceux qui mes sont cher.

A tous mes amis.

Je dédie ce travail

Sara

Remerciement

Remerciement

Je remercie ALLAH le tout-puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

Je tiens à mes vifs remerciements et témoigner ma profonde gratitude à *Dr. MERABJI Karim* et *Dr. ARAB Radhia*. Je remercie, *Dr. KHOUICUR Djamel* Maitres de conférences à l'université de M'sila, pour leur compréhension, leur gentillesse et pour leur aide au cours de la réalisation du mémoire.

Je lui exprime également ma profonde reconnaissance pour son dévouement d'avoir bien voulu me faire profiter pleinement de ses compétences scientifiques et encore de ses idées par les quelles il m'a orienté pour l'accomplissement de ce travail.

Je remercie également tous les enseignants du département de Biologie de M'sila pour leur aide, et leur entière disponibilité.

J'adresse mes vifs remerciements et ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail, je tiens vivement à leur dire merci.

Sommaire

SOMMAIRE :

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	
Chapitre I: Synthèse bibliographique	
I.1. Le Système d'Information Géographique	3
I. 1.1. Généralité	3
I. 1.2. Pourquoi la géographie	3
I. 1.3. Géomatique	4
I. 1.4. L'information géographique	4
I. 1.4.1. Définition	5
I. 1.4.2. Les composants de L'information géographique	5
I. 1.4.3. La représentation de l'information géographique	5
I. 1.4.4. Classification des informations géographiques	9
I. 1.4.5. Dualité Raster - Vecteur	9
I. 1.4.6. Caractéristiques de l'information géographique	9
I. 1.5. Notion du système d'information	10
I. 1.6. Système d'information géographique	12
I. 1.7. Historique du S.I. G	12
I. 1.8. Les composantes d'un SIG	13
I. 1.9. Les fonctionnalités du S.I. G	13
I. 1.10. Le rôle des SIG	14
I. 1.12. Domaines d'application	14
I. 1.13. Présentation des principaux logiciels de S.I. G	14
I 1.13.1. Logiciels libres	15
I.1.13.2. Logiciels Gratuits	15
I. 1.13. 3. Logiciels Commerciaux	15
I.2. Qualité des eaux	15
I.2.1. Notions générales	15
I.2.2. Paramètres de la qualité des eaux	15
I.2.2.1. Les paramètres physico-chimiques	15

a. Température	15
b. Potentiel d'hydrogène	16
c. Conductivité électrique	16
d. Matière en suspension	16
I.2.2.2. Paramètres de pollution organique	16
a. La demande biochimique en oxygène	16
b. La demande chimique en oxygène	16
c. L'Azote ammoniacal	17
d. Nitrites	17
e. Nitrates	17
f. Les Phosphates	17
I.2.3. Norme et classes de qualité des eaux	18
Chapitre II : Présentation de la zone d'étude	
II.1. Description de Chott El Hodna	19
II.2. Situation géographique	19
II.2.1. Localisation générale	20
II.2.2. Coordonnées géographique	20
II.2.3. Altitude	20
II.2.4. Superficie	20
II.3. Caractéristique physique	21
II.3.1. Géologie	21
II.3.2. Géomorphologie	21
II.3.3. Hydrologie	21
II.3.4. Bassin versant	22
II.3.5. Pédologie	22
II.4. Caractéristique climatologique	23
II.4.1. Les données climatiques	23
II.4.2. Synthèse climatique	24
II.4.2.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	24
II.4.2.2. Quotient pluviothermique d'Emberger	25
II.5. Chott El Hodna zone humide d'importance internationale	27

II.5.1. Type de zone humide	27
II.5.2. Date d'inscription du Chott sur la liste de Ramsar	27
II.5.3. Critère de Ramsar relatif à Chott El Hodna	27
Chapitre III : Matériel et Méthodes	
III.1. Collecte des données	28
III.1.1. Echantillonnage	28
III.1.1.1. Prélèvement des échantillons	28
III.1.1.2. Conservation des échantillons	29
III.1.2. Technique d'analyse de l'eau	29
III.1.2.1. Les paramètres physico chimiques	29
III.1.2.1.1. Mesure sur terrains (in situ)	29
a) - La température	29
b) - Le potentiel d'hydrogène (pH)	30
c)- La conductivité électrique (CE)	30
d)- Le totale des solides dissous (TDS)	31
III.1.2.1.2. Analyse et dosage au laboratoire	31
a) – Salinité	31
b) - L'oxygène dissous	32
c)- Matières en suspension	32
d)- Les Résidus sec	32
e) - Le calcium (Ca ⁺⁺)	32
f) - Le magnésium (Mg ⁺⁺)	33
g) - La dureté de l'eau	34
h) - Le chlorure	34
i)- Les sulfates (SO ₄ ²⁻)	35
j) - Nitrite (NO ₂ ⁻)	36
k) - Nitrate (NO ₃ ⁻)	36
Chapitre IV : Mise en place d'un système d'information géographique pour l'évaluation et la cartographie de la qualité de l'eau des puits	
IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude hydrographique de bassin versant	38
<ul style="list-style-type: none"> • Choix des données intégrées au système 	

IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale	40
IV.2.1. Structuration des données	40
IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques	40
IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique	42
IV.2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et Traitement l'information	42
Chapitre V : Résultats et discussions	
V-2- Analyses physicochimiques	45
V-2- 1- La température de l'eau	45
V-2- 2- Le potentiel d'hydrogène (pH)	46
V-2- 3- La conductivité électrique (CE)	47
V-2- 4- Total des sels dissout et La salinité (TDS)	48
V-2- 5- Le Potentiel redox (EH)	50
V-2- 6- Les chlorures (Cl ⁻)	51
V-2- 7- Les sulfates (SO ₄ ⁻)	53
V-2- 8- Les nitrates (NO ₃ ⁻)	54
V-2- 9- Le calcium (Ca ⁺⁺)	56
V-2- 10- Le magnésium (Mg ⁺⁺)	57
V-2- 11-Titre alcalimétrique complet (TAC)	58
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annex	

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

C° : Degré Celsius.

F° : Degré Française.

L : Litre.

mg/l : Milligramme par litre .

ml : Millilitre .

μS/cm : Micro siemens par centimètre.

g/kg : Gramme par kilogramme.

Km : Kilomètre.

Mm : Millimètre.

m/s : Mètre par second .

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

UNT : Unité Nephelométrique de Turbidité.

mV : Millivolt.

Q2 : Quotient pluviothermique.

K° : Degré Kelvin.

PH : Potentiel hydrogéné.

CE : Conductivité électrique.

TDS : Totale des solides dissous.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

CT : Chlorure.

NO₃⁻ : Nitrate.

SO₄⁻² : Sulfate.

Ca⁺⁺ : Calcium.

Mg⁺⁺ : Magnésium.

Et al : et collaborateurs.

ENH : électrode normale à hydrogène.

HCEFLCD : Haut-Commissariat Aux Eaux et Foret et la Lutte Contre la Désertification.

MATEE : Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement.

ANRH : Agence Nationale Ressources Hydraulique

MBDG : Modèle d'une Base de Données Géographiques

Liste des figures

Liste des figures :

Chapitre I : Synthèse bibliographique :

- Figure.I. 1 :** Exemples d'images raste.
- Figure.I. 2 :** Principe d'une image raster.
- Figure.I. 3 :** Les primitives géométriques du mode vecteur.
- Figure.I. 4 :** Avantages respectifs de chaque mode de représentation.
- Figure.I. 5 :** La superposition de données de couches différentes.
- Figure I. 6 :** Fractionnement des formes de l'azote en plusieurs parties (Guasmi et al.2006).

Chapitre II : présentation de La zone d'étude :

- FigureII.1 :** Situation géographique de Chott El Hodna.
- Figure II.2 :** Précipitation pluie et température (Direction des transports,2020).
- Figure II.3 :** Diagramme Ombrothermique de la région de Chott El Hodna 2012.
- FigureII.4 :** Positionnement de la station de M'Sila dans le climagramme d'Emberger durant la période (1988-2012).

Chapitre IV : Mise en place d'un système d'information géographique pour l'évaluation et la cartographie de la qualité de l'eau des puits :

- Figure.IV.1 :** Base de données géographiques BDG(Ider,2004).
- Figure.IV.2 :** MBDG – Distribution des puits Nord et puits Sud aux taures du Chott El Hodna sur le SIG.
- Figure.IV.3 :** MBDG – MBDG – Distribution des puits et l'analyse phisico-chimique des eaux au taure du Chott El Hodna sur le SIG.

Chapitre V : Résultats et discussions :

- Figure V.1 :** Variations de la température des eaux des stations d'étude au Nord du Chott.
- Figure V.2 :** Variations de la température des eaux des stations d'étude au Sud du Chott.
- Figure V.3:** Variations du potentiel d'hydrogène (pH) des stations d'étude au Nord de Chott.
- Figure V.4 :** Variations du potentiel d'hydrogène (pH) des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.5 : Variations de la conductivité électrique (CE) des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.6 : Variations de la conductivité électrique (CE) des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.7 : Variations de la salinité des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.8 : Variations de la salinité des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.9: Variations de TDS des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.10: Variations de TDS des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.11 : Variations du potentiel redox (EH) des eaux des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.12: Variations du potentiel redox (EH) des eaux des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.13 : Variations de concentrations en chlorure Cl^- des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.14 : Variations de concentrations en chlorure Cl^- des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.15: Variations des concentrations en sulfate des stations d'étude au Nord de Chott.

FigureV.16 : Variations des concentrations en sulfate des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.17 : Variation de concentration en nitrate des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.18 : Variation de concentration en nitrate des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.19: Variation des concentrations en calcium (Ca^{++}) des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.20: Variation des concentrations en calcium (Ca^{++}) des stations d'étude au Sud de Chott.

FigureV.21 : Variation des concentrations en magnésium (Mg^{++}) des stations d'étude au Nord de Chott.

FigureV.22 : Variation des concentrations en magnésium (Mg^{++}) des stations d'étude au Sud de Chott.

Figure V.23: Variation des concentrations en titre alcalimétrique complet des stations d'étude au Nord de Chott.

Figure V.24 : Variation des concentrations en titre alcalimétrique complet des stations d'étude au Sud de Chott.

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

Chapitre I : Synthèse bibliographique :

Tableau I.1 : Principale étape historique de l'évolution des SIG (Régis Caloz et al, 2011).

Tableau 1.2 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH ,2009).

Tableau I.3 : La classification de la qualité des cours d'eau en Algérie selon ABH,2009.

Chapitre II : présentation de La zone d'étude :

Tableau II.1 : caractéristiques géographiques de la station météorologique de la région de M'Sila.

Tableau II.2 : Valeur du quotient pluviothermique de M'Sila (1988-2012).

Chapitre III : Matériel et Méthodes :

Tableau III.1 : Conservation des prélèvements (Rodier., 2009).

Introduction

Introduction :

A la fin des années 70, de nouvelles techniques se développent dans l'interprétation des données en : pédologie, hydrographie, topographie et télédétection, et avec l'essor de l'information, est apparu le besoin de numériser l'information géographique et de la gérer en se servant d'un ordinateur. Ainsi sont nés les SIG.

L'information géographique désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la surface de la Terre. Elle intéresse tous les gestionnaires de l'espace (hydrogéologues, écologues, agronomes, urbanistes, aménageurs, etc.).

La demande de données spatiales s'est accrue ces dernières années car l'on sait désormais qu'il est essentiel de connaître la distribution spatiale de la réponse hydrologique pour bien comprendre les processus sous-jacents de la génération de l'écoulement (Roche, 1963).

De nombreuses définitions d'un SIG existent, parmi elles, on peut se référer aux cartes suivantes :

- Un système d'information géographique est un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçu pour permettre : la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion (CFCICN, 1988) ;
- Un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace (Landry, 2005) ;
- Les SIG procurent une plus grande vitesse et proposent des outils sans cesse innovant dans l'étude et l'interprétation comme le montre la figure 1, c'est représenter, analyser et comprendre tous les éléments qui existent sur Terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent.

EL Hodna signifie la brassée dans un cadre montagneux. Le mot désigne pour ses habitants une région aux caractères précis. Ce sont les plaines situées à l'Est et au Nord d'une vaste Sebkhâ, plaines qu'enrichissent de leurs eaux les rivières originaires des systèmes du Tell au Nord, et l'Atlas saharien au sud (Mémoire, 1995). C'est une région où la culture de céréales est localement possible grâce à l'eau dérivée de ces rivières (Bakhti, 2005).

L'eau représente 70 % de la planète terre. L'eau est une ressource limitée et vulnérable, indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. C'est une richesse nécessaire à toute activité humaine.

L'usage de l'eau peut avoir une finalité sociale (boisson, hygiène, cuisine) ou économique (industrie, agriculture). La plupart des utilisations des eaux nécessite une eau de qualité.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Le Système d'Information Géographique

I.1.1. Généralité :

Parce que des défis majeurs auxquels doit faire face l'humanité toute entière sont étroitement liés à la géographie, les SIG revêtent une importance capitale dans la quête de solutions à leur apporter. Qu'il s'agisse de santé publique, de démographie ou encore d'environnement, un système d'information géographique constitue un outil performant capable d'apporter de vraies réponses à ces enjeux.

Avec la multitude de possibilités qu'il offre en termes de bases de données, il est en mesure de jouer un rôle prépondérant dans une variété de domaines. On retrouve parmi les secteurs qui peuvent profiter de sa puissance, l'organisation du territoire, le suivi des véhicules en temps réel, la recherche, l'étude de l'impact d'une construction, la protection civile, la gestion de réseaux et bien plus encore, le succès des systèmes d'information géographiques dans ces divers secteurs fait accroître un peu plus le nombre d'utilisateurs potentiels : écoles, collectivités territoriales, entreprises ou encore administrations.

I.1.2. Géomatique :

La géomatique est une science de l'acquisition, du traitement et de la diffusion des données à référence spatiale. Elle vise à produire une chaîne numérique continue de la production de données sur le territoire à l'aide de la topométrie, la photogrammétrie, la géodésie, le positionnement par satellite, la télédétection, les systèmes d'information géographique et la cartographie. (GARFF, 1975).

La géomatique, c'est le portrait de la réalité de haute précision à partir de ce plan de base on peut travailler sur les projets, et essayer de corriger les erreurs du passé, c'est le portrait exact du territoire avec toutes les informations nécessaires (ROCHE, 2000).

L'utilisation généralisée des ordinateurs personnels, qui sont de plus en plus puissants et conviviaux, est à l'origine du foisonnement de logiciels de traitement des données à référence spatiale. Entre autres, on en arrive à pouvoir traiter simultanément et de façon automatisée l'ensemble des données à référence spatiale d'un territoire, dont celles provenant de la télédétection. Cette approche est maintenant désignée sous terme de géomatique (PROVENCHER et DUBOIS, 2007).

La géomatique désigne l'ensemble des utilisations techniques de l'informatique en géographie : les outils et méthodes d'observation et de représentation des données géographique, ainsi que la transformation de ces mesures en informations utiles à la société (NOVA, 2009).

La géomatique a pour objet la gestion de données à référence spatiale et fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage et leur traitement. Le nom « géomatique », proposé en 1968 par le géomètre français Bernard Dubuisson (GUEGAN et CHOISY, 2009), provient de la contraction de « géographie » et « informatique », mais les disciplines recouvertes par ce terme incluent aussi la cartographie, la géodésie, la topographie, le positionnement par satellite et le traitement d'images numériques. Les systèmes d'information géographique (S.I.G), qui sont des systèmes informatiques permettant l'intégration, la gestion et l'analyse de données géographiques, constituent l'outil de base du géomaticien, spécialiste de la géomatique.

I.1.3. L'information géographique

I.1.3.1. Définition :

L'information géographique est composée d'informations géométrique, descriptive et topologique. Elle constitue une interprétation, ou plutôt, comme le dirait Patricia BORDIN (2002), une schématisation du monde réel. L'information géographique donne une description des objets et phénomènes localisés par rapport à un référentiel sur la terre.

L'information géographique est définie comme une information relative à un objet ou à un phénomène du monde terrestre, décrit plus ou moins complètement par :

- ❖ Sa nature, son aspect, ses caractéristiques diverses
- ❖ Son positionnement sur la surface terrestre. DENEGRÉ J

Les aspects qualitatifs déterminent l'essentiel des possibilités d'un système d'information, la quantité des informations se définit au travers de trois critères. Elle peut se formaliser aisément dans le référentiel à trois dimensions ci-dessous. Une fois définis ces critères, il reste à mettre en place une chaîne de collecte, de traitement et de représentation (**BROCARD et al, 1996**)

Représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné [Quodverte, 1994], L'information géographique est caractérisée par une composante purement spatiale et une composante sémantique (Degréne et Salgé, 1997).

I.1.3.2. Les composants de L'information géographique :

L'information géographique a une double composante :

✓ Une composante graphique :

- Description de la forme de l'objet géographique.
- Et sa localisation dans un référentiel cartographique.

✓ Une composante attributaire :

- Caractéristiques décrivant l'objet (description géométriques, caractéristiques

thématiques).

I.1.4. La représentation de l'information géographique

I.1.4.1. Classification des informations géographiques

I.1.4.2. Dualité Raster – Vecteur :

- L'information géographique est représentée à travers deux types de modèles ou structures de données : les modèles vectoriel et matriciel (Rigaux , et al., 2001). Le choix dépend de la nature des données géographiques et de leur utilisation (Couclelis, 1992).

Mode raster :

Le mode Raster représente l'espace étudié par une grille régulière de cellules pour former une image constituée des lignes et des colonnes, le mode Raster que Collet (**COLLET, 1992**), propose de nommer en français mode image, consiste à poser sur la carte à saisir une grille à mailles petites et carrées puis à enregistrer sous forme matricielle la nature du sol dans chaque surface élémentaire ainsi définie (**LEGROS, 1996**).

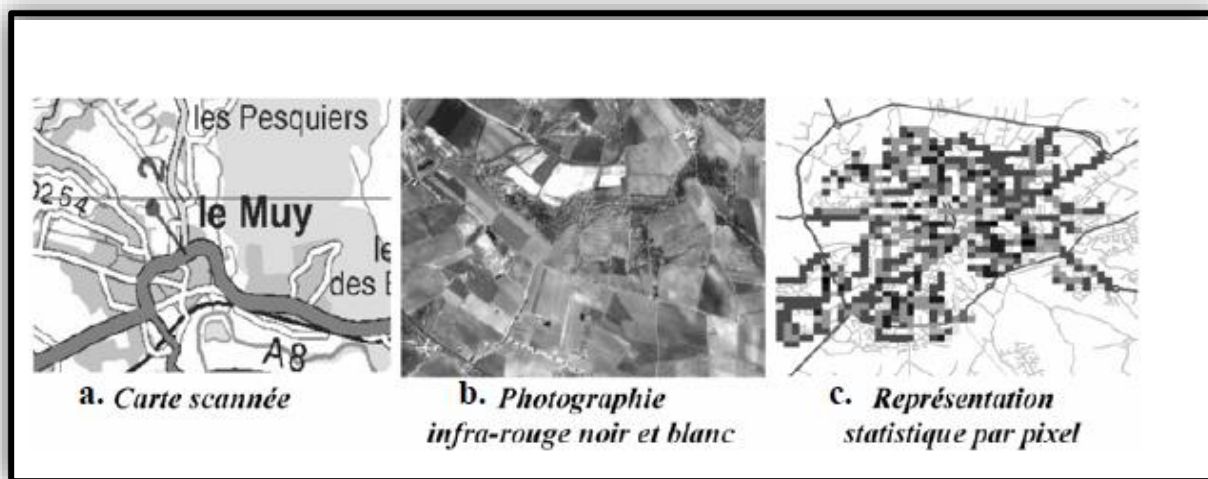


Figure.I.1 : Exemples d'images raster.

Le mode raster, aussi appelé matriciel, décompose l'image sous forme d'une matrice ou d'une grille et associe une valeur à chaque carré élémentaire – pixel.

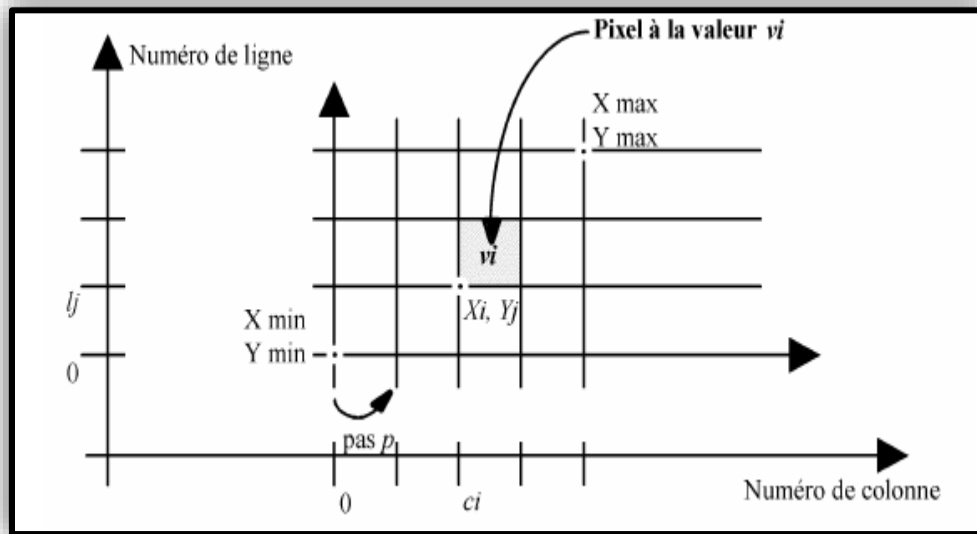


Figure.I.2 : Principe d'une image raster.

Le mode vecteur :

Alors que le mode raster utilise une grille pour décomposer la représentation en cellules élémentaires, le mode vecteur la décompose en ses éléments constituants. Pour les expliciter, il s'appuie sur trois primitives géométriques : le point, la polyligne et le polygone. **Patricia Bordin 2006.**










Exemples	Information géographique	Traduction en mode vecteur
 <i>Maison</i>  <i>Château d'eau</i>	ponctuelles	
 <i>Route</i>  <i>Cours d'eau</i>	linéaires	
 <i>Parcelle</i>  <i>Commune</i>	surfâciques	

Figure.I.3 : Les primitives géométriques du mode vecteur.

Comme le souligne certains auteurs ([Bonin, 2002], [Couclelis, 1992]) Il existe des rapprochements possibles entre les modèles de structuration de l'information géographique d'une part et leurs modes de représentation en données d'autre :

- Le mode vecteur qui associe à chaque information géographique une composante géométrique géo référencée et une composante sémantique est proche du modèle objet,

- Le mode raster qui attribue la valeur d'une variable descriptive en chaque point (défini par un pixel) de l'espace, est proche du modèle par champ. Ainsi, certains considèrent que le mode raster est un modèle par champ discret.

Les deux modes de représentation des données géographiques sont complémentaires. Ils ont des qualités et des utilisations différentes. Certaines sont résumées dans la figure

Mode vecteur	Mode raster
Volume de stockage compact	Volume de stockage important
Structure de données complexe	Structure de données simple
Mise en œuvre facile de la topologie	Mise en œuvre difficile de la topologie
« Saisie » possible des objets	On ne «saisit » que des pixels
Ne contient que les informations spécifiées	Exhaustivité des photographies raster
Collecte des informations de mise à jour	Rapidité de la mise à jour
Croisement thématique plus complexe	Croisement thématique simple

Figure.I.4 : Avantages respectifs de chaque mode de représentation.

Ces deux représentations exigent des moyens d'acquisition des données bien distincts. On peut citer les moyens suivants:

En vectoriel:

- Table de numérisation ;
- Restituteurs analytiques ;
- Logiciels de vectorisation d'une image Raster.

En matriciel:

- Caméras métriques fournissant les photos à numériser ;
- Scanner (multi spectral digital, ...etc.) ;
- Caméra vidéo à sortie numérique ;
- Logiciels de Rastring à partir d'une base vectorielle. Yossef 2019

La dualité Raster –vecteur modifie considérablement le paysage de l'information géographique en créant un système fermé. Cette possibilité est un élément essentiel à une cartogénèsecar il permet de reproduire, par des algorithmes précis, différents documents intermédiaires évitant ainsi la création de redondances.

La dualité Raster – vecteur permet une articulation entre deux logiques : une logique locale pour les vecteurs et une logique globale pour les images numériques.

Elle conduit à une extension du concept S.I.G vers une intégration des données adaptée à :

- La transformation de données d'origines différentes, de natures différentes ;
- La mise à jour de données sous différentes formes ;
- L'extraction d'information ;
- La gestion cohérente d'un ensemble de multicouches de données en évitant les redondances ;
- La superposition (ou croisement) de données de couches différentes ;
- La base de données qui est le moteur central de ce système, est un outil d'aide à l'organisation et à l'interrogation. Le croisement peut être réalisé sous forme vectorielle ou Raster.

Cette structuration rend ces informations superposables, compatibles, combinables et par conséquent analysables. Sandro Bimonte2007

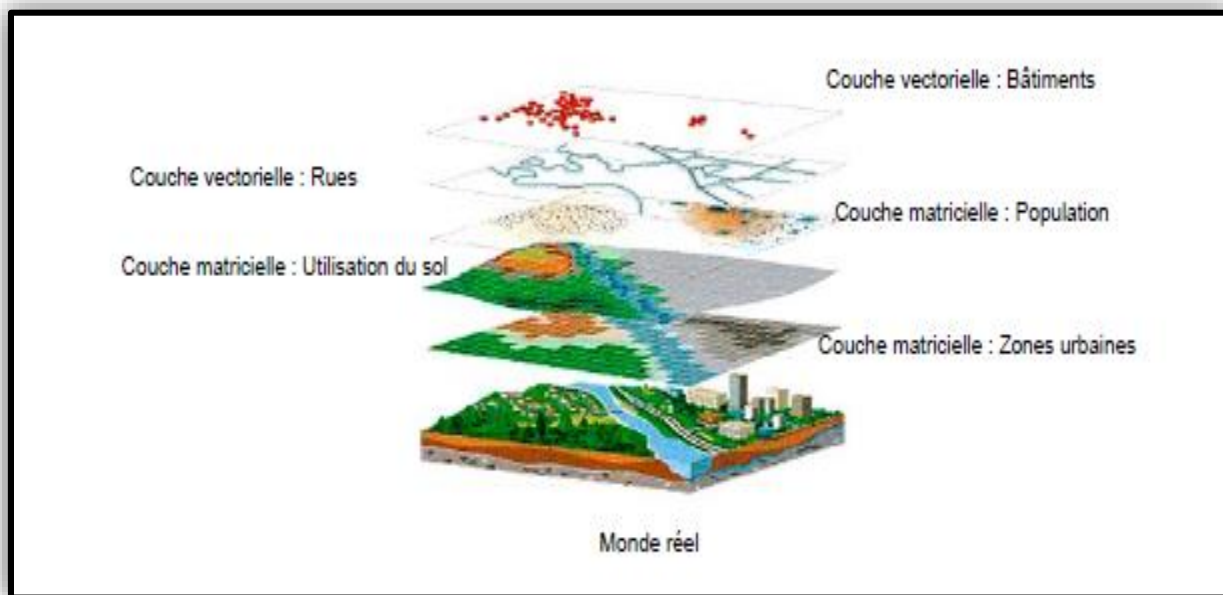


Figure.I.5 : La superposition de données de couches différentes.

www.pinterest.com/pin/303711568592925101/

Les deux démarches sont complémentaires, offrant une plus grande souplesse de traitement, et mieux adaptées à la recherche d'une solution bien spécifique.

Le croisement doit être considéré comme une technique générale incluant :

- Les algorithmes de classification (télédétection);
- La théorie de morphologie mathématique.

Et combinant des données vectorielles et Raster via des tables de décision appliquées à des domaines thématiques et paramétriques.

I.1.5. Caractéristiques de l'information géographique :

Il y a plusieurs types d'objets géographiques. Pour (Bailly et al.,1991,) et. **Hervé Gumuchian et al 2000** l'individu statistique en géographie peut être :

- Une unité spatiale provenant du découpage d'un espace continu. Ce découpage spatial peut être administratif, politique ou correspondre à une réalité physique (bassin versant, vallée, plaine, etc).
- Une entité ou un objet dans l'espace : cela peut être un ménage, une entreprise ou une exploitation agricole ou, à une autre échelle géographique, l'îlot, le quartier, la ville, etc.
- Un flux ou un échange entre deux lieux géographiques. Ce flux peut être un flux migratoire, des flux de marchandises, d'informations, etc. Géométriquement, cette information peut être :
 1. Ponctuelle : un sujet ou un objet localisé dans l'espace.
 2. Linéaire : un flux, un réseau entre deux ou plusieurs points.

I.1.6. Notion du système d'information :

Le système d'information est un ensemble de moyens matériels et humains organisés permettant la collecte, le traitement et la diffusion des informations. Ce système n'est que l'un des éléments permettant à l'entreprise de mener à bien sa mission. Il est nécessaire, afin de coordonner les activités de tous les éléments, de stocker les informations nécessaires à chacun et de préparer ainsi la prise de décision (ALDOSA et al, 2003) ;

Le système d'information servira à recueillir et à préserver les données, à effectuer des traitements sur celles-ci, et à diffuser les résultats aux systèmes de pilotage et opérant (BIGAND et al, 2006)

I.1.7. Système d'information géographique :

Aronoff (1991) propose une définition très générale fondée sur la technologie et l'information "Les S.I.G. sont des systèmes fondés sur l'utilisation d'ordinateurs pour stocker et manipuler l'information géographique".

Laurini (1993) précise que l'outil a comme fonctionnalités "la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées".

Pour Didier et Bouveyron (1993), il s'agit d'ensembles de données "structurés de façon à pouvoir en extraire des synthèses utiles à la décision". Ces ensembles sont rassemblés "à partir de diverses sources" précise la Société française de photogrammétrie et télédétection.

De Blomac et al. (1994) étendent le périmètre des S.I.G au-delà des matériels, logiciels et données pour y intégrer le personnel qui les manipule et, pour Thériault (1995), les principes et les méthodes mis en oeuvre dans le système font partie intégrante de celui-ci. Les S.I.G. ne sont donc pas des logiciels ni des systèmes informatiques.

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 autres, par ses paramètres de localisation spatiale permettant de la manipuler et de la cartographier de plusieurs manières (BONN, 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 (KNOEPFEL et al, 2005).

I.1.8. Historique:

Période	Evolution de SIG	Développements informatique
1960	SIG a commencé à développer dans le milieu des années 1960 et est né en 1963, propose par le topographe canadien R.F.Tomlinson	Le niveau du développement d'informatique était limitée, capacité de stockage est faible, l'information pertinente n'est pas exhaustive. Mais ce stade, les nombreux organismes de recherche du SIG ont émergé, promeuvent le développement du SIG
1970-1980	Formation de la théorie des bases de données relationnelles par E.G Codd [1970] développement de système de base de données relationnelles pour gestion des salariés, du personnel, de stocke de marchandises ...etc. Méthode MRESES [Collongues 1991] pour la conception et la mise en œuvre de base de données en entreprise et administration publique.	Ordinateurs centraux Machine à dessiner basée sur traceurs à plume Important matricielle dont les tons de gris sont produits en augmentant la densité de caractères.
1980-1990	Mise sur le marché de Premiers logiciels dite de SIG par les géographes basés sur le mode image et de STT (systèmes d'information de territoires) pour la création et la gestion de cadastre foncier	Cartographie numérique Editeur graphique et imprimante atteignent une excellente qualité Formulation d'une structure permettant la gestion de la topologie

	<p>par les ingénieurs-géomètres notamment :</p> <p>On mode objet (vecteur) -arc Info, système 9...etc</p> <p>En mode image (rester) -IDRISI, GRASS, P_MAP.</p> <p>Pour suite Développement Des Systèmes De Base De Données Relationnelles (SGBDR) publication du livre <i>Geographical Information System</i> [Burrough, 1987].</p> <p>Mars 1987 première parution de la revue : <i>Geographical Information System</i></p>	<p>de manière informatique [Peucker et Al 1975].</p> <p>Début 1980, mise sur le marché des "mini ordinateurs". Permettant une décentralisation des moyens informatique dans institutions et des "micro-ordinateurs " où les ordinateurs personnels (PC).</p>
	<p>Naissance du concept actuel de SIG intégrant la trilogie : mode image, mode vecteur et base de données relationnelle</p>	
Début 1990	<p>Mise en commun des informations en réseau « intranet »</p> <p>Première mise en œuvre d'internet</p>	<p>Développement de la puissance des processeurs selon la loi de Moore 1965 (le nombre de transistors intégrés dans un processeur double tous les deux ans)</p>
1990-2000-2010	<p>Le concept de système d'information géographique devient science de d'information géographique Goodchild, 1992</p> <p>Mise sur le marché le logiciel SIG à faible cout (p.e. manifold).</p>	<p>Popularisation d'internet.</p> <p>Développement et diffusion des ordinateurs portable.</p>

Tableau. I .1. Principale étape historique de l'évolution des SIG (Régis Caloz et al, 2011)

I.1.9. Les composantes d'un SIG :

Selon ESRI France (ESRI, 2018) un Système d'Information Géographique est composé de:

➤ **Matériel informatique (hardware):**

Les SIG marchent sur une très grande panoplie d'ordinateurs (pc de bureaux raccordés en réseau ou exploités de manière autonome).

➤ **Logiciels (software):**

Les logiciels de SIG offrent les outils nécessaires pour sauvegarder, examiner et visualiser l'information géographique.

➤ **Données (Information Géographique):**

Les données constituent la composante maîtresse des SIG.

L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise auprès de producteurs de données.

➤ **Personnel formé:**

Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est à l'utilisateur « expert en SIG » de l'exploiter. Il faut signaler que les SIG sont élaborés d'une manière qui leurs permettent d'être manipulés par plusieurs types d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux utilisateurs de logiciel pour le traitement de l'information géographique. Actuellement, grâce à l'accession des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.

➤ **Méthodes:**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

I.1.10. Les fonctionnalités du S.I.G :

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

Selon ESRI France (ESRI, 2019) un Système d'Information Géographique est Fonctionnée par :

- Cartographie et Visualisation : Comprendre les localisations et les relations spatiales avec des cartes et des représentations visuelles ;
- Gérer : Recueillir, organiser et maintenir une description précise et géographique des biens et ressources ;
- Permettre la Mobilité : Gérer et équiper des collaborateurs nomades pour recueillir et accéder à de l'information sur le terrain ;
- Superviser : Suivre, gérer et superviser des biens et ressources en temps réel ;

- Impliquer : Communiquer et collaborer avec les citoyens et les communautés d'intérêt ;
- Partager et collaborer ; Donner les moyens à chacun de facilement découvrir, utiliser, créer et partager de l'information géographique ;
- Analyser : Découvrir, mesurer et prévoir les tendances et évolutions pour améliorer et optimiser ;
- Concevoir et planifier : Evaluer des solutions alternatives et imaginer les meilleurs projets
- Décider : Obtenir une parfaite connaissance de la situation et prendre des décisions basées sur l'information optimiser ;
- Concevoir et planifier : Evaluer des solutions alternatives et imaginer les meilleurs projets
- Décider : Obtenir une parfaite connaissance de la situation et prendre des décisions basées sur l'information.

I.1.11. LE RÔLE DES SIG :

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle.

- Acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction

Organisation des données descriptives et des données géométriques (IAAT, 2003) :

- Acquérir revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations ;
- Archiver consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur). Cette fonction dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) ;
- Analyser permet de répondre aux questions que l'on se pose ;
- Afficher pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs ;
- Abstraire revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

I.1.12. Les domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG concernent l'ensemble des activités où interviennent des données localisées : la protection de l'environnement, la gestion des ressources, l'aménagement du

territoire, les études d'impact, le suivi de phénomènes dynamiques (Maguire et al, 1991)

En plus des domaines suivants :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) ;
- Marketing (localisation des clients, analyse du site) ;
- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement) ;
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes) ;
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires) ;
- Hydrologie,
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture) ;
- Géologie (cartographie, aléas, amiante environnemental, prospection minière) ;
- Biologie (études du déplacement des populations animales) ;
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

I.1.13. Présentation des principaux Logiciels de SIG :

Logiciels libres :

1. **GRASS GIS** : Il rassemble des propriétés de traitement d'images satellitaires et des fonctionnalités à base topologique.
2. **Map Server** : Logiciel libre d'édition des cartes sur le web.
3. **QGIS** : Il permet de visualiser les cartes ainsi que leurs transformations. Il présente une qualité qui le rend très simple à utiliser.
4. **PostGIS** : C'est une extension pour la base de données PostgreSQL, qui permet de faire des requêtes SQL et spatiales.
5. **uDig, gvSIG** : Logiciels libres développés en Java pour Linux et Windows.

Logiciels Gratuits:

1. **DIVA-GIS** : Offre des outils d'analyse statistique et géostatistique de l'information géographique.
2. **AutoDEM** : Il propose des dispositifs pour générer des modèles numériques de terrains (MNT) à partir de courbes de niveaux. Il supporte plusieurs formats tel que les images raster et les courbes de niveaux de type vectoriel.

Logiciels Commerciaux:

1. **Arc GIS** : (Arc Info, Arc View, etc.) de chez ESRI ;
2. **GéoMapGIS** : Métiers s'appuyant sur l'environnement Autodesk (AutoCAD,
3. **AutodeskMap, AutodeskMapGuide, etc.**);
4. **Manifold** : Logiciel novateur (serveur, géocodage, 3D, script .net, sgbd).

1.2Qualité des eaux :

1.2.1Notions générales :

I-1- l'eau :

L'eau est presque aussi ancienne que notre planète et depuis sa formation son volume est resté globalement stable. Ainsi, depuis le début, c'est toujours cette eau originelle qui circule entre les principaux réservoirs : les océans, les continents et l'atmosphère. Cette eau, suivant les conditions de pression et de température, peut se retrouver sous trois états : solide (neige et glace), liquide (océan, mer, rivière), gazeux (vapeur d'eau). Le passage d'une forme à l'autre (changement de phase) s'accompagne d'échanges thermodynamiques avec le milieu (Behra, 2013).

1.2.2. Paramètres de la qualité des eaux :

1.2.2.1. Les paramètres physico-chimiques :

a) - Température (T) :

La température est un facteur important qui influe sur de nombreux processus chimique et physique, telle que la solubilité des gaz dissous, le pH, la conductivité électrique et sur la vitesse des réactions chimique et biologique. Elle est nécessaire pour déterminer l'équilibre chimique entre les diverses espèces en présence tel les ions et les molécules non dissociées (Steven, 1997). La température influe sur la plupart des processus chimiques et biologiques ayant lieu dans l'eau.

b) - Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH est une caractéristique fondamentale de l'eau, il donne une indication de l'acidité ou de l'alcalinité du milieu. Le pH de l'eau peut influencer sur la répartition des biocénoses en milieu aquatique, de même que la disponibilité des substances nutritives et sur la toxicité relative de nombreux éléments (Allen et al., 1994).

Les bactéries sont très sensibles aux variations du pH du milieu dans lequel elles évoluent.

Pour les eaux usées urbaines, la nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (Metahri, 2012).

c)- La conductivité (CE) :

C'est la mesure de la capacité d'une solution de laisser passer un courant électrique, cette capacité dépend des sels solubles dans l'eau et de la température de mesure. Généralement, les sels minéraux présents dans l'eau, sont des bons conducteurs ; quant aux matières organiques et colloïdales, elles n'ont que peu de conductivité (Rodier, 1996).

d)- L'oxygène dissout (OD) :

L'oxygène est peu soluble dans l'eau. Ce gaz peut jouer le rôle de facteur limitant dans les milieux aquatiques (Dajoz, 2006).

La quantité d'oxygène dissout dans les eaux naturelles varie en fonction de la température, de la salinité, du brassage des eaux, ainsi que de la pression atmosphérique. La concentration d'oxygène dissout est soumise à des variations diurnes et saisonnières qui sont dues en partie aux fluctuations de la température de l'air, de l'activité photosynthétique et du débit de l'eau (Allen et al., 1994).

e) - Les matières en suspension (MES) :

Les MES d'origine urbaines sont particulièrement dangereuses pour les milieux récepteurs, d'une part parce que les rejets de MES ont également une influence directe sur les milieux naturels : colmatage des frayères, fixation sur les branchiers des poissons (Choccat, 1997). Les MES modifient la turbidité de l'eau, c'est à dire réduisent la transparence de celle-ci (Reader et Head, 2006).

Les MES réduisent l'activité photosynthétique et abaissent la productivité des eaux. Par ailleurs, les MES donnent à l'eau un aspect sale et trouble (Ghedbane, 2013).

1.2.2.2. Paramètres de pollution organique :**a) - Demande biochimique en oxygène pendant Cinq jours (DBO5) :**

La DBO5 représente la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée (Boudenne et al., 2012).

b) - Demande chimique en oxygène :

La DCO représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation par processus chimique des matières oxydables existantes dans l'eau. Sa mesure correspond donc à une estimation corrélative des matières oxydables présentes dans l'eau, quelle que soit leur origine : organique ou minérale (Bliefert et Perraud., 2001).

c)- Les phosphates (PO_4^{3-}) :

Les phosphates sont des formes minérales du phosphore formés à partir d'ions PO_4^{3-} . Les phosphates sont présents dans les excréments, les engrais, les lessives, les champoings et les détergents ménagers (Choocat, 1997).

d)- Nitrate, nitrites et ammonium :

L'ion ammonium est normalement présent qu'en faible quantité dans les eaux bien oxygénées, car il est rapidement absorbé ou transformé en nitrites (NO_2^-) puis en nitrate (NO_3^-). Forme finale de l'oxydation (Figure 2). Leur concentration relative dépend du pH des eaux : plus les eaux sont alcalines plus la concentration relative d'ammoniac est importante. En concentration trop élevée, l'ammoniac est mortel pour la faune piscicole. La dégradation de l'ammonium entraîne une consommation d'oxygène dans le cours d'eau, au détriment des espèces animales qui risquent de disparaître (Bernard et al., 2007).

Les nitrites sont considérés comme polluants très nuisibles surtout, pour la santé humaine. Le taux des nitrites doit être contrôlé régulièrement. Une teneur importante survient en général lorsque l'eau est surchargée en matières organiques et que les bactéries ne sont pas suffisantes pour les transformer en nitrates (Goel, 2006 in Boudernne et Lebsir, 2012).

Les nitrates sont la résultante de l'oxydation complète des composés azotés. La pollution des eaux par des nitrates, outre-la sur fertilisation azotée en agriculture, résulte du rejet d'effluents domestiques chargés en matières organiques fermentescibles par les nitrates, qui ont une toxicité indirecte par le fait qu'ils se transforment en nitrites (Rodier et al., 2009).

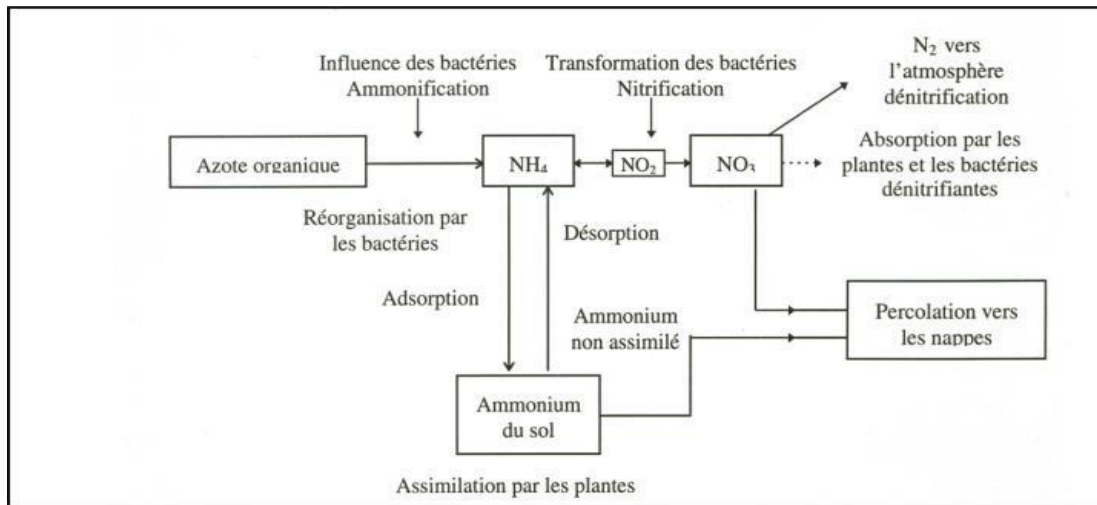


Figure I.6 : Fractionnement des formes de l'azote en plusieurs parties (Guasmi et al.2006).

1.2.3. Norme et classes de qualité des eaux :

Le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'avoir une connaissance de l'état globale d'une eau superficielle, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps.

L'ABH est inspiré du SEQ eau pour classer les eaux superficielles (tableau 1 et 2). Cette classification repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles.

Tableau I.2 : Grille de la qualité des eaux superficielles (ABH ,2009).

Classe Paramètres	Unité	Très bonne	Bonne	Passable	mauvais e	Très Mauvaise
Conductivité	μS/cm	180-2500	120-3000	60-3500	0-40000	>4000
O ₂ dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
DBO ₅ d'O ₂	mg/l	3	6	10	25	>25
DCO d'O ₂	mg/l	20	30	40	80	>80
NO ₃ ⁻	mg/l	2	10	25	50	>50
NO ₂ ⁻	mg/l	0.03	0.3	0.5	1	>1
NH ₄ ⁺	mg/l	0.5	1.5	2.8	4	>4
PO ₄ ³⁻	mg/l	0.1	0.5	1	2	> 2

Tableau I.3: La classification de la qualité des cours d'eau en Algérie selon ABH, 2009

Classe	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvais	Très mauvaise
		Eau exempte	Eau de qualité	Eau de qualité médiocre, suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée,

CHAPITRE II

LA ZONE D'ETUDE

Chapitre II : présentation de La zone d'étude

II.1. Description de Chott EL Hodna :

Le Chott EL Hodna fait partie d'une série de chotts qui se sont développés là où convergent les eaux provenant de l'Atlas saharien au sud et l'Atlas tellien au Nord.

Paysage végétal des hautes plaines steppiques, il fait partie du point de vue phytogéographique du domaine Maghrébin steppique, son bassin situé à l'extrême est des hauts plateaux, orienté Ouest-Nord, Ouest -Est, Sud-Est, qui s'étend sur 220 Km de long et 90 Km de large, est coincé entre deux formations montagneuses atteignant 1800 à 1900 m d'altitude au Nord et 600 à 900 m au Sud, c'est hydrologiquement un bassin fermé de 26000 Km².

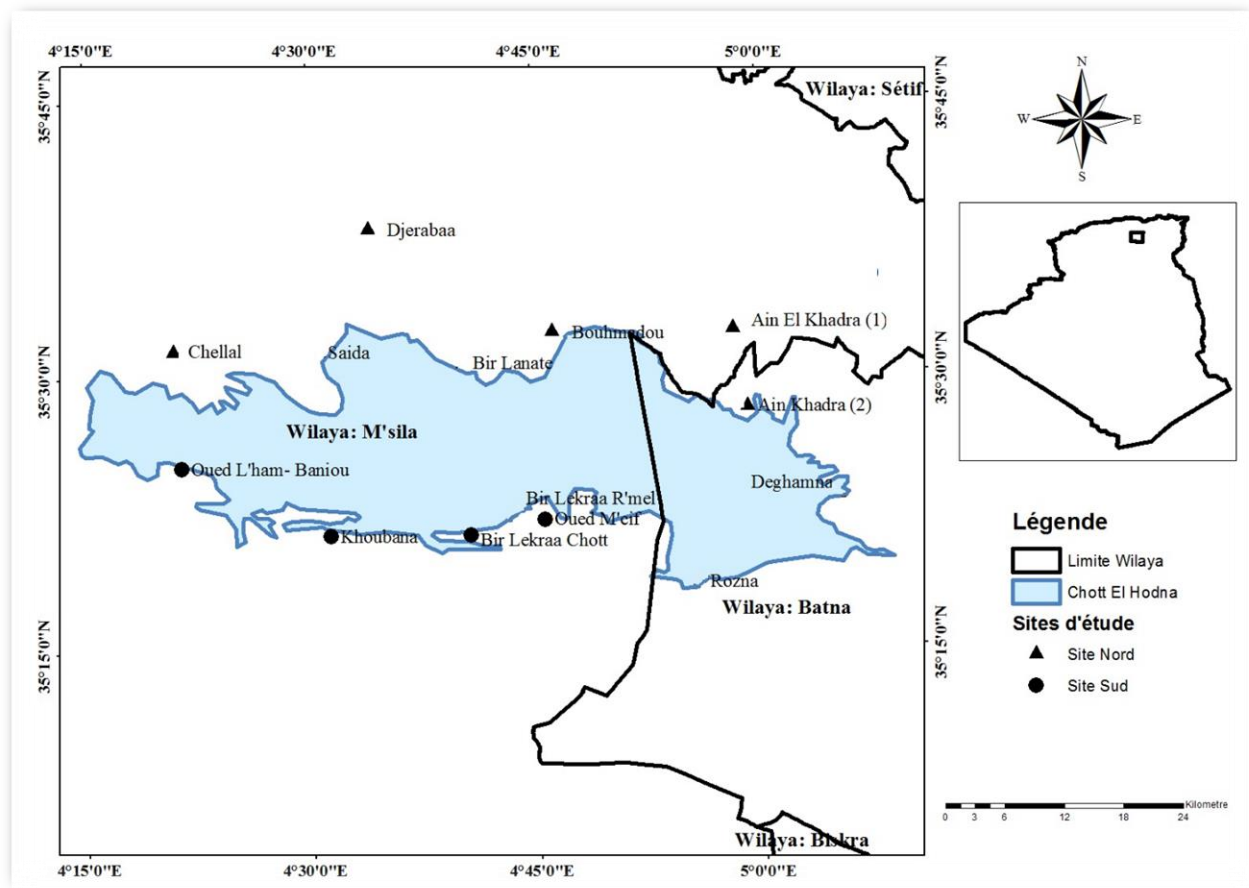
La cuvette du Hodna, d'une superficie de 8500 Km², qui sert de niveau de base aux oueds du bassin, occupés en son milieu de bas fond-plat une superficie de 1100 Km², c'est cela que l'on appelle « le Chott EL Hodna » situé de 930 à 400 m d'altitude.

Surface d'épandage des crues, le Chott a une forme elliptique, une eau salée et s'étend 77 Km de long et 19 Km de large. Sa surface inondée, quoique variable, ne dépasse jamais 80.000 ha, son alimentation est assurée par au moins 22 cours d'eau principaux auxquels il faut ajouter des sources d'eau douce. Il se met en eau uniquement en hiver, sec et salé en été, des croûtes de sel couvrent toute son étendue. (Boumezbeur, 2002).

II.2. Situation géographique :

La région de Chott EL Hodna est limitée :

- Au Nord par la chaîne du Bibans et les monts du Hodna (1400-1800 m) (Jean et Franco, 1995).
- Au Sud par l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien (prolongement des monts d'Ouled Nails (1470-1675 m) et les Monts du Zab (980 m).
- A l'Est par le Djebel Metlili (1495 m).
- Au Sud-Est la ville de Barika et le Djebel Tsenia (Kaabache, 1990).
- Au Sud-Ouest par les monts de Boussaada terminaison des monts des Ouled Nail (Mimoune, 1995).
- A l'Ouest par les hautes plaines steppiques Algéro-oranaises (900-1200 m) (Jean et Franco, 1995) (Figure II.1).



FigureII.1 : Situation géographique de Chott El Hodna.

II.2.1. Localisation générale :

Le Chett chevauche deux wilaya, M'sila (1000 Km²) et Batna (100 Km²) au Sud -Est de l'Algérie, il est isolé de la mer méditerranée par 100 à 150 Km² de chaînes de montagnes, il occupe le centre la cuvette du Hodna, il se situe à 40 Km au Sud-Ouest de la ville de Boussaada et à 80 Km au Sud -Est de la ville de Biskra (Anonyme, 2000) (figure1.2)

II.2.2. Coordonnées géographiques :

Latitude : entre 35° 18' et 35° 32'.

Longitude : entre 4° 15' et 5° 06'.

II.2.3. Altitude :

Minimale : 390 mètres.

Moyenne : 392 mètres.

Maximale : 400 mètres.

II.2.4. Superficie :

362.000 hectares.

II.3. Caractéristique physique :

II.3.1. Géologie :

Durant la quaternaire récent, la fin du Soltanien est marquée par l'apparition de vastes lacs .La sebkha du Hodna s'y est implantée il ya quelque milliers d'années seulement à la suite de l'émergence du seuil de M'doukal par des formations lacustres du Soltanien et par des dunes .Le chott est implanté en partie sur une structure anticlinale qui , probablement, est le prolongement de l'anticlinale du Chott EL Hammam .Le Chott EL Hodna est un paysage transito-accumulatif de dépôts argileux récents qui bordent la sebkha , Il renferme des dépôts alluvionnaires du Quaternaire (Boumezbeur, 2002)(figure1.3).

II.3.2. Géomorphologie :

Doté d'un relief plat et d'un microrelief ondulé, Le Chott est une large dépression dont le fond atteint 391m, il sépare la région du Hodna proprement dite de la région saharienne. Il est constitué de deux zones concentriques, une zone périphérique ou « sebkha » (Boumezbeur, 2002).

La zone périphérique : La zone nord du chott occupe une partie de la plaine (Attabi et Zine, 2006), et la zone sud se distingue par sa nature sableuse.

La zone centre : La partie centrale du chott correspond à une cuvette où se concentrent les eaux chargées en chlorures et sulfates (Boudrissa et al.,2007)

L'unité structurale la plus dominante est la plaine, elle couvre les 2/3 du Hodna.

II.3.3. Hydrologie :

Le régime hydrologique du Hodna est lié au régime pluviométrique caractérisé par de fortes irrégularités. La majorité des cours d'eaux n'ont pas de débits pérennes, à l'exception des oueds Lougammane, El Ham, K'Sob, Selmane, Barhoum et Soubella alimentés par des sources retenues, « ceds » (ou retenues traditionnelles) . A cela s'ajoute une multitude de petits cours d'eau (chaàba) à sec pratiquement toute l'année et qui coulent lors des chutes de pluies (figure1.4).

Quatre oueds seulement sont pérennes, quoique leur débit soit très faible (Boumezbeur,2002).

Oued El Ham à l'ouest, oude K'sob au nord,oude Barika à l'Est et oued M'cif au sud.

Tous les oueds Pérennes ou nom, ont des crues secondaires et fortes. Les eaux se déversant dans le chott sont estimées à 150hm² par an pour une année moyennement pluvieuse (C.F.M.,2009).

II.3.4. Bassin versant :

D'une superficie de 26 000km² et hydrogéologique, il est en communication vers l'ouest avec le bassin du « chott de Zehrez chergui à Djelfa », et vers le sud avec l'immense bassin du continental intercalaire saharien (Boumezbeur ,2002).

II.3.4.1. Bilan Hydrique du bassin versant :

Les ressources en eaux de surface disponibles annuellement pour l'ensemble du bassin versant du Hodna s'évaluent à 323hm³, 173hm³ sont destinées à l'agriculture, 29hm³ sont retenues par le barrage du K'sob et quelque retenue collinaire, et le reste est drainé par des retenues traditionnelles ou « cèd » en période de crues dans la plaine permettant au Chott d'emmagasiner 150hm³(Boumezbeur,2002).

Les potentialités hydriques réelles du bassin versant du Hodna varient d'une année à l'autre, car elles dépendent de l'ampleur des précipitations annuelles. Les $\frac{3}{4}$ du total du débit des oueds du Hodna dépendent des pluies. Ce chiffre est estimé entre 60-70% du ruissellement en nappe qui prend importance lors des violents orages (Anonyme,2000).

II.3.5. Pédologie :

Les soles du chott et de la sebkha accumulent des gypso-salines de nappe qui devient franchement salines dans la sebkha grâce à l'évaporation (C.F.M.,2002). La répartition dès l'holomorphie, la gypsoorphie, la calcimorphie et la désertification (Boutrissa,2005).

La nappe phréatique se rapprochant de la sebkha, lieu où la minéralisation des eaux augmente, la salinisation de type sulfato-chlorure devient chloruro-sulfatée et chlorurée.

Dans le chott on observe la zonalité pédologique suivante :

- **Sol peu évolué d'apporte alluvial** affecté à différents degrés par des sels sur les glacis récents se trouvant également en plaine.
- **Sol halomorphe moyennement à très fortement** salins dans le chott avec une couverture végétale clairsemée, localement avec des sols hydro morphes à « redistribution de gypse ».
- **Sol halomorphe excessivement salin**, abiotique de la sebkha.
- **Sol halomorphe et sol hydro morphe** à redistribution de gypse ensablé en complexe avec des sols minéraux bruts xérique et inorganiques issus d'apports de région du R'mel.

R'mel : signifie sable, en raison de la présence de dévoile sableux d'origine éolienne.

Remarque : Chott El Hodna se qualifie d'un point de vue pédologique comme zone subdésertique argileuse dont les sols sont très fortement à excessivement salins avec une conductivité de 180mm hos/cm³ et une texture lourde. A l'état sec, il est couvert par des polygones d'argiles surmontant en

surface avec une structure faible à nombreux cristaux individualisés de Na Cl. En profondeur la structure est massive avec des taches de rouilles et des taches grises. (Anonyme,2000).

II.4. Caractéristiques climatologiques :

Le climat du Chott de type méditerranéen, subit dans sa partie méridionale l'influence saharienne, il comporte un hiver perturbé fraîche et humide et une saison calme, chaude et sèche en été. Le Chott est situé dans l'étage bioclimatique subaride (Boumezbeur,2002).

II.4.1. Les données climatiques :

Le climat de la Wilaya est de type continental soumis en partie aux influences sahariennes. L'été y est sec et très chaud, alors que l'hiver y est très froid.

Sur le plan pluviométrique, la zone la plus arrosée est située au nord : elle reçoit plus de **480** mm par an (Djebel El Chouk – Chott de Ouenougha) : quantal reste du territoire, la zone la plus sèche est située à l'extrême sud de la wilaya reçoit mois de **200** mm/an.

Les précipitations moyennes annuelles de la Wilaya en **2020** sont de **12.6** mm/an.

Les températures moyennes mensuelles de l'année sont de **19.80** C°, enregistrées au mois plus chaud (Aout) sont de **32.80** C° et le mois plus froid (Janvier) sont de **8.0** C° (Tableau II.1).

Tableau II.1: Caractéristiques géographiques de la station météorologique de la région de M'Sila.

<i>Mois</i>	<i>Température (C°)</i>	<i>Précipitation pluie (mm)</i>	<i>Humidité (%)</i>	<i>Vents (m/s)</i>
<i>Janvier</i>	8,0	17,8	74,0	1,0
<i>Février</i>	12,4	0,0	54,0	1,0
<i>Mars</i>	13,9	21,7	59,0	5,0
<i>Avril</i>	17,9	41,4	59,0	4,0
<i>Mai</i>	24,3	8,0	38,0	4,0
<i>Jun</i>	27,9	7,4	32,0	5,0
<i>Juillet</i>	32,1	6,4	29,0	4,0
<i>Août</i>	32,6	0,5	27,0	1,0
<i>Septembre</i>	25,0	22,7	47,0	4,0
<i>Octobre</i>	18,3	0,8	45,0	3,0
<i>Novembre</i>	14,9	15,7	60,0	4,0
<i>Décembre</i>	9,7	8,7	71,0	4,0
<i>Total ou moy</i>	19,8	12,6	49,6	3,3

Source : Direction des transports ,2020.

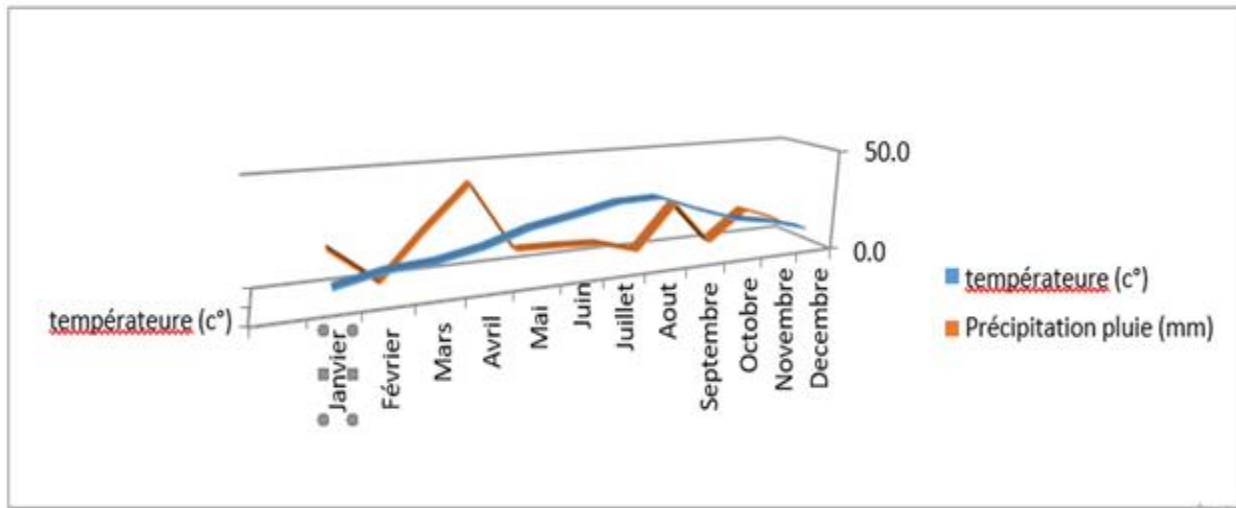


Figure II.2 : Précipitation pluie et température (Direction des transports ,2020).

II.4.2. Synthèse climatique :

II.4.2.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen :

Bagnouls et Gaussen (1953) considèrent qu'un mois est sec quand le total de précipitation exprimé en mm est égal ou inférieur au double de la température (T) exprimé en degré centigrades (P inférieur ou égale $2T$) (Gounot, 1969 in Moussai, 2008).

Quand la courbe des précipitations passe au-dessous de celle des températures, la période s'étendant entre les abscisses des points d'intersection des deux courbes correspond à la durée de la saison sèche, son intensité est traduite par la surface du graphique comprise entre les deux courbes pendant cette période (Figure II.3).



Figure II.3: Diagramme Ombrothermique de la région de Chott El Hodna 2012.

D'après la figure II.3 la période sèche de la région de Chott El Hodna est représentée durant presque toute l'année.

II.4.2.2. Quotient pluviothermique d'Emberger :

La quotient pluviothermique d'Emberger (Q2) est un indice climatique qui traduit la xérité du Nord au sud, du climat méditerranéen en fonction des paramètres climatiques (P, (M-m) et m).

Cette méthode définie dès 1932, reprise et affinée en 1955 par Emberger définit une station par deux éléments.

$$Q = \frac{1000P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

P : Précipitation annuelle en mm;

$\frac{M+m}{2}$: Moyenne des températures annuelles;

(M+m) /2 : Moyenne des températures annuelles;

(M-m) : Amplitude thermique extreme en °K;

M : moyenne des maximas du mois le plus chaud en °K;

m : Moyenne des minima du mois le plus froid en °K;

°K : degré kelvin.

Pour la station de M'Sila :

P=202.10mm.

M= 39,14+273= 312,14°K.

m=3,352+273=276,352°K.

Q₂=19,19

- L'étage de la zone d'étude est aride à hiver tempéré avec un quotient pluviothermique égale à 19,19.

Tableau II.2 : Valeur du quotient pluviothermique de M'Sila (1988-2012).

	P(mm)	m(°c)	M(°c)	M-m	Q2
M'Sila	202,1	3,352	39,14	35,788	19,19

- Le quotient pluviométrique a l'avantage de combiner deux paramètres ; la pluviométrie moyenne annuelle (P) et la moyenne annuelle (M+m) /2.
- Les températures sont calculées en degrés Kelvin (1°K=1°C+273), pour éliminer les températures négatives en degrés Celsius.

- Les représentations graphiques portent m sur l'axe des abscisses et Q2 sur celui des ordonnées aux valeurs du quotient correspondent les étages bioclimatiques et à celle des températures minimales du mois le plus froid, en principe plus Q2 est petit, plus le climat est sec.
- Portée sur le climagramme d'Emberger, la station se positionne dans l'étage bioclimatique aride à hivers tempérés. (Figure II.4).

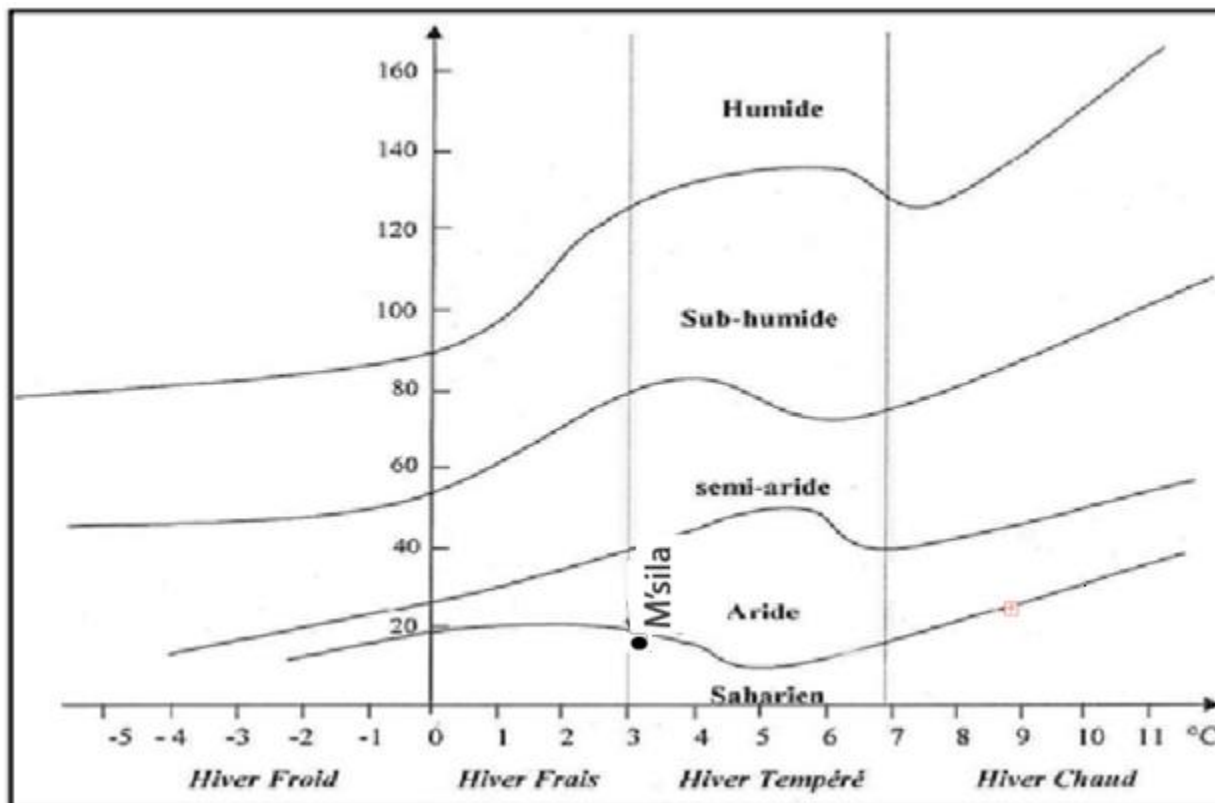


Figure II.4 : Positionnement de la station de M'Sila dans le climagramme d'Emberger durant la période (1988-2012).

II.5. Chott El Hodna zone humide d'importance internationale :

II.5.1. Type de zone humide :

Le Chott est une zone humide continentale (R.Ss.Y) .

R : lacs et étendues / saumâtres / alcalins saisonniers / intermittents.

Ss : mares / marais salins / saumâtres / alcalins saisonniers / intermittents.

Y : source d'eau douce / oasis (Boumezbeur, 2002).

II.5.2. Date d'inscription du Chott sur la liste de Ramsar :

Le Chott est une zone humide d'importance internationale classée site RAMSAR depuis 2001, selon les critères de classification suivants :

II.5.3. Critère de RAMSAR relatif à Chott EL Hodna :

Il s'agit des critères de Ramsar : 1.2.3.7.

- (1) Le Chott est une zone humide qui contient un exemple représentatif rare ou unique de type de zone humide naturelle de la région biogéographique concernée.
- (2) Le Chott est une zone humide qui abrite des espèces vulnérables menacées d'extinction ou gravement menacées d'extinction ou des communautés écologiques menacées.
- (3) Le Chott EL Hodna est une zone humide qui abrite des populations d'espèce animale et végétale importante pour le maintien de la diversité biologique d'une région biogéographique particulière.
- (7) Le Chott est une zone humide qui abrite une proportion importante de sous espèces ou famille de poissons indigène qui contribuent à la diversité biologique. Le critère 2 mieux le site du Chott EL Hodna. (Boumezbeur, 2002).

CHAPITRE III

Matériel et Méthodes

Chapitre III : Matériel et Méthodes

III.1. Collecte des données :

III.1.1. Echantillonnage :

III.1.1.1. Prélèvement des échantillons :

Dans le but de déterminer la qualité physico-chimique, nous avons choisis un site naturel : Chott EL Hodna et différents puits qui l'entourent qui sont : Bouhmadou , Ain EL Khadra (1), Ain EL Khadra (2), Bir Al Arbi , M'Cif , Khoubana, Baniou, Djraba et chellal.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Etant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyte, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. (Rodier et al ,2009).

Les échantillons seront recueillis dans des flacons en verre ou en plastique.

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements. Chaque flacon doit être accompagné d'une fiche signalétique permettant de rassembler les renseignements utiles au laboratoire ainsi que les observations relevées au cours des opérations (Rodier, 1996).

On note sur la fiche de renseignement :

- L'origine de l'eau;
- L'adresse exacte du milieu de prélèvement;
- La date et l'heure du prélèvement.

III.1.1.2. Conservation des échantillons :

Le tableau III.1 illustre le mode de conservation des échantillons à analyser selon (Rodier., 2009).

Tableau III.1 : Conservation des prélèvements (Rodier., 2009).

Elément analysé	Conservateur	Température de conservation
Nitrates Nitrites	Acide sulfurique (pH <2)	4
Résidu secpH	/	
Température	/	
Ammonium	Acide sulfurique	4
Phosphore DCO	//	
MO	//	
O2 dissous	(Mn (OH) ₂) +(KI)	

III.1.2. Technique d'analyse de l'eau :

III.1.2.1. Les paramètres physico-chimiques :

III.1.2.1.1. Mesure sur terrains (in situ) :

Pour chaque prélèvement d'échantillon, des mesures in site sont effectuées afin de déterminer certaines caractéristiques changeables et sensibles aux conditions de milieu comme : la température, le pH, la conductivité, l'oxygéné dissous.

a) -La température (T°C) :

La température est le paramètre le plus important dans les analyses de l'eau. Elle a une influence directe sur le comportement de différentes substances contenues dans l'eau et à une grande influence sur l'activité biologique. (Roux, 1987).

✓ Principe :

La mesure de température a été effectuée sur terrain, il y a lieu de déterminer la température de l'air au même endroit et au même moment (Rodier ,1996).

✓ Mode opératoire :

La température a été mesurée au même moment et au même endroit pour les prélèvement d'eau à l'aide d'un thermomètre en respectant les précautions décrites par Rodier (1996) ; lors de la mesure de la température de l'air ,nous avons évité le rayonnement solaire direct et la chaleur

dégagée par l'opérateur .Le thermomètre est plongé à environ 15 cm de profondeur pendant 10 minutes .

b) -Le potentiel hydrogène (pH) :

Le PH est un indice de l'équilibre entre les acides et les bases dans l'eau, est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Il est proportionnel au pouvoir neutralisant de l'eau et indique par conséquent les réactions chimiques possibles avec les roches, les minéraux et les sols (Allen et al, 1994).

Le Ph est une valeur qui nous indique la concentration en ions H_3O^+ dans l'eau, il conditionne l'agressivité, l'entartrage de l'eau également sa saveur (Bensaci, 2008).

✓ **Principe :**

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel-KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du PH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ (Rodier et al,2009) .

✓ **Mode opératoire :**

Le PH doit être impérativement mesuré sur terrain à l'aide d'un PH-mètre ou par colorimétrie.

C) La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau compris entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une a l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (Rodier et al, 2009).

La conductivité mesure de la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. La conductivité est également fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente.

✓ **Principe :**

La mesure de la conductivité est basée sur le principe du pont de Wheatstone, en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre ou une image cathodique (Rodier ,1996).

La conductivité électrique d'une eau mesurée généralement par un appareil multi paramètres et elle s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu S/cm$) (Rodier,1996).

✓ **Mode opératoire :**

D'une façon générale, opérer avec les verreries rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée (Rodier et al, 2009).

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner ; faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soit complètement immergée. Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Opérer de préférence à la température de référence de 25°C°. La température du liquide ne devra en aucun cas varier pendant la mesure. Faire varier la résistance du pont jusqu'au ce qu'il ne passe plus de courant dans l'appareil de zéro. Noter le chiffre R donné par le pont (Rodier, 1996).

d)Le totale des solides dissous (TDS) :

✓ **Principe :**

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale de sels minéraux dissous dans l'eau qu'est appelée le TDS (Rodier, 1996).

✓ **Mode opératoire :**

La mesure de la TDS ce fait dans le laboratoire a l'aide d'un TDS mètre en mettant une quantité de l'eau a analysé dans une cuve stérile et l'introduire dans cette appareil (Rodier, 1996).

III.1.2.1.2. Analyse et dosage au laboratoire :

a) Salinité :

La salinité, ou teneur en sels dissous de l'eau, est un paramètre clé qui influe sur la composition physique de l'eau. Elle généralement exprimée en parties par millier (Allen. et al 1994).

La salinité varie sur le plan horizontal et également avec la profondeur. Comme la densité de l'eau est proportionnelle à la teneur en sels, l'eau douce qui est plus légère a tendance à rester à la surface. Toutefois, la relation entre la profondeur et la salinité n'est pas constante (Allen et al, 1994).

L'appareil utilisé pour la mesure est le salinomètre de précision de (0.003%) ou multi paramètre (Briki, 2010).

b) L'oxygène dissous :

Après avoir prélevé l'échantillon en utilisant un flacon conçu pour le dosage de l'oxygène dissous, la fixation doit se faire immédiatement en ajoutant de l'hydroxyde de manganèse (Mn (OH)₂) et de l'iodure de potassium (KI) tout en notant prenant toutes les précautions possibles pour éviter un dégazage ou une introduction d'oxygène. L'analyse se fait au laboratoire par la méthode de Winkler. En milieu alcalin, l'oxygène dissous forme avec de l'hydroxyde de manganèse (Mn (OH)₂) un précipité brun

d'hydroxyde manganique (III).

c) Matières en suspension :

Un volume de 50 ml est centrifugé à 3000 tr /min pendant 20 minutes. Le culot recueilli est séché à 105°C durant 1h 30 à 2h. Le taux des matières en suspension est exprimé en mg /l.

d) Les Résidus sec :

La détermination du résidu sec se fait dans une étuve réglable à 105°C. Un volume de 100 ml d'eau bien mélangée est évaporé dans une capsule tarée. Le résidu sec est ensuite pesé (Rodier et al., 2009). Les résultats sont exprimés en mg/l.

e) Le calcium(C⁺⁺) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous formes des carbonates, composant majeures de la dureté de l'eau, et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables (Rodier, 1996).

✓ **Principe :**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T. A à PH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de Murexide.L'E.D.T.A Réagit tout d'abord avec les ions des calciums libres , puis avec les ions calciums combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet (Rodier, 1996).

✓ **Réactifs :**

- Solution d'E.D.T. A N/50.
- Solution d'hydroxyde de sodium (Na OH) 2N (Fischer scientifique).
- Indicateur coloré : Murexide.

✓ **Mode opératoire :**

A 50 ml d'eau à analyser, sont ajouté 2 ml de NaOH à 2 N (Fischer scientifique), puis du Murexide, et titre avec l'E.D.T.A. jusqu' au virage « Violet », puis notée « V1 » (Briki, 2010).

✓ **Expression et résultats :**

Pour une prise d'essai de 50 ml la teneur en calcium est égale à :

$$\text{Ca (mg/l)} = \text{V1} \times 0.4008 \times 1000 / 50 \text{ (Rodier, 1996).}$$

f) Le magnésium (Mg⁺⁺) :

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature ; il consiste environ 2.1% de l'écorce terrestre. La plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996).

✓ **Principe :**

Le magnésium est dosé avec une solution aqueuse d'E.D.T.A., ce dosage se fait en présence de noir

eriochrome. L'E.D.T.A. réagit tout d'abord avec les ions du magnésium libre, puis avec les ions magnésium combiné avec d'indicateur qui vire alors de la couleur violette à la couleur bleue (Rodier,1996).

✓ **Réactifs :**

- Solution d'E.D.T. A N/50;
- Solution d'hydroxyde d'ammonium (NH₄OH) PH=10.1;
- Noir eriochrome.

✓ **Mode opératoire :**

A 50 ml d'eau à analyser, sont ajouté du 2 ml de NH₄ OH à (10.1), puis noir eriochrome et titrer avec l'E.D.T. A jusqu' au virage « Bleu » puis notée « V2 » (Briki, 2010).

✓ **Expression et résultats :**

Pour une prise d'essai de 50 ml la teneur en magnésium est égale à :

$$\text{Mg (mg/l)} = \text{V2} \times 0.243 \times 1000 / 50.$$

La dureté totale exprimée en CaCO₃ (mg/l), est égale à :

$$(\text{V1} + \text{V2}) \times 1000 / 50.$$

V1 : volume du dosage du calcium.

V2 : volume du dosage du magnésium (Rodier, 1996).

A partir de la courbe d'étalonnage. La teneur en nitrate exprimée en milligramme par litre.

g) La dureté de l'eau :

La dureté ou tire hydrométrique (TH) d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion d'hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions de : fer, aluminium, manganèse et strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne. Elle s'exprime en milliéquivalents (még) de concentration en CaCO₃. Elle est souvent donnée en degré français (F°) (Rodier, 1994).

✓ **Principe :**

On ajoute à la solution à doser l'indicateur colore, il se forme alors des complexes avec les cations métalliques, et la solution prend une couleur rouge bordeaux.

Lorsque l'on verse la solution d'EDTA titrée, ces complexes sont détruits, les ions Métalliques formant des complexes plus stables avec l'EDTA. A l'équivalence, la coloration de la solution à vire au bleu.

✓ **Mode opératoire :**

- Prendre 25 ml d'eau à analyser puis compléter à 50ml d'eau distillée ;
- Ajouter 2 ml de solution tampon (ph=9.5-10) ;
- Ajouter une pincée de noir de criochrome;
- Titre avec l'EDTA a N/50 jusqu' au virage bleu.

✓ **Expression de résultat :**

$$TH (F^\circ) = V_{\text{edta}} (\text{ml}) * 4$$

$$\text{Mg} +2 (\text{mg/l}) = (V_{\text{th}} - V_{\text{ca}} +2) *9.72$$

h) Le chlorure (Cl⁻) :

L'ion chlorure possède des caractéristiques différentes de celles des autres éléments, il n'est pas adsorbé par les formations, ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobiles (Gouaidia, 2008).

✓ **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 (Rodier et al, 2009). Ils sont dosés par la méthode de mohr (Rodier, 1996).

✓ **Réactifs :**

- Acide nitrique pur ;
- Carbonate du calcium pur ;
- Solution de chromate de potassium à 10% ;
- Solution de nitrate d'argent 0.1N.

✓ **Mode opératoire :**

- Introduire 100 ml d'eau à analyser ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux ; et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10% ;
- Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'agent jusqu' à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes ;

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0.1 N utilisés (Rodier et al, 2009).

✓ **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 100 ml :

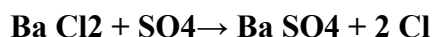
$V \times 10 \times 3.55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligramme de Cl⁻ par litre d'eau (Rodier et al, 2009).

i) Les sulfates (SO₄²⁻) :

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 de gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé (Full, 2007).

✓ Principe :

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de BaCl₂ (Rodier, 1996).

**✓ Mode opératoire :**

- Apprendre 100 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 5 ml HCl à 10% et chauffer jusqu' à l'ébullition en agiter constamment pour éviter les projections ;
- Ajouter goutte n'a goutte 20 ml de solution de chlorure de baryum à 10%, prolonger l'ébullition à 10 minutes sans interrompre l'agitation.
- Laisser reposer puis filtrer la solution ;
- Laver le précipité bien par l'eau distillée bouillante et laver par l'alcool éthanol ;
- Prélever le papier à filtre et disposer dans un creuset, puis disposer dans le four à calcination pour la dessiccation ;
- Laisser refroidir puis peser (Khermeche et Belouadah, 2003).

✓ Expression et résultats :

Pour une prise d'essai de 100 ml : $\text{SO}_4^{2-} = P * 10 * 0.41155$

j) Nitrite (NO₂⁻) :

Les nitrites sont dosés par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. La diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le α -Naphthyl Ethylène Diamine Dihydrochloride, donne un complexe pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique à 540 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l de NO₂ (Rodier et al., 2009).

k) Nitrate (NO₃⁻) :

Les nitrates (ou azote nitrique) représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent composante principale de l'azote inorganique ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global ou azote total avec une autre composante, l'azote organique (Rodier et al, 2009).

✓ Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune susceptible d'un dosage spectrométrique (Rodier et al, 2009).

✓ Matériel spécial :

Spectrophotomètre d'absorption moléculaire (HACH, Odyssey DR/2500).

✓ Réactifs :

- Solution de salicylate de sodium (0.5%) ;
- Solution d'acide sulfurique H₂SO₄ Concentré (Organiques) ;
- Solution de tartrate et Na OH
(3 g de tartrate + 20 g de Na OH → 50 ml) ;
- Eau distillée.

✓ Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Le mode opératoire est donné dans l'annexe.

✓ Mode opératoire :

- Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieur à 10 mg /l, opérer une dilution) ;
- Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium ;
- Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage ;
- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm (Rodier et al, 2009).

Chapitre IV

Mise en place d'un système d'information géographique pour l'évaluation et la cartographie de la qualité de l'eau des puits.

Chapitre IV : Mise en place d'un système d'information géographique pour l'évaluation et la cartographie de la qualité de l'eau des puits.

IV.1. Utilité d'un SIG pour l'évaluation de la qualité de l'eau des puits.

Un Système d'Information Géographique (SIG) est défini par *Thériault (1996)* comme étant « un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données à référence spatiales utilisé pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, stimuler et cartographier les phénomènes et les processus distribués dans l'espace géographique ». Il s'agit donc d'un outil informatique qui stocke et gère des informations ayant une référence au territoire.

Si l'on considère un Système d'Information Géographique comme un moteur, il est essentiel pour qu'il fonctionne de l'alimenter avec un carburant. Dans l'univers des SIG, ce carburant ce sont les données.

Les données représentent 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.

Les données géographiques sont souvent sous forme de photographies aériennes, des plans, cartes sur papiers, etc.

Dans notre cas nous avons eu des cartes sur papiers et des plans que nous avons transformées en formats numériques par géo référencement et par saisie.

Les sources d'informations (comme celles décrites précédemment) peuvent être d'origine très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement. Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet.

Ces manipulations peuvent, suivant les cas n'être que temporaires afin de se coordonner au moment de l'affichage ou bien être permanentes pour assurer alors une cohérence définitive des différentes sources de données.

Les fonctions les plus importantes des SIG sont :

- L'archivage c'est-à-dire le stockage des données au moyen de la saisie de l'information sous forme numérique ;
- L'analyse des données spatiales et thématiques qui fait des SIG un puissant outil d'aide à la décision ;
- La visualisation des résultats des analyses sous forme de cartes thématiques.

Dans le domaine d'étude d'hydrologie de bassin versant, les avantages fournis par les SIG sont nombreux. Tout d'abord, les SIG permettent une visualisation de la situation. Il est en effet plus aisé de se représenter la réalité en ayant un support visuel tel qu'une carte thématique. Avec le SIG, les utilisateurs peuvent par exemple :

- Voir sur les sous bassins hydrographiques du Hodna ;
- Voir sur la qualité de l'eau des puits du Chott ;
- Voir sur les paramètres physico-chimiques et biologiques du Chott.

En fin, une fois les données intégrées au travers des différentes couches d'information, on peut effectuer une analyse spatiale rigoureuse et efficace, Des calques superposés les uns aux autres combinés à des données alphanumériques donnent des résultats d'analyse très efficaces. Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes qui sont en effet de formidables outils de synthèse et de présentation de l'information.

Le SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'élément multimédia.

Le système d'information devrait être un outil d'observation et d'aide à la décision pour leur développement futur. Il sera donc un outil évolutif qui permettra non seulement le stockage des données mais aussi une analyse de celles-ci.

• **Choix des données intégrées au système**

Plusieurs types de données ont été pris en compte dans l'élaboration du SIG, il s'agit :

- Des coordonnées géographiques issues des travaux de géoréférencement (Chott El Hodna) ;
- Des attributs des entités géographiques ;
- La carte topographique de Biskra, Echelle 1/500 000 ;
- La carte du réseau hydro bioclimatique et de la surveillance de la qualité des eaux, Échelle 1/500 000 (ANRH).
- La carte de réseau hydrographique de Bassin du Hodna ;
- La carte des ressources en eau souterraine dans l'Algérie du Nord ;
- Le choix des attributs des entités géographiques d'évaluation de la qualité de l'eau des puits du Chott.

Ces derniers concernent :

- Des données générales sur le Chott ;

- Des données sur les paramètres physico-chimiques et biologiques ;
- Des données sur l'échantillonnage ;
- Des données sur la qualité des eaux au taure du Chott.

IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale :

La création de projet dans ArcGIS se fait par thème. Pour ce faire, il est essentiel d'utiliser un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) qui facilitera le stockage, l'organisation et la gestion des données. Ainsi, chaque thème sera accompagné d'un SGBD qui permettra de lier les données géographiques et celles tabulaires.

IV.2.1. Structuration des données :

Après la définition des données à intégrer au système, il s'est agi de les organiser et de les structurer. Ainsi, la définition de règles de gestion a permis d'aligner dans l'ordre de leur apparition, toutes les données retenues. Aussi, pour passer de la réalité complexe à une représentation informatique, on a procédé à la réalisation d'un Modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG), ainsi qu'à l'implantation des données structurées dans un système informatique.

IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques :

Une base de données (en anglais data base) est une "structure de données permettant de recevoir, de stocker et de fournir à la demande des données à de multiples utilisateurs indépendants" (AFNOR-ISO, 1989).

Les bases de données géographiques sont les outils opérationnels qui permettent d'organiser et de gérer l'information géographique sous forme numérique. Ce sont des ensembles structurés de fichiers décrivant les objets ou phénomènes localisés sur la Terre (avec leurs attributs et leurs relations nécessaires à la modélisation de l'espace géographique). Ces ensembles sont munis d'un système de gestion permettant de les tenir à jour, de les archiver et de les diffuser. Les bases de données constituent le socle sur lequel s'appuient les systèmes d'information géographique, qui analysent et exploitent les données pour en tirer des informations utiles à la décision.

Toute base de données représente une modélisation particulière de la réalité, et donc une généralisation plus ou moins poussée de celle-ci.

Le modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG) est une représentation facilement compréhensible, permettant de décrire le système d'information. Le MBDG sert à formaliser la description des informations qui sont mémorisées dans le système d'information géographique (Figure 1, 2 et 3).

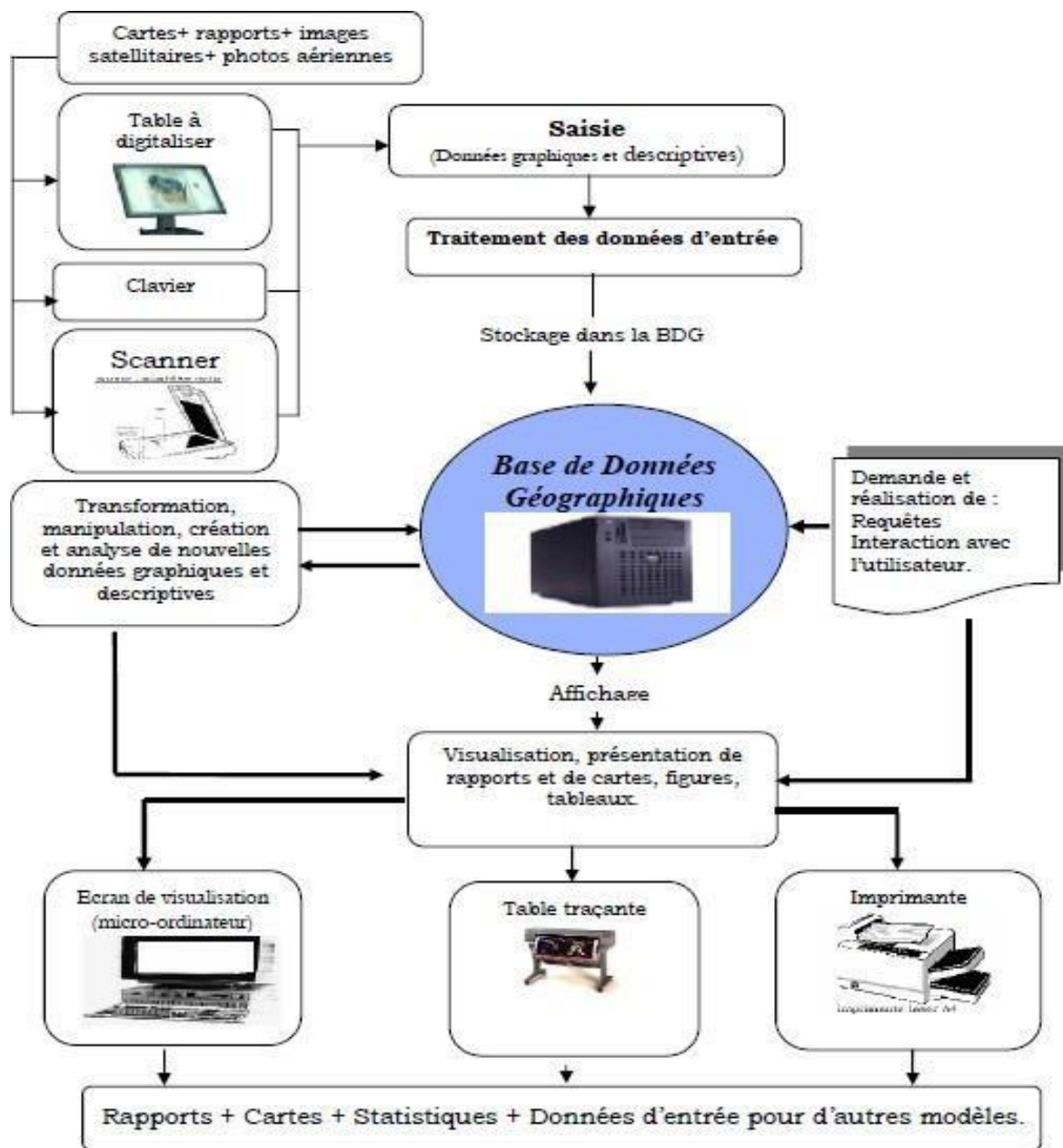


Figure.IV.1. Base de données géographiques BDG(Ider,2004).

Le noyau du SIG- étude de la qualité des eaux souterraines est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (distribution et évaluation de l'eau... etc.) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques.

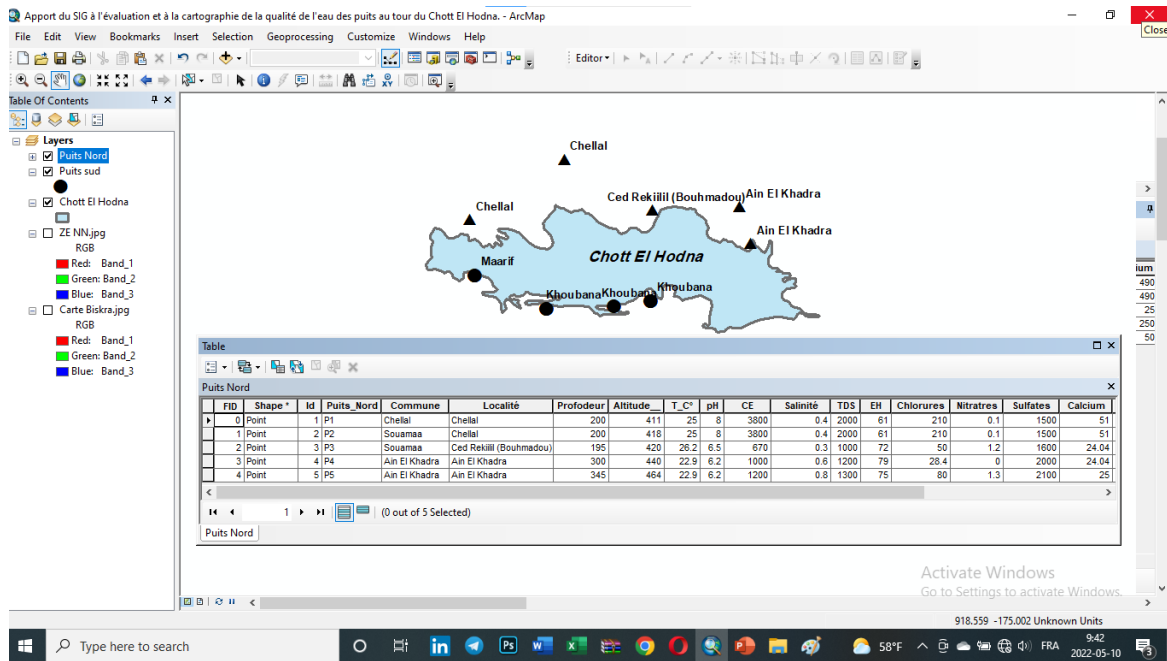


Figure.IV.2 : MBDG – Distribution des puits Nord et puits Sud aux taures du Chott El Hodna sur le SIG.

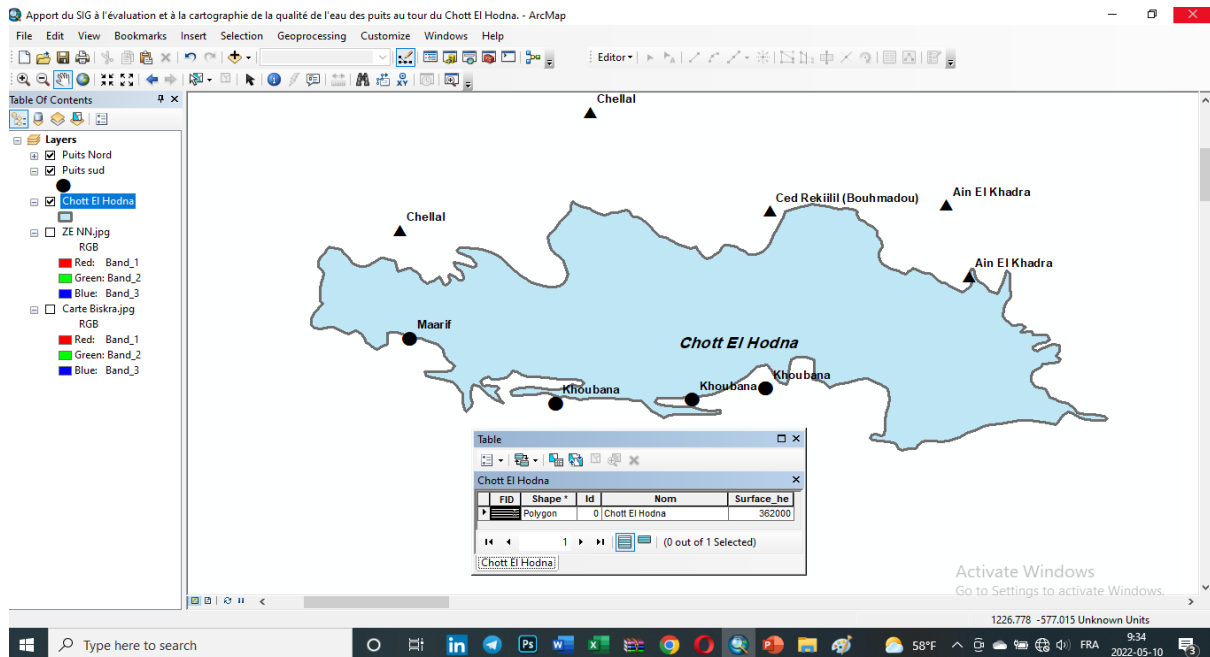


Figure.IV.3 : MBDG – MBDG – Distribution des puits et l'analyse physico-chimique des eaux au taure du Chott El Hodna sur le SIG.

IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique :

Les données structurées en modèle d'une base de données des figures (IV.2) et (IV.3) ont été implantées dans un système informatique et les attributs des différentes entités (tables) ont été renseignés à l'aide des données collectées sur le terrain. La base de données créée a ensuite été testée afin de contrôler son fonctionnement. C'est ainsi que des requêtes en langage SQL (Structured Query Language) ont été créées dans le but d'analyser et d'exploiter les données.

Les SIG permettent des manipulations via des requêtes écrites en langage SQL, La base de données conçue doit être exploitable et compréhensible pour des personnes ne maîtrisant pas forcément le logiciel SIG. C'est pourquoi, il a été nécessaire de créer une interface graphique (formulaire) simple et conviviale aussi bien pour le démarrage d'une session, la saisie et la mise à jour des données et l'exploitation des données. Ainsi, les utilisateurs pourront utiliser cet outil sans même connaître le fonctionnement et le langage de SIG.

IV.2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et traitement de l'information :

Dans cette partie, les coordonnées des entités géographiques (distribution et évaluation de l'eau dans le bassin.etc.) prises sur le terrain lors de nos enquêtes ont été exportées du plan et à l'aide de calage des cartes à l'ordinateur pour être ensuite intégrées dans le SIG. En somme, huit (08), sous- bassins hydrographiques principales, leur hydrologie répartis comme suit ont été intégrés dans le SIG :

- 08 Points représentant les coordonnées des eaux superficielles dans le Bassin du Hodna ;
- 10 Points représentant les coordonnées de mobilisation de la ressource en eau du Hodna ;
- 04 Points représentant les coordonnées des eaux souterraines dans le Bassin du Hodna.

Les coordonnées des entités géographiques (distribution et évaluation de l'eau dans le bassin.etc.) étant matérialisées dans le SIG et leurs différents attributs stockés dans la base de données, il a été indispensable de créer un lien entre la base de données et Arc Gis 10.5 (le logiciel de SIG utilisé). Pour ce faire, les tables de la base de données distribution et évaluation de l'eau dans le bassin.etc.) ayant une référence spatiale ont été converties en format dBASE.

Ces fichiers dBASE, successivement chargés dans Arc Gis sous forme de tables ont été ensuite ajoutés au SIG par jointure avec les tables attributaires des entités géographiques correspondantes. La jointure de table est un procédé qui permet d'attribuer des données d'une table extérieure (fichier dBASE) à des objets du SIG.

Le logiciel SIG mémorise l'endroit du disque où réside le fichier et rappelle les données qu'il contient chaque fois que le document (projet) est ouvert.

Associées à chaque point, les données recueillies peuvent nous permettre de réaliser une cartographie thématique plus ciblée à mettre à la disposition et des acteurs institutionnels agissant dans l'exploitation des eaux dans le bassin du Hodna. Dans le chapitre suivant, nous verrons comment peut être exploité l'ensemble de ces données dans une approche de spatialisation d'étude hydrologique des bassins versants

Chapitre V

Résultats et discussions

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1. Analyses physicochimiques :

Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau du Chott El Hodna et les différents puits étudiés durant la période d'étude sont illustrés par les figures de 3.1 à 3.14 montrant qu'il y a une grande variation des paramètres physiques et des concentrations des éléments chimiques, certaines sont inférieures et d'autres dépassent les normes de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine.

V.2.1. La température de l'eau :

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique.

Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que la température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre (Figure 2.1), avec un minimum de 22.9C° (Ain EL Khadra (1), Ain El Khadra (2) et Djerabaa), une moyenne température avec 25C° (Chellal, Baniou) et un maximum de 26.2C° (Khoubana, M'cif, Bouhmadou et Bir El Arbi), voir (Figure V.1 et Figure V.2).

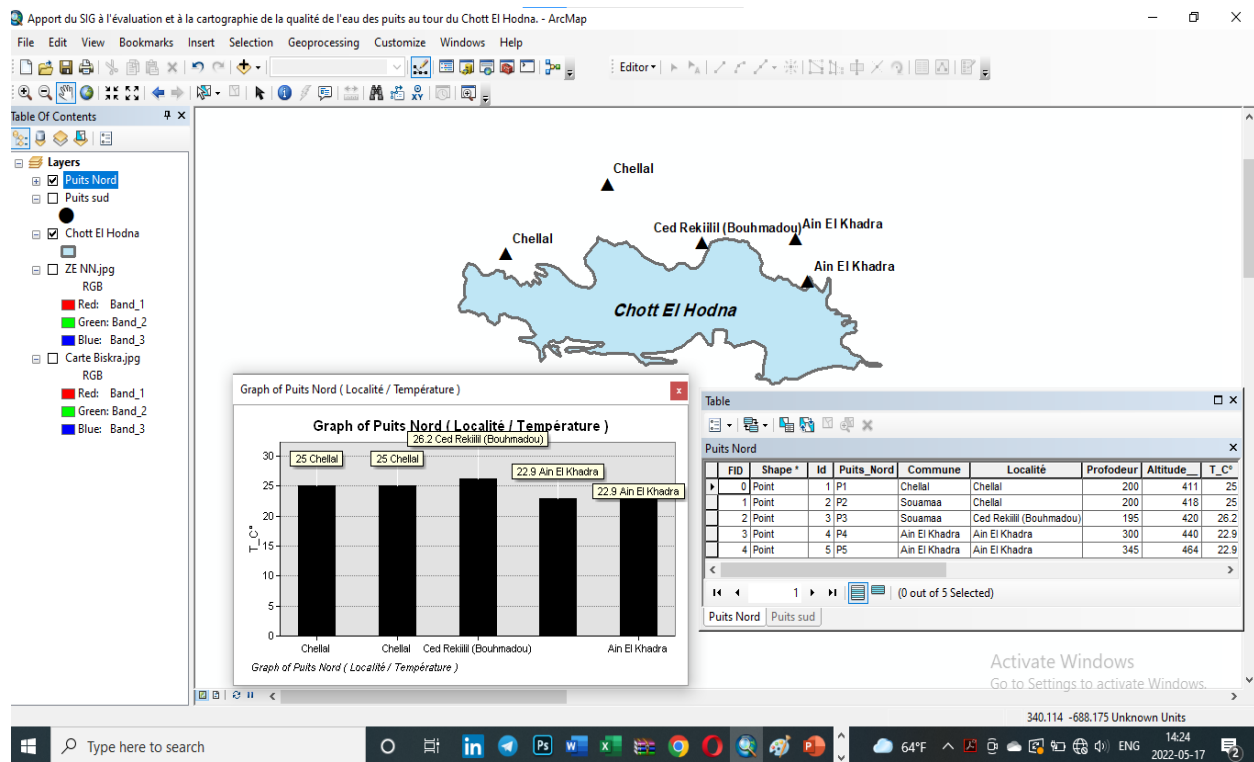


Figure V.1 : Variations de la température des eaux des stations d'étude au Nord du Chott. Figure

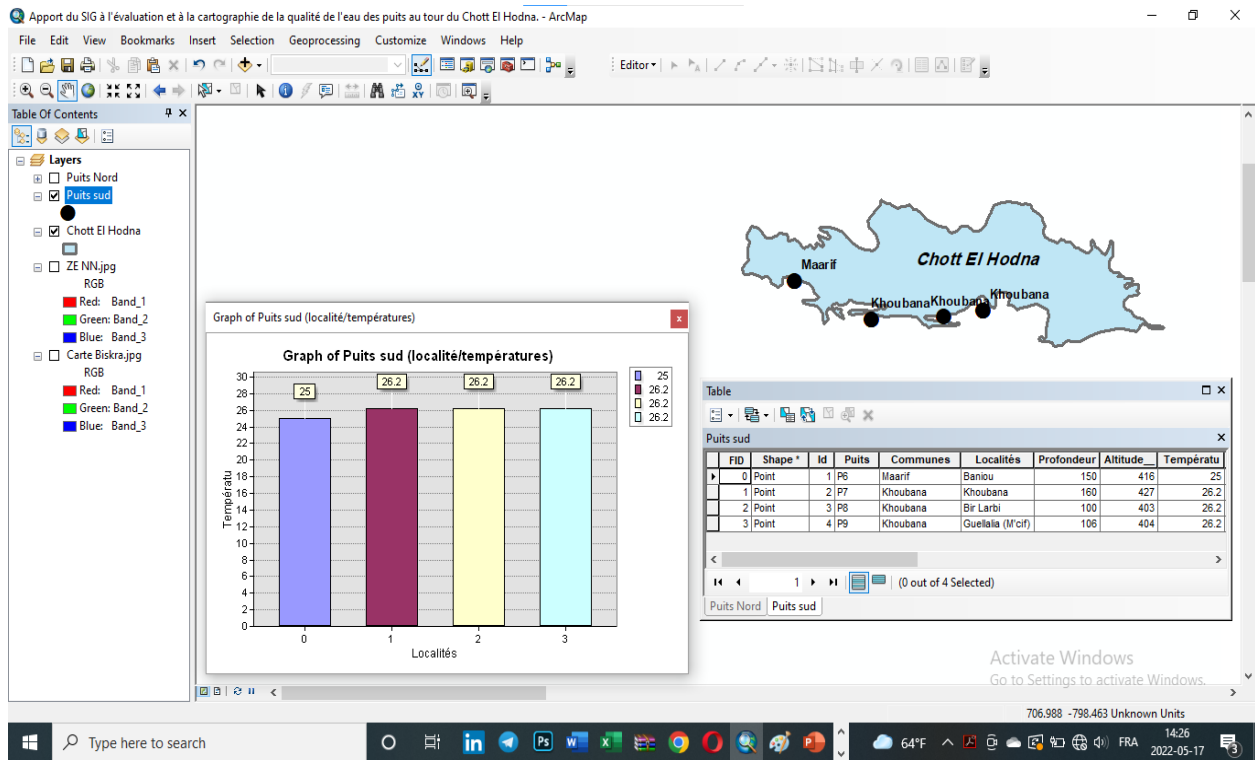


Figure V.2 : Variations de la température des eaux des stations d’étude au Sud du Chott.

Les variations de la température entre les puits restent liées aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie et la profondeur du niveau d’eau par rapport à la surface du sol (Aouissi, 2010). Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l’odeur et la couleur et aggraver les problèmes de corrosion (OMS, 1994).

V.2.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le PH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traverser (Dussart, 1966 ; Bermond et Vuichaard 1973).

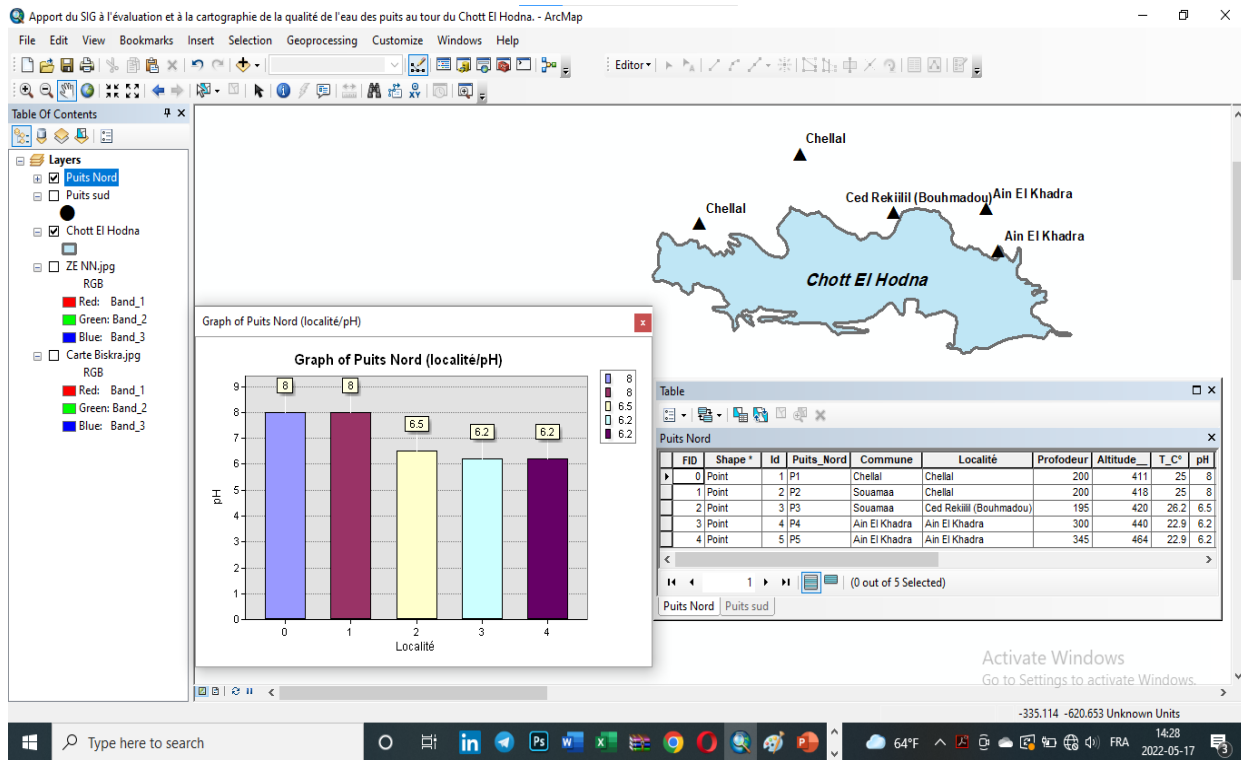


Figure V.3: Variations du potentiel d'hydrogène (pH) des stations d'étude au Nord de Chott

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable.

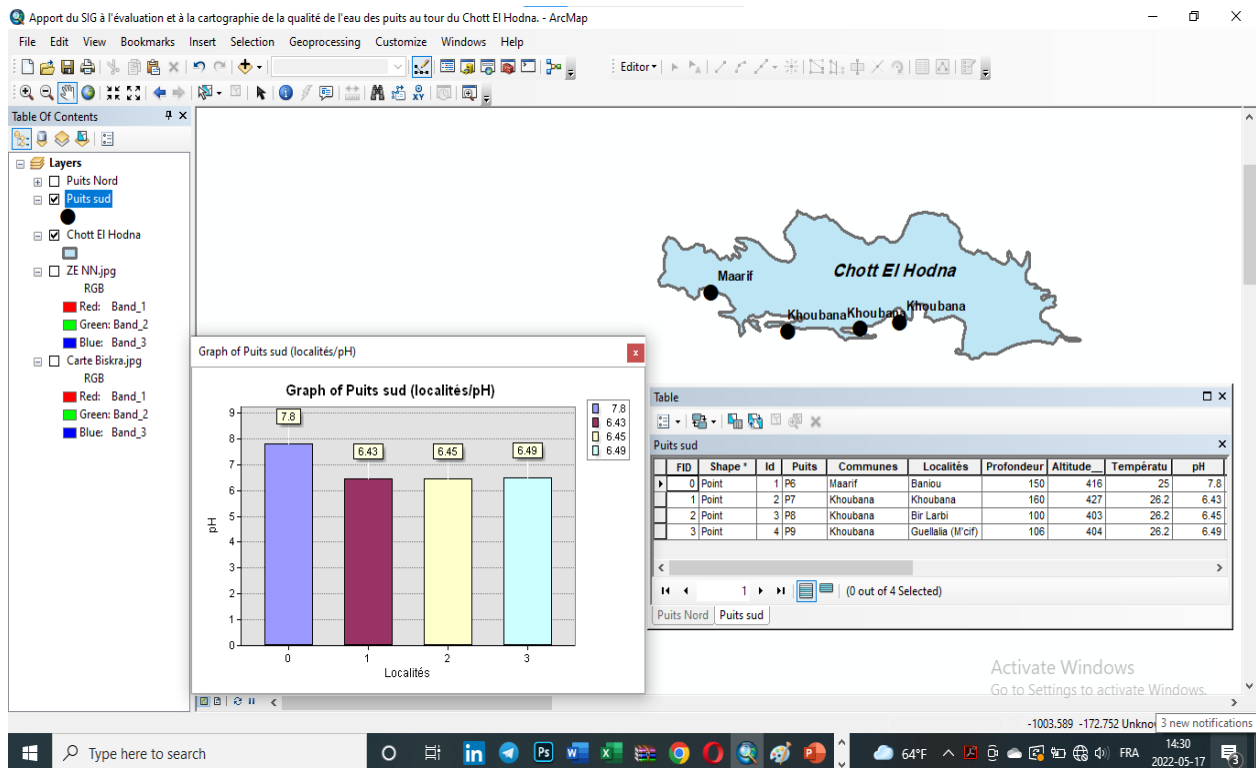


Figure V.4 : Variations du potentiel d'hydrogène (pH) des stations d'étude au Sud de Chott.

Dans la plupart des eaux naturelles, le PH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci est compris entre 5 et 9 (HCEFLCD, 2007). Dans le cas des zones d'étude, les valeurs enregistrées varient entre 6.43 et 9.29 (figure 2.2) ; ce qui témoigne d'une légère alcalinité du milieu.

V.2.3. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et elle est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Les valeurs enregistrées durant la période d'étude varient entre 670 et 2700 $\mu\text{m}/\text{cm}$ (figure V.3 et V.4.).

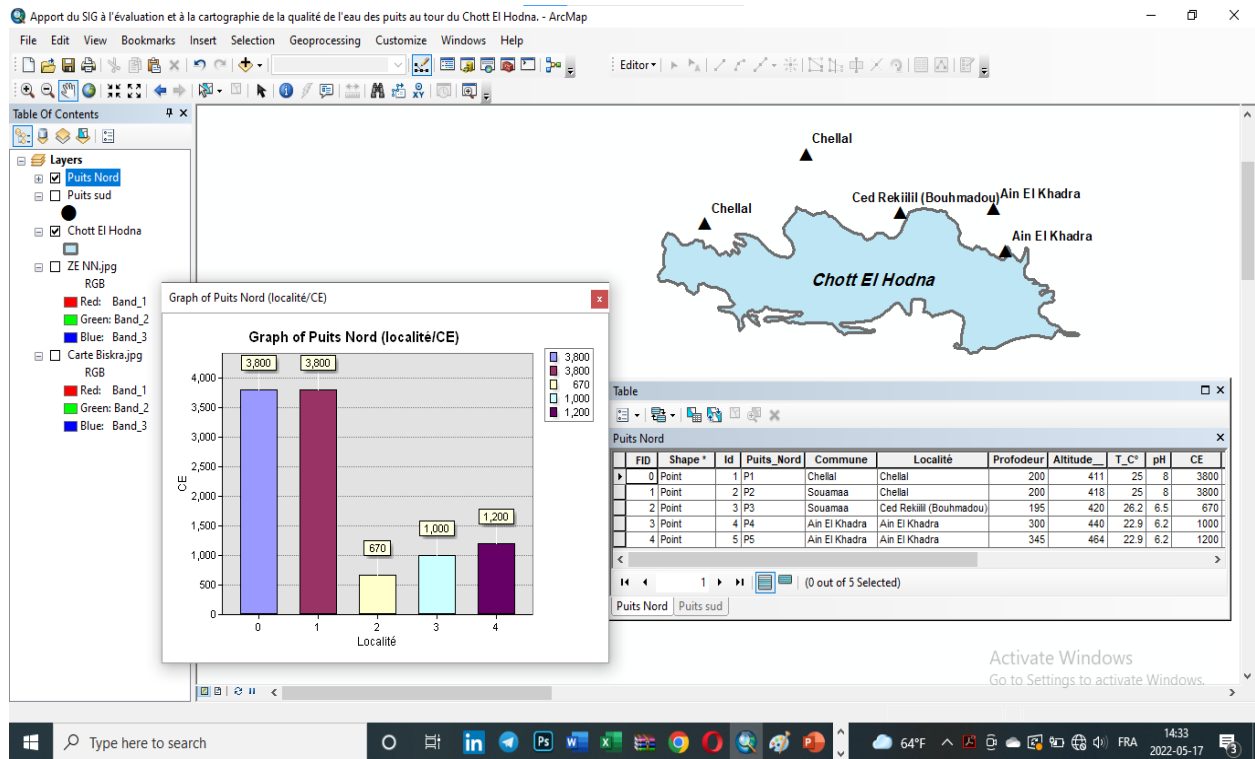


Figure V.5 : Variations de la conductivité électrique (CE) des stations d'étude au Nord de Chott.

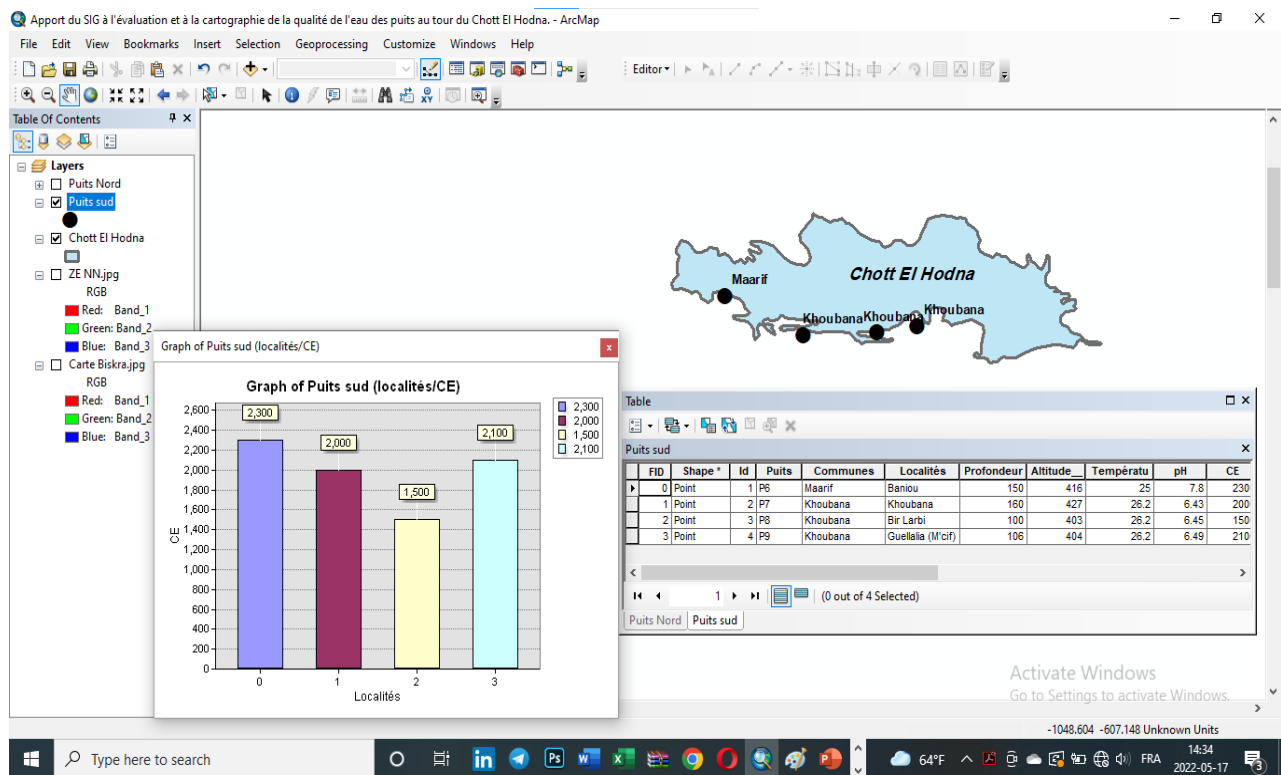


Figure V.6 : Variations de la conductivité électrique (CE) des stations d'étude au Sud de Chott.

V.2.4. La salinité et le total des sels dissout (TDS) :

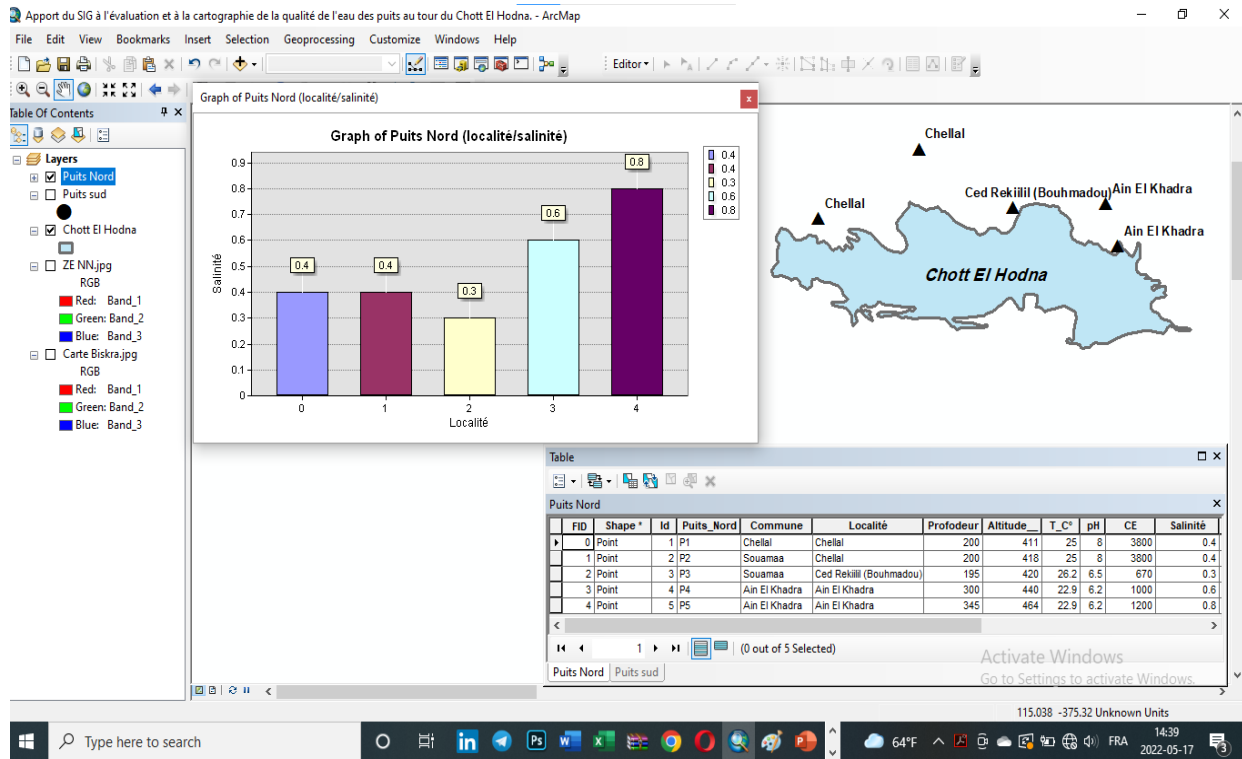


Figure V.7 : Variations de la salinité des stations d'étude au Nord de Chott.

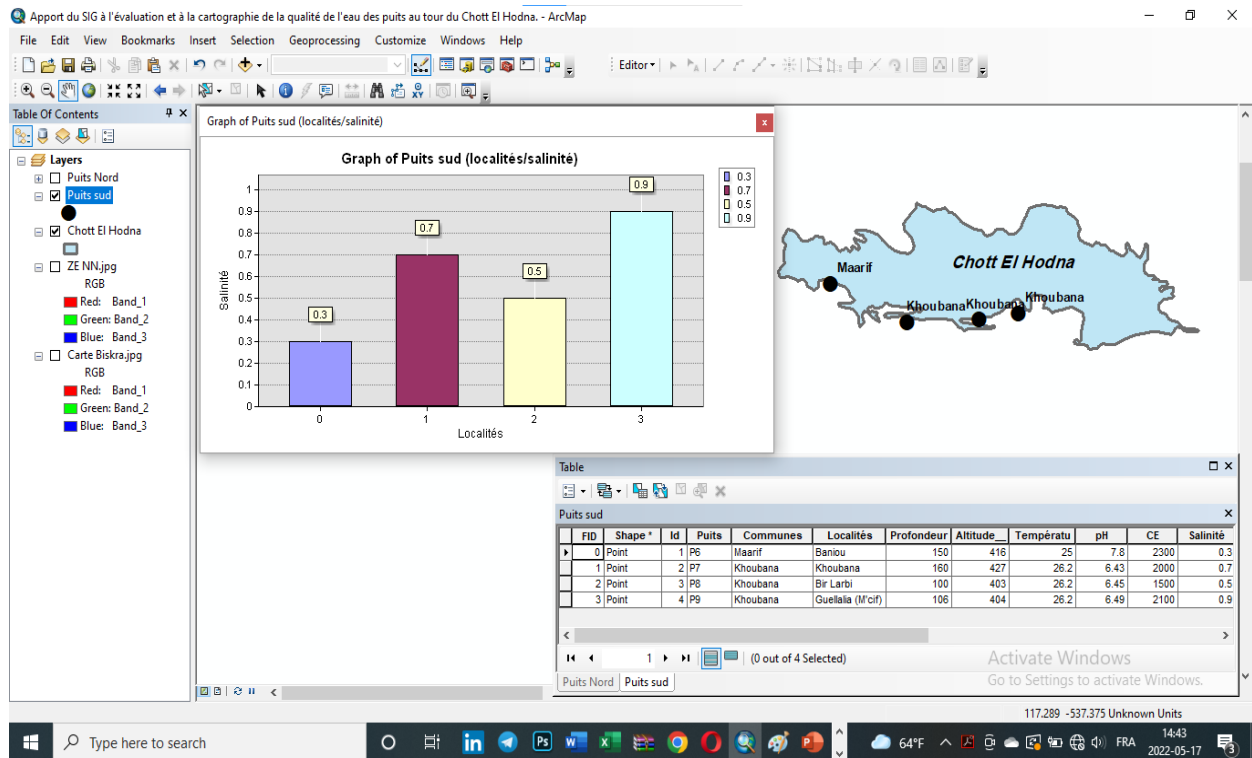


Figure V.8 : Variations de la salinité des stations d'étude au Sud de Chott.

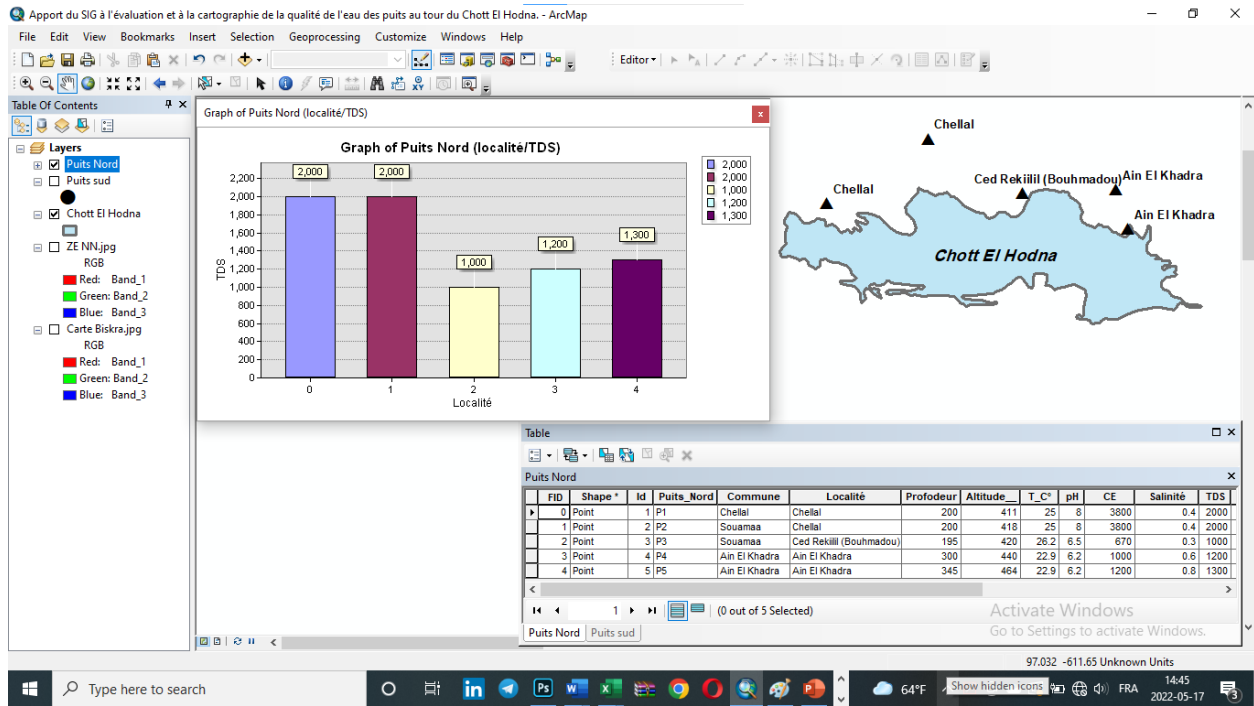


Figure V.9: Variations de TDS des stations d'étude au Nord de Chott.

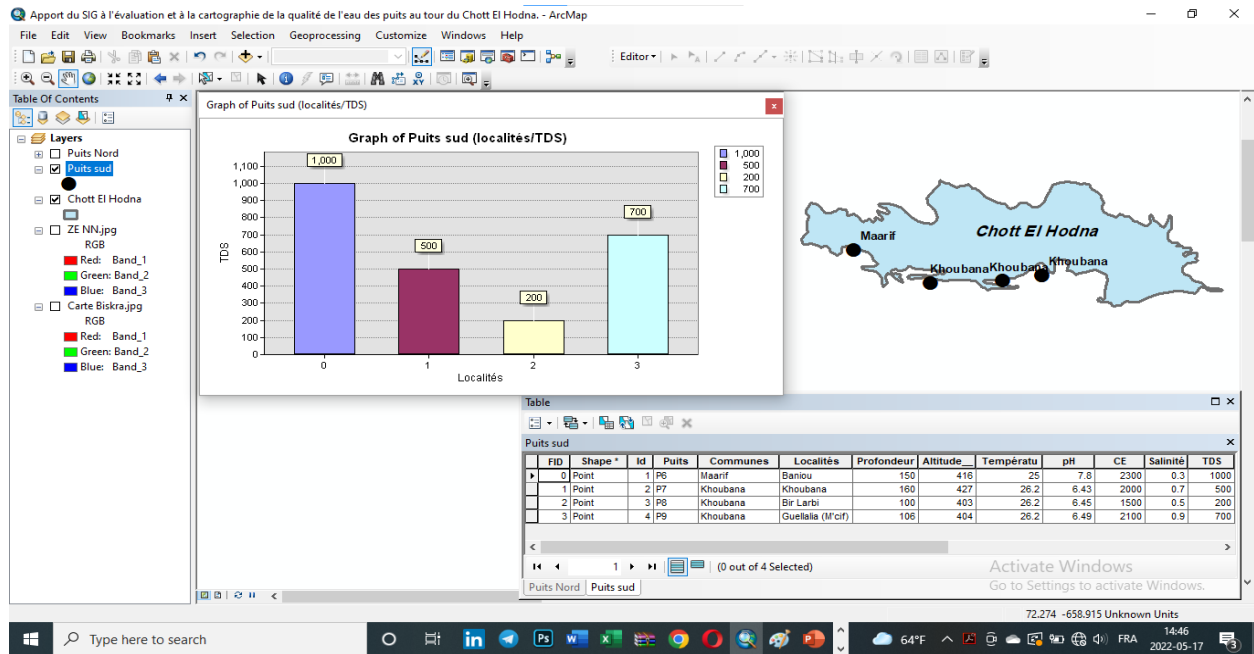


Figure V.10: Variations de TDS des stations d'étude au Sud de Chott.

D'après les graphes illustrés par les figures (2.4 et 2.5), les valeurs de la salinité et TDS sont différentes d'un puits à l'autre. D'ailleurs, la valeur maximale est enregistrée au niveau du Chott El Hodna (3.12%) et la valeur minimale est observée dans Bouhmadou (0,3%). Concernant le TDS, le maximum est enregistré au niveau du Chott El Hodna (16124mg/l), cette valeurs remarquable dans les eaux de Chott est liée étroitement au lessivage des sols salés qu'entraîne naturellement la dissolution

d'un certain nombre des sels (carbonates , bicarbonates , chlorures , sulfates , nitrates , et magnésium (Jean , 1988) , ce dernier processus est aggravé l'évapotranspiration qui favorise la concentration des sels dans l'eau , ce qui évoque la relation entre la conductivité et le TDS (Debieche, 2002). On constate aussi que l'évolution de la salinité suit celui de la conductivité électrique (Ali Ait Boughrou et al, 2005), une forte salinité est attribuée à la qualité de l'eau d'irrigation préalablement salée, aux conditions climatiques très arides produisant une forte évapotranspiration qui concentre la solution du sol (Ali Ati Boughrou et al, 2005).

V-2- 5- Le Potentiel redox (EH) :

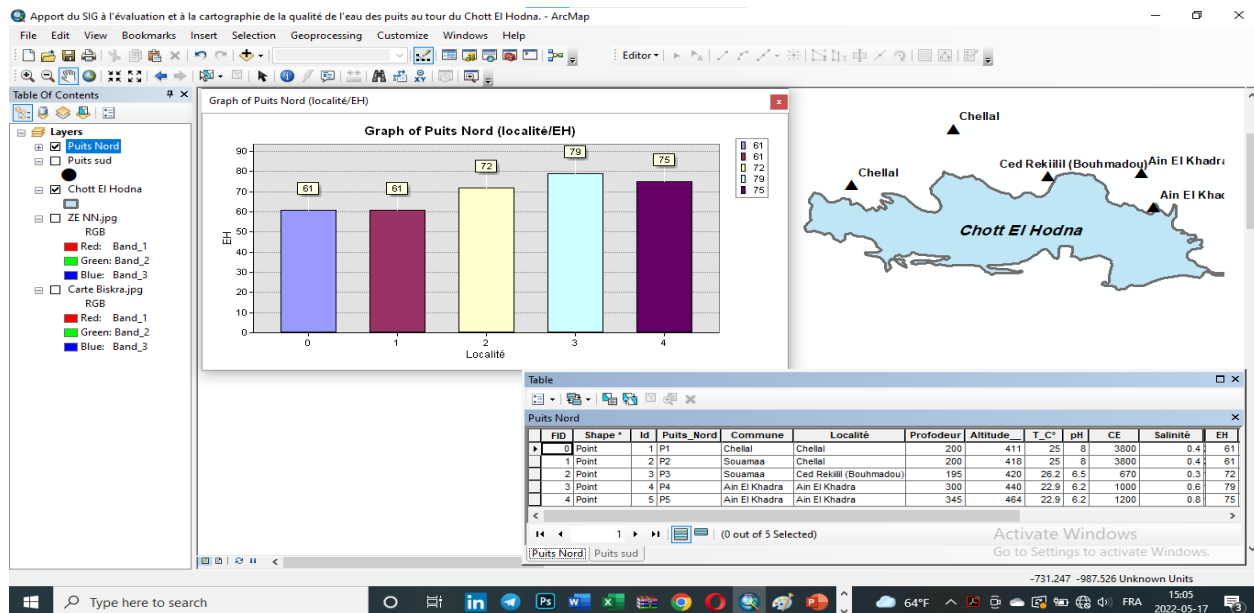


Figure V.11 : Variations du potentiel redox (EH) des eaux des stations d'étude au Nord de Chott.

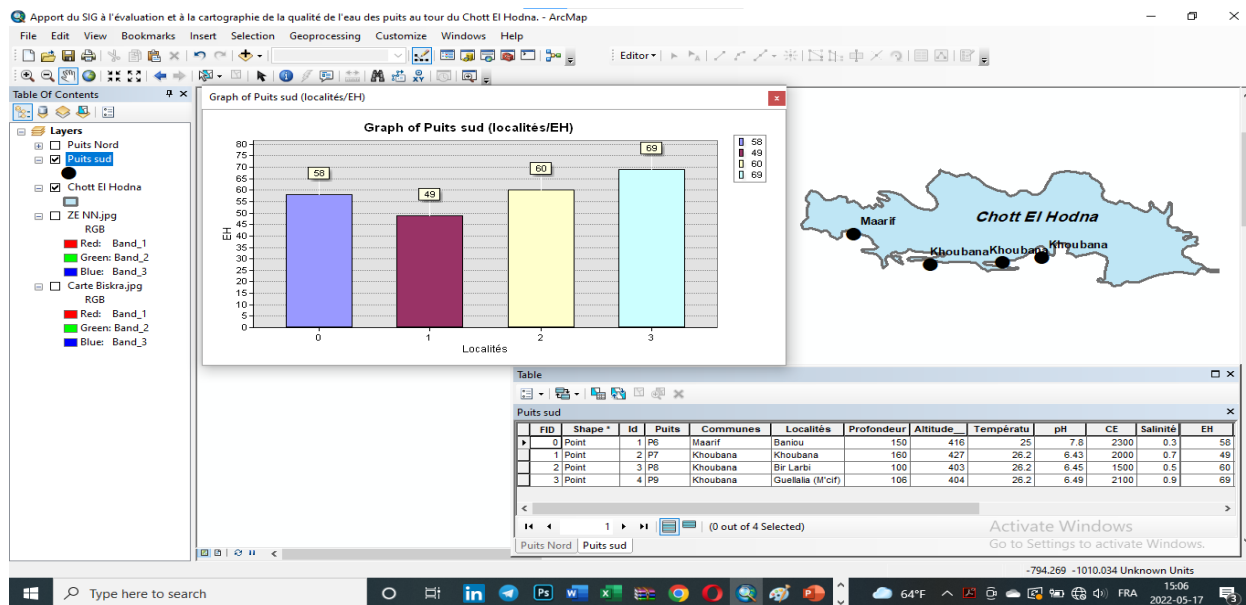


Figure V.12: Variations du potentiel redox (EH) des eaux des stations d'étude au Sud de Chott.

Le potentiel redox est l'un des caractéristiques fondamentales des milieux aquatiques, au même titre que la température, la salinité, le pH ou l'oxygène dissous. Sa mesure trouve donc une place justifiée dans le suivi d'un milieu aquatique (Afri et al2005).

En examinant le graphe illustré par la figure (3.6), nous observons que le potentiel redox varie d'un puits à l'autre. D'après la classification de (Rodier, 1996), on peut considérer que les eaux de tous les puits sont des milieux réducteurs durant la période d'essai. La valeur maximale est enregistrée dans la retenue de Chott El Hodna (-155 mV), et la valeur minimale est observée au niveau du Djraba (-49mV).

La valeur élevée du potentiel redox au niveau de Chott El Hodna signifie que l'eau est hautement réductrice à cause des concentrations basses de l'oxygène (Afri et al, 2005).

D'après Bontoux (1994), qui a montré la relation existe entre la concentration d'oxygène dissous et le EH, cela est prouvé les variations des valeurs de EH en fonction des concentrations d'oxygène dissous, ce dernier accentue l'oxydation donc l'augmentation de pouvoir oxydo-réduction de l'eau.

Des valeurs négatives du potentiel d'oxydo-réduction peuvent avoir plusieurs conséquences sur le milieu. Outre la création de substances toxiques, le dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) peut être observé (Afri et al,2005).

V-2- 6- Les chlorures (Cl⁻) :

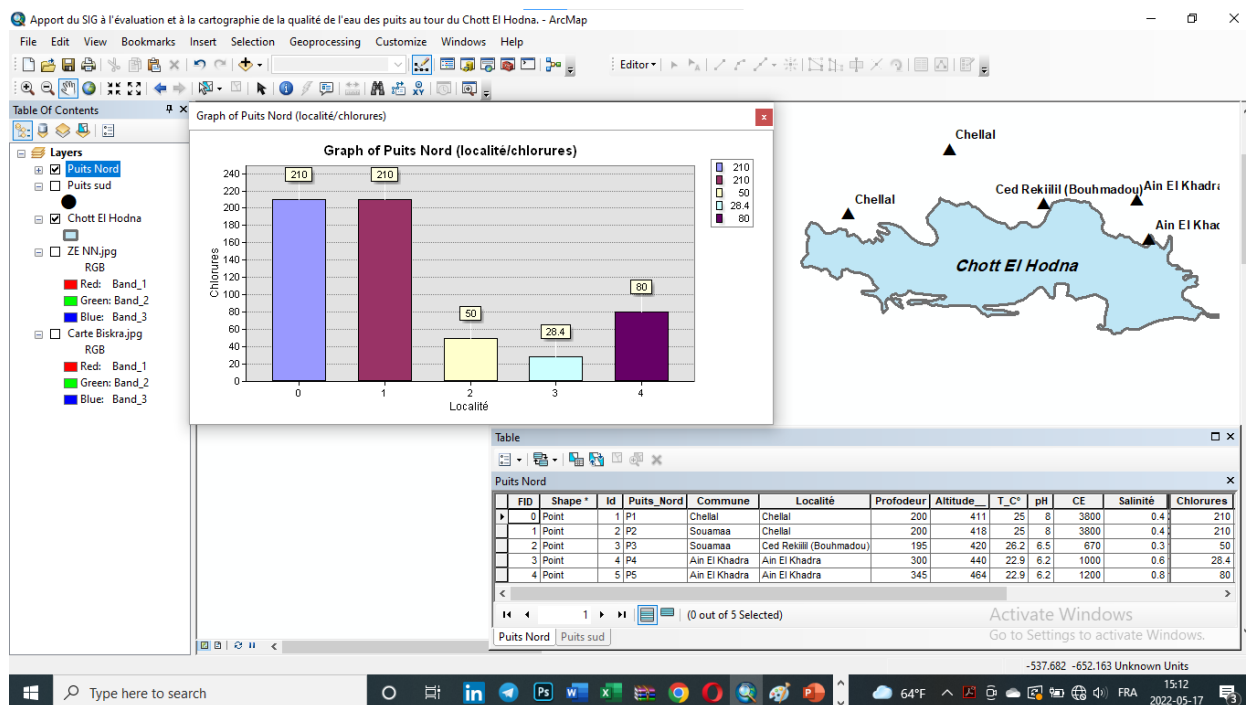


Figure V.13 : Variations de concentrations en chlorure Cl⁻ des stations d'étude au Nord de Chott.

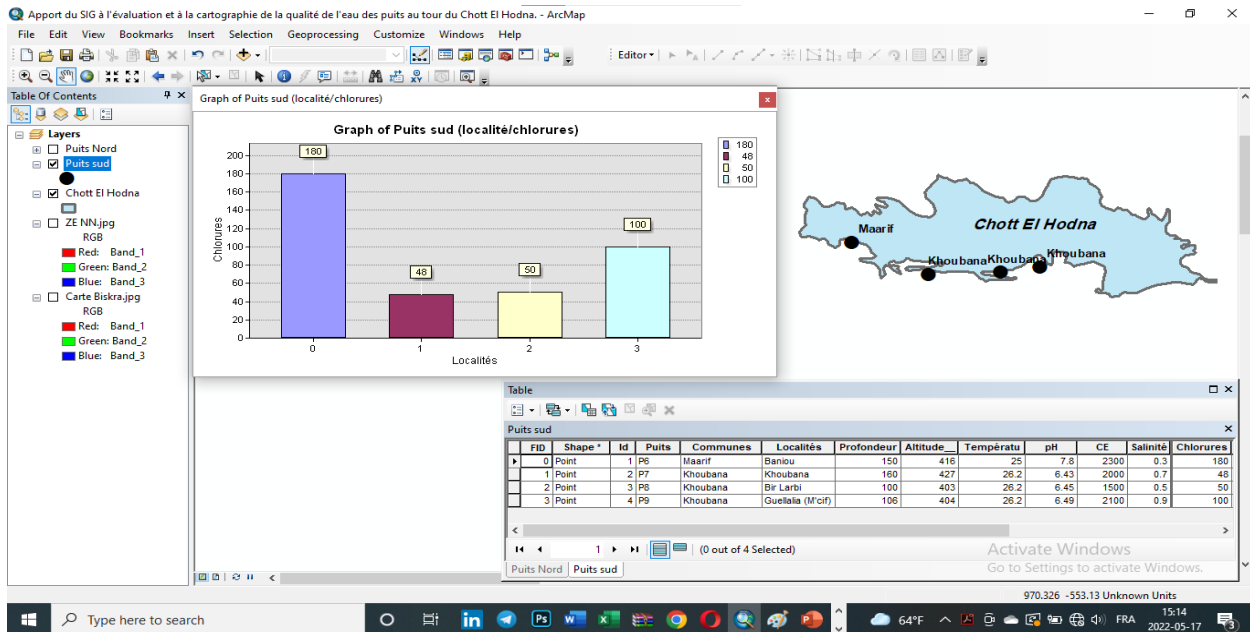


Figure V.14 : Variations de concentrations en chlorure Cl⁻ des stations d'étude au Sud de Chott.

La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Sur la base des résultats des analyses effectuées les échantillons des eaux, l'examen du graphe illustré par la figure (3.8), montre que les concentrations en chlorures se diffèrent d'un puits à un autre ou la valeur maximale de 28.4 mg/l est notée au niveau de Ain El Khadra (1).

D'après Rodier (1996), l'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportion très variable. La majorité des concentrations de chlorure dans les eaux de nos puits d'étude dépassent la norme 250mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine (OMS, 1994) à l'exception Chott El Hodna qui contient une très grande quantité des chlorures.

V-2-7- Les sulfates (SO₄⁻) :

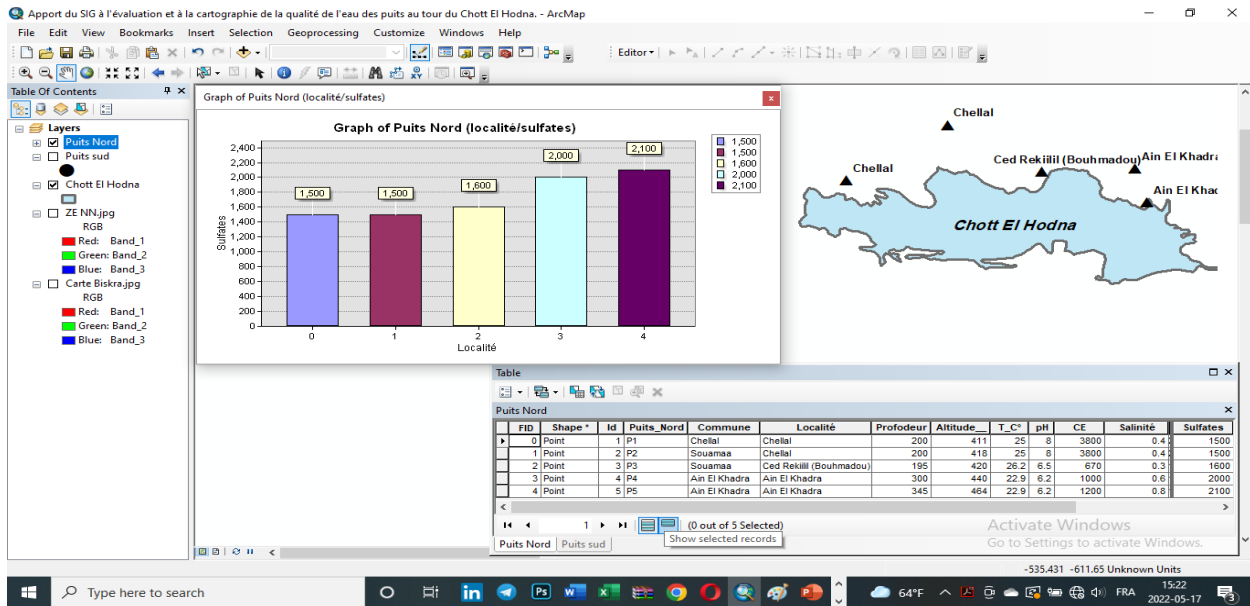


Figure V.15: Variations des concentrations en sulfate des stations d'étude au Nord de Chott.

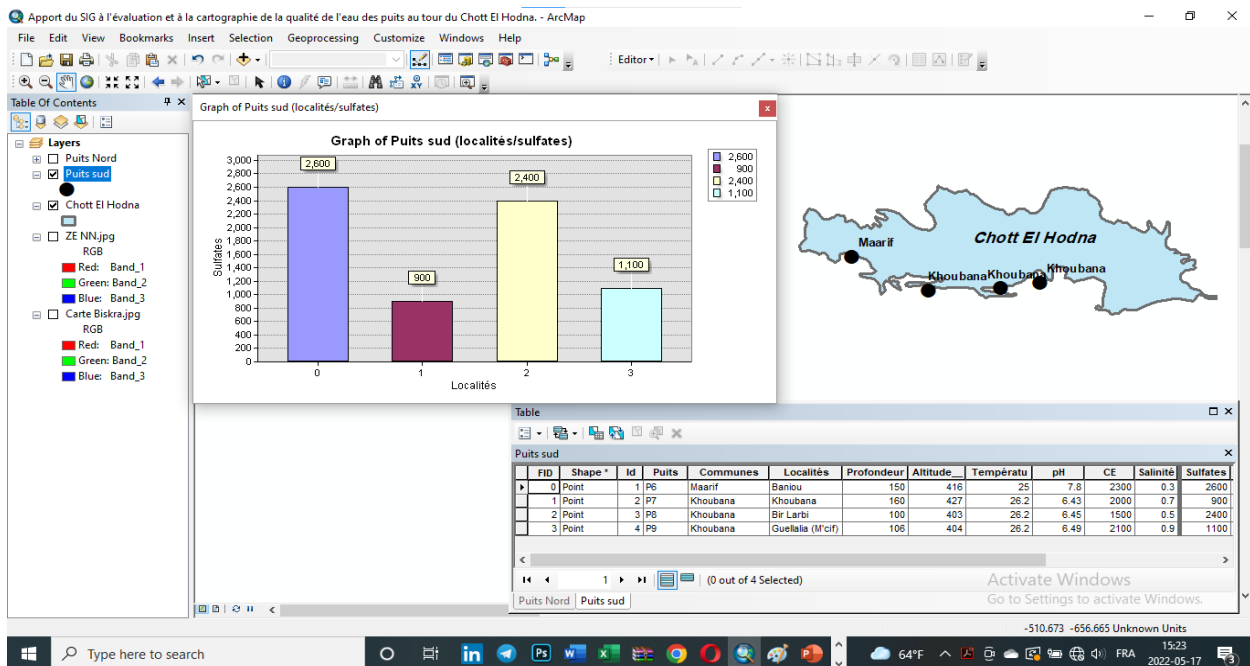


Figure V.16 : Variations des concentrations en sulfate des stations d'étude au Sud de Chott.

Les sulfates (SO₄⁻²) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate (HCEFLCD,2006). D'après les résultats des échantillons analysés (figure 3.11), les valeurs de concentration de sulfate sont variées d'un puits à l'autre, dont la valeur maximale de 3860.33 mg/l est mesurées dans Chott El Hodna et la minimal

de 975.37 mg/l au niveau de puits de khoubana.

Chott El Hodna présente une concentration élevée, cette valeur notable est liée à des apports d'origine agricole et urbain, et à la dissolution des lentilles gypseuses, et due aussi aux usée et les rejets domestiques (Aouissi,2010).

V-2- 8- Les nitrates (NO3⁻)

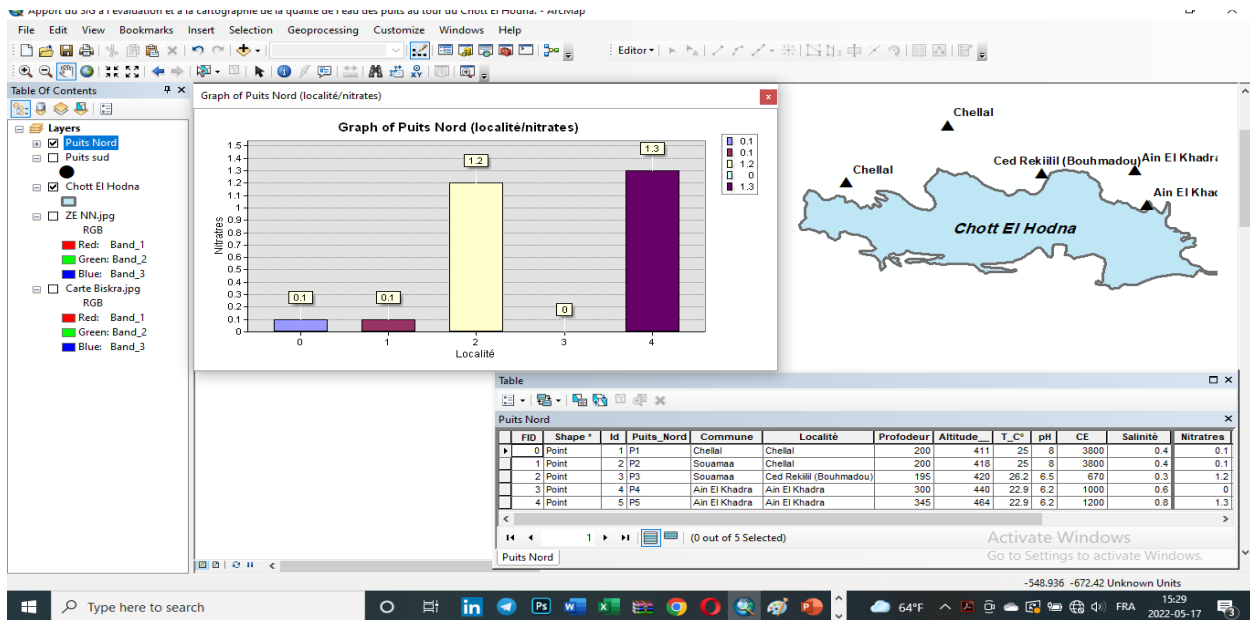


Figure V.17 : Variation de concentration en nitrate des stations d'étude au Nord de Chott.

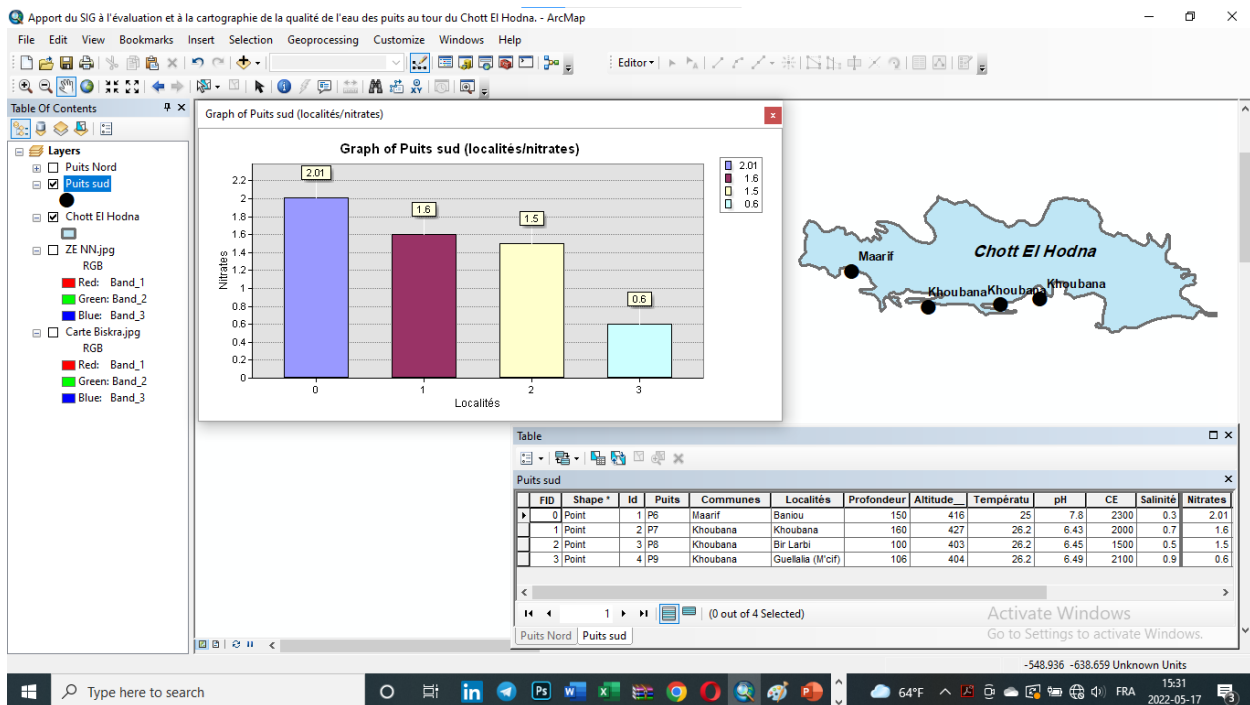


Figure V.18 : Variation de concentration en nitrate des stations d'étude au Sud de Chott.

Les ions de nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote. C'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. Dans les eaux naturelles non polluées, le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux, il peut varier de 1 à 5 mg/l. Bien que, une concentration de 2 à 3 mg/l peut être considérée comme normale (Rodier et al, 1986).

Le graphe illustré par la figure (3.10) montre que les teneurs en nitrates varient entre 0 mg/l dans les eaux d'Ain El Khadra et 2.01 mg/l dans Baniou.

Nous avons remarqué des taux faibles des nitrates au niveau de Ain El Khadra peut être lié à l'assimilation et à la rétention de ces ions par les végétaux présents au bord du Chott (Leclerc, 1998).

La valeur maximale admissible en cet élément a été fixée à 50 mg/l par la totalité des normes internationales sauf les normes américaines qui fixent 45 mg/l comme valeur maximale admissible. La concentration en nitrates dans les eaux des sites d'études sont inférieurs à la norme 50 mg/l (OMS, 1994).

V-2- 9- Le calcium (Ca⁺⁺) :

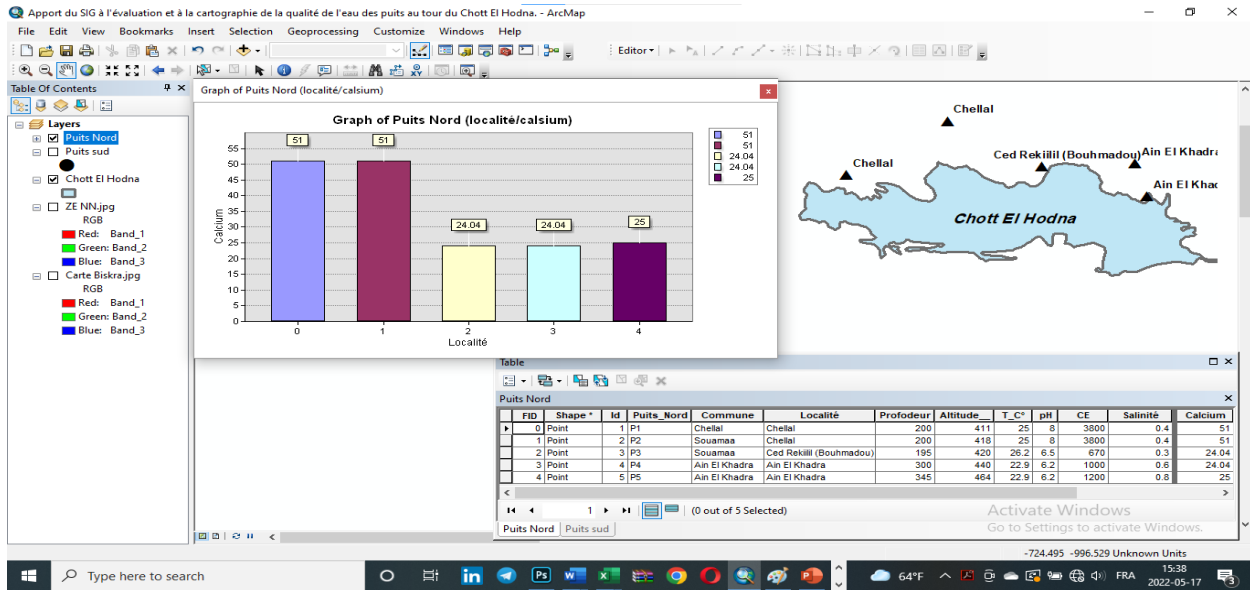


Figure V.19: Variation des concentrations en calcium (Ca⁺⁺) des stations d'étude au Nord de Chott.

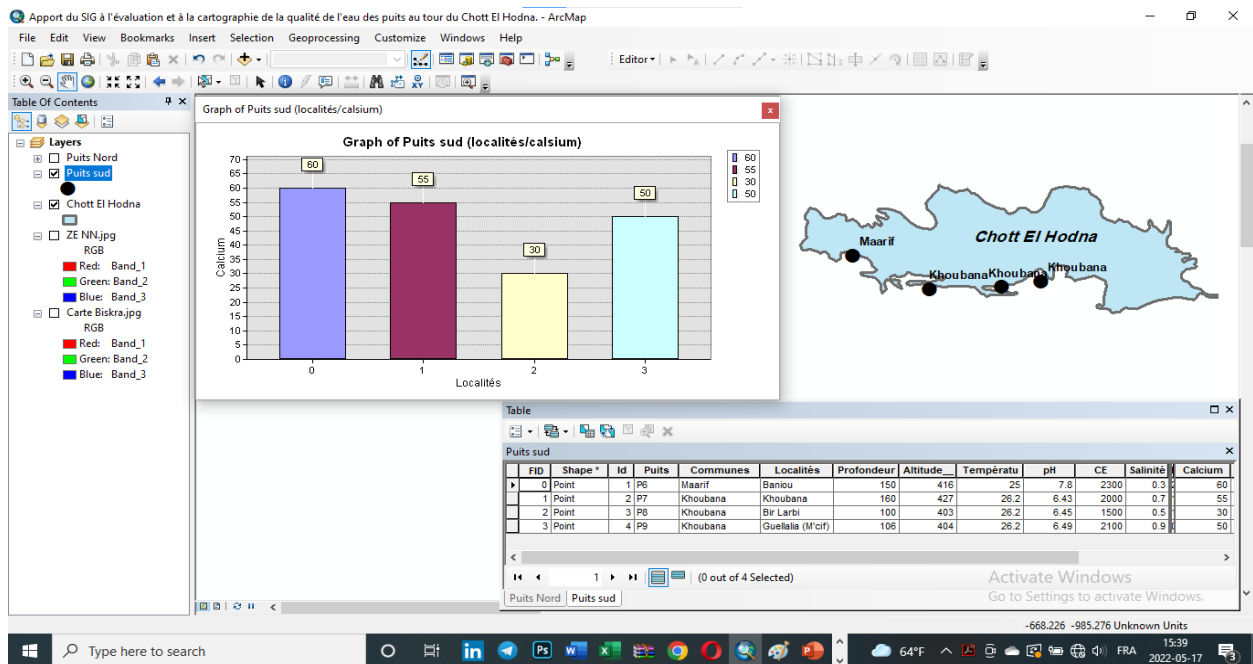


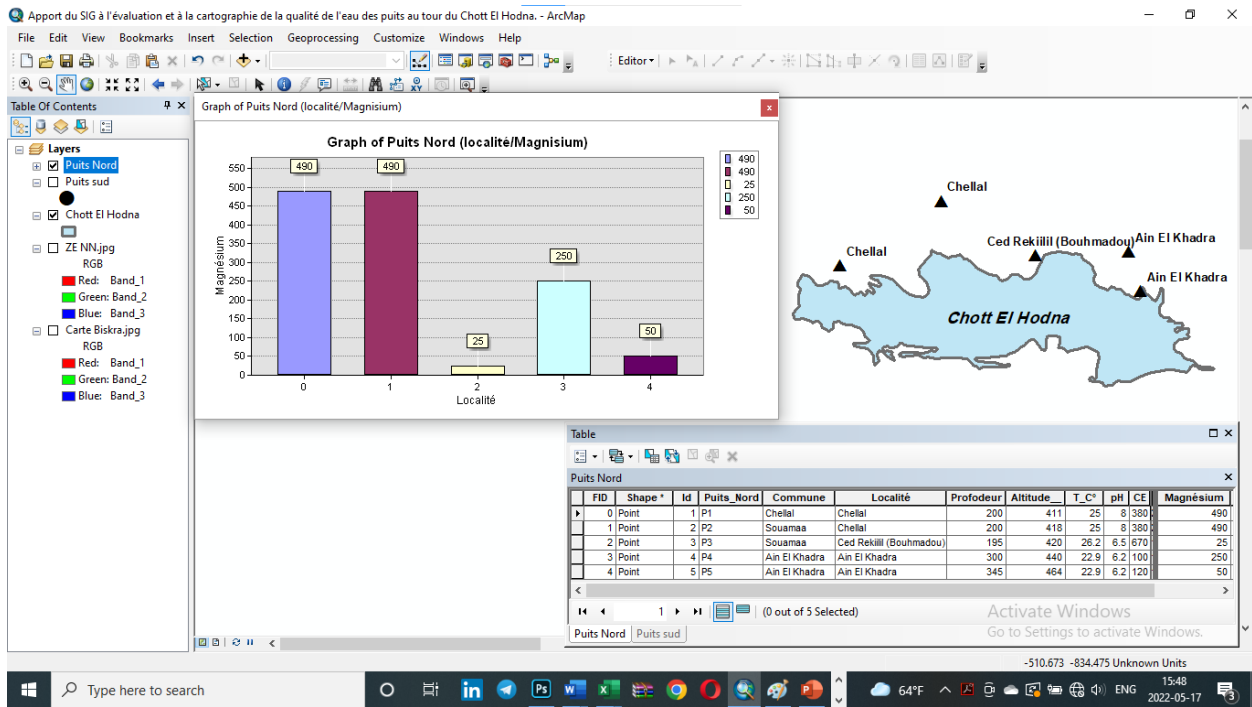
Figure V.20: Variation des concentrations en calcium (Ca⁺⁺) des stations d'étude au Sud de Chott.

Le calcium, ce paramètre varie comme le Magnésium et leur concentration dans l'eau dépend aussi du substrat géologique traversé. Sur la base des résultats des analyses effectuées qui sont présentés dans la figure (3.12), montre que la valeur maximale de concentration en calcium est de 400.8 mg/l pour la zone de Chott El Hodna, alors que la valeur minimale est enregistrée au niveau de : Bouhmadou, Bir El Arbi et Ain El Khadra avec 24.04mg/l.

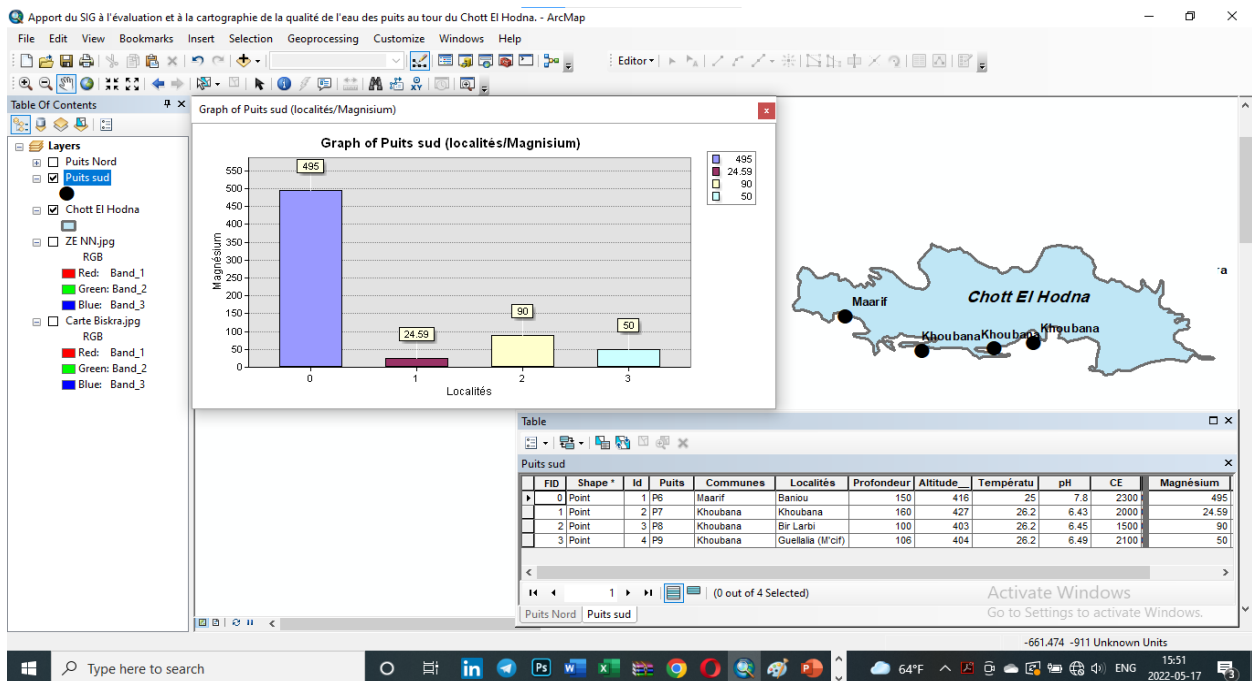
Les concentrations de calcium des eaux des dix sites d'étude sont dans l'ensemble supérieurs à

la norme (100mg/l) de l'OMS pour les eaux destinée à la consommation humaine (OMS, 1994).

V-2- 10- Le magnésium (Mg⁺⁺):



FigureV.21 : Variation des concentrations en magnésium (Mg⁺⁺) des stations d'étude au Nord de Chott.



FigureV.22 : Variation des concentrations en magnésium (Mg⁺⁺) des stations d'étude au Sud de Chott.

Ce paramètre se trouve dans les formation calcaires, marno-calcaire et dans les formations triasiques (gypse). Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, Les teneurs en Magnésium sont globalement peu concentrées. La majorité des valeurs dépassant les 50mg/l (OMS, 1972).

Les teneurs en Magnésium varient au cours de cette étude de Khabana avec 24.59mg/l et Chott El Hodna avec 3691.6mg/l (figure 3.13). Concernant ce paramètre, la majorité des eaux analysées durant cette étude sont admissibles à la consommation.

Les variations de concentration en magnésium sont élevées avec une convergence entre les sites d'étude, et ceux-ci dues aux échanges de bases avec la nature du sol qui est dolomitique dans cette région. (Moussai, 2008), et aussi à la dissolution des formations carbonatées qui est la même provenance et la même origine que celle du Ca^{2+} .

V-2- 11-Titre alcalimétrique complet (TAC) :

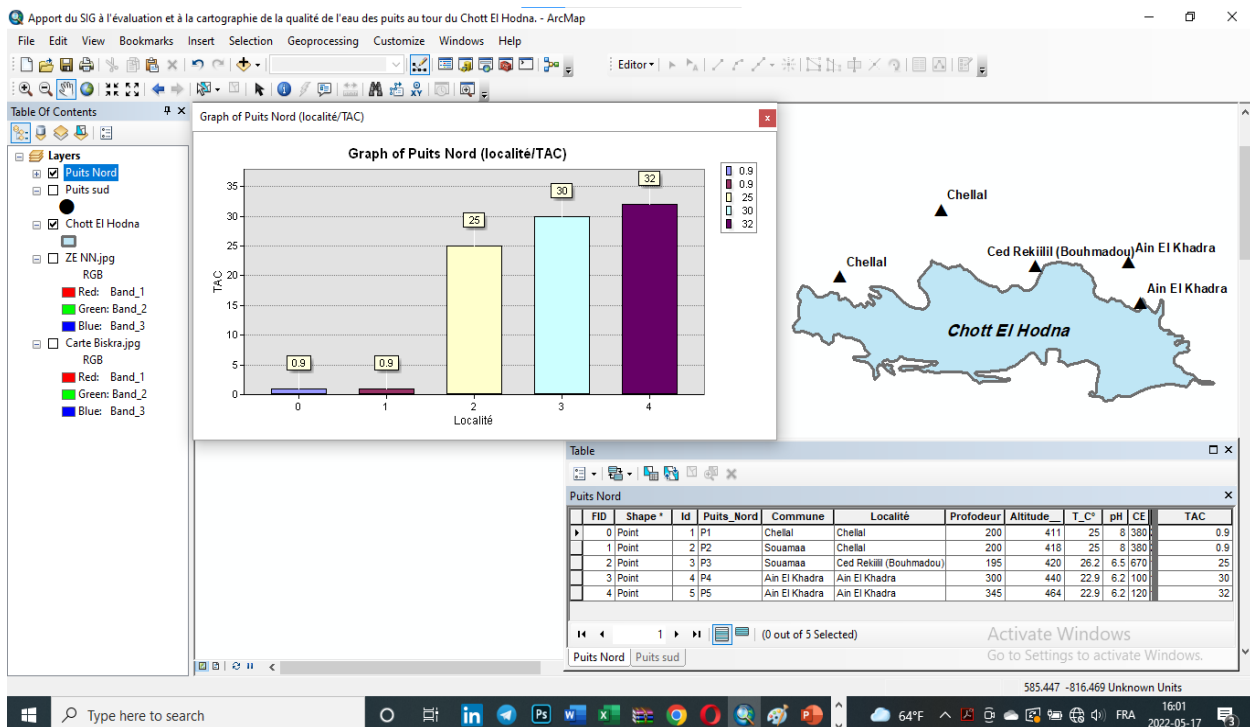


Figure V.23: Variation des concentrations en titre alcalimétrique complet des stations d'étude au Nord de Chott.

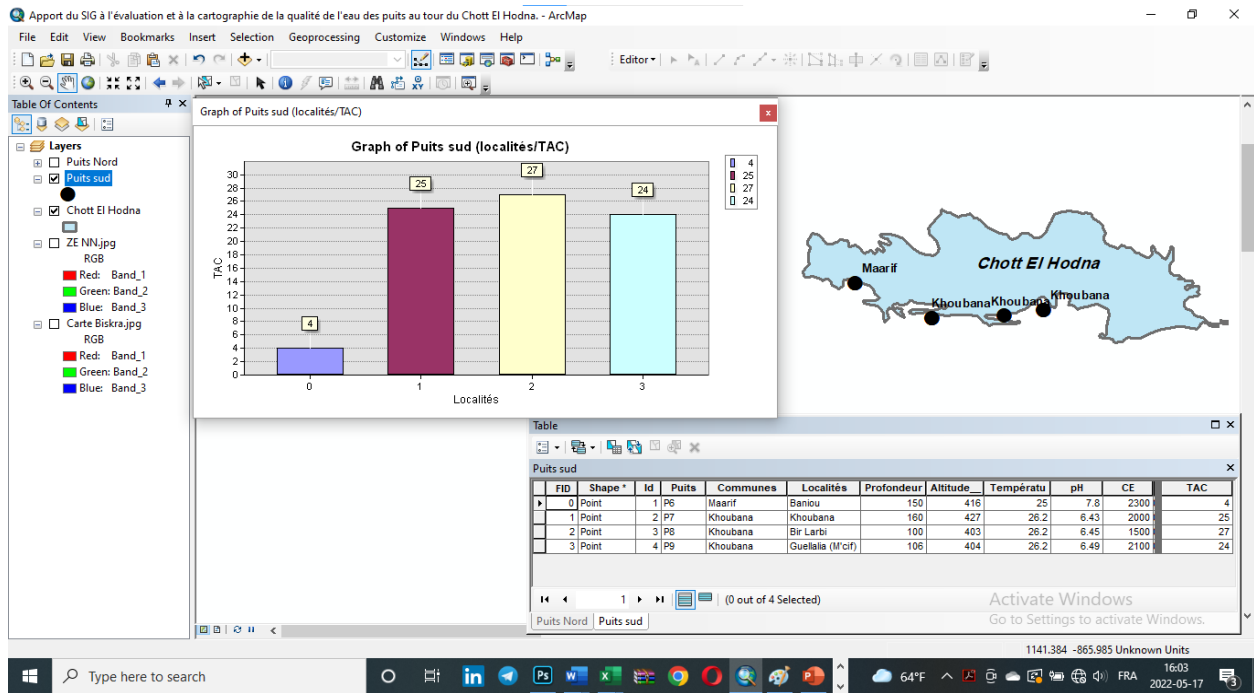


Figure V.24 : Variation des concentrations en titre alcalimétrique complet des stations d'étude au Sud de Chott.

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes. Elle dépend aussi des rejets urbains (phosphates, ammoniacques, matières organique, ...) ou industriels (apports basiques ou acides). Elle peut donner une indication sur le degré d'oxydation des composés organiques (eaux résiduaires, eaux issues de tourbières ou de ruisseaux forestiers) (Rodier, 1994).

Les résultats illustrés par la figure (3.14), montrent que TAC de l'eau dans les dix sites présente des chiffres très variables. Cette variation représente une valeur élevée au niveau de djrabaa (39 F°), des valeurs moins élevées entre (25 à 32 F°) au niveau de : Ain El Khadra (1 et 2) Bir El Arbi, M'cif, et Khoubana, et les valeurs très basses entre (0.9 et 4 F°) au niveau de : Chellal et Baniou.

Conclusion

Conclusion :

L'étude de la qualité physico chimique des eaux souterraines dans la zone de Chott El Hodna et les eaux de quelques puits destinés à la consommation de la population de la région de M'sila.

Cette étude nous a permis de déterminer la concentration des éléments chimiques de ces eaux, les résultats obtenus dans les 10 stations nous exposent des teneurs en concentration des éléments chimiques qui se différencient d'un point à l'autre. En comparaison avec les normes fixées par l'OMS, nous avons remarqué certaines paramètres dépassent ces normes.

Nous pouvons conclure que :

Les eaux du Chott El Hodna présentent des teneurs très importantes en sels et en nitrates.

Cette charge due aux activités agricoles par l'épandage des engrais chimiques dans cette région à vocation agricole. Ces éléments influent directement sur la qualité des eaux de Chott par conséquence sur les eaux souterraines.

Le calcium, le magnésium, le chlorure, sont en relation avec la nature géologique, et à la dissolution des formations gypseuses grâce à l'augmentation de la température.

En effet, les eaux des puits étudiés sont considérées admissibles et ne présentent aucun danger pour la consommation malgré qu'il y a un dépassement de certains paramètres par rapport aux normes de l'OMS au niveau des puits de (Khoubana, Ain El khadra(1), Bir El Arbi, M'cif et Chellal) qui peut être expliqué par la profondeur de ces puits qui sont en général inférieurs à 200m et ils sont situés proches de Chott, alors que les puits qui présentent une bonne qualité des eaux (Ain El khadra (2), Baniou, Bouhmadou, Djrabaa) se situent loin du Chott avec des profondeurs qui dépassent 300 m.

Cette étude a permis une évaluation de la qualité des eaux souterraines du bassin du Hodna à l'aide de SIG.

Au cours de cette étude la qualité des eaux souterraines est l'appréciation des concentrations de différentes substances, vis-à-vis de la concentration de référence. L'analyse des résultats a révélé que les eaux de stations contrôlées sont affectées par une pollution d'origine géologique et anthropique. Parallèlement, les Systèmes d'Information Géographique ont offert l'opportunité d'organiser spatialement et de gérer efficacement les données de la modélisation et se sont notamment imposés au niveau des étapes de la prétraitement (préparation des données d'entrée) et du post-traitement (visualisation des résultats) de la modélisation et la réalisation des quelques modèles, tels que : les Modèles de Base de Données Géographiques MBDG, et plusieurs cartes thématiques.

La réalisation d'un tel projet nous a permis d'explorer les avantages de SIG comme stocker des informations de façon claire et définitive, Gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des

objets, Comprendre les phénomènes, Etablir des cartographies rapides. Les capacités du SIG autant qu'un outil d'aide à la décision.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

Livre et Mémoire :

- **AFNOR-ISO**, dictionnaire de l'informatique 1989).
- **Afri-Mehennaoui, F-Z. et Mehennaoui, S. (2005)**. Qualité écologique des cours d'eau dans l'est Algérien : cas de l'Ouest Rhumel dans la Constantinoise. WATMED 2-Marrakech 14-17.
- **Ait Boughrou, A., Yacoubi-Khebiza, M., Boulanouar, M., Messouli, M. et Boutin, C. (2005)**. Bio-évaluation de la qualité des eau souterraines cas de la nappe phréatique d'Errachidia (sud-est du Maroc). WATMED2-Marrakech 14-17.
- **Aldosa, N., Le Bihan, M. et Monin, M. (2003)**. Information, communication, organisation, 2eme éd.
- **Allen et al, 1994**. Surveillance de qualité des eaux de surface, guide à l'intention des citoyens, des étudiants et des communautés du Canada atlantique. 103p.
- **Aronoff, S. (1991)**. Geographic Information Systèmes : A Management Perspective. WDL Publications, Ottawa, 294 p.
- **Attabi, Z. et Zine, H. (2006)**. Caractéristique et importance écologique de la région sud de la zone humide du Chott EL Hodna, Mémoire d'ingénieur, Dép. Bio, Uni. M'sila, 75p.
- **Aouissi, A. (2010)**. Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est) de l'Algérie. Mémoire, Magister. Univ du 08 Mai Guelma 1945.129p.
- **Anonyme (2000)**. Fiche descriptive sur les zone humide Ramsar, Chott EL Hodna, 10p.
- **Bailly, A., et al. (1991)**. Les concepts de la géographie humaine. (Masson, Éd.) (2eme éd.). Paris.
- **Bakhti F., (2005)**. Contribution l'étude des interrelations sol-végétation dans une zone humide (Chott EL Hodna, Wilaya de M'sila), Mémoire d'ingénieur, Dép. Agro, Univ. Batna, 94p.
- **Behra, (2013)**. Chimie et environnement. Cours, études de cas et exercices corrigés. 1, 2, 58 p.
- **Bensaci, T., Nouidjem, Y., Bouzegag, A., Saheb, M. et Houhamdi, M., (2008)**. Ecologie des oiseaux d'eaux du Chott EL Hodna. Communication orale, S.N.I.E.B. Biologie-Skikda. 15-17 Décembre 2008.
- **Bermond, R., et Vuichard, R., (1973)**. Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.
- **Bigand, M., Camus, H., Bourey, J. et Corbeel, D. (2006)**. Conception des systèmes de l'information, modélisation des données, études de cas.
- **Bonin, O. (2002)**. Modèle d'erreur dans une base de données géographiques et grandes déviations pour des sommes pondérées ; application à l'estimation d'erreurs sur un temps de parcours. Paris.

- **Bonn, F. (1994).** Télédétection de l'environnement dans l'espace francophone. Presses de l'Université du Québec. pp.471-472.
- **Bordin, P. (2002).** SIG concepts, outils et données. Lavoisier. P259.
- **Briki, Z. (2010).** Contribution à l'étude des sources de pollution d'une zone humide d'importance internationale : cas de Chott El Hodna (M'sila). Mémoire d'ing. Univ M'sila 77p.
- **Brocard, M., Mallet, P., Leveque, L. et Bessineton, C. (1996).** Atlas de l'estuaire de la Seine. Publications des universités de Rouen et du Havre. 144p.
- **Boudenne et al., (2012).** Etude des paramètres physico-chimiques des eaux usées urbaines de Jijel. Cas de la station d'épuration d'El-Rabta. Université de Jijel, Jijel, p 56.
- **Boudrissa A., (2005).** Étude des facteurs de risque de transmission de la leishmaniose cutanée zoonotique cas du foyer de Chott EL Hodna, Mémoire de magistère, Uni. Oum El Bouaghi, 146p.
- **Boudrissa S., Medjenah F. et Mazaache F., (2007).** Cartographie écologique de la leishmaniose cutanée Zoonotique dans le bassin du Hodna (Algérie), Mémoire Ing., Départ. Biolo., Univ. M'sila, 70p.
- **Boumezbeur A., (2002).** Atlas des 26 zones humides Algériennes d'importance internationale, D.G.F., 89p.
- **Christian L., (2001).** De l'écologie de l'écosystème à la biosphère, Ed. Dunod, 122p.
- **Choocat, (1997) :** Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement. Ed Technique et Documentation, 24p.
- **Collet, C. (1992).** Système d'information géographique en mode image. Lausanne. (P. polytechniques et universitaires romandes, Éd.). 186p.
- **Couclelis, H. (1992).** People manipulate Objects: beyond the raster-vector debate in GIS (Theories a). Frank, A.U. 23
- **C.F.M., (2009).** Fiche descriptive sur les zone humide, Chott EL Hodna, D.G.F., 25p.
- **Dajoz, (2006).** Précis d'écologie. 2^e édition. Dunod, Paris. 631 p.
- **Debieche, T.H., (2002).** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. « Application à la basse plaine de Seybouse. Nord-Est Algérien ». Thèse doctorat. Université de Franche-Comté. 235 p.
- **Dekkiche, B. (1974) in Larkroune, (1999).** Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de la nappe. Thèse Univ. Gand, Belgique, 210 p.
- **Denegre, J.** Apport de SPOT aux systèmes d'informations géographiques, 1459-1466 p.
- **Denegre, J. et Salge, F. (1996).** Les systèmes d'information géographique. Paris, PUF, Coll. "Que

sais-je ?". N°3122. pp.127-128.

- **Djebaili S., (1984).** **Steppe** Algérienne phytosociologie et écologie, Ed.O.P.U., 177p.
- **Dussart, B., (1966).** Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier Villars., ed. Paris.
- **ESRI France (ESRI,2018).**
- **ESRI France (ESRI,2019).**
- **Full, CH., (2007).** Etude de la qualité de l'eau de robinet et celle de la nappe phréatique dans les différentes communes d'Arrondissement au département de Guédiawaye : DAKAR, Sénégal. Diplôme de maîtrise. Univ Cheikh Anta Diop Dakar, 81p.
- **Garff, (1975).** Dictionnaire de l'informatique. Paris, presse universitaire de France.
- **Gouaidia, L., (2008).** « Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana - Nord Est Algérien ». Thèse de Doctorat. Université d'Annaba.131p.
- **Guasmi et al .2006).** Pollution des eaux de l'oued Medjerda par les nutriments. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 05, pp.113-119.
- **Guegan, J.et Choisy, M.2007.** Mathematical modeling in infectious diseases dynamics. In: Encyclopedia of Infectious Diseases: Modern Approaches (ed. TIBAYRENC M.). Wiley & Sons Ltd., Chichester, USA, pp. 379-404.
- **HCEFLCD, (2006).** (Haut-Commissariat Aux Eaux et Foret et la Lutte Contre la Désertification), Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- **HCEFLCD, (2007).** (Haut-Commissariat Aux Eaux et Foret et la Lutte Contre la Désertification), Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.
- **Hervé Gumuchian, C.M., (2000).** Véronique Fèvre initiation à la recherche en géographie.
- **IAAT, (2003).** Cahier méthodologiques sur la mise en oeuvre d'un SIG, 33 p.
- **Ider, (2004).** Modélisation hydrodynamique d'un cours d'eau, Application à l'Oued Soummam. Mémoire de Magister. ENP, Alger. 124 p.
- **Jean, M., et Franco, P. (1995).** Documents phytosociologiques Vol .15. Pp :394-401.
- **Kaabeche, M., (1990).** Les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie). Essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb. Thèse de Doct. Univ.Paris sud, centre d'assai 104p.
- **Khermeche, S.et Belouadah, H. (2003).** Analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau potable du bassin du Hodna cas d'étude : nappe de M'sila mémoire d'ing chimie. univ de M'sila,

70p.

- **Knoepeel, P., DA Cunha, A., P Leresche, J. et Nahrath, S. (2005).** Enjeux du développement urbain durable, Transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernance. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR).129p.
- **Laurini, R. (1993).** Les bases de données en géomatique. Hermès, Ed. Paris.
- **Landry et al, (2005).** Autodétermination du comportement langagier en milieu minoritaire : un modèle conceptuel.
- **Legros, J. (1996).** Cartographies des sols : De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Collection Gérer l'environnement. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, Suisse, 321 p.
- **Maguire D.J. et Goodchild M. F, R.D. (1991).** Geographical Information System.
- **Metahri, M, S. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 148 p.
- **Mimoune S., (1995).** Gestion des sols sableux et désertiques dans une cuvette endoréique d'Algérie (sud du Chott EL Hodna), Thèse de doct. Uni d'Aix Marseille I, 209p.
- **Moussai, A. (2008).** Effet de la salinité sur le milieu environnant de l'embouchure d'Oued M'sila(sol-eau-végétation). Mémoire d'ing. Univ de M'sila,88p.
- **Nova, N. (2009).** Les médias géo localisés, comprendre les niveaux espaces numérique .17p.
- **OMS, (1994).** Directives de qualité pour les eaux de boisson ; Volume 1- Recommandation.
- **OMS, (1972).** Rapport annuel du Directeur général à l'Assemblée mondiale de la Santé et aux Nations Unies.
- **Patricia Bordin2006.** Le 12 décembre 2006. Méthode d'observation multi-niveaux pour le suivi de phénomènes géographiques avec un SIG.283 pages
- **Provencher, L., Jean-Marie. et Dubois. (2007).** Précis de télédétection méthode photo interprétation et de l'interprétation d'image, volume 4,33p.
- **Quodverte, (1994).** Cartographie numérique et information géographique. D'Orléans.
- **Régis, Caloz. (2011).** Analyse spatiale de l'information géographique.
- **Rigaux, P. (2001).** Spatial data bases with application to GIS. Éd 2 nd. San Francisco.
- **Roche, S. (2000).** Les enjeux sociaux des systèmes d'information géographique. Revue géographique sociale. L'Harmattan.
- **Roche, M. (1963).** Hydrologie de surface. Gauthier-Villars Editeur-Paris.429 p.54
- **Rodier, J. (1996).** Analyse de l'eau : Eau résiduaires, Eaux naturelles, Eau de mer. 8^{ème} édition.

Dunod, Paris. 1357 p.

- **Rodier et al. (2009)**. L'analyse d'eau : Eau résiduaires, Eaux naturelles, Eau de mer. 9^{ème} édition. Dunod, Paris. 1489 p.
- **Roux, M. (1987)**. Office internationale de l'eau : l'analyse biologique de l'eau, Ed, TEC&DOC, Paris.p229.
- **Sandro Bimonte2007**. Soutenu en 2007 à Lyon, INSA , en partenariat avec LIRIS - Laboratoire d'Informatique en Image et Systèmes d'information (Rhône) (laboratoire).
- **SFPT, (1989)**. Bulletin de la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection (SFPT), 1989.Joliveau T. (1996). Gérer l'environnement avec des S.I.G
- **Steven, (1997)**. Chimie générale. 2^e édition Béboeck. 86 p.
- Thériault, M. (1995). Systèmes d'information géographique, concepts fondamentaux. Québec.
- **Yossef, M. Benaissa, M. (2019)**. Hydrologie du bassin du Hodna : Construction d'une base de données à l'aide d'un SIG. Master. P 22, 24,36.

Site web :

- www.pinterest.com/pin/303711568592925101/

ANNEXE

ANNEXE : Grille de qualité de 1971 simplifiée

PARAMETRES	Bonne ou très bonne qualité	Qualité acceptable	Qualité médiocre	Mauvaise ou très mauvaise qualité
O₂ dissous mg/l	≥ 5	≥ 3	≥ 1	< 1
O ₂ dissous %	≥ 70	≥ 50	≥ 10	< 10
DBO ₅ mg/l	≤ 5	≤ 10	≤ 25	> 25
DCO mg/l	≤ 25	≤ 40	≤ 80	> 80
NO₃⁻ mg/l	≤ 25	≤ 50	≤ 80	> 80
NH₄⁺ mg/l	≤ 0.5	≤ 2	≤ 8	> 8
NO ₂ ⁻ mg/l	≤ 0.3	≤ 1	> 1	.
NTK mg/l	≤ 2	≤ 3	≤ 10	> 10
PO ₄ ³⁻ mg/l	≤ 0.5	≤ 1	≤ 2	> 2
MeST mg/l	≤ 70	.	> 70	.
Phosphore total mg/l	≤ 0.3	≤ 0.6	≤ 1	> 1
Conductivité	≤ 2 000	.	> 2 000	.
pH	≥ 6.5 et ≤ 8.5	.	< 6.5 ou > 8.5	.

Résumé :

Notre travail sur la qualité des eaux est pour objectif de caractériser la qualité des eaux souterraines de la région D'El Hodna en relation avec les eaux du Chott. L'approche adoptée dans cette contribution l'évolution de la qualité physico-chimique des eaux de Chott El Hodna et différents puits qui l'entourent qui sont : Khobana, M'cif, Bouhmadou, Bir Arbi, Ain El Khadra (1), Ain El Khadra (2), Djarabaa, Chellal et Baniou.

Plusieurs paramètres physico-chimiques ont été mesurés tels que : T°C, PH, Conductivité électrique, Dureté totale, Chlorures, Sulfates, Nitrates, Calcium, Magnésium.

Les résultats des analyses des paramètres principaux des eaux montrent une majorité de dépassement des normes fixées par l'OMS au niveau des eaux du Chott El Hodna. Les concentrations élevées de ces éléments due principalement à l'exposition du Chott aux différents types de pollution (naturelle, industrielle, domestique et agricole). Bien que les eaux des puits étudiés présentent des qualités acceptables pour la consommation. Les puits de la partie sud du Chott (Chellal, Ain El Khadra (1), M'cif, Bir El Arbi) présentent un dépassement dans certains paramètres qui rend leurs eaux de moins de qualité par rapport les puits du côté nord du Chott El Hodna (Ain El Khadra (2), Baniou, Bouhmadou, Djarabaa). Nous avons examiné l'étude de la qualité de ce dernier à l'aide du Système d'information géographique (SIG).

Mots clés : Chott El Hodna, qualité physico-chimique des eaux, Qualité des eaux souterraines, SIG, Base de données., puits.

ملخص:

الهدف من عملنا هو معرفة نوعية المياه الجوفية لمنطقة الحضنة التي لها علاقة مع مياه الشط المقاربة المتبناة لهذا العمل هو تقييم النوعية الفيزيوكيميائية لجودة مياه شط الحضنة و مختلف الابار التي تحيط به و هي خبانة, مسيف, بوحمدوبير العربي, عين خضرة (1), عين خضرة (2), جرابعة, شلال و بانيو.

قمنا بقياس العديد من الوسائط الفيزيوكيميائية مثل درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، التوصيل الكهربائي، والعسر الكلي والكلوريدات والكبريتات والنترات والكالسيوم والمغنيسيوم نتائج تحاليل الوسائط الأساسية للمياه تؤكد تجاوزها لأغلبها لمعايير المنظمة العالمية للصحة والمنظمة العالمية للتغذية على مستوى مياه شط الحضنة

التركيزات العالية من هذه العناصر يرجع أساسا الى تعرض الشط لأنواع مختلفة من التلوث (الطبيعية والصناعية والمنزلية والزراعية).

على الرغم من أن مياه الآبار المدروسة لديها نوعية مقبولة للاستهلاك من مياه الآبار في الجزء الجنوبي من الشط (الشلال، عين الخضراء (1)، مسيف، بئر العربي) تجاوز فيها بعض الوسائط الفيزيوكيميائية مما يجعل مياهها اقل جودة من الآبار الواقعة في الجزء الشمالي من الشط (بانيو، بوحمدو، جرابعة، عين الخضراء (2)). استعملنا نظام المعلومات الجغرافية للدراسة. كلمات البحث شط الحضنة، نوعية المياه الفيزيوكيميائية، نظام المعلومات الجغرافية، الآبار.

Summary

Our work on water quality aims to characterize the quality of groundwater of the El Hodna region in connection with the waters of the Chott. The approach adopted in this paper is the evaluation of the physicochemical water quality of Chott El Hodna and different wells that surround it such as: Khobana, M'cif, Bouhmadou, Bir Arbi, Ain El Khadra (1), Ain El Khadra (2), Djarabaa, Chellal and Baniou. Several physico-chemical parameters were measured as: T°C, PH, electrical conductivity, total hardness, chlorides, sulfates, nitrates, calcium, magnesium.

The results of the analysis of the main parameters of the water showed a majority exceeded standards set by the WHO in the waters of Chott El Hodna. High concentrations of these elements mainly due to exposure of the Chott to different pollution factors (natural, industrial, domestic and agricultural). Although the waters of wells studied have acceptable quality for consumption. Wells in the southern part of Chott (Chellal, Ain El khadra (1), M'cif, Bir El Arbi) are exceeded in some parameters making their waters less quality comparatively with wells on the north side of the Chott El Hodna (Ain El khadra (2), Baniou, Bouhmadou, Djarabaa). We reviewed the quality study of the GIS using the Geographic Information System (GIS).

Keywords: Chott El Hodna, physico-chemical, water, quality, GIS, well.