

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE 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
N° :.....



DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE
FILIERE : ECOLOGIE
OPTION : ECOLOGIE DES
ZONES ARIDE ET SEMI ARIDE

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : BOUDIAF Zahra
SOUADKIA Oumbarka
ZEROUATI Rahma

Intitulé

*Contribution d'un SIG à l'étude de la qualité
des eaux souterraines de bassin du Hodna
(Zone de M'sila)- Algérie.*

Soutenu devant le jury composé de :

| | | | |
|-----------------|-------|----------------------|------------|
| BOUNAR Rabeh | M.C.A | Université de M'Sila | Président. |
| KHOUDOUR Djamel | M.C.A | Université de M'Sila | Rapporteur |
| SARRI Djamel | M.C.A | Université de M'Sila | Examineur |

Année universitaire : 2020/ 2021

REMERCIEMENT

On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la volonté nécessaire pour mener à bien cette année d'étude.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de *Mr. KHOUDOUR Djamel*, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous sommes conscientes de l'honneur que nous a fait *Mr. BOUNAR Rabeh*. En étant président du jury et *Mr. SARRI Djamel* D'avoir accepté d'examiner ce travail. Nos remerciements s'adressent également à Monsieur le chef du département de SNV ainsi que tout le personnel et les enseignants qui nous ont encadrés tout au long de ce cursus universitaire.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Homme retrouvé sur la surface de la terre et n'a pas vécu isolé du reste de l'humanité, à toutes les étapes de la vie,

il y a des gens qui méritent nos remerciements

Pour le propriétaire d'une biographie parfumée et d'une pensée éclairée, il avait le premier crédit pour ses études supérieures. Mon père **BOUDIAF Abd Errachid** bien-aimé que Dieu prolonge sa vie

À celle qui m'a mis sur le chemin de la vie, qui m'a calmé, qui m'a ligoté et qui a pris soin de moi jusqu'à ce que je devienne vieille, ma chère mère **BAKHTI Siham**, que Dieu prolonge sa vie

A mon soutien dans cette vie qui m'accompagnait à chaque pas que je faisais pour écrire mon mémoire de mon mari **DHAI EL HAK**

À mes sœurs, **Marwa, Layan**, et ma frère **Mohammed El Amine** ceux qui ont eu un grand impact sur de nombreux obstacles et difficultés

À mes amis et à tous ceux qui se tenaient à côté de moi et m'ont aidé avec tout ce qu'ils possédaient et à bien des égards

A mon encadreur : **KHOUDOUR Djamel** qui a été bénédiction du guide et la bénédiction de l'encadré, que Dieu vous bénisse et que Dieu vous récompense tout le meilleur

A toute ma famille et la famille de mon fiancé à tous mes bien-aimés à tous ceux qui me souhaitent à ta place dans le cœur

ZAHRA

Dédicace

À la plus belle créature que dieu a créée sur terre , à la source de tendresse , de patience et de générosité , à la femme formidable qui nous a accompagné dans nos petits et grands bonheurs , et qui nous a soutenu dans chacune de nos peines , à ma seconde mère , à ma grand-mère qui nous a quitté récemment laissant un grand vide . Que Dieu ait son âme et l'accueille dans son vaste paradis.

À cette femme exceptionnelle qui m'inspire depuis toujours et à qui je dois tout , à cette mère courageuse et forte qui m'a protégée de toutes ses forces et qui m'a aimée de tout son cœur , à cette maman exigeante et ambitieuse , qui a guidée mes pas et qui est à l'origine de toutes mes réussites . À la lumière de mes jours , la source de mes efforts , la flamme de mon cœur , ma meilleure amie , ma vie et mon bonheur ; maman qui m'a tout donnée ; maman que j'adore .

À l'homme de ma vie , mon héros , mon exemple éternel , mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui est toujours sacrifié pour me voir réussir . À le meilleur papa au monde : Pr.Zerouati Rabah.

RAHMA

Dédicace

*Du profond de mon cœur , je dédie ce travail à tous ceux qui
m'ont sont chers ,*

*À mon père décédé trop tôt , qui m'a toujours poussée et
motivée dans mes études , que dieu l'accueille dans son vaste
paradis .*

*À ma chère mère qui a attendu avec patience les fruits de sa
bonne éducation et de ses dévouements .*

*À tous mes frères et sœurs , ainsi que leurs enfants , pour leur
amour et leur encouragement .*

*À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de
ce mémoire : mon mari*

*Et à tous mes amis qui m'ont toujours encouragée et qui je
souhaite plus de succès*

OUMBARKA

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

ANRH : Agence National des Ressources Hydrauliques

BBA : wilaya de Bordj Bou Arréridj.

BD: Base de Données

DRE : Direction des Ressources en Eau

ESRI : Institut Recherche sur les Systèmes Environnementaux

FAO : Food and Agriculture Organisation

ID: Identification

KG : l'indice de compacité de Graveleuse

SQL : Structured Query Langage

MBDG : Modèle d'une Base de Données Géographique

SGBD : Système de Gestion de Base de Données

SI : Système d'information

SIG : Système d'Information Géographique

Liste des figures

Liste des figures :

| | |
|---|----|
| Fig.I.1. La géomatique..... | 05 |
| Fig.I.2. Exemples d'images raster(22)..... | 07 |
| Fig.I.3. Principe d'une image raster(29)..... | 08 |
| Fig.I.4. Les primitives géométriques du mode vecteur 22..... | 08 |
| Fig.I.5. Avantages respectifs de chaque mode de représentation 29..... | 09 |
| Fig.I.6. La superposition de données de couches différentes 65..... | 10 |
| Fig.I.7. Schéma de la mise en place du système d'information..... | 12 |
| Fig.I.8. Schéma des composantes d'un SIG..... | 15 |
| Fig.I.9. Cycle de fonction de SIG..... | 16 |
| Fig.I.10. Domaines d'application du SIG..... | 17 |
| Fig.I.11. Les différents formats de MNT..... | 21 |
| Fig.I.12. États de l'eau..... | 24 |
| Fig.I.13. Cycle hydrologique..... | |
| Fig.II.1. Situation de la région d'étude..... | 34 |
| Fig.II.2. Pluviométrie dans le bassin versant du Hodna (ANRH, 1993)..... | 35 |
| Fig.II.3. Géologie du bassin versant du Hodna [Adoui, 2013]..... | 38 |
| Fig.II.4. Pédologie de la région du Hodna [Boyadgiev, 1975]..... | 39 |
| Fig.II.5. Sous-bassins hydrographique principales(Originale)..... | 40 |
| Fig.II.6. Réseau Hydrographique de Bassin du Hodna (Makhzoum et al)..... | 41 |
| Fig.II.7. Relief de bassin versant du Hodna(Originale)..... | 43 |
| Fig.II.8. Courbe hypsométrique de bassin versant du Hodna..... | 43 |
| Fig.II.9. Les eaux souterraines de Bassin du Hodna(Originale)..... | 45 |
| Fig.IV.1. Base de données géographique BGD..... | 60 |
| Fig.IV.2. MBGD—distribution des eaux superficielles du bassin Hodna sur le SIG..... | 61 |
| Fig.IV.3. MBGD---distribution des eaux souterraines du bassin Hodna sur le SIG..... | 61 |
| Fig. V.1. PH des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 65 |
| Fig. V.2. Conductivité des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 66 |
| Fig. V.3. Turbidité des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 66 |
| Fig.V.4. Calcium des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 67 |
| Fig.V.5. Magnésium des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 67 |
| Fig. .V.6. Chlorure des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 68 |
| Fig.V. 7. Sulfate des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 68 |
| Fig.V. 8.Dureté totale des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 69 |
| Fig.V.9. Nitrate des eaux souterraines de la zone d'étude..... | 69 |

Liste des tableaux

Liste Des Tableaux :

| | |
|--|----|
| Tableau. I .1. Principal étape historique de l'évolution des SIG [65]..... | 13 |
| Tableau.II.1. Caractéristiques physiques et morphométriques de bassin du Hodna..... | 44 |
| Tableau. II .2. Estimation des eaux souterraines dans le bassin du Hodna..... | 45 |
| Tableau. II .3 Données pluviométriques de la station météorologique de M'sila et Bousaàda..... | 46 |
| Tableau. II .4. Données pluviométriques annuelles de la station météorologique de M'sila et Bousaàda..... | 46 |
| Tableau. II .5. Donnes hydrométriques de la station de rocade sud..... | 47 |
| Tableau. II .6. Donnes hydrométriques de la station de Moulin Ferrero. (ANRH, 2018) | 47 |
| Tableau. III.1. Caractéristiques de Bassin du Hodna..... | 50 |
| Tableau. III.2. Normes de qualité des eaux s de Bassin | 50 |

table de matières

Table de matière

Liste d'abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I: Synthèse bibliographique

| | | |
|--------------|--|-----------|
| I. 1. | Le Système d'Information Géographique..... | 04 |
| I. 1.1. | Généralité..... | 04 |
| I. 1.2. | Pourquoi la géographie?..... | 04 |
| I. 1.3. | Géomatique | 04 |
| I. 1.4. | L'information géographique..... | 06 |
| I.1.4.1. | Définition..... | 06 |
| I.1.4.2. | Les composants de L'information géographique..... | 06 |
| I. 1.5. | La représentation de l'information géographique..... | 06 |
| I.1.5.1. | Classification des informations géographiques..... | 06 |
| I.1.5.2. | Dualité Raster - Vecteur..... | 07 |
| I. 1.6. | Caractéristiques de l'information géographique..... | 10 |
| I. 1.7. | Notion du système d'information..... | 11 |
| I. 1.8. | Système d'information géographique..... | 12 |
| I. 1.9. | Historique du S.I.G..... | 13 |
| I. 1.10. | Les composantes d'un SIG..... | 14 |
| I. 1.11. | Les fonctionnalités du S.I.G..... | 15 |
| I. 1.12. | Le rôle des SIG..... | 16 |
| I. 1.13. | Domaines d'application..... | 17 |
| I. 1.14. | Présentation des principaux logiciels de S.I.G | 17 |
| I. 1.14.1. | Logiciels en mode vectoriel..... | 17 |
| I. 1.14.2. | Logiciels en mode RASTER..... | 18 |
| I.2. | Le bassin versant et son complexe..... | 20 |
| I.2.1. | Définition du bassin versant..... | 20 |
| I.2.2. | Hydrologie de bassin versant..... | 22 |
| I.2.2.1. | Cycle hydrologique..... | 24 |
| I.2.2.2. | Le bilan hydrologique..... | 25 |
| I.3. | Hydrogéologie : Les eaux souterraines..... | 26 |
| I.3.1. | L'aquifère..... | 26 |
| I.3.1.1. | Aquifère homogène..... | 27 |
| I.3.1.2. | Aquifère hétérogène | 27 |
| I.3.2. | Nature et caractéristiques des aquifères..... | 27 |
| I.3.3. | La nappe..... | 28 |
| I.3.3.1. | La nappe phréatique..... | 28 |
| I.3.3.2. | La nappe captive..... | 28 |
| I.3.3.3. | La nappe artésienne..... | 28 |
| I.3.3.4. | La nappe suspendue..... | 28 |
| I.3.3.5. | La nappe alluviale | 28 |

Table de matière

| | |
|---|-----------|
| I.3.3.6. Le niveau piézométrique..... | 28 |
| I.4. Qualité des eaux souterraines..... | 29 |
| I.4.1. Paramètres de qualité..... | 29 |
| I.4.1.1. Définition | 29 |
| I.4.1.2.Principaux paramètres de potabilité | 29 |
| I.4.2.Normes de qualité des eaux potables | 29 |

Chapitre II : Description de la zone d'étude

| | |
|--|-----------|
| I . Situation géographique de bassin du Hodna..... | 34 |
| II . Climat de la région | 34 |
| a. Pluviométrie | 35 |
| b. Température..... | 35 |
| c. Le vent..... | 35 |
| d. Humidité..... | 36 |
| III. Couvert végétal..... | 36 |
| IV. Géologie..... | 37 |
| a- Le trais..... | 37 |
| b-Le jurassique et le carbonate..... | 37 |
| c-Le crétacé..... | 37 |
| d-Le Paléocène..... | 37 |
| e-Le néogène..... | 37 |
| f-Le quaternaire..... | 37 |
| V. Sols..... | 38 |
| VI.. Réseau Hydrographique..... | 39 |
| VII. Caractéristiques physiques et morphométriques..... | 41 |
| VII.1. Paramètres morphométriques..... | 41 |
| VII.2. Paramètres du relief | 42 |
| VII.2.1. Courbe hypsométrique..... | 43 |
| VII.2.1.1. Les altitudes caractéristiques..... | 44 |
| VII.2.2. Les potentialités en eau dans le bassin du Hodn..... | 44 |
| VII.2.2.1. Les eaux souterraines..... | 44 |
| VII.2.2.2. Eaux superficielles..... | 45 |
| VIII. Etude hydro-pluviométrique..... | 46 |
| VIII.1. Pluviométrie..... | 46 |
| VIII.2. Les écoulements..... | 47 |

Chapitre III : Matériels et approche méthodologique

| | |
|--|-----------|
| III.1. Collecte des données..... | 49 |
| III.2. Les outils des traitements des données..... | 49 |
| III.3. Méthode de traitement..... | 49 |
| III.4. Échantillonnage et analyses physicochimiques | 50 |

Chapitre IV : Mise en place d'un système d'information géographique (base de données a référence spatiale) pour l'analyse morphométriques du Bassin

| | |
|--|-----------|
| IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude hydrographique de bassin versant..... | 57 |
|--|-----------|

Table de matière

| | |
|--|----|
| .Choix des données intégrées au système..... | 58 |
| IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale..... | 59 |
| IV.2.1. Structuration des données..... | 59 |
| IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques..... | 59 |
| IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique..... | 60 |
| IV.2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et Traitement l'information | 62 |

Chapitre V : Résultats et discussions

| | |
|--|----|
| 1. Distribution et évaluation de la qualité des eaux souterraines de bassin versant du Hodna..... | 64 |
| 2. Zones géographiques concernées par les tests cartographiques et les différentes classes d'indice de qualité..... | 65 |
| 2.1 Caractéristiques Physico-chimiques des eaux | 65 |
| 2.1.1. Le PH:..... | 65 |
| 2.1.2. Conductivité :..... | 65 |
| 2.1.3. Turbidité :..... | 66 |
| 2.2 Minéralisation :..... | 66 |
| 2.2.1. Calcium Ca ⁺⁺ :..... | 66 |
| 2.2.2Magnésium Mg ⁺⁺ :..... | 67 |
| 2.2.3Chlorure Cl ⁻ : | 68 |
| 2.2.4. Sulfate SO ₄ ⁻³ :..... | 68 |
| 2.2.5. Dureté totale :..... | 69 |
| 2.3. Paramètre de pollution :..... | 69 |
| 2.3.1. Nitrate :..... | 69 |
| Discussions :..... | 70 |

Conclusion

Références bibliographique

Lexique

Annexe

Résumé

I
N
T
R
O
D
U
C
T
I
O
N

*INTRODUCTION
GENERALE*

Introduction Générale

Introduction :

Le Hodna est une vaste dépression située au centre de l'Algérie à une altitude de 400 mètres. Isolée de la mer par une série de chaîne montagneuse, cette dépression occupe un bassin fermé de quelque 24500Km². Le cuvette central déprimée a une superficie de 8500 km². Elle est alimentée des oueds venus principalement du nord ; oued Barika, oued el K'sob, oued EL han, ces cours d'eau descendant des montagnes qui forment un arc continu et relie l'Atlas tellien à l'Atlas saharienne. Ces sont de l'ouest à l'est, les montes de Ouanougha, les montes des Maàdid, Bou Taleb, et autre chaînes secondaires.

Les ressources en eaux de surface disponibles annuellement pour l'ensemble du bassin versant du Hodna s'évaluent à 323 hm³, 173 hm³ sont destinées à l'agriculture. 29 hm³ sont retenus par le Barrage du K'sob et quelques retenues collinaires, le reste est drainé par des retenues traditionnelles ou oued en période de crues dans la plaine permettant au chott d'emmagasiner 150 hm³. 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. Le total du débit des oueds du Hodna dont 3/4 dépendent des pluies, ce chiffre est estimé entre 60 et 70% du ruissellement total du Hodna, le reste est le fait de petits cours d'eau temporaires et du ruissellement en nappe qui prend une grande importance lors des violentes orages.

Les stocks disponibles en eau naturelle se composent des eaux souterraines alimentées par les eaux de surface et les eaux de mer, l'eau souterraine est l'eau qui existe dans les pores, les fissures des roches et dans les sédiments sous la terre. Les ressources en eau souterraine contenues dans les nappes du Nord Algérie (ressources renouvelables) sont estimées à près de 2 Milliards de m³/an. Les ressources superficielles y sont estimées à 12 milliards de m³/an.

Le système d'information géographique ou SIG est un système d'information conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types des données spatiales et géographiques. L'acronyme SIG est parfois utilisé pour définir les " sciences de l'information géographiques " ou " études sur l'information géo spatiale ". Cela se réfère aux carrières ou aux matières qui impliquent l'usage de système d'information géographique et dans une plus large mesure, qui concentrent les disciplines de la géo-information (ou géomatique). Ce que l'on peut observer au delà du simple concept de SIG a trait aux données de l'infrastructure spatiale.

L'objectif de notre travail est de faire une étude sur la qualité des eaux souterraines du bassin du Hodna et élaboration d'une base de données à l'aide de SIG

La présente étude se structure en cinq chapitres, la première présente des données bibliographiques sur les eaux souterraines et l'évaluation de leur qualité du bassin versant et les

Introduction Générale

données sur le système d'information géographique (SIG). Le second chapitre englobe une description de la zone d'étude. Alors que le troisième chapitre décrit la méthodologie de l'étude. Le quatrième chapitre est consacré à la mise en place d'une base de données géographique pour l'étude de la qualité des eaux souterraines de bassin du Hodna.

Nous avons abordé les résultats obtenus et les discussions dans le cinquième chapitre.

C
H
A
P
I
T
R
E
I

HAPITRE I
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

I.1.1. Généralités :

Les enjeux majeurs auxquels il faut faire face aujourd'hui (environnement, aménagement de territoire...), ont tous un lien étroit avec le géo référencement et la géographie. Il apparaît donc nécessaire que pour une meilleure connaissance des phénomènes liés à la nature ou à l'activité humaine de disposer d'un ensemble d'informations sur le milieu naturel considéré. Pour satisfaire ce besoin, on fait recours aux nouvelles technologies apparues, notamment à celles dites des systèmes d'informations géographiques.

Une bonne gestion de l'environnement passe par une exploitation poussée des systèmes d'information modernes. Aujourd'hui il n'est plus nécessaire de présenter l'utilisation de l'informatique standard dans la gestion de base de données alphanumériques et dans la présentation graphique. Elle est devenue omniprésente et à la portée des utilisateurs concernés par l'environnement partout dans le monde, y compris dans les pays en développement. Il semble plus important d'examiner les développements nouveaux concernant les systèmes d'information et l'aide à la décision qui concernent les paramètres fondamentaux de l'environnement, comme les dimensions spatiales et plus généralement, géographiques [21].

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. Pourquoi la géographie ?:

La géographie, en raison de son ancienneté et donc de son long rapport à la présence des hommes dans le territoire, est porteuse d'une part de la logique du monde (car une part de la logique du monde est inscrite dans la logique de nos discours géographiques sur le monde), elle est aussi porteuse d'un renouvellement de l'ontologie et donc d'une meilleure définition de la place de l'homme dans le monde (car une part de la sagesse des hommes compose ce qu'il est légitime de désigner comme contrat géographique) [13]

I.1.3. 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

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

positionnement par satellite, la télédétection, les systèmes d'information géographique et la cartographie] 5[.

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] 64[

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 [58].

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 [54].

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 [34], 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.



Fig. I.1. La géomatique

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

I 1.4.L'information géographique :

I.1.4.1. Définition :

L'information géographique est composée d'informations géométrique, descriptive et topologique. Elle constitue une interprétation, ou plutôt, comme le dirait [14], 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 [31] :

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

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 [20].

Représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné [64], L'information géographique est caractérisée par une composante purement spatiale et une composante sémantique [31].

I.1.4.2. 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. 1.5.La représentation de l'information géographique :

I.1.5.1. Classification des informations géographiques :

Toute tentative de classification des informations nous conduit à une représentation dans un système quadripolaire comprenant :

-Les informations dites « topographiques », comme les cartes de base, les plans cadastraux, ...etc. ;

-Les informations dites « thématiques », comme les plans de secteur, les plans d'aménagement, les cartes pédologiques, géologiques, ...etc. ;

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

-Les informations dites « modèle numériques », comme les modèles numériques de terrain (MNT) ;

-Les informations dites « images », comme les ortho-photos numériques, les données satellitaires fournies par « Landsat » ou « Spot » par exemple.

Dans un environnement informatique graphique, l'unité formelle de ces quatre pôles prend un format bipolaire dite la « Dualité Raster -Vecteur ».

-Le domaine vectoriel recouvre les informations « topographique », « thématique » et « modèles numériques » ;

-Le domaine Raster (image numérique) recouvre les informations « topographiques », « thématiques » et « image ». Il comprend à la fois des données à traiter qualitativement (photos, pour certaines applications) et quantitativement (images classées, cartes thématiques)

I.1.5.2. Dualité Raster – Vecteur :

L'information géographique est représentée à travers deux types de modèles ou structures de données : les modèles vectoriel et matriciel [60]. Le choix dépend de la nature des données géographiques et de leur utilisation [25].

*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 [24], 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.

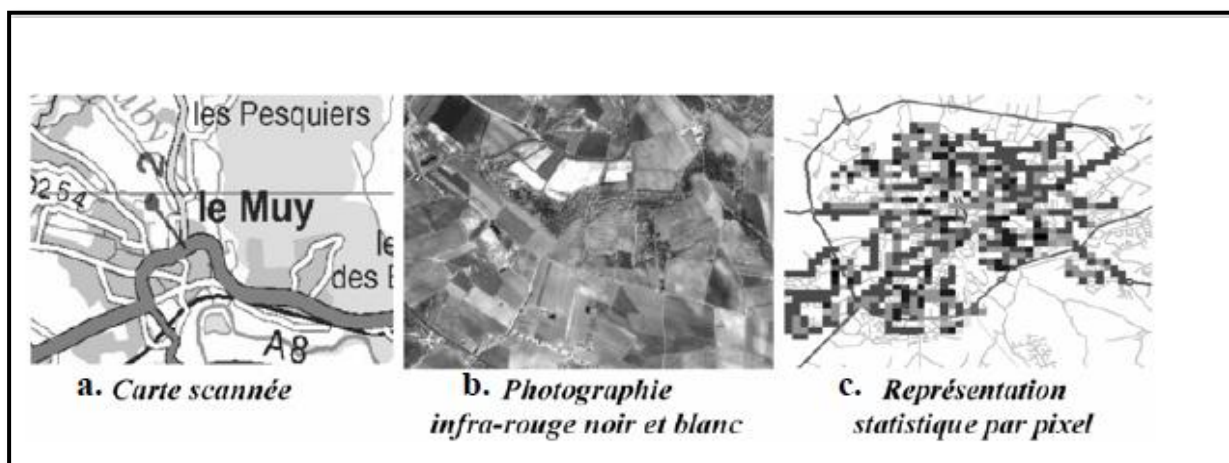


Fig.I.2. Exemples d'images raster [24].

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.

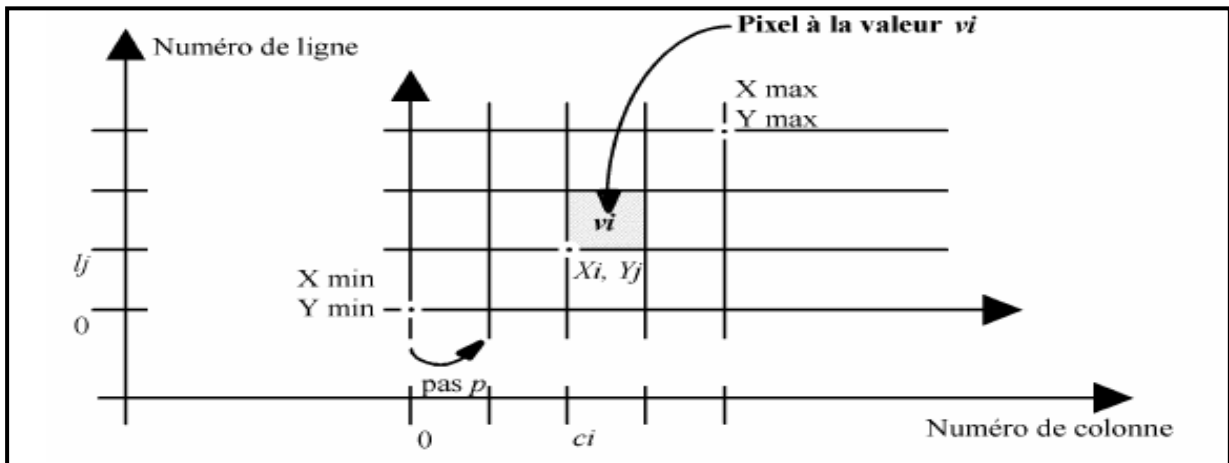


Fig.I.3. Principe d'une image raster [31].

***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 [14].










| 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 |  |

Fig.I.4. Les primitives géométriques du mode vecteur [24].

Comme le souligne certains auteurs [55], [25] :

*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.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

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 |

Fig.I.5. Avantages respectifs de chaque mode de représentation [31]

Ces deux représentations exigent des moyens d'acquisition des données bien distincts. [67] 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.

*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 cartogénèse car 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.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

- 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 [12].

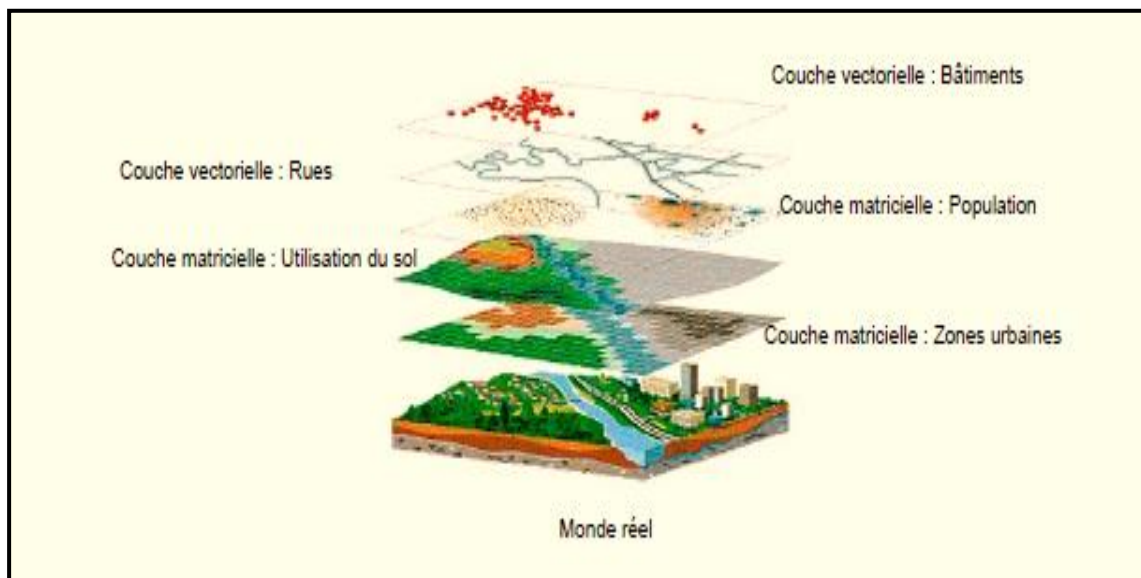


Fig.I.6. La superposition de données de couches différentes [59].

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.1.6. Caractéristiques de l'information géographique :

Il y a plusieurs types d'objets géographiques. Pour [7] et [37] 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.1.7. 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 [4].

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 [11].

Nous pourrions schématiser la place du système d'information de la manière suivante : (Fig.I.7)

Tout système d'information, quel que soit son objet, peut s'analyser comme une réponse spécifique à quelques questions essentielles, à savoir :

- Que veut-on faire ?
- De quelle information a-t-on besoin ?
- Quelles données à collecter ? -Avec quelle régularité ?
- Comment les collecter, les vérifier, ...etc. ?
- Comment les classer, les associer, les répertorier en vue de leur utilisation optimale ?
- Quels traitements leur appliquer ? Quelles transformations éventuelles leur faire subir ?

Quels calculs à effectuer. -Comment les communiquer ? À qui ? Sous quelle forme moment ?

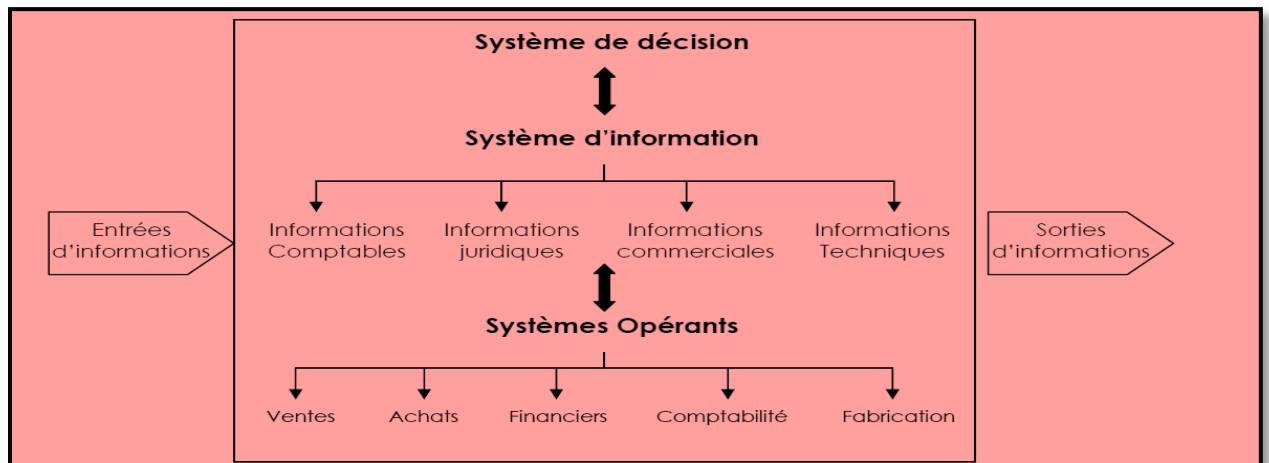


Fig.I.7: Schéma de la mise en place du système d'information.

I.1.8.Système d'Information Géographique (SIG) :

1) **La définition de l'économiste Didier (1990)** « Un SIG est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision ».

2) **Selon le Comité Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie Numérique aux États-Unis (1988)** « Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre : la collection, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation, l'affichage des données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ».

3) **Selon la Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection** : « Un SIG est un système informatique qui permet à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

4) **Selon Konecny (2003)** « Un SIG, dans une définition étroite, est un système informatique pour la saisie, la manipulation, le stockage et la visualisation des données spatiales numériques. Dans une définition plus large, il est un système numérique d'acquisition, de gestion, d'analyse, de modélisation et de visualisation de données spatiales aux fins de la planification, l'administration et le contrôle de l'environnement naturel et aux applications socio-économiques ».

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

I.1.9. Historique :

| Période | Evolution de SIG | Développements informatique |
|------------------|--|--|
| 1960 | SIG a commencé à développer dans le milieu des années 1960 et est né en 1963, proposé par le topographe canadien R.F. Tomlinson | Le niveau du développement d'informatique était limité, la 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 stocks de marchandises ...etc. Méthode MRESES [Collongues 1991] pour la conception et la mise en œuvre de base de données en entreprise et administration publique. | Ordinateur 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 basé sur le mode image et de STT (systèmes d'information de territoires) pour la création et la gestion de cadastre foncier par les ingénieurs-géomètres notamment : On mode objet (vecteur) -arc Info, système 9...etc. En mode image (raster) -IDRISI, GRASS, P_MAP. Pour suite Développement des Systèmes De Base De Données Relationnelles (SGBDR) publication du livre <i>Geographical Information</i> | Cartographie numérique Editeur graphique et imprimante atteignent une excellente qualité Formulation d'une structure permettant la gestion de la topologie de manière informatique [Peucker et Al 1975]. 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). |

| | | |
|-----------------------|---|--|
| | System [Burrough, 1987] . Mars 1987 premier parution de la revue : <i>Geographical Information System</i> | |
| | Naissance du concept actuel de SIG intégrant la trilogie : mode image, mode vecteur et base de données relationnelle | |
| Début 1990 | Mise en commun des informations en réseau « intranet » Première mise en œuvre d'internet | 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) |
| 1990-2000-2010 | Le concept de système d'information géographique devient science de d'information géographique Goodchild, 1992 Mise sur le marché le logiciel SIG à faible cout (p.e.manifold). | Popularisation d'internet. Développement et diffusion des ordinateurs portable. |

Tableau. I .01. Principal étape historique de l'évolution des SIG [59].

I.1.10. Les principales composantes d'un SIG

Selon ESRI France (ESRI, 2018) un Système d'Information Géographique est composé de : (Figure I.8)

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

B/ Logiciels (software) Les logiciels de SIG offrent les outils nécessaires pour sauvegarder, examiner et visualiser l'information géographique.

Les principaux composants d'un logiciel SIG sont :

- Outils de saisie et de manipulation des informations géographiques Système de Gestion de Base de Données ;

- Outils géographiques de requête, d'analyse et de visualisation ;

- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

C/ 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.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

D/ Personnel formé Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est 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'accès des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.

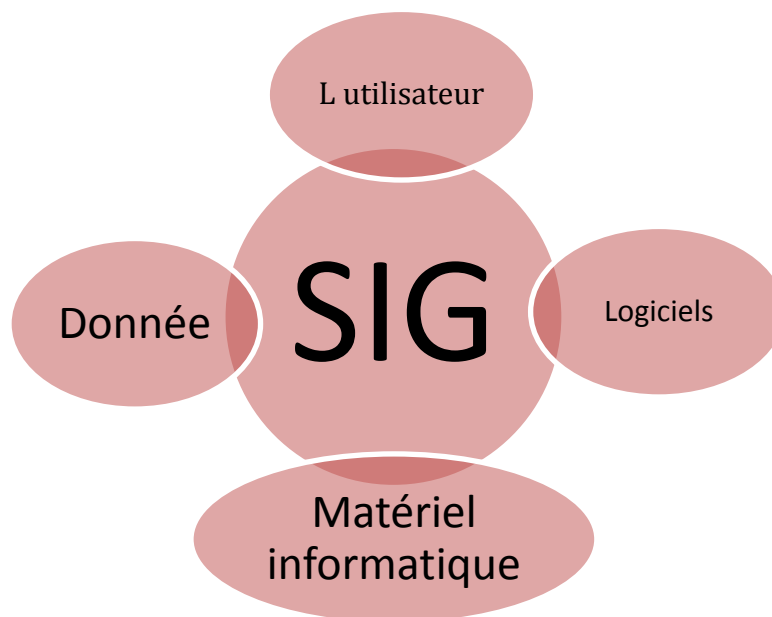


Fig. I.8. schéma des composantes d'un SIG

I.1.11. fonctionnalités d'un SIG (les 6A) :

Les SIG sont créés pour répondre à différentes demandes et comme le système commun n'existe pas, il faut les ajuster selon les objectifs établis. Néanmoins il faut dire qu'il y'a 5 fonctionnalités « on les appelle les 6A » que tous les SIG doivent assurer (figure I.9):

.Abstraire: Concevoir un modèle qui arrange les données par constituants géométriques et par attributs descriptifs, et qui permet aussi d'établir des relations entre les objets.

.Acquérir: Le logiciel doit posséder des fonctionnalités de digitalisation et d'importation de données

Archiver: Le logiciel doit avoir une grande capacité de stockage des données.

.Analyser: Capacité d'analyser les données géographiques (méthodes quantitatives et statistiques, opérateurs topologiques, etc.).

. Afficher: Capacité d'affichage de l'information géographique sous forme de Cartes, tables, graphes, etc.

.Anticipation prospective



Fig. I.9. Cycle de fonction de SIG

I.1.12. 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 [35].

*Acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction

*Organisation des données descriptives et des données géométriques [38]:

*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.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

I.1.13. 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 [45].

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)

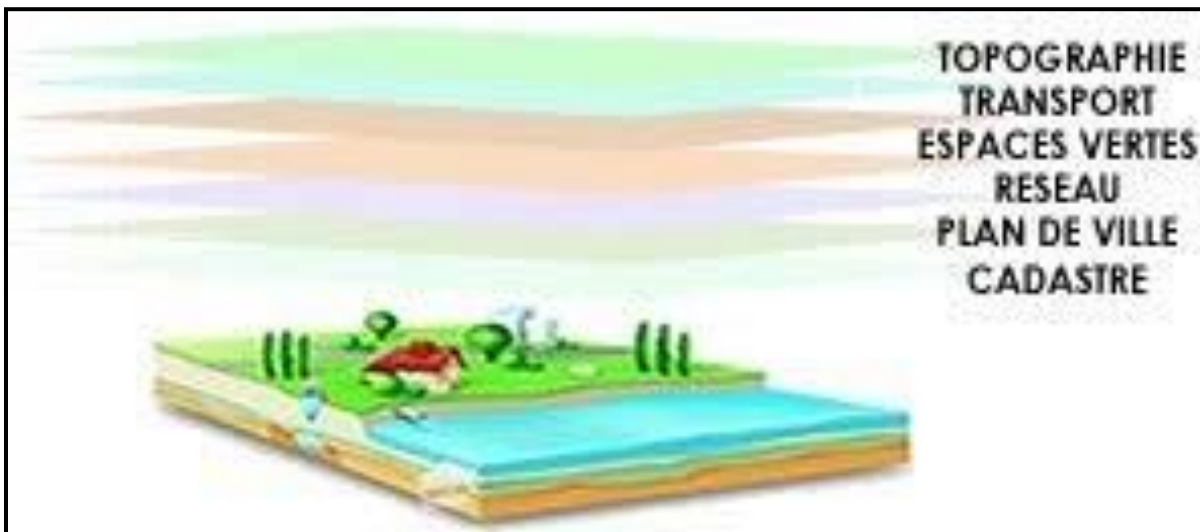


Fig.I.10. Domaines d'application du SIG.

I. 1.14. Présentation des principaux logiciels de S.I.G

I. 1.14.1. Logiciels en mode vectoriel

- **Arc GIS :**

Il est conçu par la société ESRI. Arc GIS 9x est constitué de différents éléments :

-Arc GIS Desktop : suite intégrée d'applications S.I.G professionnelles ;

-Arc GIS Engine : composants pouvant être incorporés par des développeurs afin

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

de personnaliser des applications S.I.G;

-Applications S.I.G pour serveur : ArcSDE®, ArcIMS® et ArcGIS Server ;

-Applications S.I.G nomades : ArcPad®, ainsi qu'ArcGIS Desktop et ArcGIS Engine pour les tablettes PC.

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées : ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox ainsi que ModelBuilder. Il est vendu sous trois niveaux incluant plus ou moins de fonctionnalités : ArcView, ArcEditor et ArcInfo.

-ArcMap : application centrale qui effectue toutes les tâches associées aux cartes, y compris la cartographie, l'analyse spatiale et la mise à jour ;

-ArcCatalog : organisation et gestion des données ;

-ArcToolBox et ModelBuilder : géo traitement ;

-ArcGlobe : visualisation 3D dynamique.

L'une des suites logicielles les plus complètes du marché, ArcGIS propose également de nombreuses

Extensions tels que Spatial Analyst (module raster) et 3D Analyst.

▪ **MapInfo :**

Mapinfo est un logiciel S.I.G qui présente une inter-opérabilité importante, en raison d'un convertisseur de formats intégrés. Sur le plan des fonctions disponibles, il est moins complet qu'ArcGIS mais s'avère toutefois suffisant pour de nombreuses applications. Afin de pouvoir Effectuer des calculs raster, il est nécessaire de lui adjoindre le module additionnel Vertical Mapper.

▪ **Géoconcept :**

Il est développé par une société française, ce logiciel se démarque de la majorité de ses concurrents en proposant une organisation basée sur un modèle "objet" et non sur une association table/entité.

▪ **APIC :**

D'une conception française, ce logiciel fonctionne également en mode objet et il est particulièrement adapté pour la gestion des réseaux. Basé sur un langage de programmation en français, il est caractérisé par une adaptabilité élevée. Issu du monde UNIX, son application Windows est relativement austère, ce qui limite en partie sa diffusion.

▪ **Geomedia :**

La suite logicielle Geomedia comprend une gamme importante de logiciels :

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

- Geomedia Professional : digitalisation, analyse, présentation cartographique etc. ;
- Geomedia Terrain : création et analyse de MNT ;
- GeoMedia Image : traitement d'images ;
- GeoMediaGrid : analyse de données raster ;
- GeoMedia : version allégée de GeoMedia Professional ;
- GeoMedia WebMap : applications Web SIG;
- Ainsi que Image Station Stéréo for GeoMedia, GeoMedia Fusion, GeoMedia Transaction Manager, GeoMedia VPF.

- **Star GIS :**

La société belge « STAR Informatique » propose une gamme variée de logiciels SIG :

- STAR GIS est une plate-forme S.I.G bureautique conçue pour interroger et mettre à jour des bases de données, produire des rapports, réaliser des analyses thématiques etc. ;
- STAR Net est une plate-forme S.I.G par Internet ;
- Win STAR est un S.I.G professionnel.

- **Manifold** : il est proche de MapInfo, ce logiciel est d'une diffusion actuellement anecdotique en France.

- **Savane** : Il s'agit d'une suite logicielle particulièrement complète. Ce logiciel souffre d'une interopérabilité très limitée et d'une architecture complexe, ce qui explique sa diffusion limitée au monde universitaire.

- **Jump** : c'est un logiciel S.I.G vectoriel gratuit, il intègre toutes les fonctionnalités de base nécessaires à la gestion d'un S.I.G de taille réduite.

I.1.14.2. Logiciels en mode RASTER

- **IDRISI** : est un S.I.G en mode image, ainsi qu'un système puissant de traitement d'images, développé par l'université américaine de Clark.

- **SAGA** : il s'agit d'un logiciel modulaire libre. SAGA propose de nombreuses potentialités, notamment en ce qui concerne l'analyse topographique.

- **Grass** : c'est un logiciel libre et très complet. Grass offre une interopérabilité importante et présente l'avantage de pouvoir fonctionner sous Linux.

- **Visualiseurs** : il est gratuit et il permet de lire un nombre très important de formats S.I.G propriétaire

I.2. Le bassin versant et son complexe :

I.2.1. Définition de bassin versant :

Un bassin versant est une unité territoriale correspondant à l'ensemble du territoire qui alimente un cours d'eau en eau, Les limites du territoire d'un bassin versant sont appelées les lignes de partage des eaux et sont constituées des sommets qui séparent les directions d'écoulement des eaux de ruissellement. La direction d'écoulement des eaux dans un bassin versant implique que ces eaux se dirigeront vers un exutoire commun (cours d'eau, lac, fleuve, océan). Les eaux souterraines, au même titre que les eaux de surface, font partie intégrante du bassin versant.

Dans un bassin versant, l'écoulement des eaux se fait de l'amont vers l'aval au travers d'un réseau hydrographique (réseau de drainage) d'ordre plus ou moins important. Il comprend un cours d'eau récepteur (cours d'eau principal) et ses tributaires (cours d'eau qui se jette dans un cours d'eau de plus grande importance ou dans un lac). Chaque bassin versant est composé de plusieurs sous-bassins versants qui, à leur tour, sont également composés de sous-bassins versants.

On retrouve à l'intérieur d'un bassin versant des caractéristiques qui lui sont propres, soit : Hydrographie et hydrologie, géomorphologie et reliefs, pédologie et géologie, utilisation et couverture des sols, écologie, etc.

I.2.2. Hydrologie de bassin versant :

L'eau :

L'eau occupe une place tout à fait particulière au sein de notre planète. Elle est le vecteur principal de la très forte et très rapide dynamique des enveloppes externes qui la recouvrent : l'océan et l'atmosphère. C'est aussi le support du monde vivant.

Son importance s'explique par quelques une de ses propriétés physico-chimiques. L'eau est constituée de deux petits atomes d'hydrogène couplés à un atome plus grand d'oxygène. Les deux atomes d'hydrogène ne sont pas situés en vis-à-vis l'un de l'autre mais d'un côté de l'atome d'oxygène (Figure I.8). Chacun d'entre eux portant une charge positive, il résulte de cette disposition particulière que, si la molécule est globalement électriquement neutre, elle constitue un dipôle électrique positif d'un côté et négatif de l'autre. Cette polarisation de la molécule d'eau est à l'origine de plusieurs de ses propriétés, en particulier de l'organisation que les molécules vont adopter à l'état liquide.

Selon leur état, les molécules d'eau vont s'organiser de manière différente. Sous la forme liquide, elles sont liées entre elles en adoptant un plan moins lâche que sous la forme solide.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

La conséquence est la plus faible densité de l'eau solide par rapport à l'eau liquide : la glace flotte sur l'eau. Notre système de banquise actuel résulte de cette propriété. Cette propriété assure également la permanence du milieu liquide même dans le cas de basses températures qui amènent la surface d'un lac ou d'une mer à geler.

Selon leur état, les molécules d'eau vont s'organiser de manière différente. Sous la forme liquide, elles sont liées entre elles en adoptant un plan moins lâche que sous la forme solide. La conséquence est la plus faible densité de l'eau solide par rapport à l'eau liquide : la glace flotte sur l'eau. Notre système de banquise actuel résulte de cette propriété. Cette propriété assure également la permanence du milieu liquide même dans le cas de basses températures qui amènent la surface d'un lac ou d'une mer à geler.

La polarisation et les liaisons entre les molécules vont également donner à l'eau ses propriétés de réactivité vis-à-vis des autres éléments et sa capacité à les dissoudre et donc à les transporter. L'eau est donc un solvant particulièrement efficace et le vecteur privilégié de tous les échanges du monde vivant, soit sous forme liquide, soit sous forme gazeuse (www.ressource.uved.fr/graine-module2/eau-proprété/site/html)

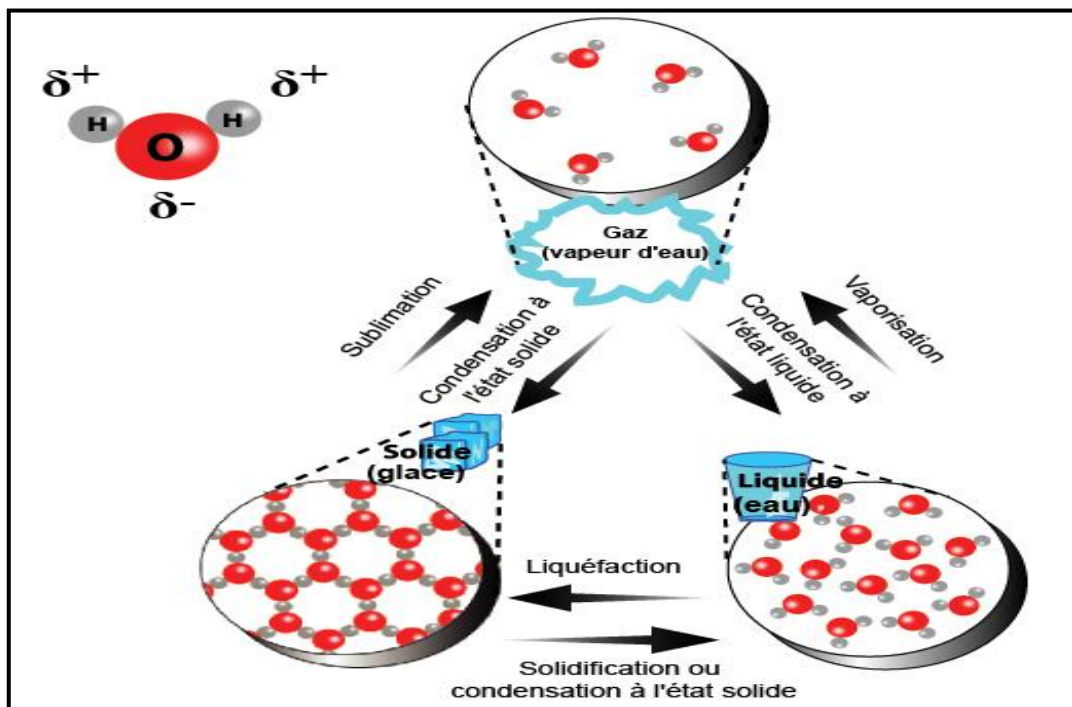


Fig.I.11 .États de l'eau

I.2.2.1.Cycle d'hydrologique :

I.2.2.1.1 .Définition :

Cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre [43]. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin.

Réseau hydrographique est l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant.

Un chenal peut-être défini comme l'inscription permanente dans l'espace d'un écoulement concentré plus ou moins permanent. A l'amont de tout chenal, les processus hydrologiques sont aréolaires, spatiaux, c'est-à-dire qu'ils intéressent une surface et non une ligne; dans le chenal ils deviennent linéaires.

Dans un bassin versant les chenaux sont organisés, hiérarchisés en un réseau qui concentre les eaux des ruis dans les ruisseaux, celles des ruisseaux dans les rivières, celles des rivières dans les fleuves.

Un réseau hydrographique est donc l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous-affluents d'une rivière ou d'un même fleuve. A l'état naturel tous les réseaux sont hiérarchisés, de nombreux auteurs ont proposé des classifications de ces réseaux.

I.2.2.1.2.Composant de cycle hydrologique :

❖ Évaporation et transpiration des végétaux :

Sous l'effet de l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère sans le sel et les autres impuretés. L'évaporation est plus importante au niveau des océans qu'à l'intérieur des terres: lacs, rivières et fleuves.

Donc, les rayons du soleil réchauffent l'eau des rivières, des fleuves, des lacs, des mers et des océans et le fait passer de l'état liquide à l'état de vapeur d'eau (gazeux) : c'est l'évaporation.

Les plantes et les autres espèces végétales puisent l'eau dans le sol et la rejettent sous la forme de vapeur d'eau. Environ 10% des précipitations tombant sur la Terre proviennent de la transpiration des végétaux, le reste est en conséquence dû à l'évaporation. La transpiration des plantes et l'évaporation du sol humide libèrent de l'humidité qui s'élève dans l'atmosphère sous la forme de nuages.

❖ L'action du vent

Le vent déplace les nuages au-dessus des terres. Cela va donner lieu aux 2 étapes suivantes.

❖ La condensation et les précipitations

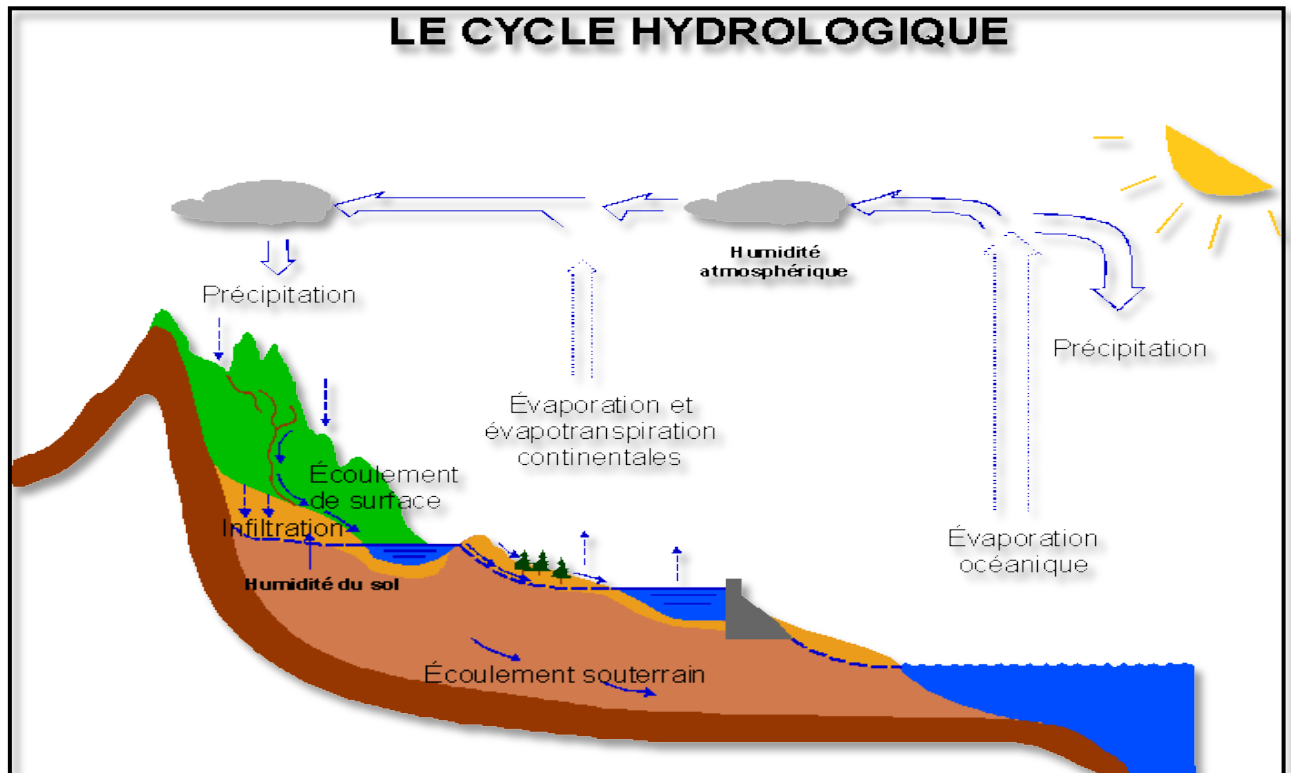
Au contact de l'atmosphère, la vapeur d'eau se refroidit et se transforme en petites gouttelettes qui vont être à l'origine de la formation des nuages qui sous l'action des vents vont se diriger vers l'intérieur des terres. Cette étape se nomme : la condensation. Transportés par la circulation atmosphérique, les nuages se déplacent et l'effet de la gravité aidant, l'eau retombe sur le sol sous forme d'eau, de neige ou de grêle (état liquide ou solide). Nous sommes en présence de précipitations.

❖ Le ruissellement et l'infiltration

L'eau qui n'est pas absorbée par le sol, ruisselle le long des pentes jusqu'à se déverser dans les rivières, les fleuves et les lacs. Elle sera ensuite transportée jusqu'aux mers et océans. Les ruisseaux, les rivières, les fleuves ou les lacs qui reçoivent les eaux de ruissellement sont appelés cours d'eau de drainage. L'eau de pluie s'écoule lorsqu'elle rencontre un sol imperméable et dévale de l'amont vers l'aval. Le ruissellement part de la source en passant par le ru, le ruisseau, le ruisseau, la rivière, le fleuve pour se jeter dans les mers et les océans. Nous avons donc : un ruissellement.

L'eau de pluie pénètre dans les sols perméables. En s'infiltrant dans un sol perméable, l'eau peut parfois remplir une poche souterraine (grotte) et former un véritable réservoir d'eau. L'eau contenue dans ce réservoir (nappe d'eau ou nappe phréatique) trouve parfois un chemin naturel

vers l'extérieur. L'endroit où jaillit l'eau hors du sol s'appelle la source. Certaines nappes d'eau souterraines, une fois découvertes, peuvent aussi être exploitées par l'homme comme réserves d'eau potable. Un peu moins de la moitié des précipitations vont recharger les nappes phréatiques, le reste part en évaporation. Ceci représente l'infiltration des eaux(www.mplux.be)1



FigI.12. Cycle hydrologique.

I.2.2.2.Le bilan Hydrologique

On peut schématiser le phénomène continu du cycle de l'eau en trois phases :

- Les précipitations,
- Le ruissellement de surface et l'écoulement souterrain,
- L'évaporation.

Il est intéressant de noter que dans chacune des phases on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement temporaire et parfois un changement d'état. Il s'ensuit que l'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut se faire à l'aide d'une équation appelée "hydrologique" qui est le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps. Le temporel introduit la notion de l'année hydrologique. En principe, cette période d'une année est choisie en fonction des conditions climatiques. Ainsi en fonction de la situation météorologique des régions, l'année hydrologique peut débuter à des dates différentes de celle du calendrier ordinaire. Au niveau de

l'espace, il est d'usage de travailler à l'échelle d'un bassin versant, mais il est possible de raisonner à un autre niveau (zone administrative, entité régionale, etc.), (Talatizi,2014).

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l'équation de continuité et peut s'exprimer comme

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

suit, pour une période et un bassin donné :

$$P+S=R+E+(S\pm\Delta S) \quad , \text{Où :}$$

P : précipitations (liquide et solide) [mm],

S : ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraines, humidité du sol, neige, glace) [mm],

R : ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

E : évaporation (y compris évapotranspiration) [mm],

S±ΔS : ressources accumulées à la fin de la période [mm].

On exprime généralement les termes du bilan hydrique en hauteur d'eau (mm par exemple), on parle alors de lame d'eau (précipitée, écoulée, évaporée, stockée, etc.). Cette équation exprime simplement que la différence entre le débit d'eau entrant et le débit d'eau sortant d'un volume

donné (par exemple un bassin versant) au cours d'une période déterminée est égale à la variation du volume d'eau emmagasinée au cours de ladite période.

Elle peut s'écrire encore sous la forme simplifiée suivante :

$$E=I-O\pm \Delta S \quad , \text{Où :}$$

E : évaporation [mm] ou [m3],

I : volume entrant [mm] ou [m3],

O : volume sortant [mm] ou [m3],

ΔS : variation de stockage [mm] ou [m3].

Si le bassin versant naturel est relativement imperméable, la variation de stock sur une période donnée peut être considérée comme nulle ($\Delta S = 0$). Dès lors, on peut introduire le déficit d'écoulement **D** dans l'équation qui s'écrit :

$$I-O=D$$

Ce déficit d'écoulement représente essentiellement les pertes dues à l'évaporation. Il peut être estimé à l'aide de mesures ou de méthodes de calcul.

À titre illustratif, les formules de Turc et Coutagne sont les suivantes :

1. Formule de Turc :

$$D = \frac{PP}{100 + \frac{PP^2}{112}} \quad , \text{Où :}$$

D : déficit d'écoulement [mm], **P** : pluie annuelle

T : température moyenne annuelle [°C].

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

2. Formule de Coutagne :

$$D=P-mP^2, \text{ O\`u :}$$

D : déficit d'écoulement [mm],

P : pluie annuelle [mm],

$m = 1 / (0.8 + 0.16 T)$: coefficient régional ($m = 0.40$ pour l'Algérie).

La connaissance du déficit d'écoulement permet d'évaluer le comportement du système ou la fiabilité des données sensées le décrire, par comparaison entre les valeurs du déficit calculées directement et les valeurs estimées dans un bassin versant plus grand (**Talatizi, 2014**).

I.3 Les eaux souterraines :

En l'état actuel des connaissances, les eaux souterraines sont globalement évaluées à environ 8.5 milliards de m³/an - 2.5 milliards (régions du Nord) - 6 milliards (régions Sahariennes/ressources non renouvelables).

Les eaux souterraines sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22 % des réserves d'eaux douces, soit environ 1000 milliard de m³. Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface [**51**].

Il existe des eaux souterraines dans les formations géologiques aquifères Elles sont partie intégrante du cycle hydrologique de la terre C'est-à-dire de la circulation de l'eau entre les océans. L'atmosphère et la terre. Elles représentent environ 4 % de l'eau du cycle Les océans et les mers en constituent environ 94 % Le volume des eaux Souterraines est supérieur à celui des eaux douces lacs et des cours d'eau [**41**].

Ce sont des ressources en eau naturelles renouvelables et non renouvelables, (fourniture de l'eau pour la population dans la plupart des régions de monde se fait par le biais les eaux souterraines) [**52**].

I.3.1. L'aquifère :

Un aquifère est un corps (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée suffisamment conductrice d'eau souterraine pour permettre l'écoulement significatif

d'une nappe souterraine et le captage de quantité d'eau appréciable. Un aquifère peut comporter une zone non saturée (définition de Margat et Castany).

Il existe plusieurs types d'aquifère, de manière générale on peut les classer comme suit [57]

I.3.1.1. Aquifère homogène :

Un aquifère est homogène quand il a une perméabilité d'interstice qu'on rencontre généralement dans les sables et les graviers par exemple : la vitesse de percolation y est très lente.

I.3.1.2. Aquifère hétérogène :

Avec une perméabilité de fissure (granite, calcaire karstique) ; la vitesse de percolation est plus rapide que pour le type précédent.

Les interstices en tant que parcours possible de l'écoulement souterrain peuvent être classés de manière suivante :

- **Les pores :** sont des interstices entre les grains consolidés
- **Les fissures :** ce sont des cassures dans les roches ou des craquelures
- **Les cavités :** que l'on rencontre dans les roches carbonatées et les coulées de laves dans les roches volcaniques.

L'organisation spatiale d'un aquifère contrôle la forme et le caractère hydrodynamique de l'écoulement ; le temps de transit, ainsi que de séjour de l'eau souterrain.

La Nature de l'aquifère (lithologie) et l'interface eau-roche contrôlent les réactions hydrochimiques et le comportement des éléments dissous dans les eaux souterraines.

I.3.2 Nature et caractéristique de l'aquifère :

Un aquifère peut être comparable à un gisement minier dont le minerai, l'eau, est plus ou moins renouvelable. C'est un système hydrologique et hydrodynamique. On peut voir l'aquifère comme le contenant et la nappe phréatique comme le contenu. L'aquifère peut être identifié par les ensembles de caractéristiques définies ci-dessous :

- Un réservoir : domaine d'espace fini, caractérisé par ses conditions aux limites, ses dimensions ou sa configuration interne ou structure. Il est identifié par une formation hydrogéologique.

- Des mécanismes hydrodynamiques (apports de quantités d'eau ou variations de pression ou de charge), hydrochimiques (apports de chaleur, de substances minérales ou organiques) et hydrobiologiques (apports des micro-organismes), qui entraînent trois fonctions du réservoir vis-à-vis de l'eau souterraine : stockage, conduite (transfert de quantités d'eau ou d'énergie) et milieu d'échanges géochimiques.

- Une séquence du cycle de l'eau, comportant des interactions avec l'environnement qui se traduisent par trois comportements, hydrodynamique, hydro chimique et hydro biologique.
- La variabilité dans l'espace de ces caractéristiques.
- Des conditions dans le temps, toutes les mesures des caractéristiques rapportées à une date donnée (état initial) ou à une durée moyenne (variabilité des caractéristiques dans le temps). Ces dernières, basées sur des historiques, permettent les prévisions.(biblio hydrologie)

I.3.3.La nappe :

Est l'ensemble des eaux qui occupent les interstices des roches poreuses dans un domaine défini par son épaisseur et son étendu.

Il existe différents type de nappe :] 57]

I.3.3.1. La nappe phréatique :

Elle occupe les roches perméables que l'on rencontre à faible profondeur et qui alimente traditionnellement les puits. Sa surface piézométrique varie en fonction des précipitations.

Elle n'est pas parfaitement horizontale et suit, avec une certaine atténuation, les irrégularités de la topographie.

I.3.3.2. La nappe captive

Est une nappe généralement profonde et situé entre deux couches imperméable. Elle ne communique pas avec la surface et elle est entièrement saturée d'eau sous pression.

I.3.3.3. La nappe artésienne :

Nappe captive dont la surface piézométrique est supérieur au niveau du sol au-dessus de certaines zones de la parie captive de la nappe

I.3.3.4. La nappe suspendue:

Elle est retenue par une couche imperméable au-dessus du niveau du fond des vallées

I.3.3.5. La nappe alluviale :

Est celle qui s'étend dans les alluvions d'un cours d'eau.

I.3.3.6. Le niveau piézométrique :

C'est le niveau de nappe on donne sa hauteur exacte en "mètres au-dessus du niveau de la mer "mais ce qu'un mesure, c'est la distance à partir de la bouche de forage, par une sonde à niveau

L'intersection du niveau piézométrique avec la topographie donne :

- Des sources, cas de la plaine du Hodna (Ouest du chott).
- Des plans d'eau (lacs, gouilles), par exemple, cas de région d'Oued souf.
- Un oasis (dans le Sahara).

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

Le niveau piézométrique varie dans le temps en fonction du bilan hydrologique (infiltration, évaporation, ruissellement souterrain,...) La détermination de la topographie du niveau piézométrique est la première tâche de toute étude hydrogéologique, pour cette tâche il faut connaître les caractéristiques statique et dynamique des forages (et/ou puits) de la zone étudiée ; sans forages, l'étude reste dans le domaine de l'hypothèse et de la spéculation [10]

I.4. Qualité des eaux souterraines :

I.4.1. Paramètres de qualité :

I.4.1.1. Définition :

Toute eau destinée à la consommation humaine doit être ^potable ^. Une eau remplit cette condition de potabilité si sa consommation ne présente aucun danger pour la santé des usagers. La vérification de cette condition passe par le contrôle de diverses caractéristiques regroupant de nombreux paramètres. De manière générale celles-ci être classées comme suite :

1. Caractéristiques physique ou organoleptique.
2. caractéristiques chimique et physico-chimiques.
3. caractéristiques bactériologiques.

I.4.1.2. Principaux paramètres de potabilité :

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, déterminant à leur tour des caractères organoleptiques seuls immédiatement perceptibles pour l'utilisateur. En Algérie comme dans la majeure partie des pays du tiers monde, la réglementation se rapportant à cette question est beaucoup moins stricte.

Ceci est dû au manque d'infrastructures nécessaires qui du point de vue économique et technique solliciterait d'énormes moyens.

De manière globale les paramètres pris en compte déclassant une nappe pour l'eau potable et impliquant un traitement correcteur pour sa potabilisation sont :

- la dureté de l'eau correspondant à sa minéralisation en calcium et magnésium
- le pH qui dépend de la teneur en ions;
- la teneur en gaz dissous issus de l'atmosphère (O₂ et CO₂);
- la teneur en substances minérales dissoutes généralement sous forme ionique: anions (bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates, fluorures) et cations (calcium, magnésium, sodium, potassium, fer, manganèse, ammonium);
- la turbidité, produite par des matières en suspension (argiles) dans les aquifères karstiques.

A ces paramètres physico-chimiques s'ajoutent des paramètres microbiologiques souvent déterminants dans les aquifères calcaires.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

Une teneur trop élevée d'un ou plusieurs composants chimiques cause des désagréments au consommateur (saveur, risques sanitaires) et aux canalisations (corrosion, entartrage...) L'eau est alors jugée impropre à la consommation (et à sa distribution) à moins de subir au préalable un traitement approprié (cas des eaux chargées en nitrates). D'autre part, une teneur élevée d'un élément chimique peut être l'indice d'une pollution par d'autres substances toxiques: les résidus de pesticides accompagnent généralement la migration des nitrates d'origine agricole à la nappe (atrazine, simazine employées en particulier comme désherbants des cultures de maïs).

Les paramètres qui déclassent une nappe pour l'eau potable ou impliquent un traitement correcteur pour sa potabilisation sont dans la pratique: la dureté, le pH, la teneur en sulfates, la turbidité, la teneur en Fe, Mn et F.

1/ La dureté :

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue:

- * une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg;

- * une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1 °F correspond à 10 mg de carbonate de Ca dans 1 litre d'eau..

Des valeurs faibles correspondent à des eaux douces: dans les sables du Crétacé inférieur du Pays de Bray, l'eau à un titre hydrotimétrique compris entre 5 et 20 °F. Les eaux dures ont un titre compris entre 20 et 35 °F: c'est le cas de l'eau de la nappe de la craie dans la Somme. Des valeurs supérieures indiquent des eaux très dures (nappe captive de la craie, nappes de l'Eocène...)

La dureté de l'eau influe essentiellement sur l'état des canalisations et des appareils de chauffage, et sur le lavage du linge. Une eau dure donne des dépôts de tartre dans les canalisations, les bouilloires et chauffe-eau, ainsi que dans les filtres des robinets. D'autre part, ces dépôts carbonatés ont un effet bénéfique en protégeant les conduites de la corrosion. Ces eaux dures pourront être adoucies par le distributeur ou par l'utilisateur (échange d'ions sur résine dans l'industrie ou chez le particulier).

En revanche, une eau trop douce est agressive vis-à-vis des canalisations; en particulier la corrosion des canalisations en plomb devient dangereuse pour la santé du consommateur. Un traitement par ré-minéralisation est indiqué.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

2/Le PH :

Le pH de l'eau conditionne les équilibre physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). Le pH est acide dans les eaux des aquifères sableux ou granitique. Il est alcalin dans les calcaires. Le pH est corrigé selon le cas par élimination du CO₂ dissous en excès ou par correction de la dureté carbonatée. **3/La turbidité :**

La turbidité peut être importante dans les aquifères karstique. Elle occasionne des désagréments dans l'aspect de l'eau et sa saveur (goût de terre). La vitesse de circulation de l'eau dans le réseau souterrain en crue ne permet pas leur décantation des particules argileuses déposées dans les vides et les interstices. Ce qui augmente la charge des matières en suspension que l'on retrouve après pompage.

4/Les sulfates :

Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse.

Le gypse est un sulfate de calcium hydraté qui est faiblement soluble (7 g/l dans les conditions normales). Les nappes de l'Eocène ont des teneurs fréquentes comprises entre 25 et 100 mg/l mais qui peuvent localement dépasser 250 mg/l et même 1 g/l dans les formations à veines de gypse, valeurs qui rendent cette eau non potable. Les nappes captives en terrains calcaires sont moyennement à très sulfatées (30 à 200 mg/l, parfois supérieures à 250 mg/l). Les autres nappes de la région, comme la nappe libre de la craie, ont des teneurs en sulfates inférieures à 50 mg/l. **5/Le Fer :**

Le fer est un élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{2+} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{3+} (ion ferrique). La valeur du potentiel d'hydro réduction (Eh) du milieu conditionne donc sa solubilité et la teneur de l'eau en fer . Les nappes captives isolées des échanges avec la surface sont en conditions réductrices: leur eau est ferrugineuse. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations. L'eau est ferrugineuse notamment dans les nappes captives de la craie et des sables de l'Albien. Un traitement spécifique est alors nécessaire (précipitation en milieu oxydant).

6/Le Manganèse :

Le manganèse accompagne généralement le fer dans les roches. Comme le fer, sa solubilité dépend de l'Est.

Chapitre I ————— Synthèse Bibliographique

7/ Le Fluor :

La teneur en fluor dépend beaucoup du temps de contact de l'eau avec les minéraux fluorés de l'aquifère. Elle est plus élevée dans les nappes captives. Dans la nappe de la craie, l'ion F est fourni principalement par les minéraux phosphatés. Sa teneur ne doit pas excéder 1,5 mg/l .

8/ Paramètre organoleptique :

L'eau ne doit pas présenter de coloration, de trouble, d'odeur et de saveur. Ces paramètres sont les seuls directement accessibles au consommateur.

C
H
A
P
I
T
R
E
E
II

CHAPITRE II

*DESCRIPTION DE LA
ZONE D'ETUDE*

Chapitre II ——— Description De La Zone D'étude

I. Situation géographique de bassin du Hodna

Le bassin versant du Hodna d'une superficie de 25 856 km² est le cinquième grand bassin de l'Algérie. Il est situé dans la patrie Nord de l'Algérie entre les longitudes 3°9'24 "et 6°26'17" et les de 34°29'22"et 36°16'37"de latitude (Fig. II.1).Il couvre une superficie de 26000 km² et il touche les 7 wilayas, à savoir : la wilaya de M'sila, Batna, BBA, Djelfa et Médéa, Bouira et Sétif. Il est limité au nord par les montages de Bibans et le plateau Sétifien, à l'Ouest par les hautes plaines algéroises, tandis qu'au sud et à l'Est, il est limité par l'Atlas saharien. Les limites de zone d'étude est :

- Au Nord. Par le bassin de Soummam ;
- Au Sud et Sud-Est, par le bassin versant de chott Melrhir ;
- À l'Est, par le bassin versant des Hauts plateaux Constantinois ;
- À l'Ouest, par le bassin versant de Chleff et de Zahrez a Djelfa.

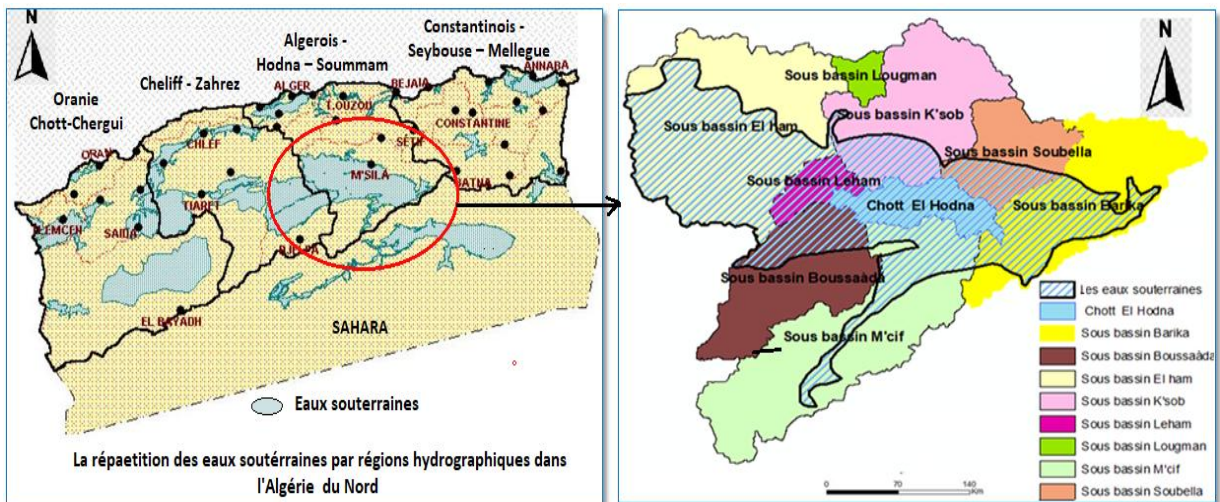


Fig.II.1.Situation de la région d'étude

Le relief du bassin est caractérisé par des séries de montagnes au nord et au sud autour d'une dépression naturelle dite Chott El Hodna presque plate d'une altitude de 400 m et d'une superficie de 1150 km] 43].

L'altitude des sommets des monts du Hodna diminuant de l'Est à l'Ouest avec une altitude qui oscille entre 1900 et 1000 m, tandis qu'au Sud quelques sommets seulement dans l'atlas Saharien atteignent 1200 m.

II. Climat de la région

C'est l'ensemble des conditions météorologiques du bassin du Hodna, caractérisé par plusieurs paramètres climatiques : la pluviométrie, la température, le vent et l'humidité.

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

a-Pluviométrie : est le facteur générateur de l'écoulement, son analyse nécessite tout d'abord la connaissance de l'état du réseau de mesure et de collecte de données

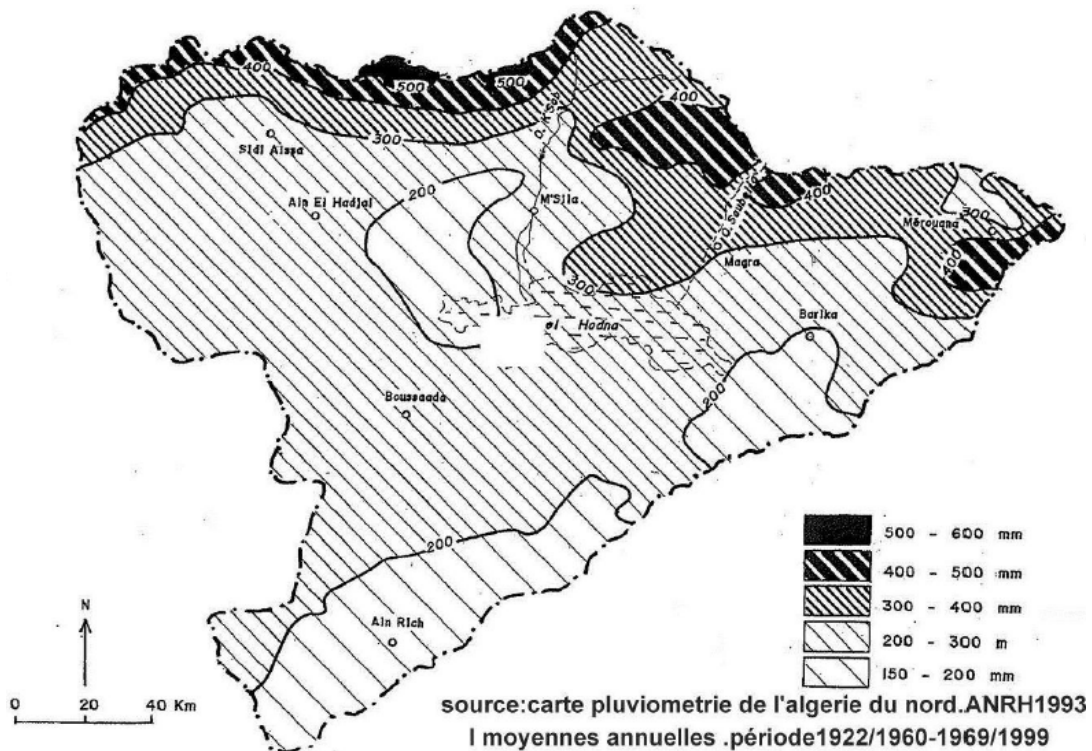


Fig. II.2. Pluviométrie dans le bassin versant du Hodna [3]

b-Température : C'est une grandeur physique liée à la notion immédiate de chaud et froid. Il est lié essentiellement à l'altitude et les conditions locales. Dans le bassin de Hodna les températures maximales moyennes suivent en général une répartition géographique : en plaine entre 24°C et 27 °C, dans les hauts plateaux et dans les zones d'altitude entre 19°C et 21°C. Les températures minimales moyennes varient entre 9°C et 12°C et entre 6°C et 9°C en plaine et en altitude respectivement.

Le gradient thermique annuelle en fonction de l'altitude est de 0,75°C pour une augmentation de 100 m d'altitude, comparé au gradient moyen admis en Algérie qui est de 0,55°C/100m [18]

c-Le vent : C'est un facteur favorisant l'évaporation, il transporte les couches d'air saturées qui sont près des surfaces de l'eau ou des sols pour être remplacées par des couches d'air plus au moins sec

Les vents dominant sont ceux de l'ouest et du nord-ouest, ils sont fréquent pendant la période hivernale, et relayés par les vents du sud (sirocco) pendant la saison estivale (juin, juillet, aout) avec un nombre de jours variant entre 25 et 34 par ans [18].

D'après les données des deux stations climatiques de l'Office Nationale de Météorologie, à

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

Ghezel (M'sila) et à Bordj Bou Arreridj, c'est dans la période allant d'avril à août que les Moyennes mensuelles sont les plus élevées, avec des valeurs supérieures à 4,5 m/s à M'sila et 3m/s à BBA. Les écarts entre les vitesses moyennes mensuelles, en plus de la moyenne annuelle (4.32 et 2.95 m/s) à M'sila sont plus importants qu'à BBA [33].

d. Humidité : L'humidité de l'air joue un rôle dans l'évaporation. Plus l'air n'est moins humide, il est apte à absorber de l'humidité supplémentaire. Le bassin du Hodna est caractérisé par un climat méditerranéen semi-aride. Une pluviométrie d'automne, d'hiver et de printemps avec une fréquence d'averses printanières qui engendrent des crues violentes quelque fois accompagnées de grêle. Une sécheresse d'été marquée avec une irrégularité des précipitations dans l'espace et dans le temps [18].

-La pluviométrie moyenne annuelle est de 400 mm au Nord et de 200 mm au Sud.

-Les températures maximales moyennes oscillent entre 24°C et 27°C en plaine, 19°C et 21°C dans les hauts plateaux et dans les zones d'altitude.

-Les températures minimales moyennes varient entre 9°C et 12°C en plaine, 6°C et 9°C dans les zones d'altitude.

-L'évapotranspiration potentielle annuelle calculée d'après la formule de Turc varie entre 1085 et 1362 mm ; pour la majeure partie du bassin elle est de 1250 mm environ.

-L'évaporation moyenne annuelle mesurée à la station M'Sila (bac classe A américain) après sa correction pour l'évaporation sur de grande surface libre est de 2120 mm [36]

III. Couvert végétal

Le couvert végétal influe beaucoup sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface. En effet, l'évapotranspiration par les végétaux est très importante, elle varie selon la nature des végétaux (forêts, cultures, prairies).

La répartition du couvert végétal et la part de chaque type de couvert dans chaque sous bassin versant dépend des caractéristiques physico-géographiques de chaque bassin, des caractéristiques climatiques qui en déroulent et de l'influence de l'action anthropique.

Pour le bassin du Hodna on distingue :

➤ Des superficies forestières dominantes Djebels Messaad (33 814ha), Medjedel (16 321ha), Slim (14 916ha), Maadhid (6 448ha), Hammam El Dalaa (16 819ha), Boussaâda (3 739ha) à base de Pin d'Alep et Genévrier de Phénicie.

➤ Des superficies agricoles dans la plaine de M'sila qui propice aux cultures maraîchères (15125ha), aux céréales (741 945ha) et les arbres fruitiers (14 170ha)[17]

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

IV. Géologie

La géologie du Hodna est assez complexe en raison de la position de la cuvette au contact des atlas tellien et Saharien.

Le substratum géologique, outre son importance dans le façonnement du relief, joue un rôle essentiel dans la distribution des sols comme matériaux originaux des sols (roche mer).

Le bâti géologique du Hodna comporte des formations d'âge secondaire, tertiaire et quaternaire. [68].

La description lithologique du Hodna est obtenue essentiellement des travaux de Savorin (1920) et d'Emberger (1964) où on distingue :

a. Le trias : dans les régions qui entourent la dépression du Hodna où les affleurements triasique sont assez nombreux mais n'apparaît qu'en certains points du bassin ; ils sont présentés principalement par des argiles, marnes et minéraux de néoformation, des lambeaux calcaro- dolomique, ainsi que des roches volcaniques.

b. Le jurassique et le carbonate : occupants des surfaces réduites du bassin.

c. Le crétacé : le crétacé inférieur présente une alternance de faciès marno-gréseux et argilo- gréseux de fortes épaisseurs.

d. Le Paléocène: il présent en deux types de formation :

-Formation autochtones : représentées par l'éocène de faciès marnes et gypses à passées jaunâtre due à l'alternance de la pyrite.

-Formations allochtones :qui sont les terrains argilo-marne-gypseux d'âge éocène et oligocène emballées de façon anarchique au miocène.

e-

e néogène : il occupe une grande superficie du Hodna d'âge miocène inférieur et moyenne (marnes gris) et pliocène (plaine de M'sila).

f- Le quaternaire : c'est l'âge pendant lequel ont été formés les chotts salés des hauts plateaux et de Sahara. Le quaternaire ancien est présenté par des dalles calcaires conglomérique surmontant localement des argiles sableuse roses.

La structure tectonique actuelle des monts du Hodna c'est formée au cours de diverses phases tectonique du système alpin de l'aire anticlinale de Meharga (sud de chott), avec orientation Est- West (épandages dépassant rarement 30°). [68]

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

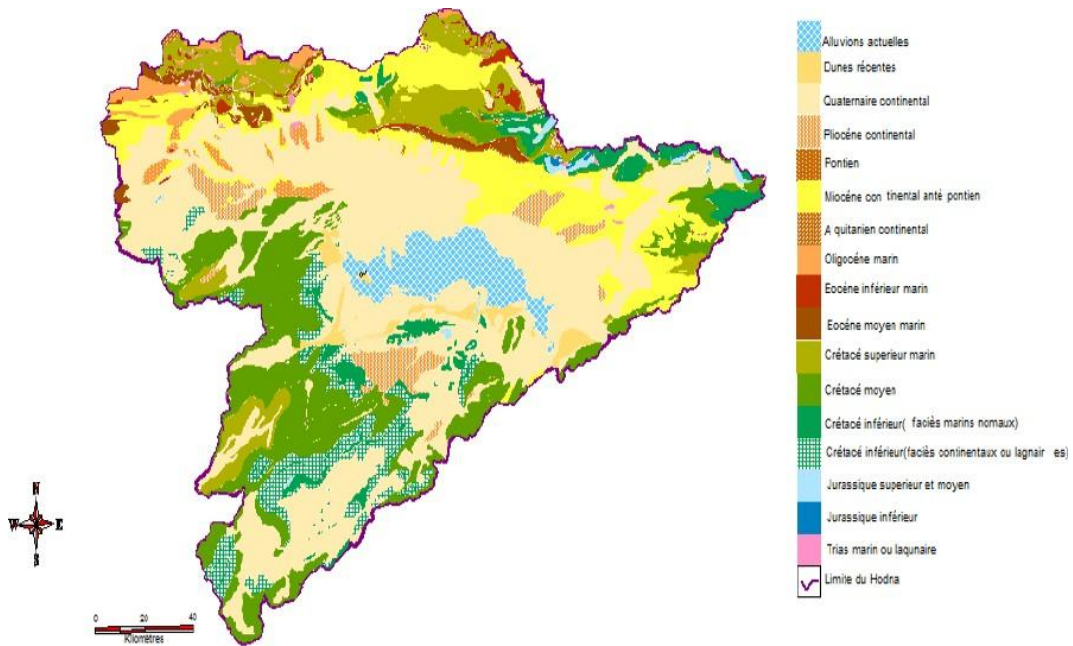


Fig. II.3. Géologie du bassin versant du Hodna [2]

V. Sols

Les sols salés ont une grande extension dans les pays du Maghreb. Ils sont dus aux conditions arides ou semi-arides d'une grande partie de cette région où les possibilités d'évaporation sont considérables et les précipitations pluviales limitées, à présence fréquente de dépôts géologiques salifères et de nappes phréatiques salées [6].

Plusieurs travaux pédologiques ont été réalisés dans le Hodna [9][28][19][27].

Les sols, en majorité sableux, présentent des caractères salins, calcaires ou gypseux ou soumis à l'effet de la nappe phréatique ou à l'érosion éolienne. D'une manière générale, à cause de leur texture et leur faible teneur en matière organique, le niveau de fertilité est faible (faible capacité d'échange cationique et de rétention en eau) ; le recours à la fertilisation et aux amendements organiques est indispensable pour assurer des rendements acceptables.

Selon), le chott entourant la sebkha et la sebkha elle-même portent des sols à accumulations gypso-salines de nappe qui deviennent franchement salines dans la sebkha (chlorure de sodium) ; leur conductivité électrique est très élevée. Au sud du chott, [19] la situation est toute autre. La partie centrale a été et est fortement influencée par des apports massifs de sables éoliens (R'Mel) formant des sols minéraux bruts auxquels succèdent les glacis encroûtés comparables à ceux du nord.

La carte pédologique du Hodna [19] présente les types de sols suivants :

- * Sols bruns calcaires en association avec régosols et lithosols.
- * Sols minéraux bruts et sols peu évolués régosoliques.

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

- * Sols peu évolués d'apport alluvial.
- * Sols peu évolués d'apport alluvial : (Peu steppisés -Calcimorphes.- Hydromorphes).
- * Sols peu évolués halomorphes.
- * Sols sodiques.
- * Sols très fortement à excessivement salins.
- * Sols minéraux bruts xériques inorganisés d'apport.
- * Sols peu évolués d'apport éolien.
- * Sols sur croûte et encroûtement calcaire.
- * Sols minéraux bruts d'érosion.

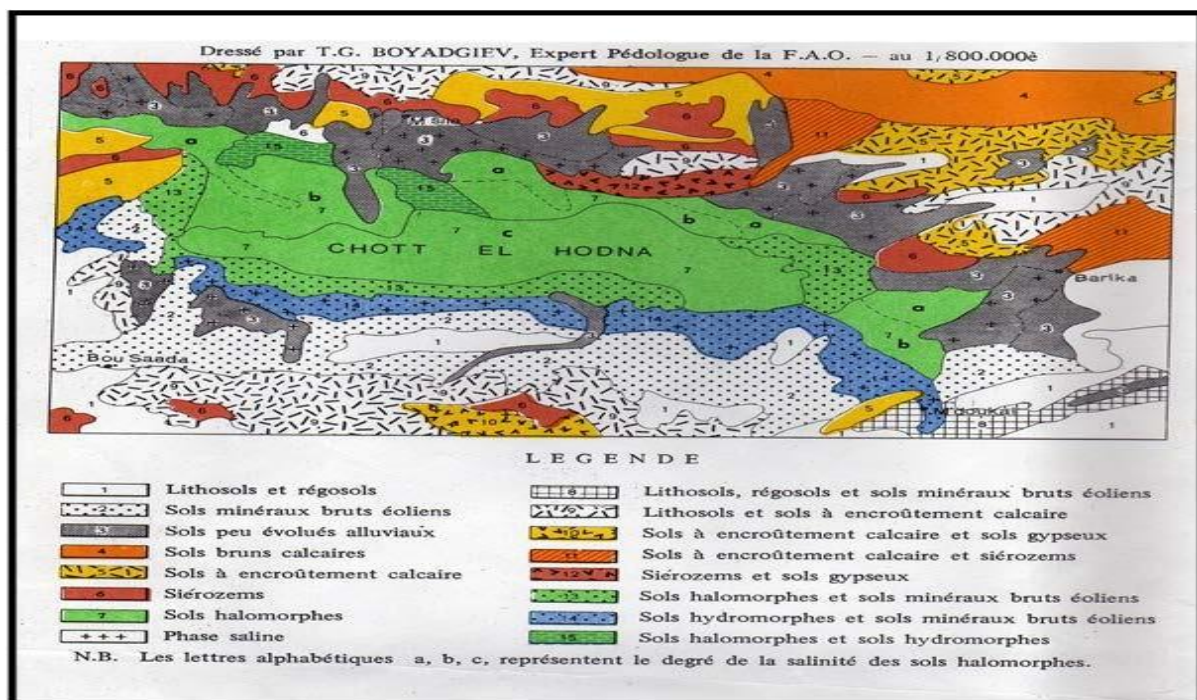


Fig. II.4. Pédologie de la région du Hodna [19]

VI. Réseau Hydrographique

Selon le [3], le bassin du Hodna divisé en 24 sous bassins au 08 sous- bassins hydrographiques principales. Le Chott El Hodna appartient au grand bassin versant du même nom (n° 5), situé dans la région hydrographique Algérois- Soummam-Hodna

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

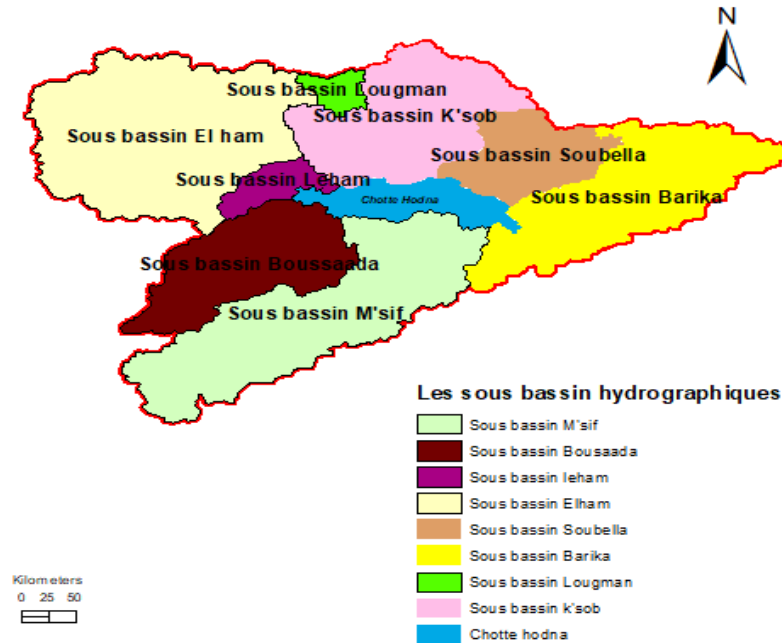


Fig. II .5.Sous-bassins hydrographique principale [Originale].

Il s'étend sur la moitié méridionale de la wilaya de BBarréridj et l'autre de la wilaya de M'sila. On trouve de nombreuses sources ayant un débit appréciable. Les sources issues des reliefs ou des puits creusés dans les zones plus basses participent pour une large part à l'alimentation des populations en eau potable ainsi qu'à l'irrigation des parcelles agricoles. L'insuffisance des ressources en eaux souterraines est justifiée par la nature peu perméable d'une grande partie des terrains du bassin[1].

Le bassin versant Hodna est parcourue par un réseau hydrographique peu dense[1].Le niveau d'eau dans le Chott varie grandement d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre [3].

Le Plan National de l'Eau a estimé un débit spécifique variant de 32 à 68 mm/an sur portion nord du bassin[1]Tous les Oueds pérennes ou non, ont des crues secondaire et fortes. Les eaux se déversant dans le chott sont estimées à 150 hm³ /an pour une année moyennement pluvieuse[22].

Quatre Oueds seulement sont pérennes, quoique leurs débits soit très faible[15] Oued El Ham, Oued K'sob, Oued Barika et Oued M'Cif, l'alimentation de bassin versant Hodnéen est assurée par 23 cours d'eau principaux.

Le réseau hydrographique est caractérisé par L'existence d'Oueds, les principaux de ces dernières : **El Ham, Soubella, Barika, Bitam, M'cif, Boussaâda, et Oued K'sob.**

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

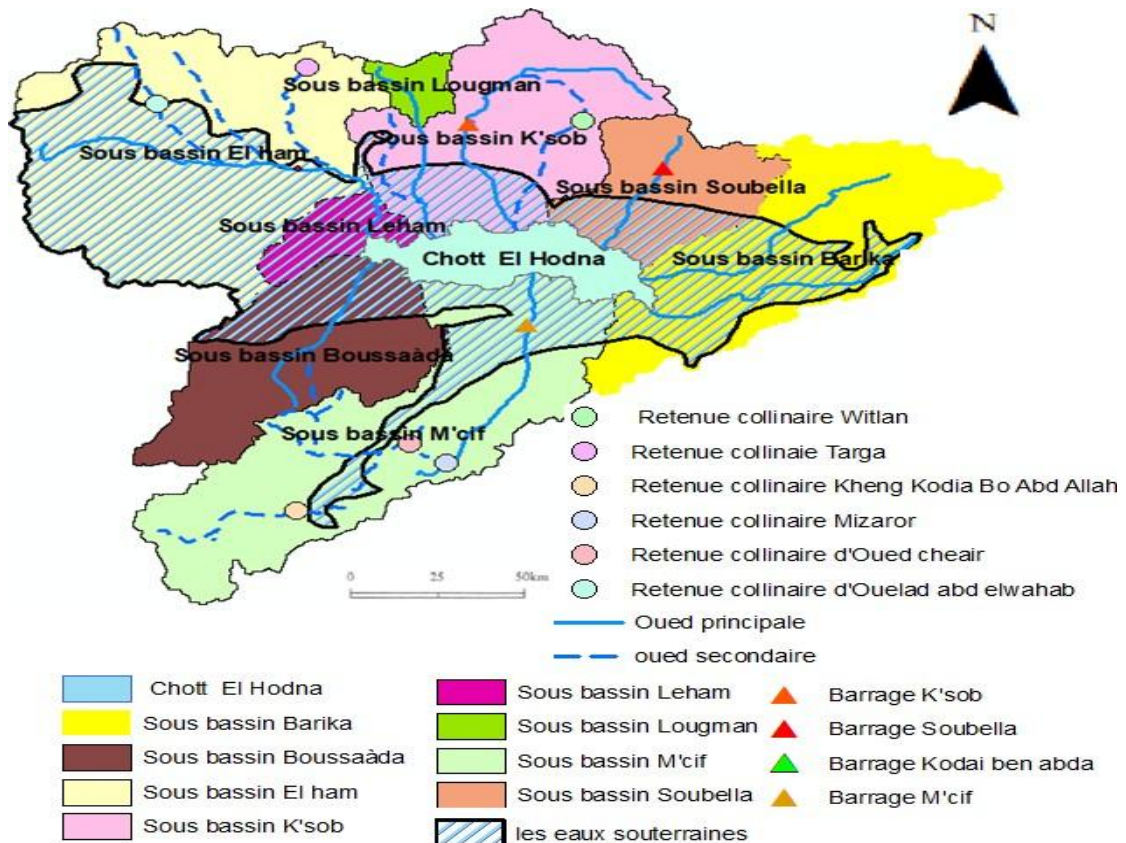


Fig. II .6. Réseau Hydrographique de Bassin du Hodna [49]

VII. Caractéristiques physiques et morphométriques

VII.1. Paramètres morphométriques

Les différents paramètres morphométriques d'un bassin versant (forme, altitude, pente, relief, etc.) jouent un rôle essentiel dans son comportement hydrologique. Ils ont l'avantage de se prêter à une analyse quantifiée qu'il convient de préciser autant que possible, dès le début de toute étude.

La forme des bassins versants qui peut être traduite par l'**indice de compacité de Gravelus** a également une influence certaine sur l'écoulement.

Les différentes grandeurs déterminantes la forme d'un bassin versant sont les suivantes :

➤ L'indice de compacité de Gravelus

Le coefficient de Gravelius K_G est égal au rapport de ces deux grandeurs, la surface et le périmètre. Si on désigne par S la surface du bassin en kilomètres carrés et par P son périmètre en kilomètres. Avec :

$$K_G = \frac{PP}{22 \cdot \sqrt{\pi \cdot SS}} \approx 00.2222 \cdot \frac{PP}{\sqrt{SS}}$$

P : Périmètre du bassin versant, [Km].

S : Superficie du bassin versant, [km²].

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

- * Lorsque K_G est inférieur de 1 le bassin versant est de forme quasiment **circulaire**.
- * Lorsque le K_G supérieur à 1 le bassin versant est de forme **allongée**.

A partir d'une requête géographique, L'indice de compacité Gravelus est, $K_G = 1.42$.

Le cas de bassin du Hodna présente une forme **allongée**, cette forme induire de faibles débits de pointe de crue, et cela augmente le temps de concentration.

➤ Dimensions du rectangle équivalent

La notion de rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius, introduite par [61] C'est une notion que nous avons introduite il y a quelques années pour pouvoir comparer facilement des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques sur l'écoulement.

Les courbes de niveaux des bassins versants des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire un des petits côtés du rectangle que nous avons appelé **rectangle équivalent [1]**

On a, d'après la définition ci-dessus :

$$L = \frac{K_G \sqrt{S}}{K_G} \left[11 + \sqrt{11 - \left(\frac{11.1122}{K_G} \right)^2} \right] \quad \text{I} = \frac{K_G \sqrt{S}}{11.1122} \left[11 - \sqrt{11 - \left(\frac{11.1122}{K_G} \right)^2} \right]$$

L : Longueur du rectangle équivalent, [Km].

I : Largeur du rectangle équivalent, [Km].

K_G : Indice de compacité de Gravelius

Le bassin versant du Hodna est de forme **allongée**, qu'on peut le représenter par un rectangle équivalent de longueur de **L= 329.18 Km**, et une largeur de **I= 78.53 Km**.

VII.2. Paramètres du relief :

Le relief joue un rôle indéniable sur le comportement hydrologique d'un bassin versant, il détermine en grande partie l'aptitude des terrains au ruissellement, l'infiltration et la vaporisation. Le relief est l'ensemble des irrégularités du sol qui se mesurent par rapport au niveau de la mer. Ces reliefs forment une barrière naturelle qui joue un rôle climatique et hydrologique important. Le bassin du Hodna est divisé en quatre unités géomorphologique : La région montagneuse, la plaine du Hodna, le Chott Sebkhah et la région du R'Mel. D'une altitude variable de 1400 à 1800 m qui relie l'atlas Tallien à l'atlas saharien, le Chott Sebkhah occupe une superficie 100 km². S'étire de Boussaâda à M'doukal, la région du R'Mel présente un paysage de dunes et de steppes sableuse. [68]

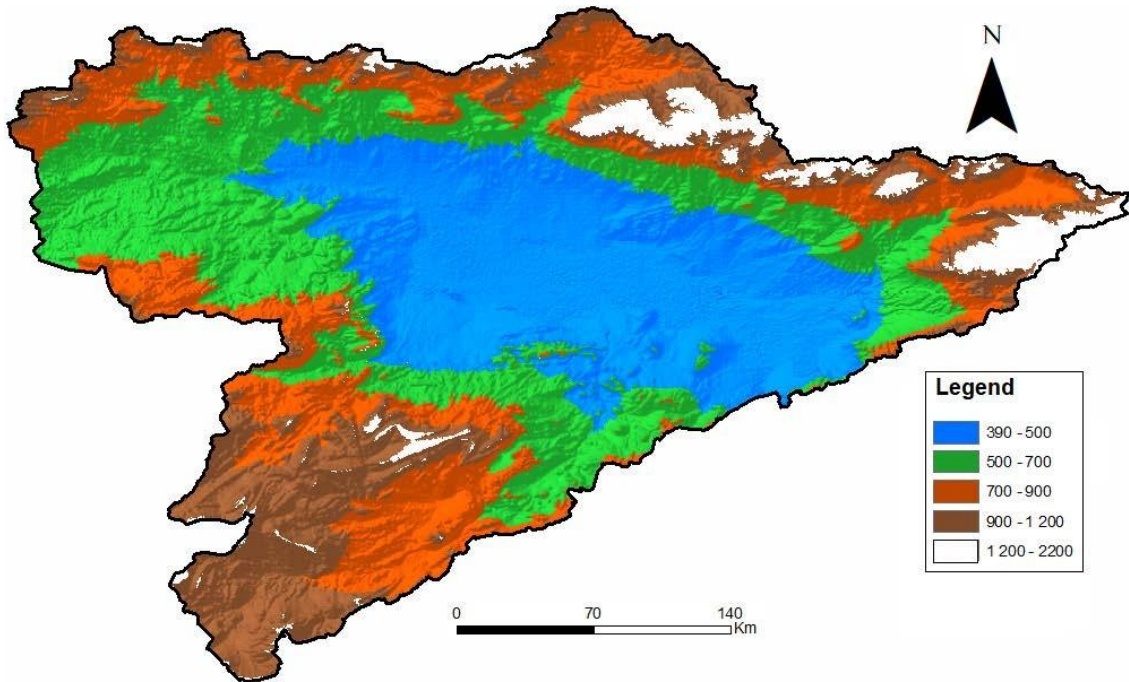


Fig. II.7. Relief de bassin versant du Hodna [49]

Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants :

VII.2.1. Courbe hypsométrique

Le relief est souvent caractérisé par la courbe hypsométrique du bassin : on porte une altitude donnée en abscisse et en ordonnée la surface du bassin pour laquelle chaque point est à une coté au moins égale à cette altitude. La courbe hypsométrique s'établit en planimètres les surfaces, et en cumulant les aires situées entre chaque deux courbe successive on obtient un histogramme de fréquences d'altitudes et la courbe hypsométrique.

La répartition hypsométrique est donnée par le pourcentage de la surface comprise entre les différentes courbes de niveau à la surface totale du bassin versant du Hodna [1].

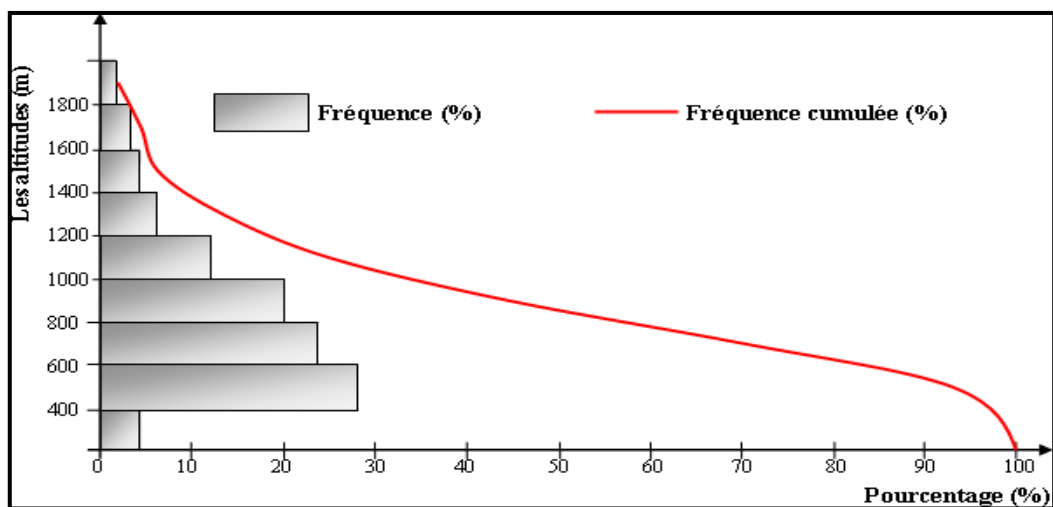


Fig. II.8. Courbe hypsométrique de bassin versant du Hodna.

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

VII.2.1.1. Les altitudes caractéristiques

- Les altitudes maximales et minimales :

Elles sont obtenues directement à partir des cartes topographiques de bassin du Hodna.

*L'altitude maximale, $H_{\max} = 2178 \text{ m}$.

*L'altitude minimale, $H_{\min} = 390 \text{ m}$.

- L'altitude moyenne : L'altitude moyenne de bassin versant du Hodna est, $H_{\text{moy}} : 825.24 \text{ m}$.
- L'altitude médiane : obtenu directement à partir la courbe hypsométrique, donc L'altitude médiane dans le bassin du Hodna est, $H_{50\%} = 850 \text{ m}$

Tableau.II.1. Caractéristiques physiques et morphométries de bassin du Hodna.

| Les paramètres | Symboles | Valeurs | Unités |
|----------------------------------|----------|---------|-----------------|
| Superficies | S | 25 856 | Km ² |
| Périmètre | P | 816 | Km |
| Indice de compacité | KG | 1,42 | / |
| Longueur du rectangle équivalent | L | 329.18 | Km |
| Largeur du rectangle | I | 78.53 | Km |
| Altitude maximal | Hmax | 2178 | M |
| Altitude minimal | Hmin | 390 | M |
| Altitude moyenne | Hmoy | 825.24 | M |
| Altitude médiane | H50% | 850 | M |

VII.2.2. Les potentialités en eau dans le bassin du Hodna

VII.2.2.1. Les eaux souterraines

Les potentialités globales en eau sont évaluées à 19.4 milliards de m³/an. Les ressources en eau souterraine contenues dans les nappes du Nord Algérie (ressources renouvelables) sont estimées à près de 2 Milliards de m³/an. Les ressources superficielles y sont estimées à 12 milliards de m³/an

Pour le Bassin du Hodna par les études hydrogéologiques et géophysiques réalisées au niveau de bassin la potentialité des eaux souterraines estimées à 220 million m³ réparties comme suit

Nappe de chott El Hodna,

- Nappe d'Ain Riche,
- Nappe de Zahrez Oriental,

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

- Nappe de Monts du Hodna (Nord-Est, Nord-Ouest),
- Nappe de Birin Djelfa.

Tableau. II .2.Estimation des eaux souterraines dans le bassin du Hodna.

| Les Nappes | Source de l'étude | Potentialité (million m ³ /an) |
|---|-------------------------------------|---|
| -Nappe de chott El Hodna | F.A.O | 133 |
| -Nappe de Ain Riche | ANRH (M'sila) | 08 |
| -Nappe de (Zahrez Chergui) | Bureau d'étude (AQUA-COSULT) | 24 |
| -Nappe de Monts du Hodna (Nord-Est, Nord-Ouest) | Direction de l'irrigation de M'sila | 52 Estimations probables De la Direction du l'irrigation de M'sila |
| -Nappe de Birin Djelfa | ANRH(Djelfa) | 03 |

Source : D.R.E. M'sila, 2018.

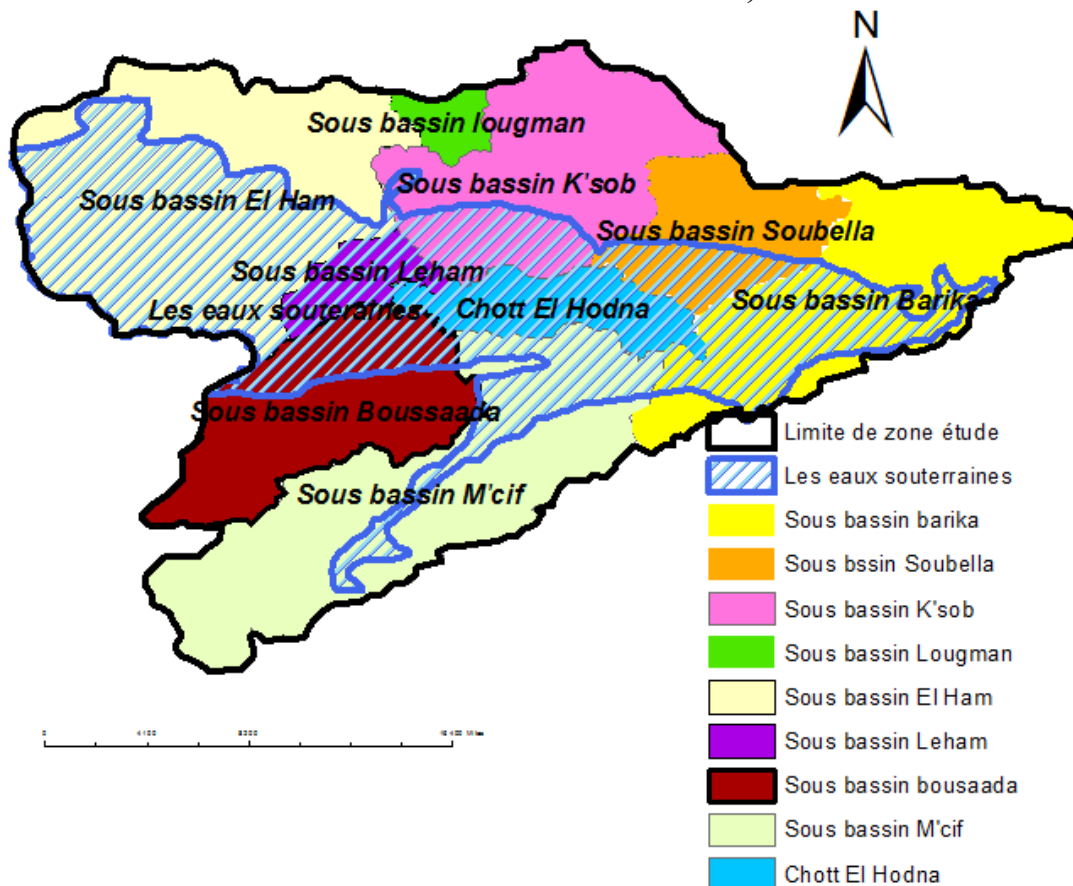


Fig. II.9.Les eaux souterraines de Bassin du Hodna [Originale]

VII.2.2.2.Eaux superficielles

Les potentialités en eaux superficielles dans le Bassin du Hodna basé sur l'apport annuel des écoulements des oueds existant dans les sous bassins hydrographiques.

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

Le bassin du Hodna compte :

❖ Les Barrages

- 02 barrages en exploitation, Barrage K'sob et Barrage Soubella,
- 02 barrages en cours de construction, Barrage M'cif et Barrage kodia ben abda (khetoti ced jdir).

❖ Les retenues collinaires

- Retenue collinaire de witlan Maàdid,
- Retenue collinaire d'Oued cheair (Mohamed Boudiaf),
- Retenue collinaire d'Ouelad Abd el Wahab (Sidi Aissa),
- Retenue collinaire de Kheng Kodia Bo Abd Allah (Ain M'elh),
- Retenue collinaire de Mizaror ((Mohamed Boudiaf),
- Retenue collinaire de Targa (Beni Yalman).

VIII. Etude Hydro-pluviométrique :

VIII.1. Pluviométrie :

C'est l'un des paramètres principaux du régime hydrologique, puisque c'est le facteur générateur de l'écoulement. Son analyse nécessite tout d'abord la connaissance de l'état du réseau de mesure et de collecte de données, car c'est la quantité des observations que dépendent les résultats de l'analyse statistique et les conclusions qui en découlent dans ce cas, nous étudions les précipitations annuelles et mensuelles annuelles moyenne des stations suivantes : **M'sila** et **Bousaàda**, ainsi que leurs variabilités dans le temps. Les valeurs de précipitations de ces stations sont représentées dans le tableau(II .7) et (II .8).

Tableau. II .3 Données pluviométriques de la station météorologique de M'sila et Bousaàda.

| Mois | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Moyenne |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|---------|
| M'sila P (mm) | 18,94 | 13,17 | 14,46 | 19,68 | 23,36 | 9,33 | 4,25 | 7,36 | 24,44 | 23,9 | 19,67 | 19,29 | 196,87 |
| Bousaàda P(mm) | 11,7 | 8,5 | 14,2 | 20,7 | 13,1 | 7,8 | 6,1 | 5,9 | 18,1 | 23,2 | 9,5 | 9,3 | 148,1 |

Source : Station météorologique de M'Sila et Boussaâda 2018.

Tableau. II .4. Données pluviométriques annuelles de la station météorologique de M'sila et Bousaàda .

| Années | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| M'sila | 171 | 150,1 | 121 | 168 | 168 | 202 | 168 | 160,8 | 150,8 | 138 |
| Bousaàda | 130,5 | 209 | 163,8 | 245,4 | 109,3 | 137,7 | 87,8 | 143,6 | 152,6 | 107,6 |

Source : Station météorologique de M'Sila et Boussaâda 2018.

Chapitre II — Description De La Zone D'étude

VIII.2. Les écoulements :

L'écoulement de l'eau dans un bassin versant prend différentes formes selon le lieu où il se produit sur les versants, l'écoulement peut être superficiel (ruissellement) ou de subsurface en profondeur, il alimente les nappes et fluviale il consiste un oued Il peut revêtir plusieurs formes selon les conditions météorologiques.

Pour ce qui est des eaux de surface, nous disposons des séries de 02 stations hydrométriques station de Rocate sud et station de Moulin Ferrero.

➤ Station Rocate sud (M'sila) :

Tableau. II .5. Donnes hydrométriques de la station de rocate sud.

| Années | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Rocate sud | 39616 | 32513 | 29118 | 34909 | 31521 | 68393 | 29683 | 30124 | 28422 | 26428 |
| Ecoulements (Hm ³ /an) | 140 | 117 | 035 | 422 | 017 | 616 | 220 | 316 | 211 | 527 |

Source : ANRH de M'sila, 2018.

➤ Station Moulin Ferrero (Bousaàda) :

Tableau. II .6. Donnes hydrométriques de la station de Moulin Ferrero. (ANRH, 2018) .

| Années | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------------------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| M.F.Ecoulement | 8943 | 11214 | 9563 | 14355 | 7831 | 8026 | 7117 | 8797 | 9166 | 9034 |
| (Hm ³ /an) | 134 | 178 | 612 | 046 | 984 | 248 | 032 | 281 | 142 | 617 |

Source : ANRH de M'sila, 2018

Le bassin du Hodna est équipé d'un réseau de mesure hydrométrique et pluviométrique important. La plus parts des sous bassin contiennent donc des stations de jaugeage, seulement par manque d'entretiens plusieurs stations ont connues de disfonctionnement durant plusieurs années, ce qui rend la présence des lacunes dans la plus parts des séries statistiques.

C
H
A
P
I
T
R
E
E
I
I
I

CHAPITRE III

*DESCRIPTION DE LA
ZONE D'ETUDE*

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

III.1. Collecte des données

La démarche de recherche adoptée ici a combiné plusieurs méthodes et outils d'investigation. Les données collectées sont des données pluviométriques, données du traitement des eaux souterraines et hydrométriques.

Celles-ci ont ensuite fait l'objet d'une analyse statistique de qualité des eaux souterraines et cartographique. Les données hydrométriques et les données du traitement des eaux concernant le Bassin du Hodna ont été recueillies auprès des directions de ressources en eau (D.R.E) , l'agence de l'Algérienne des eaux (A.D.E) et l'agence national des ressources hydrauliques (A.N.R.H) de la wilaya de M'sila et aussi les données pluviométriques recueillies auprès les stations météorologiques de M'Sila et Boussaâda.

III.2. Les outils des traitements des données

Le système d'information géographique (SIG) aide à manipuler les données de l'ordinateur pour simuler des solutions de recharge et prendre les décisions les plus efficaces[53]

Le traitement des données collectées a été effectué sous diverses formes :

- ✓ Le transfert des données collectées de notre zone d'étude vers le logiciel Arc GIS ;
- ✓ Une base de données crée à travers ce logiciel pour regrouper les diverses Informations concernant l'hydrologie du Hodna ;
- ✓ Utilisation de logiciel **Arc GIS 10.5** pour des représentations cartographiques thématiques. De façon générale, il est à noter que, les analyses ont été réalisées avec ce dernier ; cela suivant la nature des informations recherchées.

III.3. Méthode de traitement

Il s'agit d'une étude de qualité des eaux souterraine de Bassin du Hodna, avec recueil de données réalisé à partir de la direction des ressources en eau et l'agence national des ressources hydrauliques de la wilaya de M'sila et l'agence de l'Algérienne des eaux . Les données recueil ont été compilées à partir des différents travaux sur le Bassin du Hodna tell que les travaux de Hasbaia, 2012 et Hadjab, 1998 concernées ainsi que différentes études réalisées sur la région. Les données recueillies ont été les suivantes :

- ✓ Carte de sous Bassin hydrographique du Hodna ;
- ✓ Fiche A.D.E.

Carte de nappes aquifères connues du B V Chott El Hodna 1/500000

- ✓ Carte de relief (altitude, pente) ;
- ✓ Fiche qui contient les données de caractéristiques de Bassin du Hodna (Tableau

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

suivants)

Tableau. III.1. Caractéristiques de Bassin du Hodna.

| Sous B.H du Hodna | Caractéristiques | | | |
|-------------------|---|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | Superficie du bassin versant (km ²) | Altitude moyenne (m) | Pluviométrie Moyenne annuelle (mm) | Température Moyenne annuelle (°C) |
| El Ham | 6187 | 819 | 250 | 15,44 |
| Leham | 638,6 | 710 | 292 | 16,2 |
| Lougman | 337 | 650 | 300 | 16,27 |
| K'sob | 3641 | 870 | 300 | 15,8 |
| Soubella | 183,87 | 790 | 250 | 15,7 |
| Barika | 3823 | 920 | 345 | 15 |
| Boussaâda | 2953,7 | 670 | 290 | 16,5 |
| M'cif | 5321 | 950 | 251 | 14,7 |

Source : ANRH de M'sila, 2018.

III.4. Échantillonnage et analyses physicochimiques :

Pour la détermination des paramètres physico-chimiques, une seule compagnie d'échantillonnage (lab. A.D.E) de l'eau souterraine a été réalisée en mai 2021. Sept stations de prélèvement d'eau réparties sur le territoire comprenant cinq points d'eau souterraine ont été choisies (Tableau III.2 et les figures IV .2, IV.3). Les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés à partir des forages, directement de la pompe et en amont de tout système de traitement par le lab. ADE. Les résultats des analyses physico-chimiques ont été également comparés aux valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2008), aux valeurs guides de journal officiel et à la composition chimique de certaines eaux minérales.

Tableau. III.2. Normes de la qualité des eaux du Bassin. 1

| Sous B.H du Hodna | Echantillon | Caractéristiques | Paramètres | Unité | Résultats | Normes | Observation |
|-------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------------|---------|-----------|-----------|-------------|
| | Ouanougha | Physico-chimique | PH | | 7.6 | 6.5-9.2 | |
| | | | Conductivité | µs/cm | 1942 | < 2800 | |
| | | | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | |
| | | | Résidu sec | mg/l | / | < 2000 | |
| | | | Turbidité | NTU | 1.8 | < 5 | |
| | | Minéralisation | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 152 | 75-200 | |
| | | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 73 | < 150 | |
| | | | Chlorures Cl ⁻ | mg/l | 177 | 200 - 500 | |
| | | | Sulfate SO ₄ ⁺² | mg/l | 500 | 200 - 400 | |
| | | | Dureté total(TH) | F° | 68 | 10 -50 | |
| | | Éléments indésirables | Fer Fr ⁺² | mg/l | <0.2 | 0 - 0.3 | |
| Manganèse | mg/l | | / | 0 - 0.5 | | | |

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

Tableau. III.2. Normes de la qualité des eaux du Bassin 2

| | | | | | | | |
|-------------------------|---|---------------------------------------|---|--------|-------------|----------------|--|
| El ham | Birni | Paramètres de pollution | Mn ⁺² | | | | |
| | | | Aluminium Al ⁺³ | mg/l | / | < 0.2 | |
| | | | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | <0.02 | 0.05 - 0.5 | |
| | | Physico-chimique | Nitrates NO ₃ ⁻ | mg/l | 11.5 | 0 - 50 | |
| | | | Phosphate PO ₄ ⁻³ | mg/l | <0.1 | 0 - 0.5 | |
| | | | PH | | 7.2 | 6.5-9.2 | |
| | | Minéralisation | Conductivité | µs/cm | 746 | < 2800 | |
| | | | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | |
| | | | Résidu sec | mg/l | / | < 2000 | |
| | | Minéralisation | Turbidité | NTU | 0.3 | < 5 | |
| | | | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 48 | 75-200 | |
| | | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 29 | < 150 | |
| | | Paramètres de pollution | Chlorures Cl ⁻ | mg/l | 106 | 200 - 500 | |
| Paramètres de pollution | Ammonium NH ₄ ⁺ | | mg/l | 0.19 | 0.05 - 0.5 | | |
| | Nitrates NO ₃ ⁻ | | mg/l | 17 | 0 - 50 | | |
| | Phosphate PO ₄ ⁺³ | mg/l | <0.1 | 00-0.5 | | | |
| | | Sulfate SO ₄ ⁻² | mg/l | 250 | 200 - 400 | | |
| | | | Dureté total | F° | 28 | 10 - 50 | |
| | | Éléments indésirables | Fer Fe ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.3 | |
| | | | Manganèse Mn ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.5 | |
| | | | Aluminium Al ⁺³ | mg/l | / | < 0.2 | |
| | | Paramètres de pollution | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | <0.02 | 0.05 - 0.5 | |
| | | | Nitrates NO ₃ ⁻ | mg/l | 2 | 0 - 50 | |
| | | | Phosphate PO ₄ ⁻³ | mg/l | <0.1 | 0 - 0.5 | |
| | | PH | | | 6.7 | 6.5-9.2 | |
| | | | Conductivité | µs/cm | 3900 | < 2800 | |

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

Tableau. III.2. Normes de la qualité des eaux du Bassin 3

| | | | | | | | |
|----------------------------|---|-------------------------|---------------------------------------|-------|--------|------------|--|
| K'sob | Boukhmissa | Physico-chimique | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | |
| | | | Résidu sec | mg/l | / | < 2000 | |
| | | | Turbidité | NTU | 0.2 | < 5 | |
| | | Minéralisation | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 360 | 75-200 | |
| | | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 228 | < 150 | |
| | | | Chlorures Cl ⁻ | mg/l | 376 | 200 - 500 | |
| | | | Sulfate SO ₄ ⁻² | mg/l | 1000 | 200 - 400 | |
| | | | Dureté total | F° | 184 | 10 -50 | |
| | | Éléments indésirables | Fer Fe ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.3 | |
| | | | Manganèse Mn ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.5 | |
| Aluminium Al ⁺³ | mg/l | | / | < 0.2 | | | |
| | | Paramètres de pollution | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | 0.19 | 0.05 - 0.5 | |
| | Nitrates NO ₃ ⁻ | | mg/l | 17 | 0 - 50 | | |
| | Phosphate PO ₄ ⁺³ | | mg/l | <0.1 | 00-0.5 | | |

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

Tableau. III.2. Normes de la qualité des eaux du Bassin 4

| | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|------|-----------|--|
| Mezrir I (Est) | Physico- chimique | PH | | 8.00 | 6.5-9.2 | |
| | | Conductivité | µs/cm | 1973 | < 2800 | |
| | | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | |
| | | Résidu sec | mg/l | / | < 2000 | |
| | | Turbidité | NTU | 0.5 | < 5 | |
| | Minéralisation | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 144 | 75-200 | |
| | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 97 | < 150 | |
| | | Chlorures Cl ⁻ | mg/l | 227 | 200 - 500 | |
| | | Sulfate SO ₄ ⁻² | mg/l | 600 | 200 - 400 | |
| | | Dureté total | F° | 76 | 10 -50 | |
| | Éléments indésirables | Fer Fe ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.3 | |
| | | Manganèse Mn ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.5 | |
| | | Aluminium | mg/l | / | < 0.2 | |

| | | | | | | | |
|----------|----------------------------|---|-----------------|-------|------------|---------|--|
| Bousaàda | Paramètres de pollution | Al ⁺³ | | | | | |
| | | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | <0.02 | 0.05 - 0.5 | | |
| | | Nitrates NO ₃ ⁻ | mg/l | 8.9 | 0 - 50 | | |
| | | Phosphate PO ₄ ⁻³ | mg/l | <0.1 | 0 - 0.5 | | |
| | Mezrir II (Oust) | Physico- chimique | PH | | 8.00 | 6.5-9.2 | |
| | | | Conductivité | µs/cm | 3780 | < 2800 | |
| | | | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | |
| | | | Residue sec | mg/l | / | < 2000 | |
| | | | Turbidité | NTU | 0.8 | < 5 | |
| | Minéralisation | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 240 | 75-200 | | |
| | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 146 | < 150 | | |

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

Tableau. III.2. Normes de la qualité des eaux du Bassin 5

| | | | | | | | | |
|--------------|-------|-------------------------|---------------------------------------|---|--------|-----------|------------|--|
| | | | Chlorures Cl ⁻ | mg/l | 440 | 200 - 500 | | |
| | | | Sulfate SO ₄ ⁺² | mg/l | 1000 | 200 - 400 | | |
| | | | Dureté total | F° | 120 | 10 -50 | | |
| | | Éléments indésirables | | Fer Fr ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.3 | |
| | | | | Manganèse Mn ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.5 | |
| | | | | Aluminium Al ⁺³ | mg/l | / | < 0.2 | |
| | | Paramètres de pollution | | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | < 0.02 | 0.05 - 0.5 | |
| | | | | Nitrates NO ₃ ⁻ | mg/l | 6.4 | 0 - 50 | |
| | | | | Phosphate PO ₄ ⁺³ | mg/l | < 0.1 | 0 - 0.5 | |
| | | Forage Ghozel | Physico-chimique | PH | | 7.4 | 6.5-9.2 | |
| Conductivité | µs/cm | | | 3690 | < 2800 | | | |

| | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------|----------------------------|---------------------------------------|------|--------|-----------|--|
| | | | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | | |
| | | | Résidu sec | mg/l | / | < 2000 | | |
| | | | Turbidité | NTU | 2 | < 5 | | |
| | | Minéralisation | | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 240 | 75-200 | |
| | | | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 146 | < 150 | |
| | | | | Chlorures Cl [□] | mg/l | 284 | 200 - 500 | |
| | | | | Sulfate SO ₄ ⁻² | mg/l | 950 | 200 - 400 | |
| | | | | Dureté total | F° | 120 | 10 -50 | |
| | | Éléments indésirables | | Fer Fr ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.3 | |
| | | | | Manganèse Mn ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.5 | |
| | | | Aluminium Al ⁺³ | mg/l | / | < 0.2 | | |

Chapitre III— Matériels et approche méthodologique

Tableau. III.2. Normes de la qualité des eaux du Bassin 6

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------|-------------------------|---|-----------|--------|----------------|--|
| M'cif | Khebbeb | Paramètres de pollution | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | < 0.02 | 0.05 - 0.5 | |
| | | | Nitrates NO ₃ ⁻ | mg/l | 16 | 0 - 50 | |
| | | | Phosphate PO ₄ ⁺³ | mg/l | < 0.1 | 0 - 0.5 | |
| | | Physico-chimique | PH | | 8.00 | 6.5-9.2 | |
| | | | Conductivité | µs/cm | 1532 | < 2800 | |
| | | | Oxygène dissous | mg/l | / | < 8 | |
| | | | Résidu sec | mg/l | / | < 2000 | |
| | | | Turbidité | NTU | 0.5 | < 5 | |
| | | Minéralisation | Calcium Ca ⁺⁺ | mg/l | 136 | 75-200 | |
| | | | Magnésium Mg ⁺ | mg/l | 82 | < 150 | |
| Chlorures Cl ² | mg/l | | 177 | 200 - 500 | | | |
| Sulfate SO ₄ ⁺² | mg/l | | 500 | 200 - 400 | | | |
| Dureté total | F° | | 68 | 10 -50 | | | |
| | | Éléments indésirables | Fer Fe ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.3 | |
| | | | Manganèse Mn ⁺² | mg/l | / | 0 - 0.5 | |
| | | | Aluminium Al ⁺³ | mg/l | / | < 0.2 | |
| | | Paramètres de pollution | Ammonium NH ₄ ⁺ | mg/l | < 0.2 | 0.05 - 0.5 | |
| | | | Nitrates NO ₃ ⁻ | mg/l | 5 | 0 - 50 | |
| | | | Phosphate PO ₄ ⁺³ | mg/l | <0.1 | 0 - 0.5 | |

Source : A.D.E ,2021.

— Innorme

— Norme

Le logiciel Arc GIS 10.5 a été utilisé pour l'élaboration et l'extraction des cartes thématiques concernant les données du traitement de la qualité des eaux souterraines les plus susceptibles d'agir sur les nappes du bassin versant, ainsi que la numérisation de nombreuses cartes thématiques de la Bassin du Hodna. Par ailleurs les données hydrométriques sur l'hydrologie ont été recueillies. Pour la constitution du SIG, les données recueillies ont été triées, puis analysées avec ce logiciel. L'établissement de ces cartes et les analyses spatiales telles que requêtes SQL et analyses thématiques.

C
H
A
P
I
T
R
E
E
I
V

CHAPITRE IV

MISE EN PLACE D'UN SYSTEME

D'INFORMATION

GEOGRAPHIQUE (BASE DE

DONNEES A REFERENCE

SPATIALE) POUR L'ANALYSE

MORPHOMETRIQUES DU

BASSIN

Chapitre IV— Mise en place d'un système d'information géographique (base de données à référence spatiale) pour l'analyse morphométriques du Bassin

Ce chapitre comporte deux sections : La première traite de l'intérêt de l'utilisation du SIG dans l'étude d'hydrologie de bassin versant ; la seconde retrace les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale élaborée lors de notre étude.

1. Utilité d'un SIG dans l'étude d'hydrologie de bassin versant

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'origines 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.

Chapitre IV— Mise en place d'un système d'information géographique (base de données à référence spatiale) pour l'analyse morphométriques du Bassin

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 les eaux souterraines de la Bassin du Hodna ;
- Voir sur les réseaux hydrographiques du Hodna.

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.

1.2. 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 (Bassin du Hodna) ;
- ✓ Des attributs des entités géographiques ;
- ✓ La carte de bassin versant de nord Algérie ;
- ✓ La carte de réseau hydrographique de Bassin du Hodna ;
- ✓ La carte des eaux souterraines au nord Algérie
- ✓ Le choix des attributs des entités géographiques d'étude de l'hydrologie du Bassin du Hodna a été inspiré des deux dernières cartes.

Ces derniers concernent :

- ✓ Des données générales sur le Bassin du Hodna ;
- ✓ Des données sur les sous bassins hydrographiques du Hodna ;
- ✓ Des données sur le système de distribution en eau du Hodna ;
- ✓ Des données sur la potentialité en eau du Hodna.

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.

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.

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" (*Définition AFNOR-ISO, dictionnaire de l'informatique, 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.

Chapitre IV— Mise en place d'un système d'information géographique (base de données a référence spatiale) pour l'analyse morphométriques du Bassin

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 (SIG).

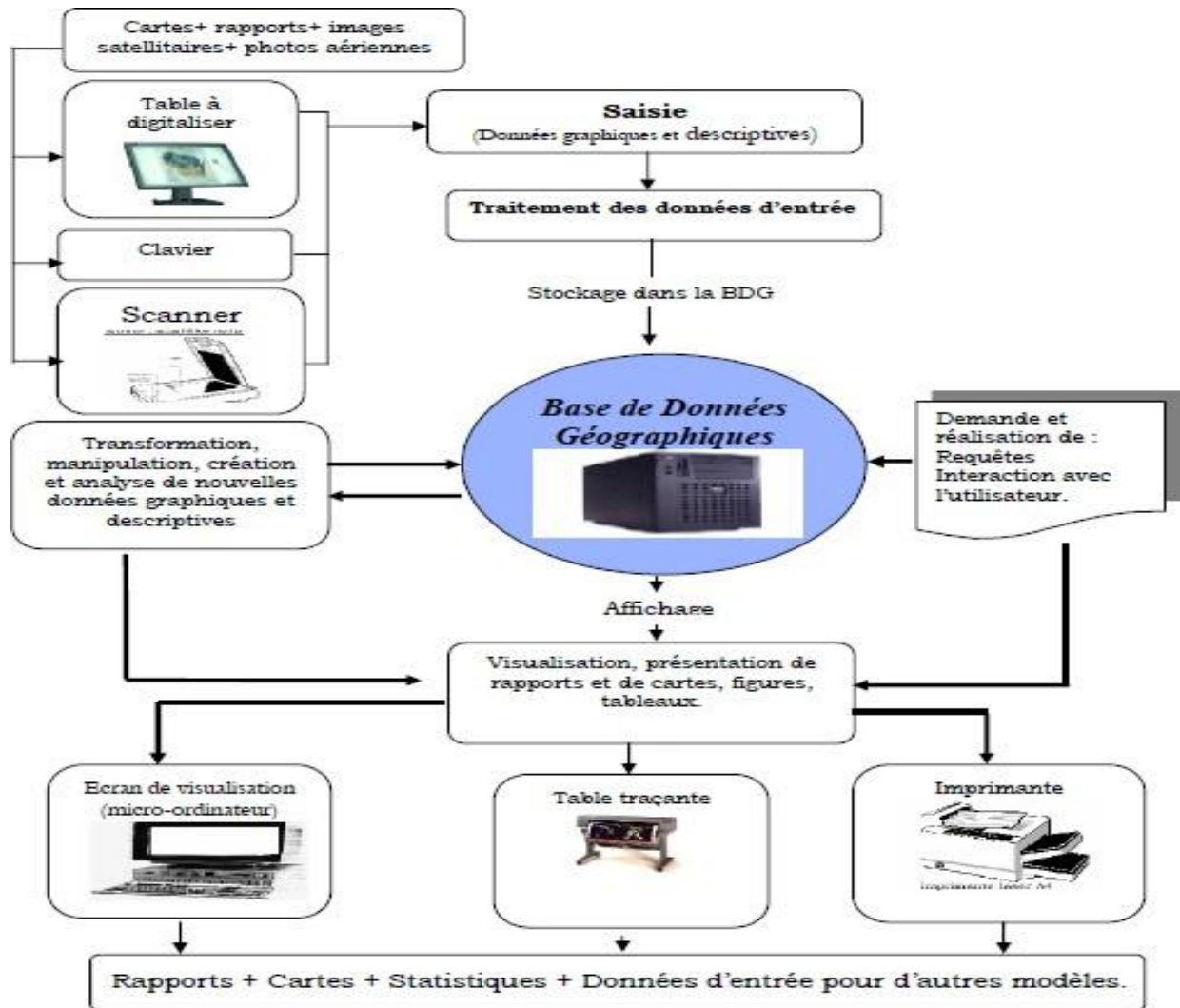


Fig.IV.1. Base de données géographiques BDG [39]

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.

Chapitre IV— Mise en place d'un système d'information géographique (base de données a référence spatiale) pour l'analyse morphométriques du Bassin

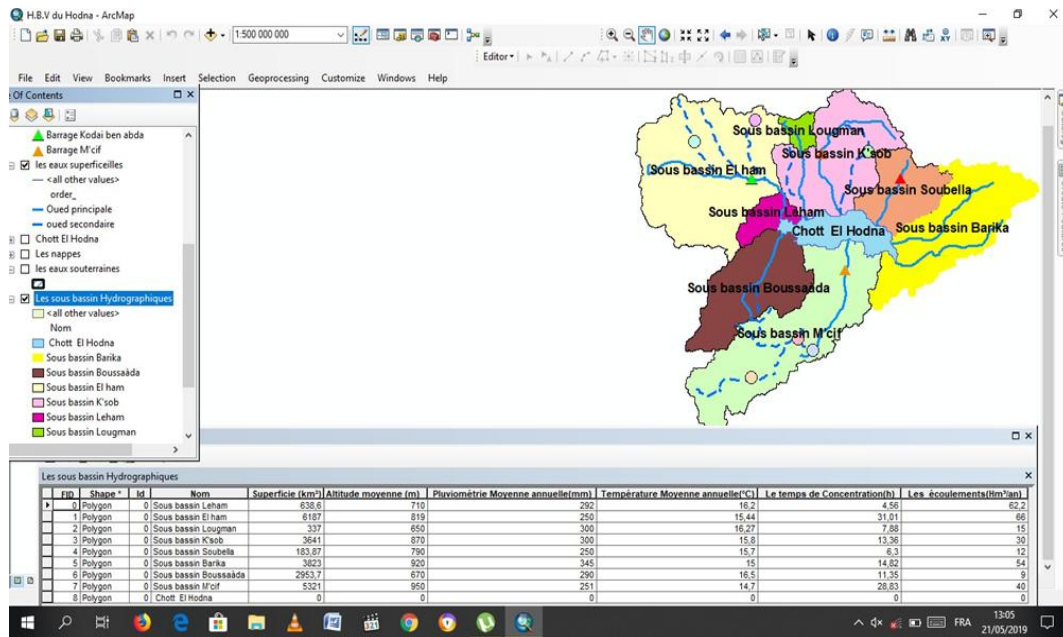


Fig.IV.2 : MBDG – distribution des eaux superficielles de la Bassin du Hodna sur le SIG[35].

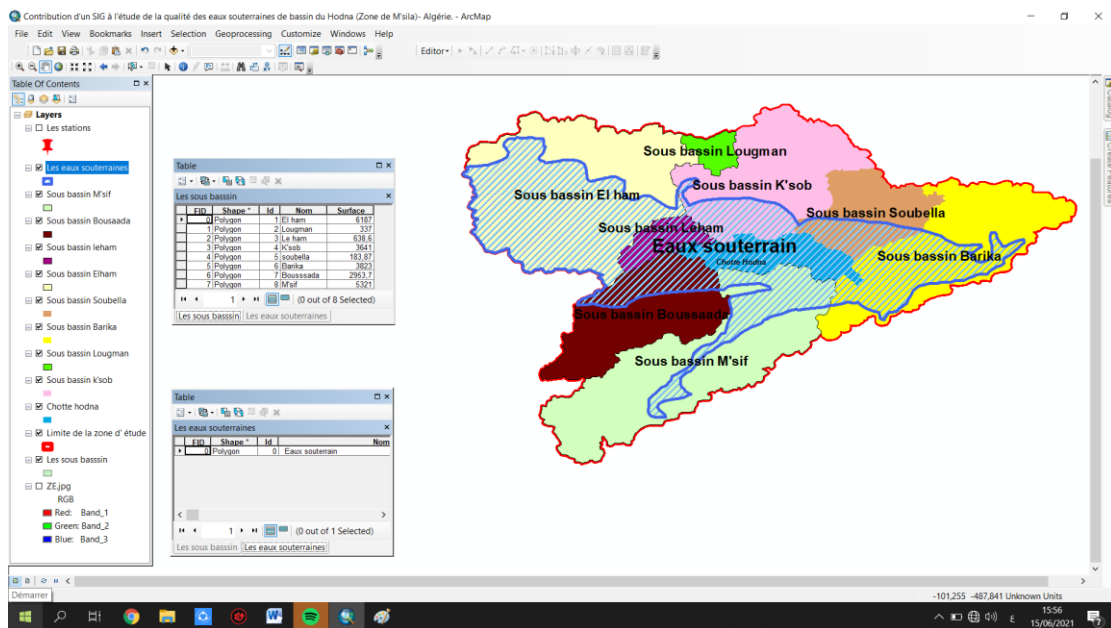


Fig.IV.3 : MBDG – distribution des eaux souterraines de la Bassin du Hodna sur le SIG.

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.

Chapitre IV— Mise en place d'un système d'information géographique (base de données a référence spatiale) pour l'analyse morphométriques du Bassin

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.

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 réparties comme suit ont été intégrées 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

C
H
A
P
I
T
R
E
V

CHAPITRE V

*MISE EN PLACE D'UN SYSTEME
D'INFORMATION
GEOGRAPHIQUE (BASE DE
DONNEES A REFERENCE
SPATIALE) POUR L'ANALYSE
MORPHOMETRIQUES DU
BASSIN*

Notre étude sur la qualité des eaux souterraines de bassin du Hodna traduit les résultats de collecte et traitement des données sur le terrain qu'a été menée dans sept sous- bassins hydrographiques du bassin versant du Hodna.

1. Distribution et évaluation de la qualité des eaux souterraines de bassin versant du Hodna :

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines dans le bassin du Hodna selon l'analyse des données à était estimée de 168 millions m³ divisée en quatre nappes .Avec le plus grands stocke dans la nappe de chott el Hodna 133 millions m³, qui touche tous les sous bassin hydrographiques à l'exception du sous bassin Lougman,et, et aussi la nappe de Ain riche 08 millions m³ elle touche seulement le sous bassin de M'cif.

D'autre part on a la nappe de Birine 03 millions m³ elle touche une petite partie du sous bassin de El Ham et la nappe de Zahrez Chergui 24 millions m³ touche les deux sous bassin El Ham et Boussaâda.

Après les analyses thématiques on conclut que le sous bassin hydrographique de El Ham contient le plus grand stock des eaux souterraines dans le bassin du Hodna, qui est contient des trois nappes.

Suite à l'élaboration du système d'information géographique sur la distribution et l'évaluation de la qualité des eaux souterraines, Nous avons pu étudier les tests de cartographie générés par l'application SIG. Ces tests cartographiques concernent la représentation de l'indice qualité tel que défini dans le journal officiel pour les paramètres de la qualité des eaux tels que : les matières organiques et oxydables, particules en suspensions, minéralisation et salinité, nitrates, composes azotes, micropolluants minéraux, pesticides et micropolluants organiques (hors pesticides).

Cette cartographie a pour objet d'une part d'examiner la pertinence des seuils retenus pour déterminer les différentes classes d'indice de qualité et d'autre part de disposer de support pour des actions de communication. Pour ces raisons, les tests ont porté sur des situations géographiques variées. Au total, 13 cartes au format A4 ont été produites.

Chapitre V — Résultats et discussions

2. Zones géographiques concernées par les tests cartographiques et les différentes classes d'indice de qualité

1.1. Caractéristiques Physico-chimiques des eaux

2.1.1. Le PH:

D'après l'histogramme qui suit il apparait que les valeurs se situent entre 6.7 et 8. On remarque bien qu'elles sont comprises dans l'intervalle fixé par la norme. On peut conclure que le PH de ces eaux est confirmé à la norme (figure suivante).

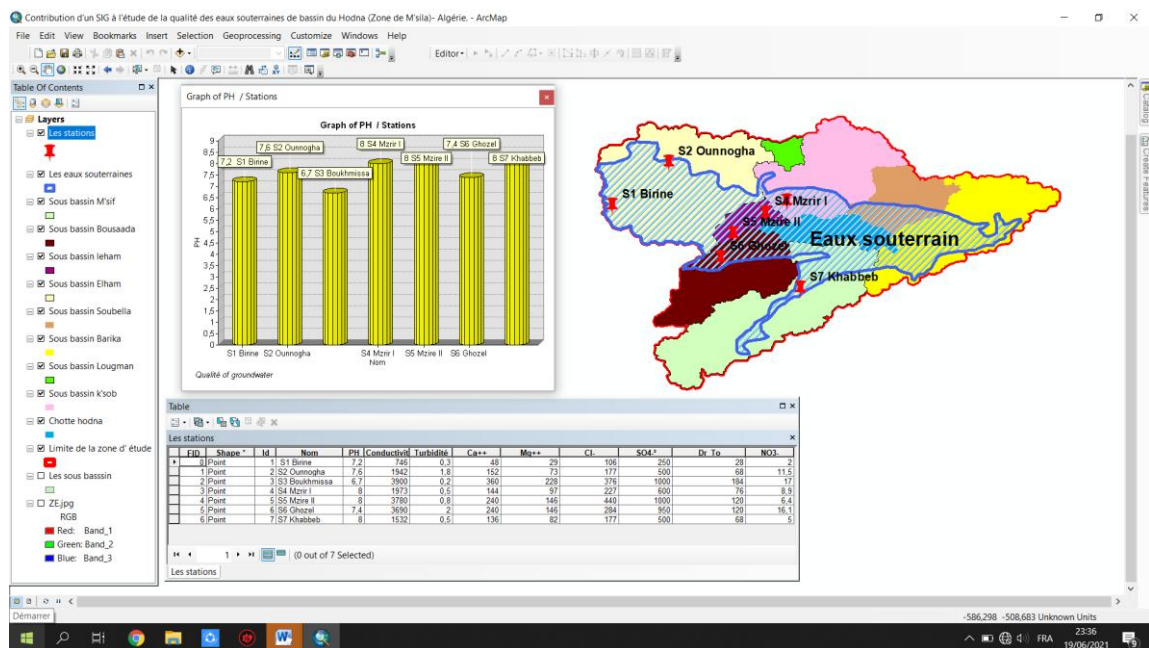


Fig.V.1. PH des eaux souterraines de la zone d'étude

2.1.2. Conductivité :

On remarque d'après la présentation graphique que les eaux des stations Birine, Ouanogha, Mezri I et Khabbeb ont une conductivité inférieure à 2800 μ s par contre on remarque une conductivité supérieure 3600 μ s dans les stations restantes Boukhmissa, Mezri II et Ghazel.

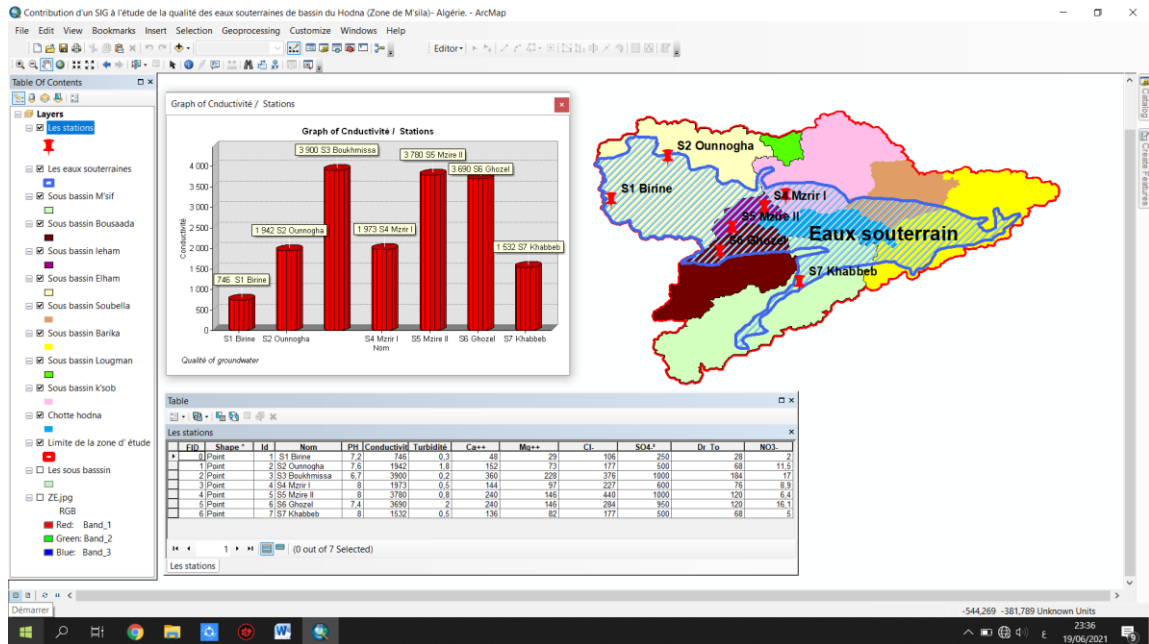


Fig.V.2. Conductivité des eaux souterraines de la zone d'étude

2.1.3. Turbidité :

La turbidité de cinq stations varie entre 0.2 jusqu'à 2, ce sont conformes à des normes

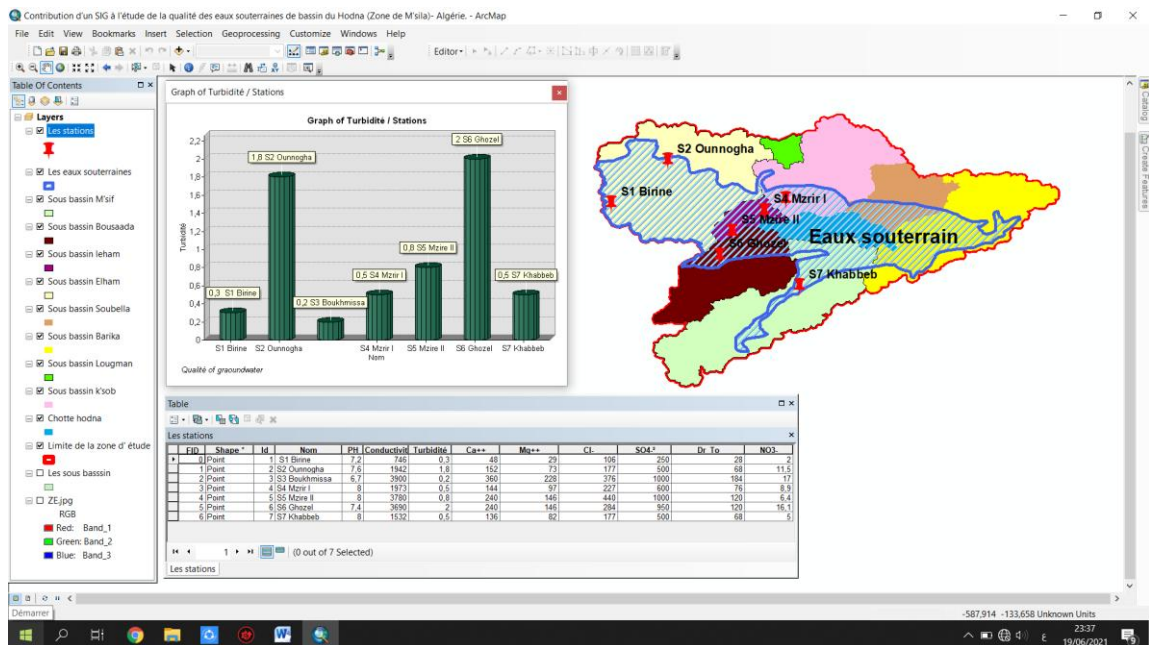


Fig.V.3. Turbidité des eaux souterraines de la zone d'étude

2.3 Minéralisation :

2.2.1. Calcium Ca^{++} :

Toutes les valeurs de Calcium dans les stations varient entre 48mg/l et 360 mg/l, la valeur de la station de Birine est inférieure de la norme, dans la station de Boukhmissa la valeur de Calcium égale 360 mg/l qui est très élevée que la norme.

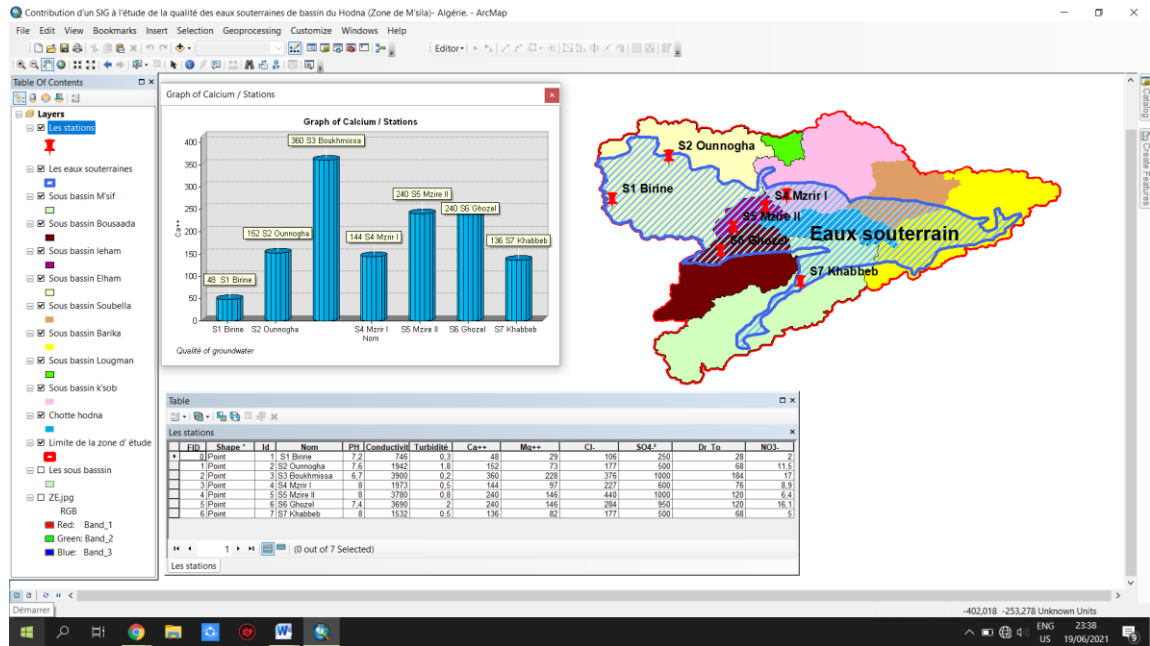


Fig.V.4. Calcium des eaux souterraines de la zone d'étude

2.2.2 Magnésium Mg^{++} :

Toutes les valeurs de Magnésium dans les stations sont conformes à la norme <150 mg/l (inferieur de 150mg/l) sauf la station de Boukhmissa la valeur de magnésium égale 228 mg/l qui est très élevée que la norme.

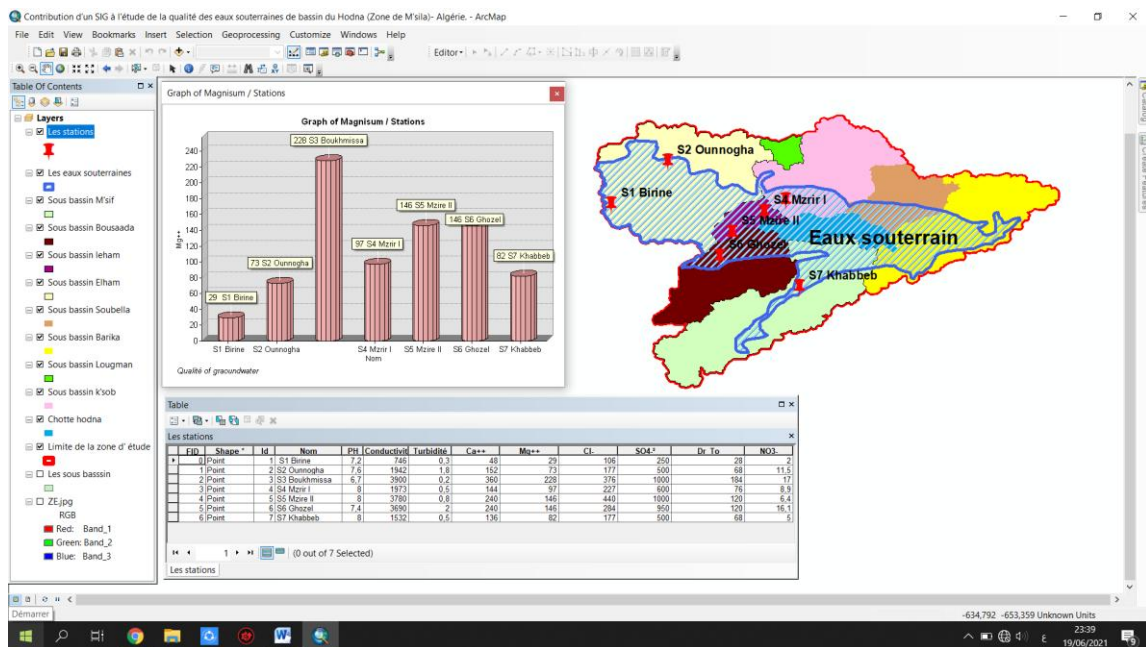


Fig.V.5. Magnésium des eaux souterraines de la zone d'étude

Chapitre V — Résultats et discussions

2.2.3 Chlorure Cl⁻:

Les valeurs de chlorure sont conformes à la norme (200 – 500 mg/l) dans les stations Boukhmissa , Mezrir I, Mezrir II et ,Ghozal varient entre 227 mg/l jusqu'à 440 mg/l , et les valeurs des stations de Birine , Ouanougha , Khabbeb sont inférieures à les normes <200 mg/l

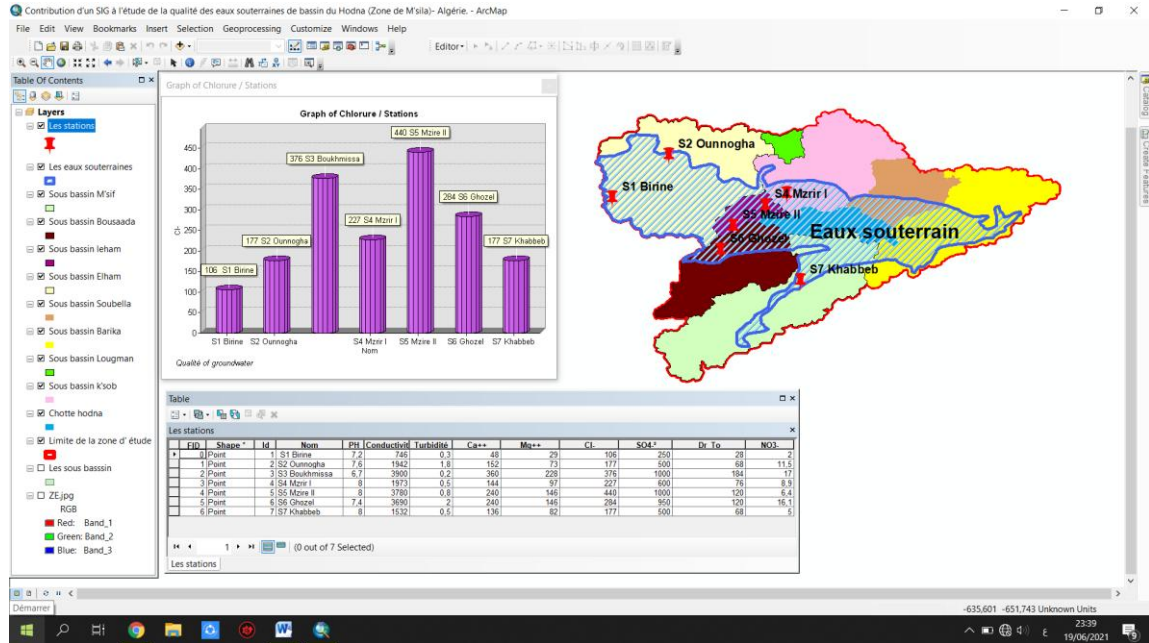


Fig.V.6 Chlorure des eaux souterraines de la zone d'étude

2.2.4. Sulfate So_4^{-2} :

Toutes les valeurs de Sulfate sont variées entre 500 mg/l jusqu'à 1000 mg/l, ce sont très élevées que la norme sauf la station de Birine qui conforme à la norme (200 – 400 mg/l).

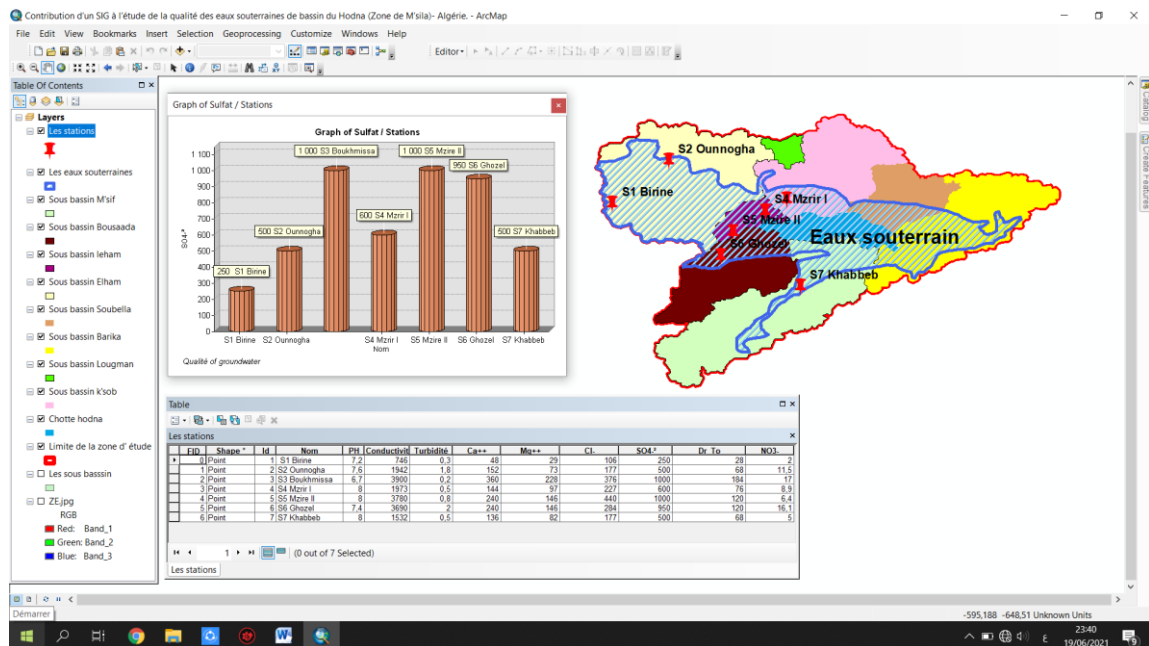


Fig.V.7 Sulfate des eaux souterraines de la zone d'étude

2.2.5. Dureté totale :

Toutes les valeurs de D T sont variées entre 68 mg/l jusqu'à 187mg/l, ce sont très élevée que la norme sauf la station de Birine qui conforme à la norme (10 -50 F°).

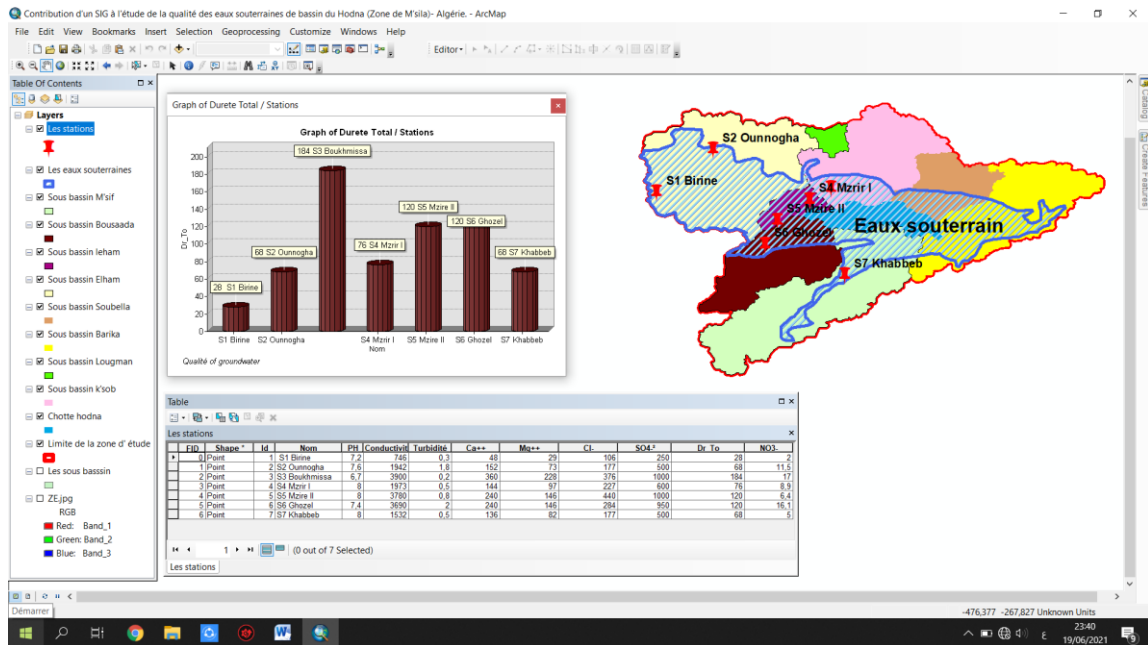


Fig.V.8. Dureté totale des eaux souterraines de la zone d'étude.

2.3. Paramètre de pollution :

2.3.1. Nitrate :

Toutes les valeurs sont conformes à la norme (0 – 50 mg/l)

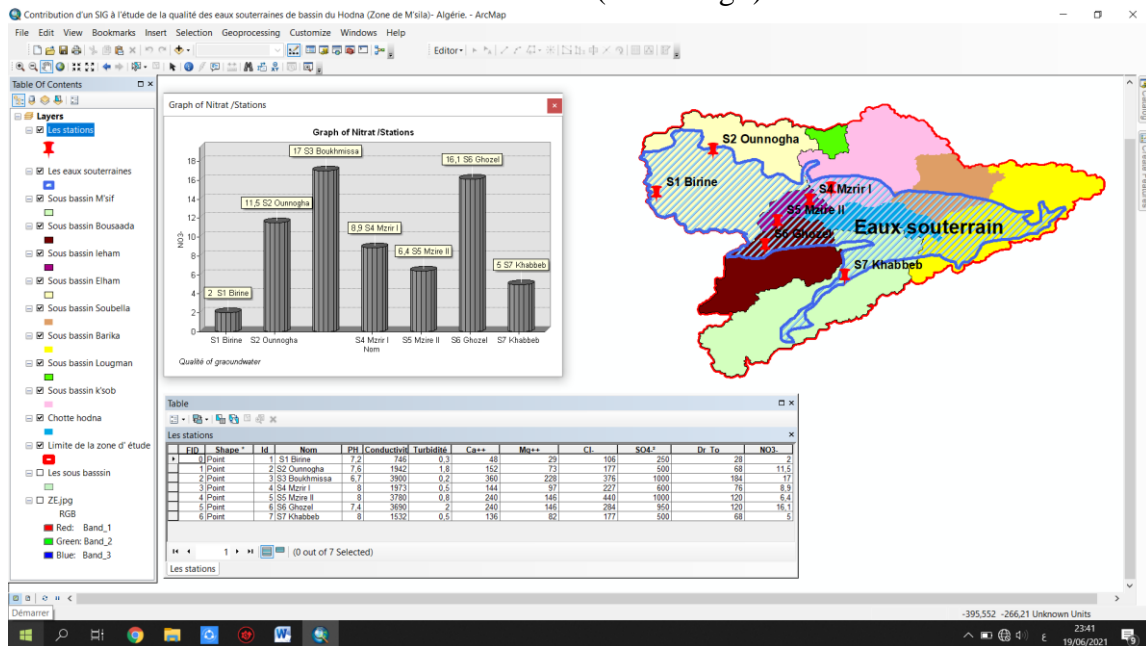


Fig.V.9. Nitrate des eaux souterraines de la zone d'étude

Discussions :

La qualité des eaux souterraines est variée de nappe à l'autre, dans le bassin de Hodna la nappe de Birin c'est la meilleur au cours de la qualité des eaux parce qu'elle conforme à les normes de qualité des eaux potables (voir Annexe), et pour la nappe de Boukhmissa sa qualité d'eau est la plus mauvaise car les valeurs des paramètres sont très élevées par rapport à les normes de qualités des eaux potables.

C
O
N
C
L
U
S
I
O
N

CONCLUSION
GENERALE

Conclusion

Conclusion

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 de le 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.

Tout au long des chapitres de ce travail, nous avons défini la situation géographique, climatiques et géologiques et des analyses réalisées sur les eaux souterraines de bassin du Hodna, pour développement des cartes thématique .l'interprétation des graphes résultant de l'application de Arc Gis 10.5

D'après l'analyse spatial de données physico-chimiques , Minéralisation, éléments indésirables et les paramètres de pollution, la qualité des eaux souterraines est variée de nappe à l'autre, dans ce bassin. Le nappe de Birine c'est la meilleur au coure la qualité des eaux parce que elle est conforme a la norme de qualité des eaux potable, et la pire qualité d'eau s'est le nappe de Boukhmissa car les valeurs des paramètres sont très élevée par rapport les normes de qualités des eaux potable

La réalisation d'un tel projet nous permis d'explorer les avantages de SIG comme stocker des informations de façon claire et définitive, Gérer une multiplicité d'information attributaires sur des objets, Comprendre les phénomènes, Etablir des cartographies rapides. Les capacités du SIG autant qu'un outil d'aide à la décision.

R
E
F
E
R
E
N
C
E
S

*RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES*

Références Bibliographique

- [1] **Achour, Hanane Oumaima. (2013).**Mémoire de Master. Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leur influence sur l'écoulement des eaux. Universités de M'sila, 64p. .
- [2] **ADOUI, H. (2013).** Etude de la vulnérabilité du bassin versant du Hodna aux inondations. Mémoire soutenu à l'université de M'sila pour obtenir le diplôme de Master, pp 17.
- [3] **Agence National des Ressources Hydroliques. (2002).**Atlas des températures et des évapotranspirations du nord de l'Algérie
- [4] **ALDOSA, N., BIHAN, M., MONIN, M. (2003).** Information, communication, organisation, 2eme éd.
- [5] **André, L, G., (1975).** Dictionnaire de l'informatique Reliure inconnue.
- [6] **AUBERT, G.(1976).**Les sol sodiques en Afrique du nord.Ann INA EL Haraaach.p6.
- [7] **BAILLY, A., ET AL. (1991).** Les concepts de la géographie humaine. (Masson, Éd.) (2eme éd.). Paris.
- [8] **BALLUT A.** L'info géographie au service de l'aménagement territorial dans les
- [9] **BELOUAM. (1976).** Caractéristiques macromorphologiques et micro morphologiques de quelques sols à accumulation calcaire du Hodna. Annales de l'INA El Harrach Vol. 1, pp 47- 5
- [10] **BENGUESMIA .L,** Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique " Qualité des eaux souterraines du bassin du Hodna (Zone de Msila), Université Mohamed Boudiaf de M'sila, 2007, 50p.
- [11] **BIGAND, M., CAMUS, H., BOUREY, J., CORBEEL, D. (2006).** Conception des systèmes de l'information, modélisation des données, études de cas.

Références Bibliographique

- [12] **BIMONTE, S.** (2007). Intégration de l'information géographique dans les entrepôts de données et l'analyse en ligne..
- [13] **BORD, J., Pierre-Robert BADUEL.** (2004). Les cartes de la connaissance. Karthala.47p
- [14] **BORDIN, P.** (2006). Méthode d'observation multi-niveaux pour le suivi de phénomènes géographiques avec un SIG.14
- [15] **BOUMEZBEUR A.** (2002). Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale.89p
- [16] **BOUMEZBEUR, A.**(2002). Atlas des zone humide algériennes d'importance internationale.89p.
- [17] **BOURENANE, A., MECHRI, S.** (2008). Contribution a l'étude du transport solide dans le sous bassin versant de Soubella (Hodna).Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique, Université de m'sila.
- [18] **BOUTELDJA, N.** (2005). Contribution à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Hodna sous bassins versants du K'sob et de Soubella (Algérie), Thèse de doctorat en Géographie. Université de la Provence Aix-Marseille.180p.
- [19] **BOYADGIEV, T. G.** (1975). Les sols du Hodna. Rapport FAO. Algérie 9, Rome
- [20] **Brocard, M., Mallet, P., Leveque, L., Bessineton, C.** (1996). Atlas de l'estuaire de laSeine. Rouen et du Havre.
- [21] **BROSSO ET HAURIE, A.** (1996).Gestion de l'environnement et l'entreprise .presse polytechnique et universitaire romandes.139p.
- [22] **C.F.M.**(2009).Fiche descriptive sur les zones humides.chott El hodna.D.G.F.25p.

Références Bibliographique

- [23] **CHARLEUX-DEMARGNE, J.** (2001). Qualité des modèles numériques terrains pour l'hydrologie application à la caractérisation du régime de crues des bassins versant .Thèse préparée au sein de l'unité mixte de recherche « Structure et système spatiaux » Cemgref- Engref, Montpellier.350 p
- [24] **COLLET, C.** (1992). Système d'information géographique en mode image. (P. polytechniques et universitaires Romandes, Éd.). Lausanne.
- [25] **COUCLELIS H.** (1992). People manipulate Objects:beyond the raster-vector debate in GIS (Theories a). Frank, A.U.23
- [26] **CASTANY.G."** Principes et méthodes de l'hydrologie". Edition Dunod(1979).
- [27] **DAOUD ,Y., DOGAR, A. (1985).**Le régime du potassium dans quelques types de sol du Hodna (Algérie). Revue de la Potasse, section 4, n°6 : p1-7.
- [28] **DEKKICHE B. (1974).**Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de la nappe. Thèse Univ. Gand, Belgique, 210 p.
- [29] **DENEGRE J.** Apport de SPOT aux systèmes d'informations géographiques, 1459-1466 p
- [30] **DOWMAN I.J., GUGAN D.J. et al.** The use of SPOT data for mapping and DEM production. In [SPOT-87] pp. 1213-1220.
- [31] **FRANÇOIS, D.** (2004). Les systèmes d'information géographique. P. U. de France, Éd. 2nd éd. Paris. 29
- [32] **GARFF, A(1975),** Dictionnaire de l'informatique. Paris, presse universitaires de France.
- [33] **GRINE, R. (2009).** Les perspectives hydrogéologiques de la cuvette hodneenne.Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister en sciences de la terre. Spécialité : Hydrogéologie, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene.130 p.

Références Bibliographique

- [34] **GUEGAN, j., CHOISY, M. (2009).** introduction à l'épidémiologie intégrative .de Boeck université.43p.
- [35] **HAMENNI, N .(2011)** mémoire en vue de l'obtention du mémoire de magister en science agronomique .étude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG , école national supérieure d'agronomie .153p
- [36] **HEDJAZI, A. (2009).** Quantification des apports liquides et solides de l'Oued El-Ham. Mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique : option hydraulique urbaine, Université de M'Sila.
- [37] **HERVE GUMUCHIAN, C. M. (2000).** Véronique Fèvre Initiation à la recherche en géographie
- [38] **I.A.A.T(2003)** .cahier méthodologiques sur la mise en œuvre d'un SIG, 33 p.
- [39] **Ider, K. (2004).** Modélisation hydrodynamique d'un cours d'eau, Application à l'Oued Soummam .Mémoire de Magister. ENP, Alger. 124 p.
- [40] **ING Akli , TALATIZI. (2014).** Etude des infiltrations à travers une digue de barrage en terre Cas d'un barrage algérien.Universite mouloud Mammeri tizi ouzou.190 p.
- [41] **J, A, VAN HAASTEREN., R, VAN DEN B. (1993).** Pesticides et eaux souterraines.P6.
- [42] **JALOUX A.** Contribution des images SPOT à la cartographie topographique.
- [43] **KEBICHE, M. (1994).** Le bassin versant du Hodna (Algérie): Ressources en eau et possibilités d'aménagement. In: Travaux de l'Institut Géographique de Reims, n°85-86, 1994. Etudes algériennes. pp. 25-34.
- [44] **KONECNY(2003)** : géo information : remont sensing photogrammetry and geographic information système deuxième Edition .Taylor & Francis...

Références Bibliographique

- [45] **MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., R. D.** (1991). Geographical Information System.
- [46] **MAÎTRE H.** Utilisation de l'imagerie aérienne et satellitaire pour l'aménagement du territoire. 8e Congrès AFCET, Lyon, nov. 1991, Tutorial 4, 39 pages.
- [47] **MAITRE, H.** L'utilisation des modèles numériques de terrain dans les Systèmes d'Information Géographique (Using digitalelevation model in GIS). In: Bulletin de l'Association de géographes français, 69^e année, 1992-5 (décembre). pp. 374-379;
- [48] **MAKHLOUF, N. (2015).** Cours cycle hydrologique. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire
- [49] **MAKHZOUN ,Y. MAHDID, B.** Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique(Hydrologie du bassin du Hodna : Construction d'une base de données à l'aide d'un SIG).2018-20190,115p..
- [50] **MARGAT.J,** "Les gisements d'eau souterraines ".Edition La recherche.
- [51] **MEBARKI, A. (1982).** Le bassin du Kebir Rhumel : Ressources en eau, aménagement en Algérie. Mentouri de Nancy II.
- [52] **MICHEL, BASSAND. Et all.** (2000). Métropolisation, Crise Ecologique et Développement Durable, L'eau et habitat précaire à Ho Chi Minh-Ville, Vitenam, France.
- [53] **NARAYAN, L. (1999).** RemoteSensing and its Applications, India: University Press.
- [54] **NOVA, N(2009).**Les medias géo localisés, comprendre les niveaux espaces numérique .17p

Références Bibliographique

- [55] **O, BONIN.**(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.
- [56] **PALMQUIST, R. E. (1984).** Guide to the 1984 National Electrical Code (Anglais) Relié. T.Audel, Éd.
- [57] **POMEROL.C.**»Elément de géologie".
- [58] **PROVENCHER, L ., Jean-Marie ., Maurice DUBOIS(2007).**précis de télédétection méthode photo interprétation et de l'interprétation d'image, volume 4,33p. Régions ur banisées. VISUDA'89
- [59] **REGIS, CALOZ.** (2011). Analyse spatiale de l'information géographique.
- [60] **RIGAUX , P.** (2001). Spatial data bases with application to GIS. Éd 2 nd. San Francisco..
- [61] **ROCHE ,M.(1963).**Hydrologie de surface. Gauthier-Villars Editeur-Paris.429 p.54
- [62] **ROCHE MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., R. D.** (1991). Geographical Information Systèmes
- [63] **ROCHE NOVA, N(2009).**Les medias géo localisés, comprendre les niveaux espaces numérique .17p.
- [64] **ROCHE, S,** (2000) les enjeux sociaux des systèmes d'information géographique revue géographique sociale .le Harmattan.
- [65] **ROCHE. Maguire D.J., Goodchild M.F., R. D.** (1991). Geographical Information Systems.
- [66] **ROGNANT, L.** (2000).Application à la représentation de MNT et à la fusion de MNT radar. Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier (Grenoble). 431 p

Références Bibliographique

[67] **QUODVERTE.** (1994). Cartographie numérique et information géographique. D'Orléans.

[68] **Youcef, 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.

[69] **Zeroual, S.** (2016). Etude de la sensibilité du sous bassin versant de K'sob a l'érosion hydrique par une approche quantitative. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de master .Filière: Hydraulique, Université de M'Sila.123p

Webgraphie

(www.ressource.uved.fr/graine-module2/eau-propriété/site/html)

(www.mplux.be)

Lexique :

Landsat : Le programme Landsat est un le plus anciens programmes américains d'observation par satellite de la surface terrestre. Sept satellites Landsat ont été lancés depuis le 23 juillet 1972. Le dernier, Landsat 7, a été lancé le 15 avril 1999.

Spot : Spot (Système probatoire d'observation de la terre ou satellite pour l'observation de la terre. Cinq exemplaires ont été lancés entre 1985 et 2002. Deux nouveaux satellites devaient être lancés à compter de 2013.

SQL (Structured Query Language) :

Regroupe un ensemble d'expressions définies et une syntaxe afin d'interroger et de manipuler des données dans les systèmes de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR).

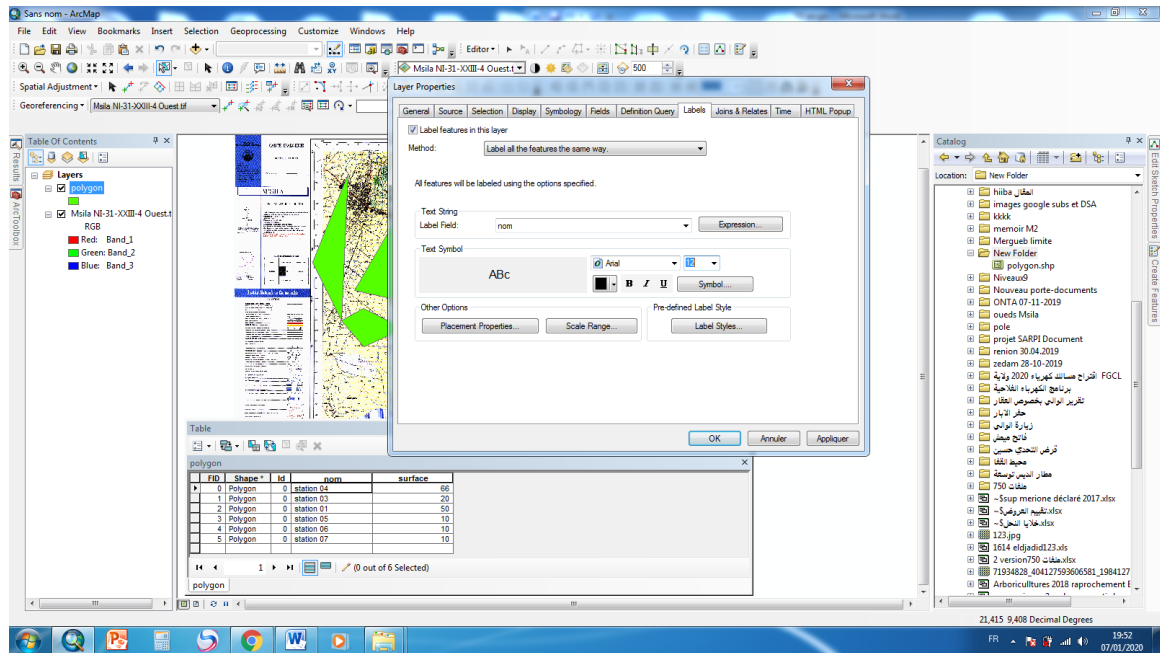
A
N
N
E
X
E
S

ANNEXES

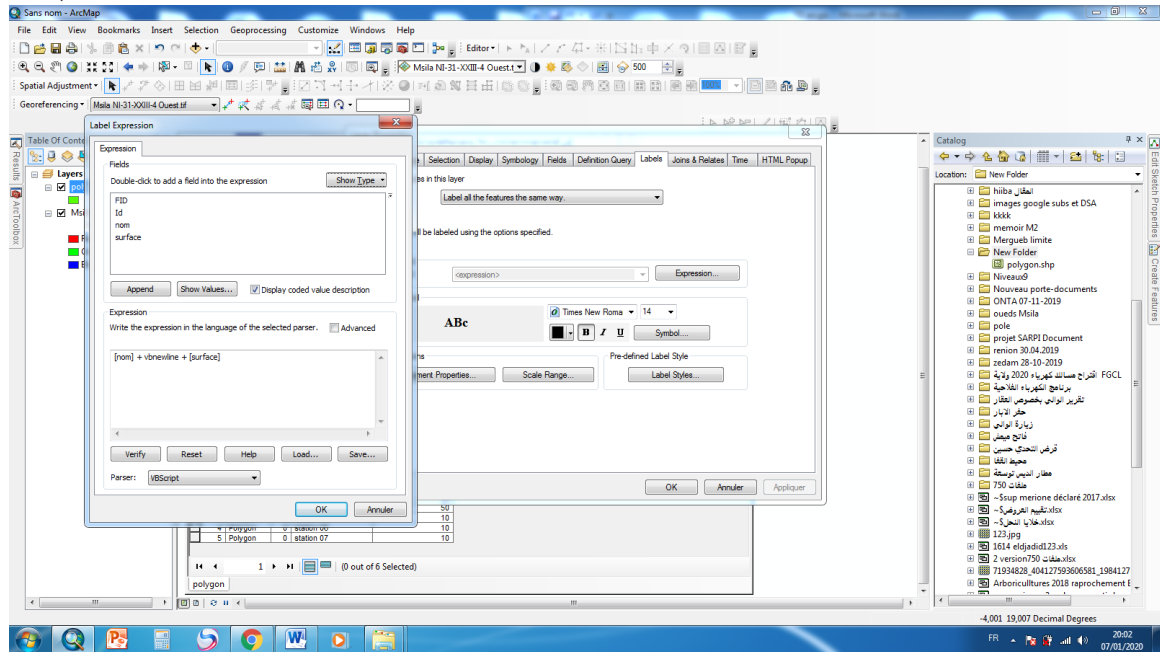
Annexes

Annexes

Afficher Labels de toutes les entités :



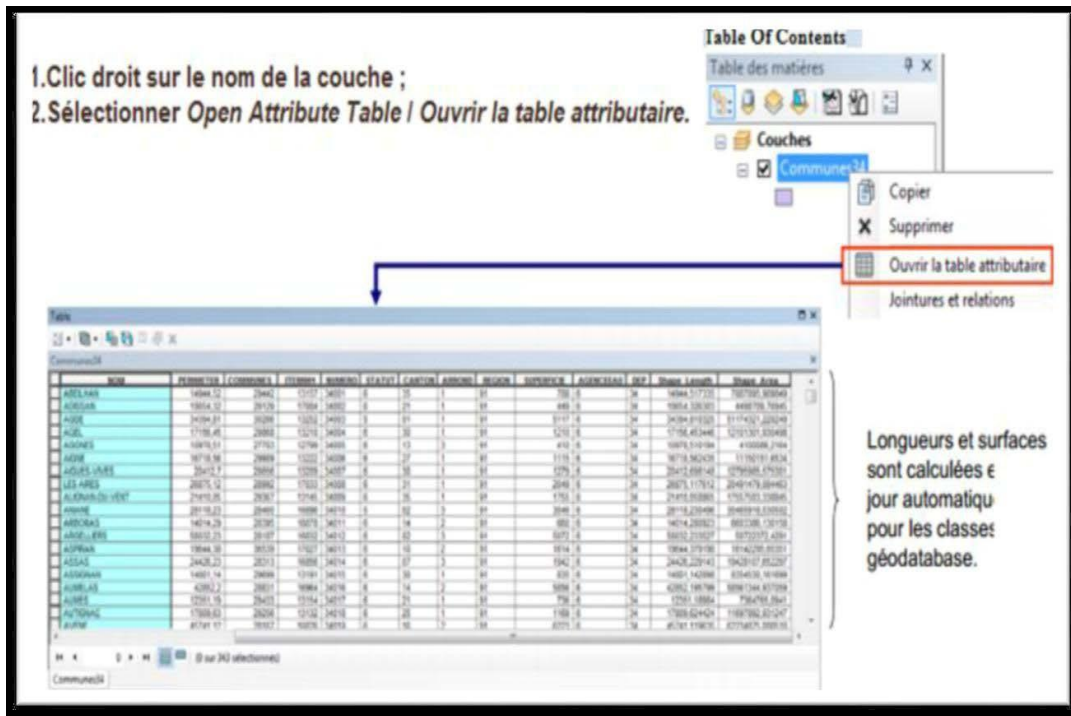
label (nom avec surface



Annexes

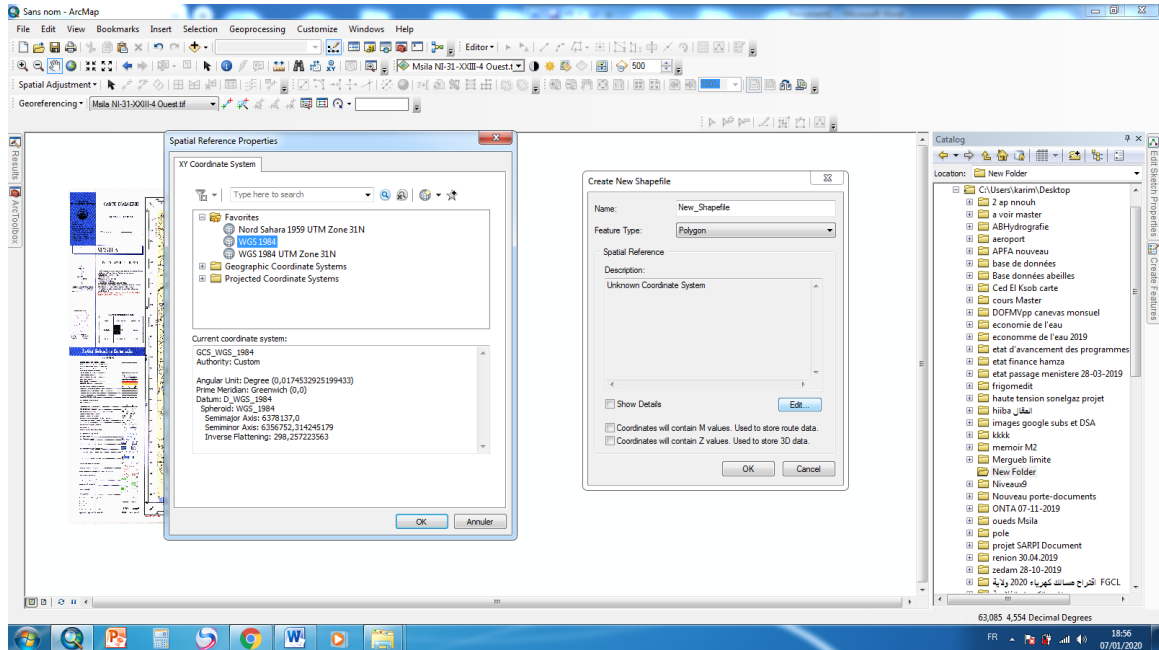
Afficher les données attributaires :

1. Clic droit sur le nom de la couche ;
2. Sélectionner *Open Attribute Table / Ouvrir la table attributaire.*



| NOM | PERIMETRE | COURONNE | PERIMETRE | SURTACHE | STATUT | CANTON | ANNEE | MUNICIPALITE | SUPERFICIE | ALTIMETRIE | POP | SHAPE_LENGTH | SHAPE_AREA |
|----------------|-----------|----------|-----------|----------|--------|--------|-------|--------------|------------|------------|----------|-------------------------|---------------|
| ABELLAH | 19964.52 | 20943 | 17172 | 34510 | 0 | 25 | 1 | SA | 708 | SA | 19964.52 | 3257304.80049 | 1000708.50845 |
| ADJOUR | 19854.52 | 20170 | 17089 | 34502 | 0 | 25 | 1 | SA | 485 | SA | 19854.52 | 3114432.822049 | 1000708.50845 |
| ADJE | 24939.81 | 20282 | 15270 | 34502 | 0 | 25 | 1 | SA | 3147 | SA | 24939.81 | 5114432.822049 | 1000708.50845 |
| ADJL | 17108.48 | 20282 | 15270 | 34502 | 0 | 25 | 1 | SA | 1210 | SA | 17108.48 | 3210131.820498 | 1000708.50845 |
| ADJNES | 16870.51 | 27702 | 12789 | 34502 | 0 | 13 | 1 | SA | 410 | SA | 16870.51 | 310008.7189 | 1000708.50845 |
| ADJNE | 30718.98 | 20949 | 13222 | 34508 | 0 | 27 | 1 | SA | 1119 | SA | 30718.98 | 5118191.4828 | 1000708.50845 |
| ADJNES SAHES | 32412.7 | 20949 | 13222 | 34507 | 0 | 27 | 1 | SA | 1279 | SA | 32412.7 | 5279485.170201 | 1000708.50845 |
| LES APRES | 20875.52 | 20950 | 17022 | 34508 | 0 | 25 | 1 | SA | 2046 | SA | 20875.52 | 32491478.884462 | 1000708.50845 |
| ALMADH-OU-VENT | 27470.85 | 20367 | 17145 | 34508 | 0 | 26 | 1 | SA | 1701 | SA | 27470.85 | 51701703.128845 | 1000708.50845 |
| ANJONE | 20119.22 | 20491 | 16888 | 34510 | 0 | 25 | 1 | SA | 3840 | SA | 20119.22 | 38491918.210512 | 1000708.50845 |
| ARBOUS | 14076.29 | 20367 | 16870 | 34511 | 0 | 14 | 1 | SA | 802 | SA | 14076.29 | 3882208.150178 | 1000708.50845 |
| ARJOL-ERS | 16822.23 | 20367 | 16870 | 34511 | 0 | 14 | 1 | SA | 802 | SA | 16822.23 | 3882208.150178 | 1000708.50845 |
| ASPRAK | 19844.38 | 20310 | 17022 | 34511 | 0 | 18 | 1 | SA | 1814 | SA | 19844.38 | 3814208.81021 | 1000708.50845 |
| ASSAS | 24428.22 | 20310 | 16888 | 34514 | 0 | 17 | 1 | SA | 1942 | SA | 24428.22 | 5184208.81021 | 1000708.50845 |
| ASGWAN | 14081.14 | 20689 | 13181 | 34515 | 0 | 18 | 1 | SA | 830 | SA | 14081.14 | 3104208.81021 | 1000708.50845 |
| AUSLAS | 42882.2 | 20681 | 16884 | 34516 | 0 | 14 | 1 | SA | 1888 | SA | 42882.2 | 3881104.81021 | 1000708.50845 |
| AUSLES | 17041.18 | 20421 | 17174 | 34517 | 0 | 14 | 1 | SA | 738 | SA | 17041.18 | 320111888.7984788.81021 | 1000708.50845 |
| AUTOMAS | 17088.82 | 20209 | 13182 | 34518 | 0 | 28 | 1 | SA | 1188 | SA | 17088.82 | 3188782.81021 | 1000708.50845 |
| AURM | 81781.17 | 20312 | 16878 | 34519 | 0 | 18 | 1 | SA | 8221 | SA | 81781.17 | 8221881.81021 | 1000708.50845 |

- ajouter Polygone dans le folder créer dans le desktop :



Sans nom - ArcMap

File Edit View Bookmarks Insert Selection Geoprocessing Customize Windows Help

Spatial Adjustment | Mola NI-31-XXIII-4 Ouest.t... | 500

Georeferencing | Mola NI-31-XXIII-4 Ouest.t...

Spatial Reference Properties

XY Coordinate System

Type here to search

Favorites

- Nord Sahara 1959 UTM Zone 31N
- WGS 1984
- WGS 1984 UTM Zone 31N
- Geographic Coordinate Systems
- Projected Coordinate Systems

Current coordinate system:

GCS_WGS_1984
Authority: Custom

Angular Unit: Degree (0,0174532925199433)
Prime Meridian: Greenwich (0,0)
Datum: D_WGS_1984
Spheroid: WGS_1984
Semi-major Axis: 6378137.0
Semi-minor Axis: 6356752.314245179
Inverse Flattening: 298.257222563

Create New Shapefile

Name: New_Shapefile

Feature Type: Polygon

Spatial Reference: Unknown Coordinate System

Description:

Show Details

Coordinates will contain M values. Used to store route data.
Coordinates will contain Z values. Used to store 3D data.

OK Cancel

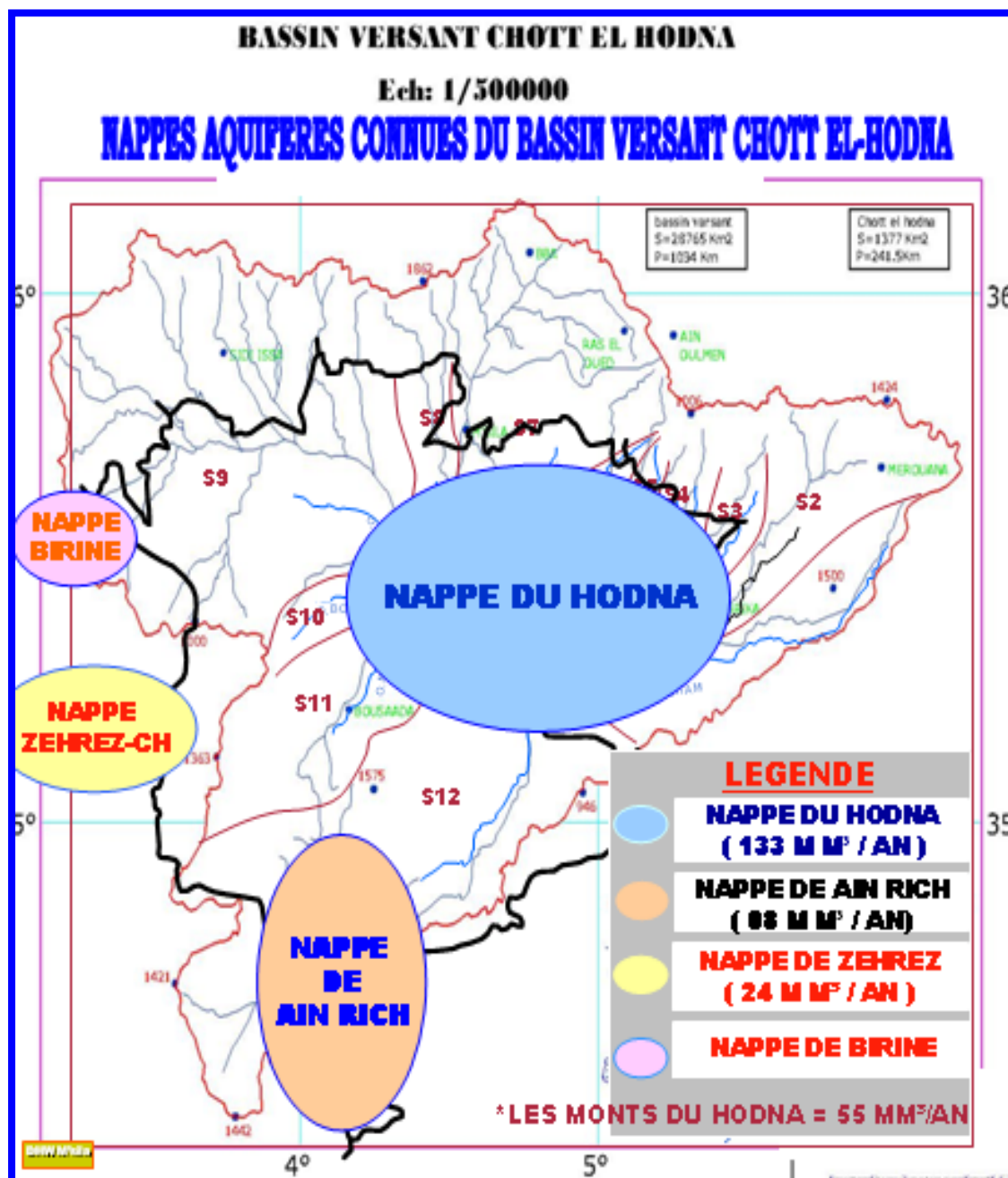
Catalog

Location: C:\Users\karim\Desktop

- New Folder
- 2 ap nnooh
- a voir master
- ABHydrographie
- serport
- APFA nouveau
- base de données
- Base données abelles
- Ced El Koub carte
- cours Master
- DORMpp canevas mensuel
- économie de l'eau
- économie de l'eau 2019
- etat d'avancement des programmes
- etat finance hamza
- etat passage ministere 28-03-2019
- frigimadit
- haute tension sonelgaz projet
- hiiba اهل
- images google subs et DSA
- kkkk
- memoir M2
- Mergueb limite
- New Folder
- Niveauud
- Nouveau porte-documents
- ONTA 07-11-2019
- oueds Mola
- pole
- projet SARPI Document
- renion 30.04.2019
- zedam 28-10-2019
- افراح ساند كهرية 2020 ودية FGCL

63,085 4,554 Decimal Degrees

FR 18:56 07/01/2020



Annexes

| Caractéristique | Paramètres | Normes | Unité |
|--------------------------------|---|------------|-------|
| Physico- Chimique | PH | 6.5- 9.2 | |
| | Conductivités | < 2800 | μs/cm |
| | Oxygènes dissous | < 8 | mg/l |
| | Résidu sec | < 2000 | mg/l |
| | Turbidité | < 5 | NTU |
| Minéralisation | Calcium Ca ⁺⁺ | 75 – 200 | mg/l |
| | Magnesium Mg ⁺⁺ | < 150 | mg/l |
| | Chlorure Cl ⁻ | 200 – 500 | mg/l |
| | Sulfate SO ₄ ⁻² | 200 – 400 | mg/l |
| | Dureté totale (TH) | 10 - 50 | F° |
| Eléments indésirables | Fer Fe ⁺² | 0 – 0.3 | mg/l |
| | Manganèse Mn ⁺² | 0 – 0.5 | mg/l |
| | Aluminium Al ⁺³ | < 0.2 | mg/l |
| Paramètres de pollution | Ammonium NH ₄ ⁺ | 0.05 – 0.5 | mg/l |
| | Nitrates NO ₃ ⁻ | 0 - 50 | mg/l |
| | Phosphate PO ₄ ⁺³ | 0 -0.5 | mg/l |

Résumé

Compte tenu de la sécheresse dans notre pays et du manque apparent de sources d'eau de surface et par conséquent les eaux souterraines. L'évaluation de la qualité naturelle des eaux souterraines des aquifères de bassin du Hodna est un paramètre important à étudier dans les régions semi-arides où 80% de la population vit dans ces zones. Dans ces zones, l'eau souterraine est utilisée principalement pour l'agriculture, l'industrie et l'alimentation en eau potable. Cette étude fait pour objectif d'évaluer la qualité naturelle de l'eau souterraine dans les sous-bassins du Hodna. Nous avons examiné l'étude de la qualité de ce dernières à l'aide du Système d'information géographique (SIG), qui permet d'examiner l'information spatiale. Après les résultats de l'analyse de l'eau, les résultats ont montré que la nappe phréatique de la région de Birin était l'une des plus fines du bassin, par opposition à la région de Boukhmissa, caractérisée par une élévation claire et significative des normes naturelles. Dans ce travail, nous avons présenté les étapes de la préparation des données nécessaires à la simulation, cela, tout d'abord par la construction des modèles d'une Base de Données Géographique (MBDG) pour l'évaluation et l'estimation de la qualité de ces eaux dans le bassin du Hodna.

Mots clés : Qualité des eaux souterraines, Bassin versant du Hodna, SIG, Base de donnée.

المخلص

ونظرا للجفاف في بلدنا والافتقار الواضح إلى مصادر المياه السطحية وبالتالي المياه الجوفية. ويعتبر تقييم نوعية المياه الجوفية الطبيعية لطبقات المياه الجوفية في حوض هودنا أحد المعالم الهامة للدراسة في المناطق شبه القاحلة حيث يعيش 80% من السكان في هذه المناطق. وفي هذه المناطق، تستخدم المياه الجوفية أساسا في الزراعة والصناعة وإمدادات مياه الشرب. والهدف من هذه الدراسة هو تقييم النوعية الطبيعية للمياه الجوفية في أحواض هودنا الفرعية. راجعنا دراسة الجودة لنظام المعلومات الجغرافية باستخدام نظام المعلومات الجغرافية، لفحص المعلومات المكانية. وبعد نتائج تحليل المياه، أظهرت النتائج أن منسوب المياه في منطقة بيرين كان من أنقى المنخفضات في الحوض، مقارنة بمنطقة بوخميسة، التي اتسمت بارتفاع واضح وهام في المعايير الطبيعية. وفي هذا العمل، قدمنا خطوات إعداد البيانات اللازمة للمحاكاة، أولاً من خلال بناء نماذج قاعدة بيانات جغرافية (MBDG) لتقييم وتقدير نوعية هذه المياه في حوض هودنا.

الكلمات الرئيسية: نوعية المياه الجوفية، مستجمعات المياه في هودنا، نظام المعلومات الجغرافية، قاعدة البيانات.

Summary

Given the drought in our country and the apparent lack of surface water sources and consequently groundwater. The assessment of the natural groundwater quality of Hodna Basin aquifers is an important parameter to study in semi-arid regions where 80% of the population lives in these areas. In these areas, groundwater is used mainly for agriculture, industry and drinking water supply. The objective of this study is to assess the natural quality of groundwater in the Hodna sub-basins. We reviewed the quality study of the GIS using the Geographic Information System (GIS), to examine spatial information. After the results of the water analysis, the results showed that the water table in the Birin region was one of the thinnest in the basin, as opposed to the Boukhmissa region, characterized by a clear and significant rise in natural standards. In this work, we have presented the steps of the preparation of the data necessary for the simulation, first of all through the construction of the models of a Geographic Database (MBDG) for the evaluation and estimation of the quality of these waters in the Hodna basin.

.Keywords: Groundwater quality, Hodna watershed, GIS, Database