

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

Faculté : Sciences
Département : Sciences de
la Nature et de la Vie
N° :



Domaine : Sciences de la Nature et de
la Vie
Filière : Ecologie et Environnement
Option : Ecologie des zones Arides et
Arides et Semi Arides

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Par : Mlle.TIHAR Meriem

Mlle.SEBTI Samia

Intitulé

Étude cartographique par le Système d'Information
Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya
de M'sila, Algérie

Soutenu devant le Jury composé de :

NOUIDJEM Yassine	Pr	Université de M'sila	Président
KHOUDOUR Djamel	MCA	Université de M'sila	Rapporteur
MERABTI Karim	MAA	Université de M'sila	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2022/2023



REMERCEMENTS

Tout d'abord, tout louange à dieu qui nous a fourni le courage, la capacité et la patience pour réaliser ce modeste travail avec toutes ses difficultés et ses obstacles.

*On remercie spécialement notre promoteur, Monsieur **KHOUDOUR Djamel**, Maître de conférence classe « B » à l'université de Msila, pour nous avoir accordé sa confiance pour mener à bien ce projet et pour l'encadrement de ce travail et sa disponibilité ainsi que ses conseils ont largement contribué à l'aboutissement de ce travail.*

*Un merci particulier à Messieurs, **BESKR Djamel** et Les hautes commissariat au développement de la steppe (**HCDS**) dans son ensemble, pour leurs qualités de collaboration.*

*Aussi nous remercie Monsieur **NOUIDJEM Yassine** et **MERABTI Karim** et membres du jury pour accepter évaluée ce modeste travail.*

Nos remerciements vont également au l'ensemble de ces proches qui ont supporté (et auront encore certainement à supporter).

Finalement, un grand merci à tous ceux et toutes celles qui d'une manière ou d'une autre nous ont aidés et soutenus de près ou de loin. Nos pensées vont à tous les enseignants qui ont participé à notre formation.

Merci

Dédicace

Je dédier ce mémoire à :

À celui qui m'a élevé enfant, m'a étreint comme une fille et m'a accompagné comme une jeune femme, A celui qui est parti et a laissé un grand vide dans ma vie, Il est impossible de t'oublier, peu importe combien d'années passent. Que Dieu ait pitié de toi, ma grand-mère.

A celui qui s'est battu pour moi, s'est battu pour me rendre heureuse, et a enduré les épreuves de la vie pour me servir, à mon soutien et ma fierté, au plus grand homme de l'univers : mon cher père.

A mon bonheur et mon ange, A celle dont le sourire est mon but... et sous les pieds duquel se trouve mon paradis, À celle qui m'a bien élevé, a nourri mes sentiments, m'a installé dans son cœur et m'a fait honorer et renforcé, A celle qui a le mérite de qui je suis maintenant, À celle que je trouve toujours à mes côtés et qui me soutenu dans ses prières et ses supplications, A ma grande et miséricordieuse mère, Merci d'être ma mère, je remercie Dieu pour toi toujours, Car j'appartiens, et je suis satisfait, et sans toi je suis fini.

Aux fleurs de ma vie et à mon précieux trésor : mes sœurs et mon frère.

Aux bourgeons et petit- enfants de la famille.

Merci ma famille d'être dans ma vie, et à toute ma famille TIHAR, TITRAOUI

et à tous ceux que j'aime ☺

Tihar Meriem

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect.

A mon père DJAMEL et ma mère le grand cœur sur la terre de m'avoir aidé avec leurs conseils et leur soutien moral.

À l'homme de ma vie, mon marie ABD ELAZIZ et mon petit cœur, mon fils ABD EL DJALIL.

A mes chers sœurs HASNA, ZAHRA, AMINA (vous êtes dépensés pour moi sans compter, en reconnaissant de tous les sacrifices

Consentis par tous et chacun pour une permettre d'atteindre cette étape de ma vie)

A tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près.

A toute personne qui va lire cette thèse.

A toutes ces personnes je dédie ce modeste ouvrage.

Sebti Samia

Liste des abréviations

SIG : Système D'Information Géographique

SI : Système d'Information

IG : Information Géographique

PC : Personal Computer

MNT : Modèles Numérique De Terrain

MNA : Modèles Numérique D'Altitude

TIN : Triangular Irregular Network

ESRI : Environmental System Research Institute

BDG : Bases Des Données Géographiques

BD : Base De Données

MBDG : Model D'une Base De Donnée Géographique

SGBD : Système Gestion De Base De Données

SGBDR : Systèmes De Gestion De Bases De Données Relationnelles

SQL : Structured Query Language

STT : Systèmes D'Information De Territoires

SIRS : Système d'Information à Référence Spatiale

DRE : Directions Des Ressources en Eau

ANRH : Agence National Ressources Hydrauliques

ANBT : Agence National Des Barrages et Des Transferts

ONM : Office Nationale de Météorologie

K_G : L'Indice de compacité de Gravélius

Liste des abréviations

ORSTOM : Office de la **R**echerche **S**cientifique et **T**echnique **O**utre - **M**er

3D : **3** Dimension

Ha : Hactare

H : Heures

Hab : Habitant

Hab/km² : Habitant par **K**ilomètre **c**arré

Hm³/An : Hectomètre cube par **A**n

Km : **K**ilomètre

Km² : **K**ilomètre **c**arré

Mm : **M**illimètre

M : **M**ètre

M/km : **M**ètre par **K**ilomètre

Mm/An : **M**illimètre par **A**n

M/S : **M**ètre par **S**econde

GPS : **G**lobal **P**ositioning **S**ystem

°C: **D**egré **C**elsius

Liste des figures

Figure I.1 : La géomatique.....	05
Figure I.2 : Exemples d'images raster.....	07
Figure I.3 : Principe d'une image raster.....	08
Figure I.4 : Les primitives géométriques du mode vecteur.....	08
Figure I.5 : Modes de données dans un SIG	09
Figure I.6 : La superposition de données de couches différentes	10
Figure I.7 : Composantes d'un SIG	13
Figure I.8 : Les fonctionnalités du SIG.....	14
Figure I.9 : Exemple d'un bassin versant topographique (L'Algérois)	20
Figure I.10 : Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique	21
Figure II.1 : Présentation de zone d'étude.....	25
Figure II.2 : Les sous- bassins versants qui touchent la wilaya de M'sila.....	26
Figure II.3 : Relief de bassin versant du Hodna.....	26
Figure II.4 : Géologie du bassin versant du Hodna	28
Figure II.5 : Pédologie de la région du Hodna.....	29
Figure II.6 : Pluviométrie dans le bassin versant du Hodna	30
Figure II.7 : Carte de couverture végétale du bassin versant de Hodna	32
Figure II.8 : Réseau hydrographique de zone d'étude.....	33
Figure III.1 : MNT du relief de bassin versant du Hodna	40
Figure III.2 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant El ham	41
Figure III.3 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Leham	42

Liste des figures

Figure III.4 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Lougmane	43
Figure III.5 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant K'sob.....	44
Figure III.6 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Soubella	45
Figure III.7 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Barika.....	46
Figure III.8 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Boussaâda.....	47
Figure III.9 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant M'cif.....	48
Figure IV.1 : Base de données géographiques BDG.....	59
Figure IV.2 : MBDG – Ecoulements du sous-bassins versants de la wilaya de M'sila.....	60
Figure IV.3 : MBDG – Pluviométries du sous-bassins versants de la wilaya de M'sila.....	61
Figure IV.4 : MBDG – L'indice de compacité de Gravélius (KG) du sous-bassins versants.....	62
Figure IV.5 : MBDG – Réseaux hydrographique de wilaya de M'sila.....	63
Figure IV.6 : MBDG – Déférents caractéristiques de sous bassins principales.....	64

Liste de tableaux

Tableau I.1 : Les périodes principales dans l'évolution des SIG selon.....	12
Tableau III.1 : Caractéristiques hydrographiques des sous bassins principales	36
Tableau III.2 : Les paramètres morphométriques des sous bassins hydrographiques.....	38
Tableau III.3 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin El ham.....	41
Tableau III.4 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin Leham	41
Tableau III.5 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin Lougmane.....	42
Tableau III.6 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin K'sob	43
Tableau III.7 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Soubella.....	44
Tableau III.8 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Barika	45
Tableau III.9 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Boussaâda	46
Tableau III.10 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin M'cif.....	47
Tableau III.11 : Altitudes moyennes et médiane, maximales et minimales des sous-bassins.....	49
Tableau III.12 : Classification du relief selon Ig par l'ORSTOM.....	49
Tableau III.13 : Pente globale des sous-bassins.....	50
Tableau III.14 : Dénivelée globale des sous bassins.....	50
Tableau III.15 : Classification de l'ORSTOM Selon dénivelé spécifique.....	51
Tableau III.16 : Dénivelée spécifique des sous bassins	51
Tableau III.17 : Les caractéristiques des sous bassins versants.....	53



Table des matières



Table des matières

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.....	05
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.....	11
I.1.9. Historique du SIG.....	12
I.1.10. Les composantes d'un SIG.....	12
I.1.11. Les fonctionnalités du SIG.....	13
I.1.12. Le rôle des SIG.....	15
I.1.13. Domaines d'application.....	15
I.1.14. Présentation des principaux logiciels de SIG.....	16
I.1.15. Modèles Numériques d'Altitude.....	18
I.2. Bassin versant et son complexe.....	19
I.2.1. Définition de bassin versant.....	19
I.2.2. Hydrologie de bassin versant.....	21
I.2.2.1. L'eau.....	22
I.2.2.1.1. Généralité	22
I.2.2.2. Cycle d'hydrologique.....	22
I.2.2.3. Le bilan hydrographique.....	23

Chapitre II : Situation géographique et caractéristiques générales des bassins versants

Table des matières

II. Généralités sur le bassin versant d'El-Hodna.....	25
II.1. Présentation de la zone d'étude.....	25
II.2. Le Relief.....	26
II.3. Géologie.....	27
II.4. Sols.....	28
II.5. Le climat de la région.....	30
II.5.1. La pluviométrie.....	30
II.5.2. La température.....	30
II.5.3. Le vent.....	31
II.5.4. L'humidité.....	31
II.6. Couvert végétal.....	32
II.7. Réseau hydrographique.....	32

Chapitre III : Matériels et approche méthodologique

III.1. Etude hydrologique.....	35
III.1.1. Collecte des données	35
III.1.2. Les outils des traitements des données	35
III.2. Etude cartographique.....	35
III.2.1. Collecte des cartes	35
III.2.2. Traitement des cartes	35
III.2.3. Cartographie thématique.....	35
III.2.3.1. Description de la méthode.....	36
III.2.4. Caractéristiques géométriques et topographiques.....	37
III.2.4.1. Caractéristiques géométriques.....	37
III.2.4.1.1 Surface	37
III.2.4.1.2. Périmètre et rectangle équivalent.....	37
III.2.4.1.3. Forme.....	38
III.2.4.2. Caractéristiques topographiques	39
III.2.4.2.1. Etude du relief.....	39
III.2.4.2.2. Altitudes caractéristiques des sous-bassins.....	48
III.2.4.2.3. Indice de pente globale	49
III.2.4.2.4. Dénivelée globale	50

Table des matières

III.2.4.2.5. Dénivelée spécifique.....	51
--	----

Chapitre IV : Résultats et discussion / Mise en place d'un système d'information géographique (base de données à référence spatiale) pour l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila.

IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila.....	56
IV.2. Les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale.....	58
IV.2.1. Structuration des données.....	58
IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques.....	58
IV.2.1.2. L'implantation des données structurées dans un système informatique	65
IV.2.2. Le travail sous environnement SIG : Intégration des données géographiques et traitement de l'information	65

Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Résumé



Introduction



Introduction

Un bassin versant est un domaine dans lequel tous les écoulements des eaux et une portion de territoire délimitée par des lignes de crête, dont les eaux alimentent un exutoire commun. La ligne séparant deux bassins versants adjacents est une ligne de partage des eaux. Chaque bassin versant se subdivise en un certain nombre de bassins élémentaires correspondant à la surface d'alimentation des affluents se jetant dans le cours d'eau principal. Chaque bassin versant se caractérise par différents paramètres géométriques (surface, pente).

Les techniques classiques utilisées dans l'étude du complexe physique d'un bassin versant sont basées essentiellement sur des méthodes manuelles, dont les résultats obtenus généralement sont incorrects, avec l'apparition des nouveaux outils tel que les SIG et la télédétection, il est devenu facile de déterminer les paramètres de forme, de relief et la typologie d'un réseau hydrographique.

Le système d'information géographique (SIG) est un « système informatique composé de matériel, de logiciels et de processus conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de des données spatialement référencées afin de résoudre des problèmes complexes de planification et de gestion » (*FICCDC.*, 1988). Il peut également être défini comme un « ensemble de données identifiées dans l'espace, structurées de manière à afin de pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la prise de décision » (*Didier.*, 1990).

L'utilisation du SIG pour le dépistage se fait normalement en classant une carte individuelle, selon les critères, en classes définies avec précision ou en créant des zones tampons autour des caractéristiques géographiques pour être protégé. (*Charnpratheep K et al.*, 1997), (*Keir A.W et al.*, 1993), l'utilisation du SIG raster et vectoriel pour le processus de sélection d'un site à grande échelle. Aujourd'hui, le développement des techniques modernes d'acquisition et fournir des informations numériques a permis de représenter à la fois la topographie de l'environnement au moyen de modèles numériques d'altitude (MNA) ainsi que la représentation de l'occupation du sol grâce à des photographies aériennes ou des données satellitaires. Ces informations sont de plus en plus utilisées pour décrire les caractéristiques physiques des bassins versants et de cartographier numériquement leur couverture (*Hamenni N et al.*, 2011).

Dans cette étude, nous allons essayer de mieux comprendre l'application de SIG sur l'étude cartographique des bassins versants dans la région de la wilaya M'sila, d'optimiser l'interprétation des analyses cartographiques en utilisant des moyens plus adéquats et de maîtriser les méthodes de cartographie assistée par ordinateur, La méthodologie présentée consiste à intégrer, dans SIG. Trois facteurs contrôlant les caractéristiques morphométriques de ce sous-bassins :

Introduction

- Caractéristiques géométriques ;
- Caractéristiques topographiques ;
- Caractéristiques hydrographiques.

A la fin de ce travail nous tenterons de mettre en relation les informations ressortant des cartes que nous aurons créées, de les croiser. De cette façon, nous approcherons le processus de géo-traitement (traitement d'informations spatiales) et d'analyse, phases majeures dans l'élaboration et l'utilisation d'un SIG.

L'objectif de notre travail est de faire une étude cartographique des bassins versants de la région de M'sila, et élaboration d'une base de données à l'aide de SIG.

Dans la suite, ce mémoire s'organise de la manière suivante :

- Le chapitre 1 : Présentation des données bibliographiques sur définit l'information géographique, sa représentation et ses caractéristiques, puis nous présenterons le système d'information géographique, ses fonctionnalités et son domaine d'application et l'hydrologie de bassin versant.
- Le chapitre 2 : Englobe une Présentation des caractéristiques générales des bassins versants
- Le chapitre 3 : Met l'accent sur la méthodologie de l'étude.
- Le chapitre 4 : Résultats et discussion / Mise en place d'un système d'information géographique pour l'étude cartographique des bassins versants de la Wilaya de M'sila.



Chapitre I :

Synthèse Bibliographique



I.1. Le Système d'Information Géographique

I.1.1. Généralité

Les enjeux majeurs auxquels il faut faire face aujourd'hui (environnement, aménagement de territoire...), ont tous un lien étroit avec la 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. Les systèmes d'information géographique (S.I.G) sont en pleine expansion et ne cessent de demander, de plus en plus, des données fiables provenant de sources diverses, leur mise en correspondance, leur comparaison et leur intégration. L'acquisition d'information géographique à partir d'images aériennes ou d'images satellitaires d'observation de la terre représente un potentiel important. 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 (Bresso M., Haurie A., 1996).

I.1.2. Pourquoi la géographie ?

C'est la science qui a pour objet la description de la terre et en particulier l'étude des phénomènes physiques, biologique et humaines qui se produisent sur le globe terrestre, discipline scolaire, universitaire correspondante (Paul L., Bernard Q., 1971 à 1994).

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) (Bord J., Baduel P., 2004).

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 positionnement par satellite, la télédétection, les systèmes d'information géographique et la cartographie (Le Garff A., 1975).

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

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

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

La géomatique a pour objet la gestion de données à référence spatiale et fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage et leur traitement. Le nom « géomatique » (Figure I.1), proposé en 1968 par le géomètre français Dubuisson Bernard, 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 (Guégan J., Choisy M., 2009).



Figure I.1 : La géomatique (Makhzoum Y., Mahdid B., 2019)

I.1.4. L'information géographique

I.1.4.1. Définition

L'information géographique est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel ou imaginaire, présent, passé ou futur, localisé dans l'espace à un moment donné (quelle qu'en soient la dimension et l'échelle de représentation). Il s'agit d'un type d'information très répandu, décrivant des objets, phénomènes, êtres vivants ou sociétés, dès lors qu'ils sont reliés à un territoire. L'information géographique est composée d'informations géométrique, descriptive et topologique. Elle constitue une interprétation, ou plutôt, comme le dirait (*Bordin P., 2006*), 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 (*Denègre J., Salgé F., 2004*) :

- 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 (*Brocard M et al., 1996*).

Le terme d'information localisée ou information spatiale désigne toute information relative à un point ou un ensemble de points spatialement référencés à la surface de la terre (*Gandon F., 1991*).

I.1.4.2. Les composants d'informations géographiques

L'information géographique a une double composante (*Quodverte Ph., 1994*) :

- **Une composante graphique (information géométrique ou spatiale) :** Description de la forme de l'objet géographique et sa localisation dans un référentiel cartographique.
- **Une composante attributaire (informations descriptives ou sémantique) :** 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.
- 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) (*Ahmed M et al., 2022*).

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 (*Rigaux Ph., 2001*). Le choix dépend de la nature des données géographiques et de leur utilisation (*Couclelis H., 1992*).

❖ Mode raster :

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

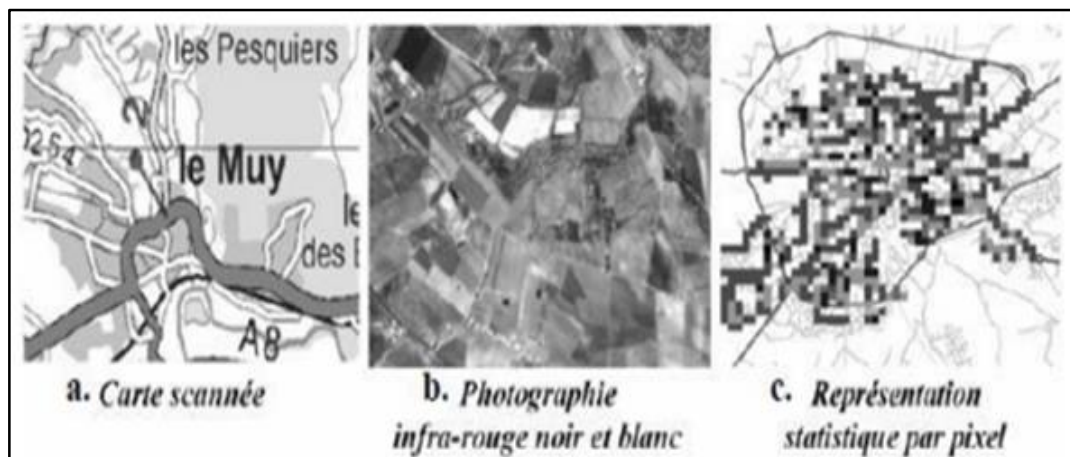


Figure I.2 : Exemples d'images raster (*Collet C., 1992*)

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

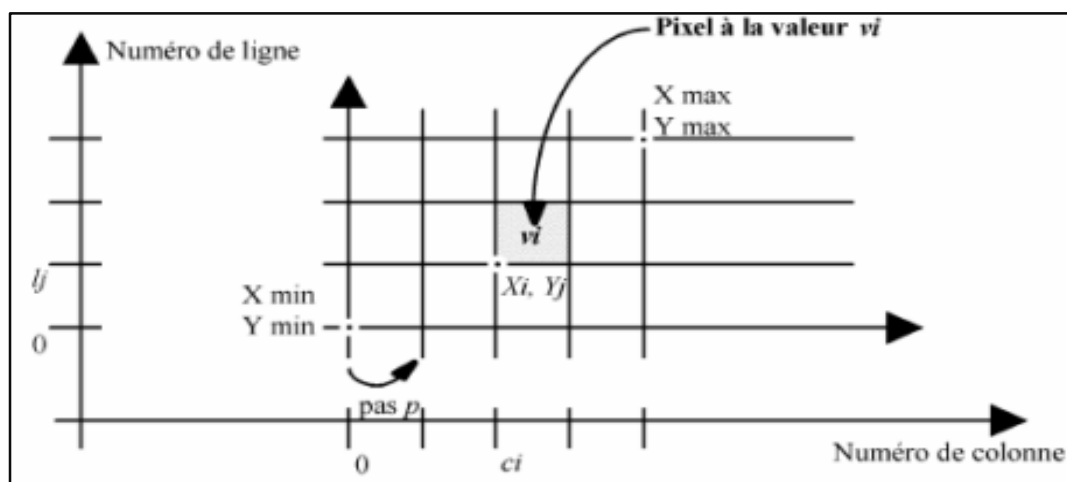


Figure I.3 : Principe d'une image raster (Denègre J., Salgé F., 2004)

❖ 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 constitutants. Pour les expliciter, il s'appuie sur trois primitives géométriques : le point, la polyligne et le polygone (Bordin P., 2006).

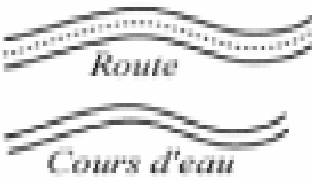
Exemples	Information géographique	Traduction en mode vecteur
 Maison Château d'eau	ponctuelles	
 Route Cours d'eau	linéaires	
 Parcelle Commune	surfaciques	

Figure I.4 : Les primitives géométriques du mode vecteur (Collet C., 1992)

Comme le souligne certains l'auteur (Bonin O., 2002), 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.

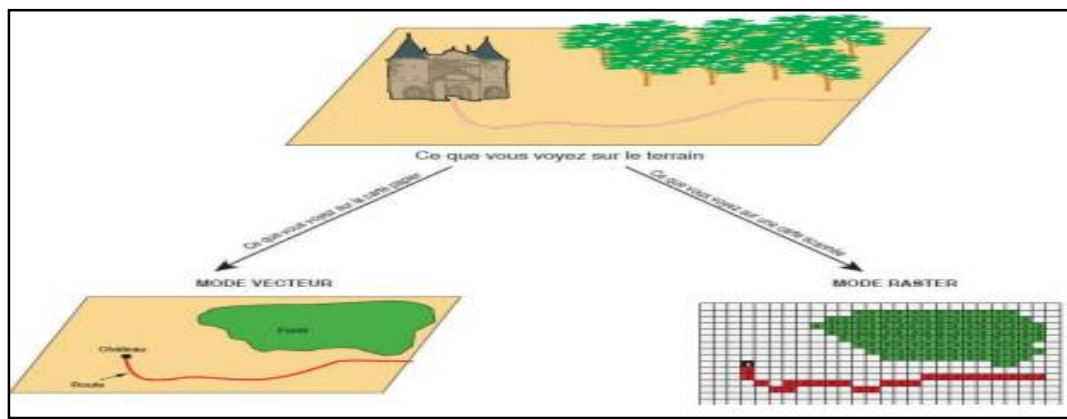


Figure I.5 : Modes de données dans un SIG (Habert E., 2000)

Ces deux représentations exigent des moyens d'acquisition des données bien distincts. On peut citer les moyens suivants (Quodverte Ph., 1994) :

- 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 (Mouilah Ch., 2013).

* La dualité raster – vecteur permet une articulation entre deux logiques : une logique locale pour les vecteurs et une logique globale pour les images numériques (Mouilah Ch., 2013).

* Elle conduit à une extension du concept SIG vers une intégration des données adaptée à (Mouilah Ch., 2013) :

- La transformation de données d'origines différentes, de natures différentes.
- La mise à jour de données sous différentes formes.
- L'extraction d'information.

- La gestion cohérente d'un ensemble de multicouches de données en évitant les redondances.
- La superposition (ou croisement) de données de couches différentes.

La base de données qui est le moteur central de ce système, est un outil d'aide à l'organisation et à l'interrogation. Le croisement peut être réalisé sous forme vectorielle ou Raster (*Mouilah Ch., 2013*). Cette structuration rend ces informations superposables, compatibles, combinables et par conséquent analysables (*Biomonte S., 2007*).

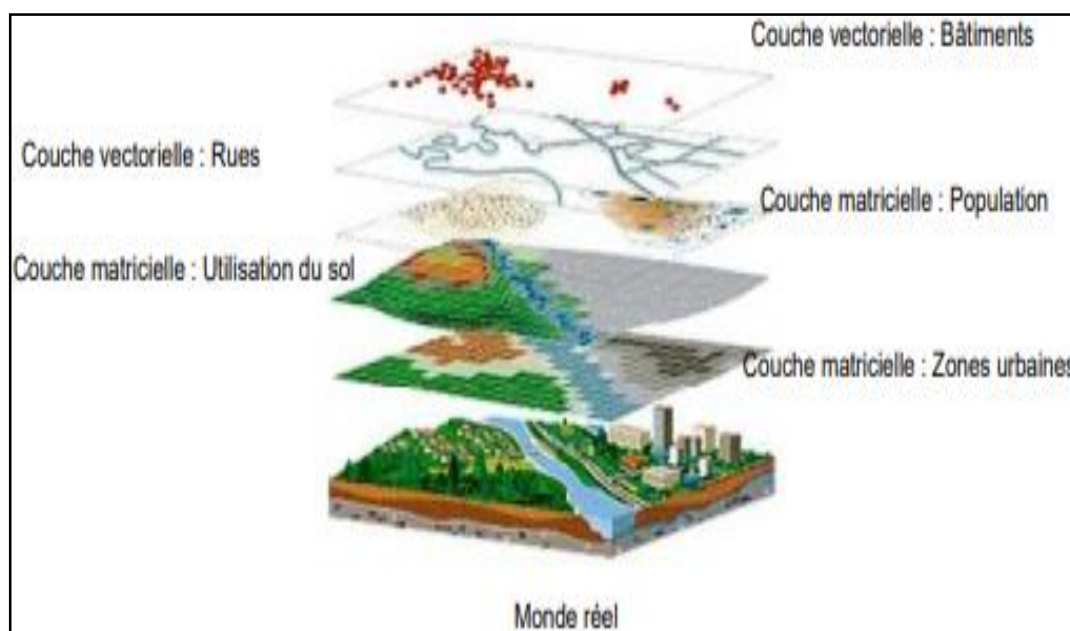


Figure I.6 : La superposition de données de couches différentes (*Caloz R., Collet C., 2011*)

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 (*Ahmed M et al., 2022*).

I.1.6. Caractéristiques de l'information géographique

Il y a plusieurs types d'objets géographiques. Pour (*Herve G., Claude M., 2000*), l'individu statistique en géographie peut être :

- Une unité spatiale provenant du découpage d'un espace continu. Ce découpage spatial peut être administratif, politique ou correspondre à une réalité physique (bassin versant, vallée, plaine, etc).
- Une entité ou un objet dans l'espace : cela peut être un ménage, une entreprise ou une exploitation agricole ou, à une autre échelle géographique, l'îlot, le quartier, la ville, etc.

- Un flux ou un échange entre deux lieux géographiques. Ce flux peut être un flux migratoire, des flux de marchandises, d'informations, etc. Géométriquement, cette information peut être :

1. Ponctuelle : Un sujet ou un objet localisé dans l'espace.
2. Linéaire : Un flux, un réseau entre deux ou plusieurs points.

I.1.7. Notion du système d'information

Partons de la définition la plus large et la plus générale du système, Le système d'information est un ensemble d'éléments (des composants de traitement de l'information et de communication) en relation les uns les autres et formant un tout, organisé dans le but d'accomplir des fonctions de traitement de l'information. D'autres définitions sont plus précises pour ce système comme :

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

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

Tout système d'information, quel que soit son objet, peut s'analyser comme une réponse spécifique à quelques questions essentielles, à savoir (*Mouilah Ch., 2013*) :

- 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 ? À quel moment ?

I.1.8. Système d'information géographique

Plusieurs définitions d'un système d'information géographique peuvent être proposées par les auteurs et qui se distinguent les uns des autres par leur domaine d'application :

- 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 » (*Microplan., 2004*).

- Selon Knoepfel « Système d'Information à Référence Spatiale » (SIRS) a été proposé comme étant plus générique, il s'est notamment largement répandu au Canada. Mais, le terme « Système d'Information du Territoire » (SIT) est généralement utilisé dans les domaines du cadastre et de l'aménagement du territoire (*Knoepfel P et al., 2005*).

I.1.9. Historique du SIG

Premièrement les SIG sont parus pendant les années 60 au Canada et aux Etats Unis. Les chercheurs de Canadian Geographic Information System (1964) sont les premiers qui ont utilisés les SIG pour rassembler des informations relatives à l'usage du sol, et des données concernant l'environnement, sur une grande partie du Canada. Deux autres institutions aux Etats Unis à savoir le « New York Land Use Information System (1967) » et le « Minnesota Information System (1969) » ont aussi utilisés les SIG durant cette décade. Depuis lors, les coûts et les difficultés techniques ont largement réduit (*Kouba Y., 2018*).

Tableau I.1: Les périodes principales dans l'évolution des SIG selon (*Maquire D et al., 1991*)

Période	Evolution de SIG
Fin des années 1950-milieu des années 1970	Début de l'informatique, premières cartographies automatiques.
Milieu des années 1970-début des années 1980	Diffusion des outils de cartographie automatique / SIG dans les organismes d'État (armée, cadastre, services topographiques, ...).
Depuis les années 1980	Croissance du marché des logiciels, développements des applications sur PC, mise en réseau (bases de données).
Depuis les années 1990	Des applications sur Internet et une banalisation de l'usage de l'information géographique (cartographie sur Internet, calcul d'itinéraires routiers, utilisation d'outils embarqués liés au GPS...).

I.1.10. Les Composantes d'un SIG

Selon (*ESRI France., 2018*) un système d'information géographique est constitué de 5 composants majeurs :

➤ Matériels informatiques (hardware)

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

➤ Logiciels (software)

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

➤ **Données (DATA= Information géographique)**

Les données constituent la composante maîtresse des SIG. L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise auprès de producteurs de données

➤ **Personnel formé / Les utilisateurs (People)**

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

➤ **Méthodes (Savoir-faire)**

La méthode présente l'intelligence de l'utilisateur et sa capacité de structurer le travail par un schéma logique afin d'étudier une thématique donnée. La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.



Figure I.7 : Composantes d'un SIG <http://www.afigeo.asso.fr/les-sig.html>

I.1.11. Les Fonctionnalités du SIG

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 6 fonctionnalités « on les appelle les 6A » que tous les SIG doivent assurer (Figure I.8) (Denège J., Salgé F., 1996) :

- **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.).
- **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.
- **Anticipation** : Prospective.

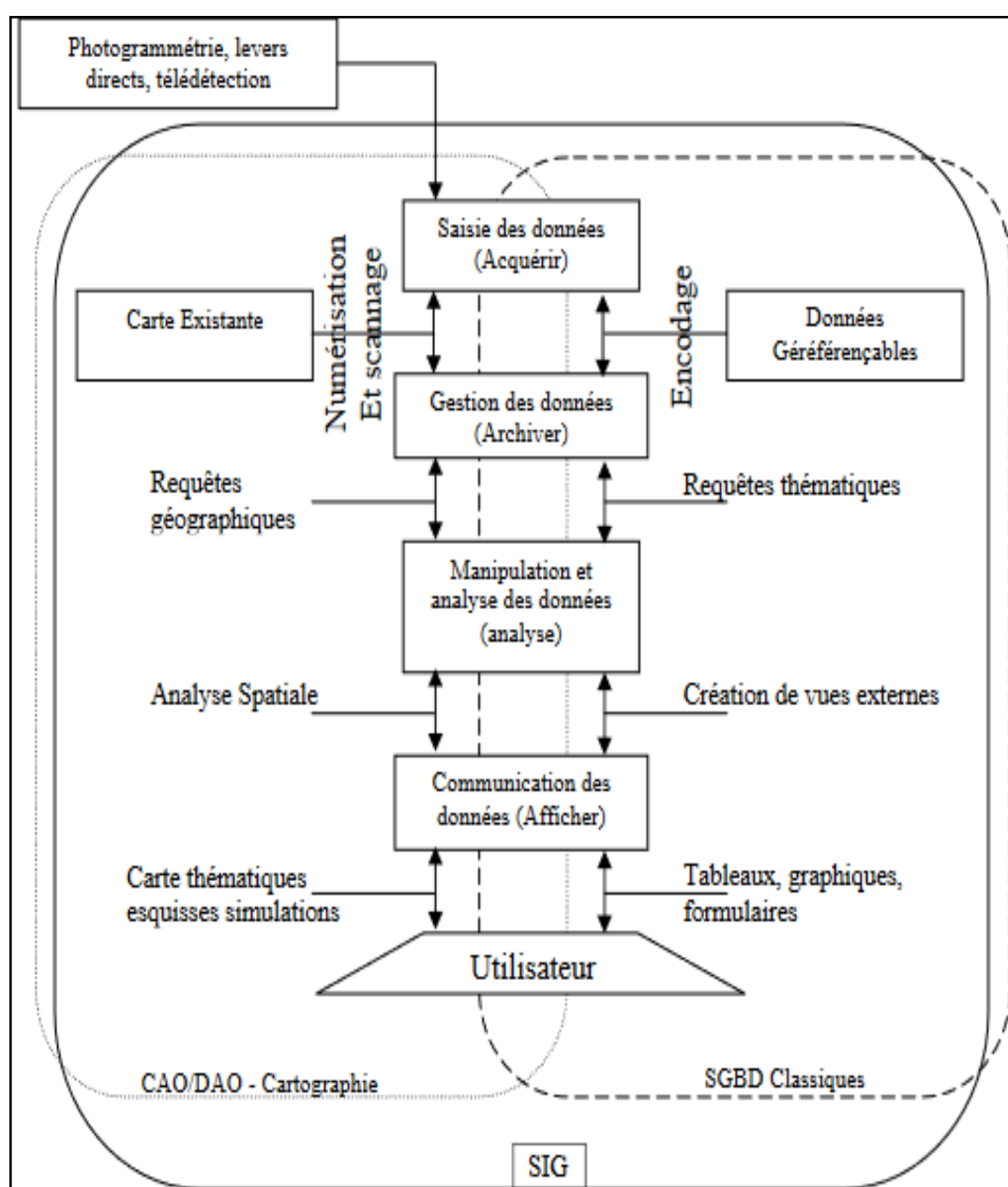


Figure I.8 : Les fonctionnalités du SIG (Nottet A., 2002)

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 (*Hamenni N et al., 2011*) :

- Acquisition, Archivage, Analyse, Affichage, Abstraction.

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

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

I.1.13. 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. En plus des domaines suivants (*Maguire D et al., 1991*) :

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

I.1.14. Présentation des principaux logiciels de SIG

Il y a beaucoup de logiciel SIG nous citons à titre exemple ceux que nous avons pu avoir en précisant Celui utilisé dans notre projet (*Mouilah Ch., 2013*) :

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 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.

Arc GIS 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 Model Builder : 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 Analyste (module raster) et 3D Analyste.

- **MapInfo**

Mapinfo est un logiciel SIG qui présente une interopérabilité importante, en raison d'un convertisseur de formats intégrés. Sur le plan des fonctions disponibles, il est moins complet qu'Arc GIS 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.

- **Géoconcepte**

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 :

- Geomedia Professional : digitalisation, analyse, présentation cartographique etc.
- Geomedia Terrain : création et analyse de MNT.
- Geomedia Image : traitement d'images.
- Geomedia Grid : 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 SIG bureautique conçue pour interroger et mettre à jour des bases de données, produire des rapports, réaliser des analyses thématiques etc.
- STAR NeXt est une plate-forme SIG 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 SIG vectoriel gratuit, il intègre toutes les fonctionnalités de base nécessaires à la gestion d'un SIG de taille réduite.

I.1.14.2. Logiciels en mode RASTER

- **IDRISI**

Est un SIG 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 SIG propriétaires.

I.1.15 : Modèles Numériques d'Altitude

Depuis les années 1990, la puissance des micros ordinateurs a permis le large développement des Modèles Numériques de Terrain. Sous ce vocable on confond souvent l'ensemble de programme permettant de traiter la topographie d'une zone (le MNT au sens strict) et les altitudes aux nœuds d'un maillage régulier couvrant la zone d'étude (le Modèle Numérique D'altitude). A partir d'un MNA, le MNT permet de calculer automatiquement tous les paramètres classiques tels que la pente, l'orientation des versants, etc ...il peut également déduire de la topographie et à partir d'un point exutoire donné, retrouver les contours d'un bassin versant, le réseau hydrographique, etc. La plus grande difficulté consistait à digitaliser le relief à partir de supports cartographiques (*Laborde J., 2000*).

Le modèle numérique d'altitude (MNA) offre une représentation numérique du relief d'un territoire généré à partir de données altimétriques (altitude) et planimétriques (rectangulaires ou géographiques) (*Hamenni N et al., 2011*).

Un MNA peut être représenté sous différentes formes et suivant son exploitation (*Charleux-Demargne J., 2001*).

Une nouvelle approche est développée pour la représentation altimétrique fondée sur la Triangulation de Delaunay (TIN), c'est-à-dire l'approche géométrique des MNT (*Rognant L., 2000*).

Le résultat n'est plus une grille régulière, mais un réseau de triangles irréguliers reliant un ensemble de points en nombre fini dont l'altitude est connue. Le MNA est calculé à partir de cet ensemble de points. Comme pour les MNA raster, ces points sont aussi ceux de construction des courbes de niveau.

Contrairement au MNA raster, le TIN n'est interpolé qu'à partir des points existants. Il s'agit ici d'une tessellation irrégulière (Hamenni N et al., 2011).

A partir de cette approche (TIN), il est possible de déterminer plusieurs attributs du modèle numérique d'altitude tels que des attributs topographiques (élévation, orientation, pente, surface, courbure) qui influencent diverses grandeurs intervenant directement dans les processus d'écoulement (Roche M., 1963).

Etant donné, que nous disposons des courbes de niveau à l'échelle 1/50 000, la structure TIN (Triangular Irregular Network) est une adaptation du modèle vectoriel pour la représentation de la topographie (Laurini R., Thomson D., 1992).

Ainsi, grâce au SIG, nous avons pu obtenir le modèle numérique d'altitude (MNA) de la zone d'étude et déduire les fichiers dérivés notamment carte hypsométrique, situation géographique, les cartes de répartition spatiale, etc....à l'aide d'un SIG (ArcGis et GvSig). La projection utilisée dans cette étude est celle de coordonnées kilométriques Lambert. Et en fin les cartes ont une place toute particulière au sein d'un SIG. Le processus de réalisation d'une carte avec un Système d'Information Géographique est beaucoup plus souple qu'une carte produite manuelle ou automatisée. Les informations existantes sur support papier peuvent être digitalisées et toutes les autres sources informatiques sont facilement intégrées au sein du SIG. 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 (Hamenni N et al., 2011).

Aujourd'hui, le développement de techniques modernes d'acquisition et de mise à disposition d'informations digitales a rendu possible la représentation à la fois de la topographie du milieu par le biais de modèle numérique d'altitude (MNA) ainsi que la représentation de l'occupation des sols par le biais de photographies aériennes ou de données satellitaires. Ces informations servent de plus en plus à la description des caractéristiques physiques des bassins versants et à la cartographie numérique de leur couverture (Musy A., 2005).

1.2. Le Bassin Versant et Son Complexe

1.2.1. Définition de Bassin Versant

Le bassin versant qui peut être considéré comme un " Système " est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire. On définit aisément le bassin versant topographique limité par une ligne de partage des eaux, mais celui-ci peut différer du bassin versant réel à cause des circulations souterraines ou à cause d'effets anthropiques (Talatizi A., 2014).

Le bassin versant représente, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Le bassin versant en une section d'un cours d'eau est défini comme la surface drainée par ce cours d'eau et ses affluents en amont de la section. Tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit donc traverser la section considérée, appelée exutoire, pour poursuivre son trajet vers l'aval les différents paramètres du bassin versant (forme, altitude, pente, relief...etc.) Interviennent dans les différents écoulements (Laborde J., 2009).

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est donc défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite (Musy A., Higy C., 2003).

Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de bassin versant topographique. Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines (Voir Figure I.9) (Talatizi A., 2014).

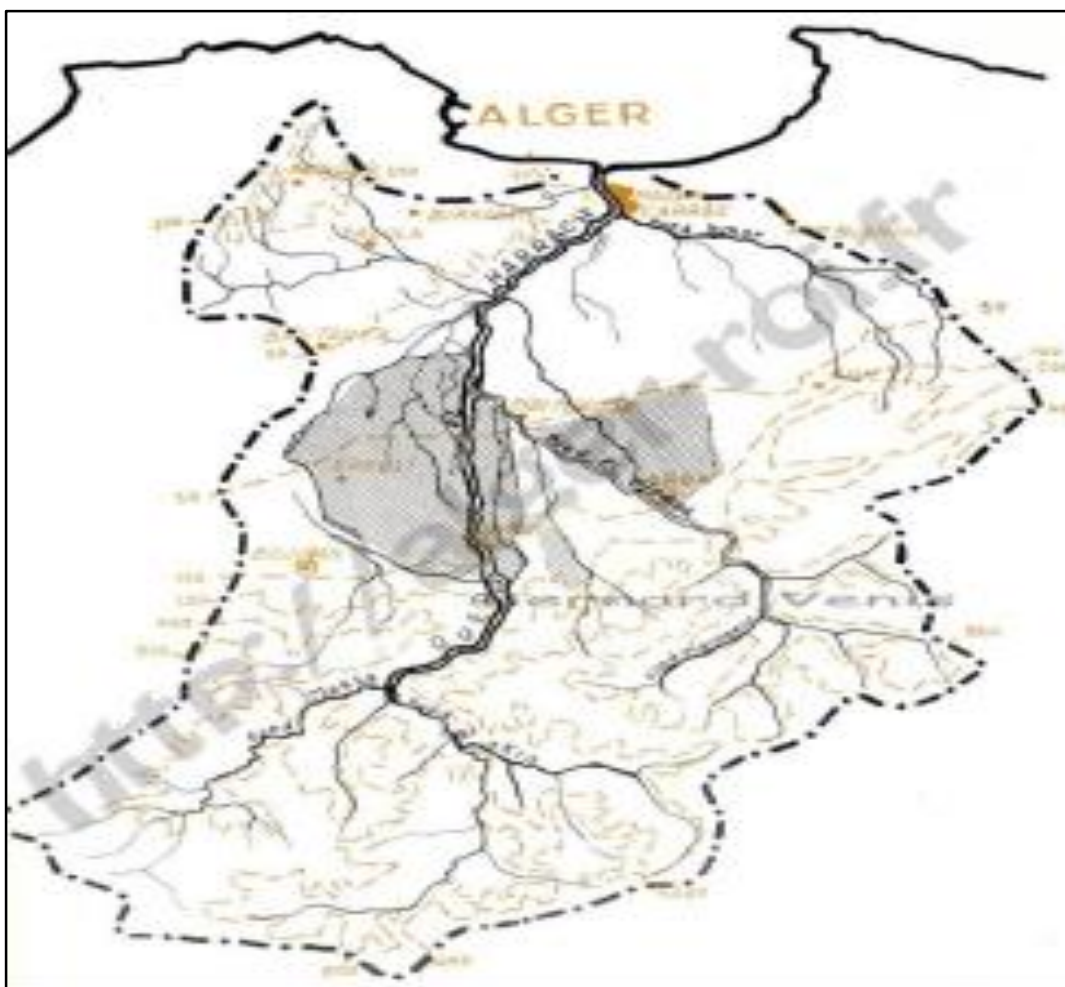


Figure I.9 : Exemple d'un bassin versant topographique (L'Algérois, Talatizi A., 2014)

Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel (Talatizi A., 2014).

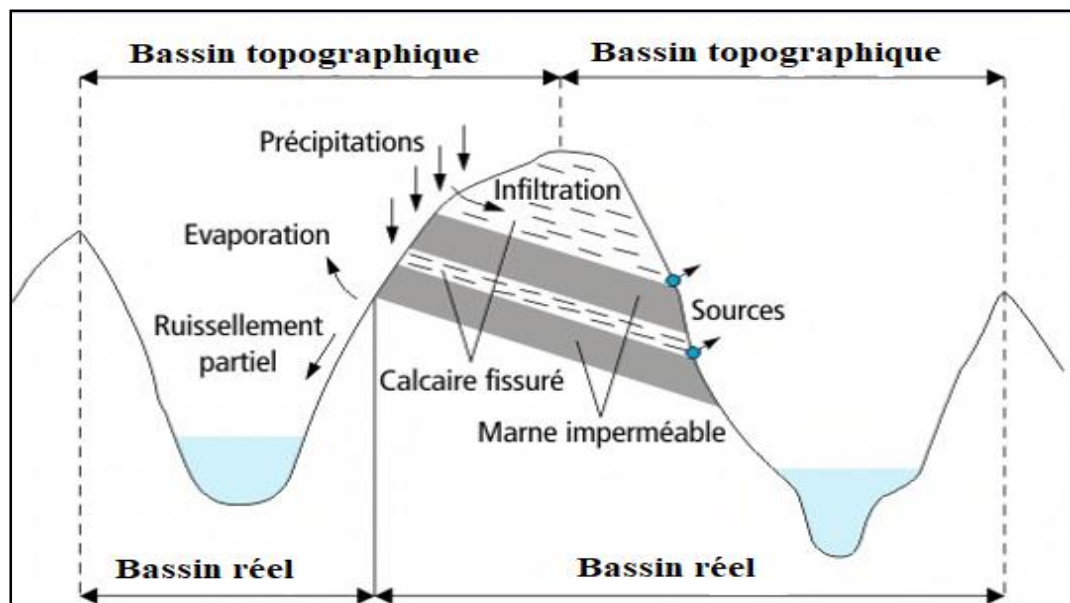


Figure I.10 : Distinction entre bassin versant réel et bassin versant topographique (Musy A et al., 2004)

Cette différence entre bassins réel et topographique est tout particulièrement importante en région karstique. Lorsque l'on s'intéresse au ruissellement, la délimitation du bassin versant doit aussi tenir compte des barrières artificielles (routes, chemins de fer, etc.). En effet, l'hydrologie du bassin versant, et notamment la surface drainée, peuvent être modifiées par la présence d'apports latéraux artificiels (réseaux d'eaux usées ou potables, drainages, routes, pompages ou dérivations artificielles modifiant le bilan hydrologique). Il convient donc également de définir, en plus des délimitations topographiques, les limites souterraines de ce système. De plus, il est aussi nécessaire de tenir compte des effets anthropiques relatifs aux eaux du système (Talatizi A., 2014).

I.2.2. Hydrologie de bassin versant

L'hydrologie peut se définir comme l'étude du cycle de l'eau et l'estimation de ses différents flux. L'hydrologie au sens large regroupe (Makhlouf N., 2015) :

- La climatologie, pour la partie aérienne du cycle de l'eau (précipitations, retour à l'atmosphère, transferts, etc.).
- L'hydrologie de surface au sens strict, pour les écoulements à la surface des continents.
- L'hydrodynamique des milieux non saturés pour les échanges entre les eaux de surface et les eaux souterraines (infiltration, retour à l'atmosphère à partir des nappes, etc.).
- L'hydrodynamique souterraine (sensu stricto) pour les écoulements en milieux saturés.

1.2.2.1. L'eau

1.2.2.1.1. Généralité

L'eau est la source principale et originelle de toute vie. Elle se présente, dans la nature, sous trois états (Talatizi A., 2014) :

- Solide : neige et glace.
- Liquide : eau chimiquement pure ou chargée en solutés.
- Gazeux : à différents degrés de pression et de saturation.

Le changement de phase de l'eau dépend essentiellement de la température et de la pression mais aussi du degré de pollution de l'atmosphère (Musy A., 2005).

L'eau se retrouve, sous ses trois formes dans l'atmosphère terrestre. Les eaux sont en constante circulation sur la terre et subissent des changements d'état. L'importance de ces modifications fait de l'eau le principal agent de transport d'éléments physiques, chimiques et biologiques. L'ensemble des processus de transformation et de transfert de l'eau forme le cycle hydrologique. Les mécanismes des mouvements de l'eau dans la nature sont déterminés par l'énergie thermique solaire, la gravité, l'attraction solaire, l'attraction lunaire, la pression atmosphérique, les forces intermoléculaires, les réactions chimiques, nucléaires et les activités biologiques, et enfin les activités humaines. L'énergie thermique du soleil produit une circulation de l'air dans l'atmosphère, en raison du fait que la surface terrestre est réchauffée de façon inégale. La force de gravité est responsable des phénomènes de précipitations, de ruissellement, d'infiltration et de courant de convection. L'attraction solaire et lunaire est à l'origine des marées et des courants marins. Les différences de pression atmosphérique occasionnent les déplacements horizontaux de l'air. Les vents sont eux-mêmes responsables du mouvement des couches superficielles dans les lacs et les océans. Les forces intermoléculaires dans le sol provoquent les phénomènes capillaires ainsi que la viscosité et influencent donc la vitesse d'écoulement. L'eau est une des composantes de plusieurs réactions chimiques organiques ou inorganiques. Un autre type de transformation de l'eau est le processus physiologique qui se produit dans l'organisme animal. Finalement, l'homme intervient directement sur les processus de mouvement et de transformation de l'eau. Son action peut conduire à une meilleure gestion de sa plus précieuse ressource naturelle, mais elle peut aussi causer de nombreux problèmes, notamment en perturbant le cycle hydrologique, tant au niveau quantitatif que qualitatif (Musy A., Hugy C., 2003).

1.2.2.2. Le cycle d'hydrologique

Le cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. C'est une succession des phases par lesquelles l'eau passe de l'atmosphère à la terre et retourne à l'atmosphère : évaporation à partir des terres, des mers ou des nappes d'eau

continentales, condensation en nuages, précipitations, accumulation dans le sol ou à sa surface et réévaporations. Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau évaporée à partir du sol, des océans et des autres surfaces d'eau, entre dans l'atmosphère. L'élévation d'une masse d'air humide permet le refroidissement général nécessaire pour l'amener à saturation et provoquer la condensation de la vapeur d'eau sous forme de gouttelettes constituant les nuages, en présence de noyaux de condensation. Puis la vapeur d'eau, transportée et temporairement emmagasinée dans les nuages, est restituée par le biais des précipitations aux océans et aux continents (Makhlouf N., 2015).

1.2.2.3. Le bilan hydrographique

Le cycle de l'eau peut être analysé schématiquement selon les trois éléments suivants :

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

Dans chacune des phases on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement temporaire et parfois un changement d'état. L'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut donc se faire à l'aide d'une équation de bilan appelée "bilan hydrologique" qui représente le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace (entité naturelle en générale) et dans le temps, à savoir l'année hydrologique (période d'une année très souvent différente de l'année civile). 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 A., 2014).



Chapitre II :

***Situation géographique et
caractéristiques générales
des bassins versants***



II. Généralités sur le bassin versant d'El-Hodna

Le bassin versant d'El-Hodna avec une zone de drainage de 26 000 km² est le cinquième bassin classé parmi les grands bassins hydrographiques 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. La situation de ce bassin entre deux ensembles de montagnes du nord et du sud, organise comme un bassin endoréique autour d'un bol plat de 400 m d'altitude. Au centre de cette région, le lac salé nommé « Chott El-Hodna » (1150 km²) (D.R.E M'sila., 2023), elle reçoit l'eau et les sédiments de l'ensemble des oueds de la région (Hasbaia M., Adoui H., 2012).

Le bassin versant d'El-Hodna hydrologiquement fermé, correspond à une dépression comme il en existe sur les hauts plateaux d'Afrique du nord. C'est cependant un bassin qui n'est pas fermé dans le sens hydrogéologique, il est en communication vers l'Ouest avec le bassin du « Chott de Zehrez Chergui à Djelfa », et vers le sud avec l'immense bassin du continental intercalaire saharien (Boumezbeur A., 2002).

II.1. Présentation de la zone d'étude

Selon l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), Le bassin versant d'El-Hodna est divisé en 23 sous-bassins, le 24ème et le centre du Chott El-Hodna. Cependant, ces sous-bassins peuvent être regroupés en 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 (Figure II.1).

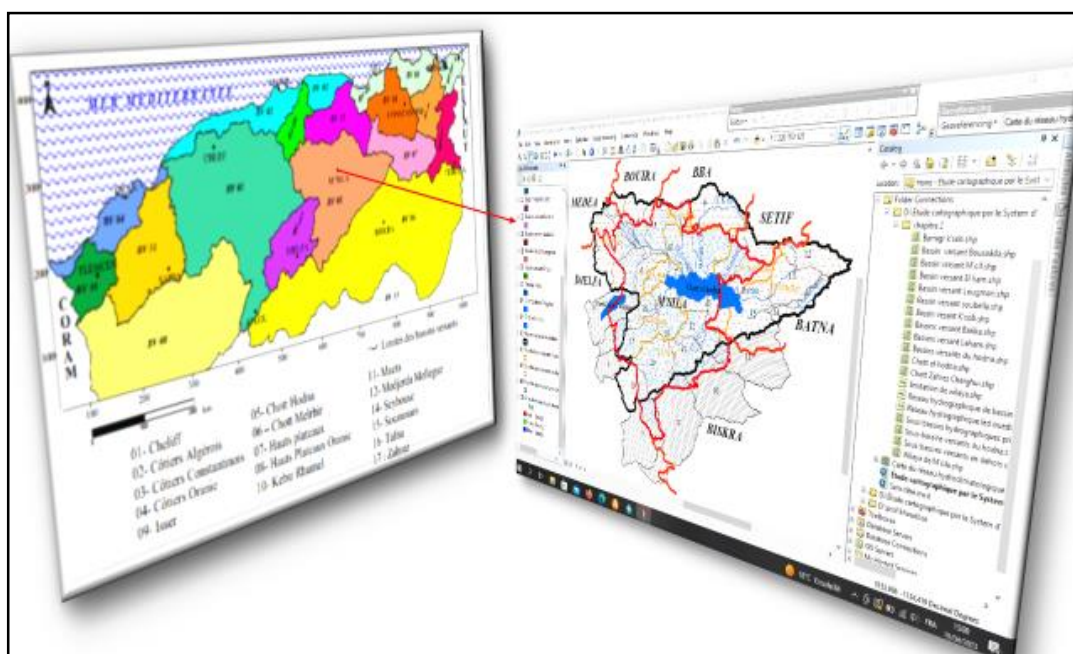


Figure II.1: Présentation de zone d'étude

Les sous -bassins versants de la wilaya de M'sila d'une superficie de (18.718km²) pour une population estimée à 1 117 126 habitants, soit une densité moyenne de 65 hab. /km². Ils sont situés 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 (C.F.M., 2023).

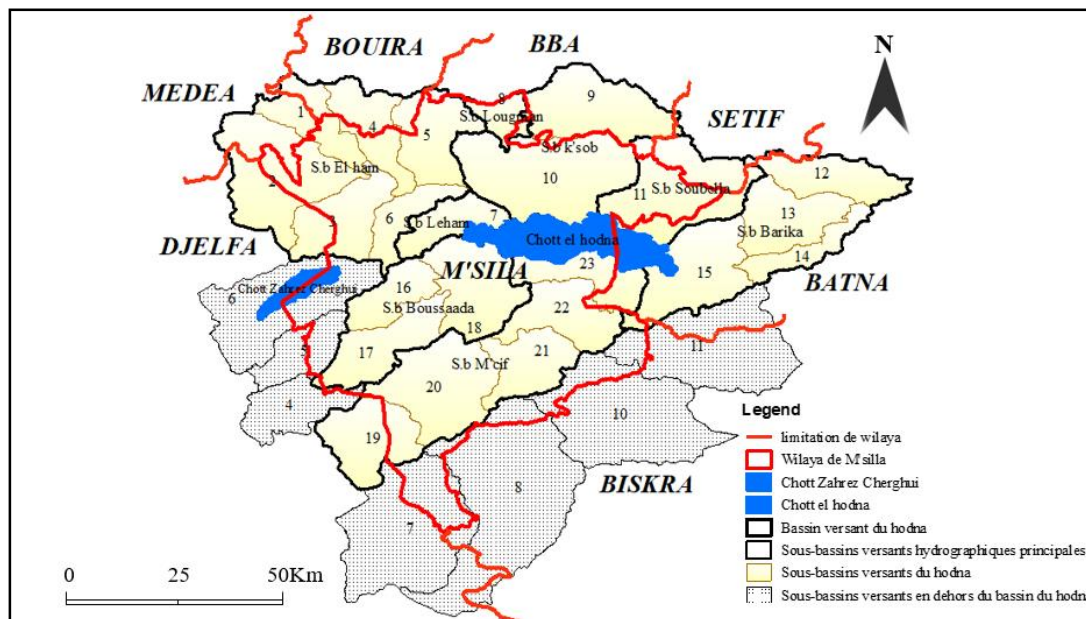


Figure II.2 : Les sous- bassins versants qui touchent la wilaya de M'sila

II.2. Le Relief

Le relief du bassin Hodna 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 km² (Kebiche M., 1994).

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 (Figure II.3).

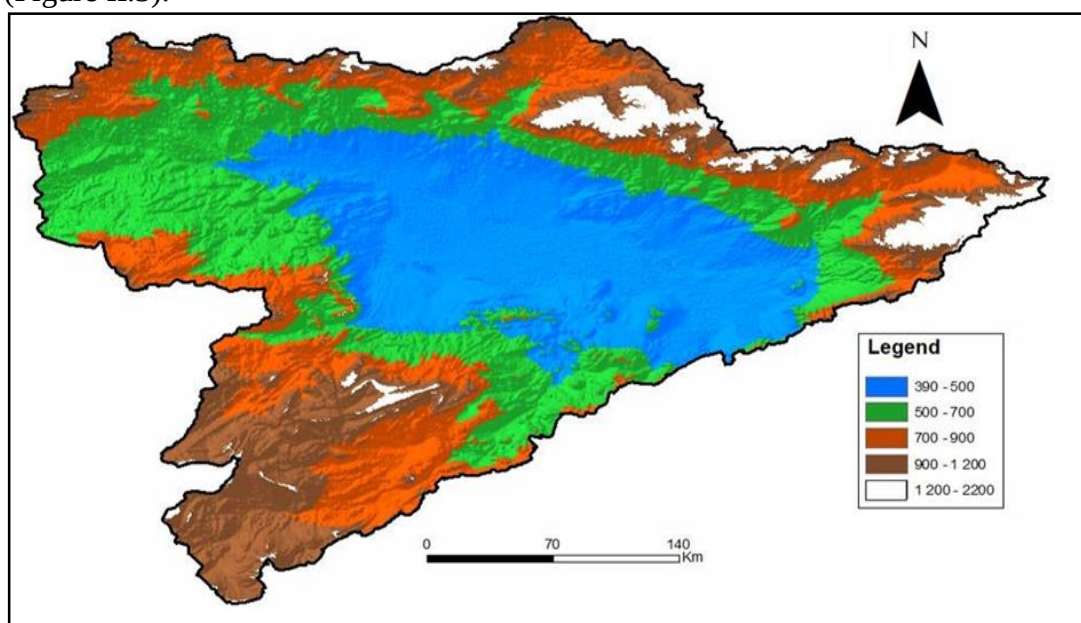


Figure II.3 : Relief de bassin versant du Hodna (Makhzoum Y., Mahdid B., 2019)

Le territoire de la Wilaya constitue une zone charnière et de transition entre les deux grandes chaînes de montagnes que sont l'Atlas Tellien (au Nord) et l'Atlas Saharien (au Sud) (ASWM., 2020). La configuration géographique qui se caractérise par :

- Une zone de montagnes de part et d'autre du Chott El Hodna.
- Une zone centrale constituée essentiellement de plaines et de hautes plaines.
- Une zone de chotts et de dépression avec le Chott El Hodna au centre-Est, et le chott Zahrez Chergui au centre-Ouest.
- Une zone de dunes de sable éolien (Mahmoudi L., Dlardja S., 2008).

II.3. 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 (Zeroual S., 2016).

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

- a. **Le traits** : Dans les régions qui entourent la dépression du Hodna où les affleurements triasiques 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 calcarodolomique, 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 marne-gréseux et argilo gréseux de fortes épaisseurs.
- d. **Le Paléocène** : Il présente 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. **Le 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 conglomératique surmontant localement des argiles sableuses 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°) (Zeroual S., 2016).

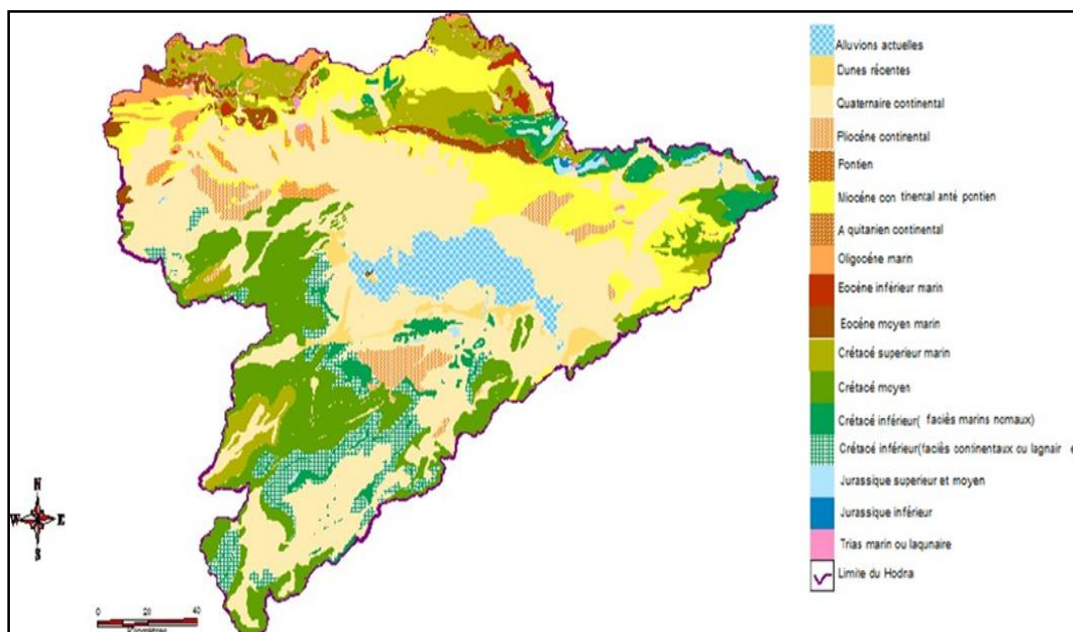


Figure II.4: Géologie du bassin versant du Hodna (Adoui H., 2013)

L'études géologique et géophysique indiquent que la wilaya de M'sila est caractérisée par la présence d'un remplissage détritique très hétérogène, daté du Mio-Pliocène-Quaternaire, constitué de sables, graviers et glates dans une argilo-limoneuse (Lakahli E., 2015).

II.4. Sols

Les sols salés ont une grande extension dans les pays du Maghreb. Ils sont dus aux conditions sèches 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 (Aubert G., 1976).

Plusieurs travaux pédologiques ont été réalisés dans le Hodna (Belouam N., 1976 ; Dekkich B., 1974 ; Boyadgiev T.G., 1975 ; Daoud Y., et Doggar M. A., 1985).

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 (Boyadgiev T.G., 1975), 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, 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 (Boyadgiev T.G., 1975) présente les types de sols suivants :

- Sols bruns calcaires en association avec régosols et lithosols.
- Sols minéraux bruts et sols peu évolués régosoliques.
- Sols peu évolués d'apport alluvial.
- Sols peu évolués d'apport alluvial : (Peu steppisés -Callimorphes. - Hydro morphes).
- 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.

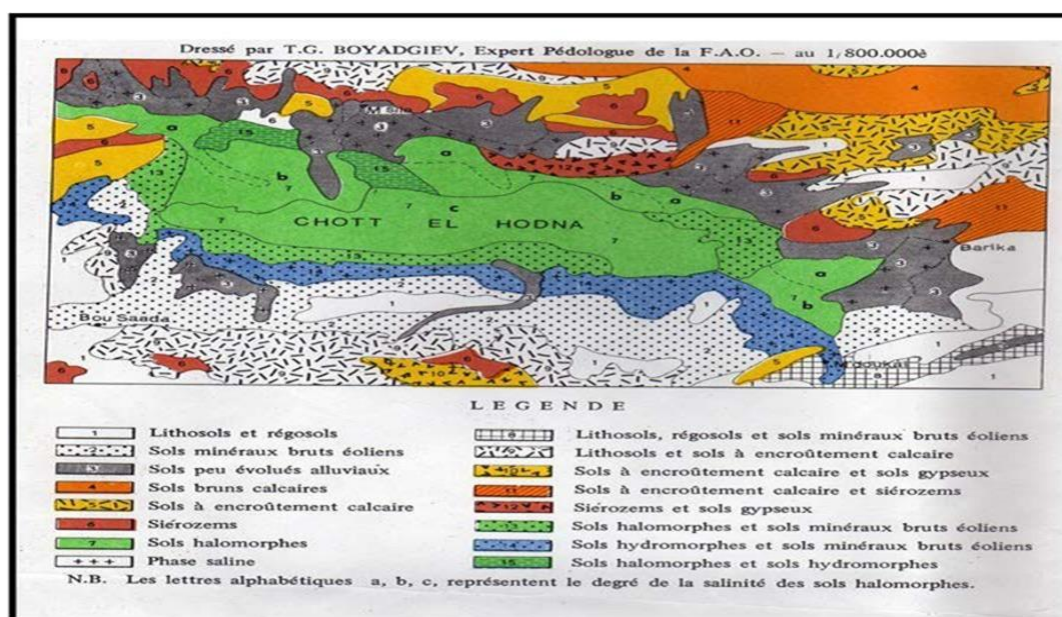


Figure II.5 : Pédologie de la région du Hodna (Boyadgiev T.G., 1975)

Les sols de la wilaya de M'sila présentent des caractères variables. En général, ils sont Pauvres et fragiles, des croûtes calcaires viennent parfois affleurer à la surface. On distingue 06 type de sols (Fetayah H., 2015) :

- Sols minéraux bruts d'apport alluvial.
- Sols peu évolués.
- Sols calc magnésiques.

- Sols halomorphe.
- Sols hydromorphes.
- Sols isomorphes.

II.5. Le 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,
- L'humidité.

II.5.1. 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.

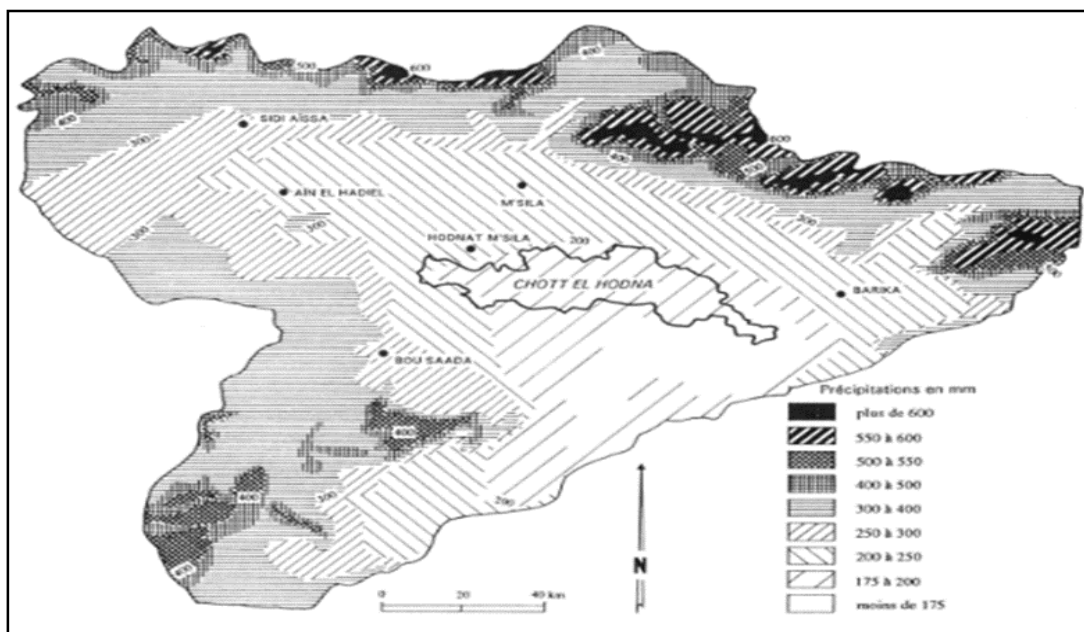


Figure II.6 : Pluviométrie dans le bassin versant du Hodna (ANRH., 1993)

II.5.2. 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 $0,75^{\circ}\text{C}$ pour une augmentation de 100 m d'altitude, comparé au gradient moyen admis en Algérie qui est de $0,55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (Bouteldja N., 2005).

II.5.3. 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 fréquents pendant la période hivernale, et relayés par les vents du sud (sirocco) pendant la saison estivale (juin, juillet, août) avec un nombre de jours variant entre 25 et 34 par ans (Bouteldja N., 2005).

D'après les données des deux stations climatiques de l'Office Nationale de Météorologie, à Ghazel (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 $4,5\text{ m/s}$ à M'sila et 3 m/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 (Grine R., 2009).

II.4.4. 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 (Bouteldja N., 2005) :

- 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 (Hedjazi A., 2009).

Le régime climatique de la région de M'sila est caractérisé par :

- Etage bioclimatique semi-aride ;
- Un été très chaud et sec ;
- Un hiver froid et sec ;

- La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 200 et 250 mm (Harzallah I., 2019).

II.6. 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 (Bourenane A., Mechri S., 2008). Pour le bassin du Hodna on distingue (Zeroual S., 2016) :

- Des superficies forestières dominantes Djebels Messaad (33 814ha), Medjedel (16321ha), 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).
- Dans la région du Chott, on remarque des communautés steppiques présentées par 550 taxons recensés tel que des espèces endémiques (*saccoralyx saturoides...*) qu'on ne trouve que dans cette région (Kaabeche M., 1990).

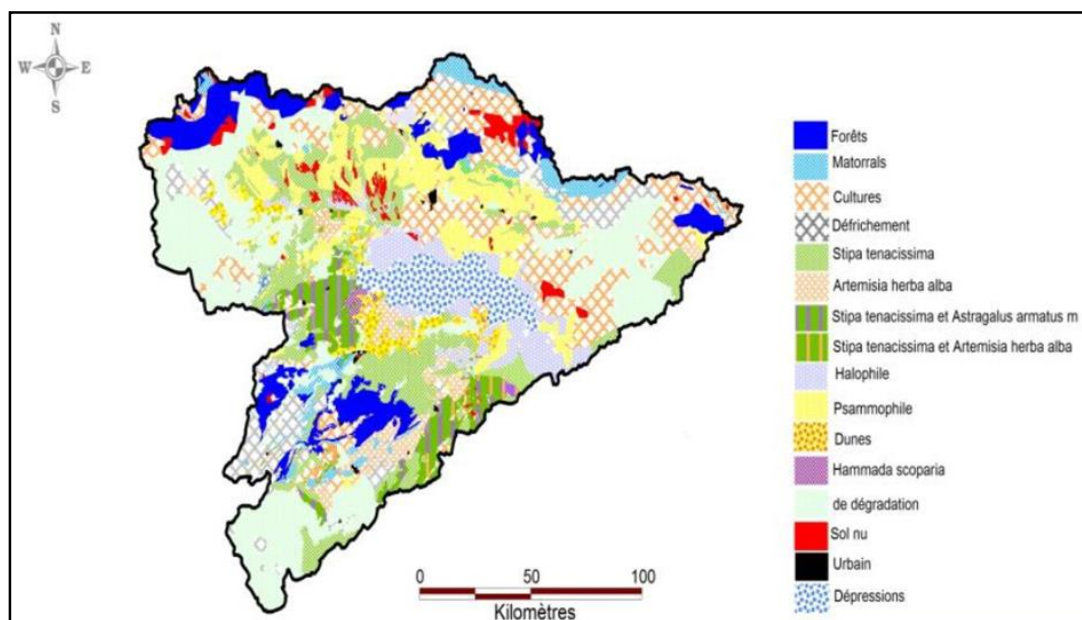


Figure II.7 : Carte de couverture végétale du bassin versant de Hodna (Bendjeddou F., 2013)

II.7. Réseau hydrographique

Le bassin du Hodna s'étend sur la moitié méridionale de la wilaya de Bordj Bou Arréridj 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 (Achour H.O., 2013).

Le bassin versant Hodnéen est parcourue par un réseau hydrographique peu dense (Achour H.O., 2013). Le niveau d'eau dans le Chott varie grandement d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre (ANRH., 2002).

Le Plan National de l'Eau a estimé un débit spécifique variant de 32 à 68 mm/an sur portion nord du bassin (Achour H.O., 2013). 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 (C.F.M., 2009).

Quatre Oueds seulement sont pérennes, quoique leurs débits soit très faible (Boumezbeur A., 2002), 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, Principaux de ces dernières : Oued El ham (110km), Oued Lougmane (60km), Oued Soubella (61km), Oued Barika (102km), Oued Bitham (100km), Oued M'cif (104km), Oued Boussaâda (59km), Oued M'sila (96km) (D.R.E M'sila., 2023).

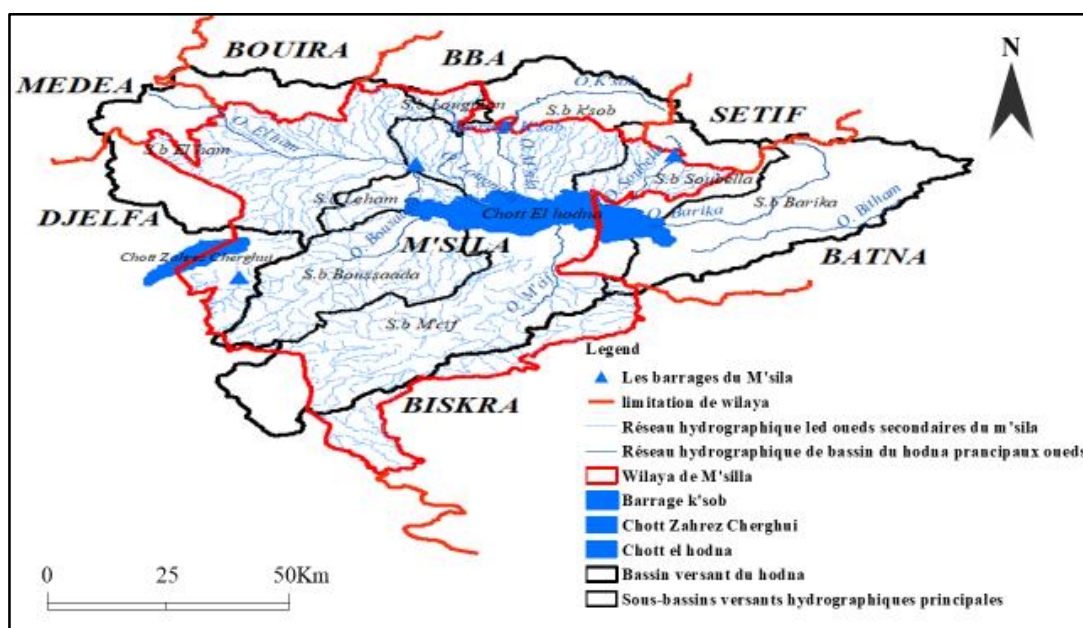


Figure II.8 : Réseau hydrographique de zone d'étude

Le territoire de la wilaya de M'sila est un immense bassin versant qui reçoit le flux pluvial grâce aux différents oueds qui sont alimentés à partir des bassins versants de la Wilaya et ceux des Wilayas limitrophes particulièrement au Nord (Bouira et Bordj Bou Arreridj) (Makhlouf H., Kacimi N., 2019).



Chapitre III :

Matériels et approche méthodologique



III.1. Etude hydrologique

III.1.1. Collecte des données

La démarche de recherche adoptée ici a combiné plusieurs méthodes et outils d'investigation. Les données collectées sont des données géométriques, topographiques, pluviométriques et hydrométriques concernant les sous- bassins versants du Hodna qui touchent la wilaya de M'sila. Celles-ci ont ensuite fait l'objet d'une analyse statistique et cartographique. Ces données ont été recueillies auprès des Directions de Ressources en Eau (DRE), l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) et l'Agence National des Barrages et des Transferts (ANBT) de la wilaya de M'sila.

III.1.2. 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 rechange et prendre les décisions les plus efficaces (*Narayan L.R.A., 1999*). 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 la cartographie de notre sous-bassins ;
- ✓ Utilisation de logiciel Arc Gis 10.8 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.2. Etude cartographique

III.2.1. Collecte des cartes

Les cartes qui ont été utilisées dans ce travail, ainsi que d'autres cartes thématiques, carte de bassin versant de nord Algérie et carte de réseau hydrographique du Hodna (ANRH) de M'sila, carte topographique de Biskra et la carte du réseau hydro bioclimatique et de la surviennes de la qualité des eaux (ANRH).

III.2.2. Traitement des cartes

Pour, le traitement des cartes, le logiciel Arc GIS 10.8 a été utilisé. Les données hydrométriques et topographiques en relation avec l'hydrologie de sous-bassins du Hodna ont été extraites après traitement approprié des cartes.

III.2.3. Cartographie thématique

Pour l'analyse spatiale, thématique et cartographique de ces sous-bassins et leurs caractéristiques nous avons adopté la méthode des études cartographiques.

III.2.3.1. Description de la méthode

Il s'agit d'une analyse cartographique thématique de sous-bassins avec recueil de données réalisé à partir de divers organismes de la wilaya de M'sila. Les données recueil ont été compilées à partir des différents travaux sur le bassin du Hodna tell que les travaux de (Hasbaia M., Adoui H., 2012 et Hadjab M., 1998) concernées ainsi que différentes études réalisées sur la région. Les données recueillies ont été les suivantes :

- ✓ Carte de sous -bassin hydrographique du Hodna.
- ✓ Carte de relief (altitude, pente) du Hodna.
- ✓ Fiche qui contient les données de caractéristiques de sous-bassins (Tableau III.1.).

Tableau III.1 : Caractéristiques hydrographiques des sous bassins principales
(Hasbaia M., 2012 et ANRH., 2018)

Sous-bassins principales	Caractéristiques				Ecoulements (Hm ³ /an)
	Altitude moyenne (m)	Pluviométrie Moyenne annuelle(mm)	Température Moyenne annuelle(°C)	Le temps de Concentration (h)	
El ham	819	250	15,44	31,01	66
Leham	710	292	16,2	4,56	62,2
Lougmane	650	300	16,27	7,88	15
K'sob	870	300	15,8	13,36	30
Soubella	790	250	15,7	6,30	12
Barika	920	345	15	14,82	54
Boussaâda	670	290	16,5	11,35	9
M'cif	950	251	14,7	28,83	40

Le logiciel Arc GIS 10.8 a été utilisé pour extraire les données environnementales les plus susceptibles d'agir sur l'hydrologie de bassin versant, à savoir, l'élaboration d'un MNT , la carte d'occupation des sols, la carte du réseau hydrographique, la carte de topographie, ainsi que la numérisation de nombreuses cartes thématiques de sous- bassins versants 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 des cartes et les analyses spatiales telles que requêtes SQL et analyses thématiques.

III.2.4. Caractéristiques géométriques et topographiques

III.2.4.1. Caractéristiques géométriques

III.2.4.1.1. Surface

La surface constitue l'aire de réception des précipitations qui alimentent un cours d'eau par écoulement. Le débit du cours d'eau à l'exutoire dépend donc en partie de la surface. La surface peut être mesurée en (km²) par l'utilisation d'un planimètre en superposant la surface à une grille dessinée sur papier transparent, par des méthodes numériques ou par l'intermédiaire de formules.

III.2.4.1.2. Périmètre et rectangle équivalent

Le périmètre est la longueur, généralement exprimée en (km), de la ligne de contour du bassin, sa mesure est faite à l'aide d'un curvimètre. Pour certaines applications on trace le périmètre stylisé du bassin en lissant son contour.

- **Rectangle équivalent** : Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement.
- **Le rectangle équivalent** : Est le rectangle de longueur L et de largeur l qui a la même surface et le même périmètre que le bassin versant :

$$P = 2(L + l) \text{ et } A = L \times l$$

P : Périmètre du bassin versant (km).

L : Longueur du rectangle équivalent (km).

l : Largeur du rectangle équivalent (km).

A : Surface du bassin versant (km²).

Le bassin versant rectangulaire résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre (ou le même coefficient de compacité) et donc par conséquent la même répartition hypsométrique. Les courbes de niveau deviennent des droites parallèles au petit côté du rectangle. La climatologie, la répartition des sols, la couverture végétale et la densité de drainage restent inchangées entre les courbes de niveau.

$$P = \frac{k_G \sqrt{A}}{0.28} = 2(L + l) \quad \left\{ \begin{array}{l} L = \frac{k_G \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k_G} \right)^2} \right] \\ l = \frac{k_G \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{k_G} \right)^2} \right] \end{array} \right.$$

L : Longueur du rectangle équivalent (km).

l : Largeur du rectangle équivalent (km).

A : Surface du bassin versant (km²).

K_G : L'indice (Coefficient) de compacité de Gravelius (km).

III.2.4.1.3. Forme

Sachant que le Coefficient K_G de Gravelius = Coefficient de compacité.

La forme d'un bassin versant influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Par exemple, Une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. La forme du bassin versant a une grande influence sur l'écoulement global et surtout sur l'allure de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée, cette caractéristique est donnée par l'indice de Gravelius qui a proposé en 1914 le coefficient de compacité "Compactness Coefficient" défini comme le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface. L'indice admis par les hydrologues pour caractériser la forme d'un bassin versant est l'indice de compacité de GRAVELIUS qui est le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même surface.

$$k_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot A}} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

K_G : L'indice de compacité de Gravelius (km).

A : Surface du bassin versant (km²).

P : Périmètre du bassin (km).

1.5 < K_G < 1.8 : Bassin de forme allongée.

1.0 < K_G < 1.15 : Bassin de forme ramassée.

Le coefficient K_G de Gravelius est supérieur à 1 lorsque la forme du bassin est allongée, et proche de 1 pour un bassin versant de forme circulaire.

Tableau III.2 : Les paramètres morphométriques des sous bassins hydrographiques

(Bendjeddou F., 2013)

N°	Sous – bassins	Périmètre (km)	Surface (km ²)	Sous-bassins principales	Périmètre (km)	Surfaces (km ²)	K _G (km)	L (km)	l (km)	Forme
1	El ham	169,549	798,189	El ham	417,760	6186,678	1,498	173,153	40,304	
2	Sbissebe	223,333	1868,94							

3	Guernini	166,855	1061,25							
4	Djenene	176,911	848,929							
5	Torga	166,43	1042,63							Ramassée
6	El karse	155,443	566,749							
7	El leham	152,954	638,549	Leham	152,954	638,549	1,707	66,938	10,761	Allongée
8	Lougmane	105,18	337,302	Lougmane	105,180	337,302	1,615	45,113	8,434	Allongée
9	K' sob	200,669	1453,58	K' sob	344,270	3640,600	1,609	147,444	27,852	Allongée
10	M'sila	241,95	2187,02							
11	Soubella	217,674	1838,7	Soubella	217,674	1838,700	1,432	87,925	23,589	Ramassée
12	Barika amont	175,084	899,256	Barika	405,110	3823,362	1,848	181,488	23,763	Allongée
13	Barika aval	161,76	1001,23							
14	Barriche	171,85	521,946							
15	Bithem Barika	232,069	1400,93							
16	Maiter amont	133,3	658,935	Boussaâda	303,200	2953,675	1,573	128,639	25,900	Allongée
17	Boussaâda	192,528	1024,83							
18	Maiter aval	194,842	1269,61							
19	Ain Rich	157,081	1117,31	M'cif	481,120	5321,345	1,860	215,914	27,800	Allongée
20	Chair amont	202,044	1579,22							
21	Chair aval	159,187	869,881							
22	M'cif amont	179,068	969,885							
23	M'cif aval	183,164	785,049							
24	Chott El Hodna	273,129	1154,23	Chott El Hodna	273,129	1154,23	2,3	125,6	14	Allongée

III.2.4.2. Caractéristiques topographiques

III.2.4.2.1. Etude 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 géomorphologiques : La région montagneuse, la plaine du Hodna, le Chott Sebkhia et la région du R'mel. D'une altitude variable de 1400 à 1800 m qui relie l'atlas tellien à l'atlas saharien, le Chott Sebkhia 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 (Makhzoum Y., Mahdid B., 2019). L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse de l'écoulement (Zouache T., 2007).

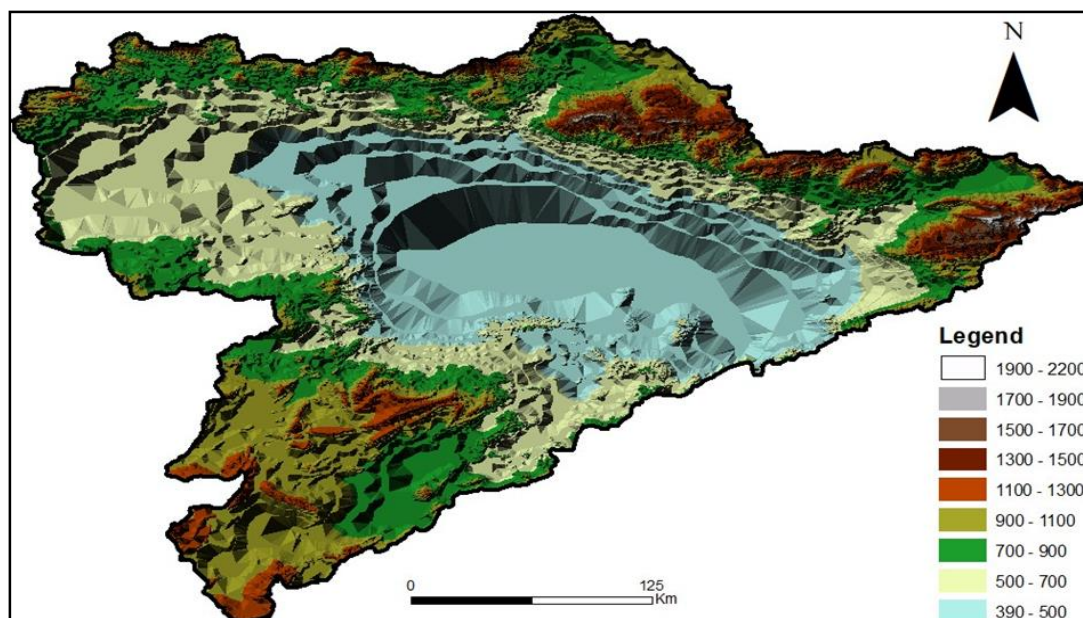


Figure III.1 : MNT du relief de bassin versant du Hodna (Makhzoum Y., Mahdid B., 2019)

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

❖ Carte et courbe hypsométrique :

La carte hypsométrique représente les surfaces comprises entre les différentes courbes de niveau, elle donne une idée sur les proportions du bassin affectées, et sur la pente et l'allure du relief. Les courbes hypsométriques demeurent un outil pratique pour comparer plusieurs bassins entre eux ou les diverses sections d'un seul bassin. Elles peuvent en outre servir à la détermination de la pluie moyenne sur un bassin versant et donnent des indications quant au comportement hydrologique et hydraulique du bassin et de son système de drainage (Ameur N., Saidi S., 2020).

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 planimétrant 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 (Makhzoum Y., Mahdid B., 2019).

Tableau III.3: Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin El ham
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1600 -1818,1	1709,05	12,33	0,1992985	12,33	0,1992985	21072,5865
1400 -1600	1500	34,624	0,55965216	46,954	0,75895065	51936
1200-1400	1300	61,255	0,99010781	108,209	1,74905846	79631,5
1000-1200	1100	417,157	6,74280311	525,366	8,49186157	458872,7
800-1000	900	1122,218	18,1392018	1647,584	26,6310634	1009996,2
600-800	700	2952,923	47,7301793	4600,507	74,3612427	2067046,1
422-600	511	1586,193	25,6387573	6186,7	100	810544,623
		6186,7				4499099,71

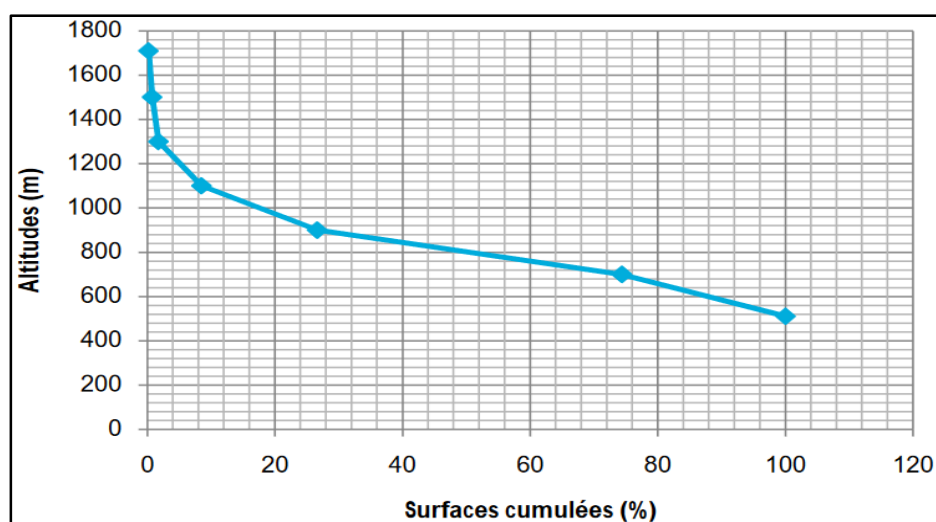


Figure III.2 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant El ham

Tableau III.4 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin Leham
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle	Surface cumulée	Si* Hmoy
-------------	------	-------------------	-----------------	----------

		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1239-1200	1219,5	0,775	0,12136873	0,775	0,12136873	945,1125
1200-1000	1100	11,315	1,7719834	12,09	1,89335213	12446,5
1000-800	900	50,689	7,9381411	62,779	9,83149323	45620,1
800-600	700	124,068	19,4296453	186,847	29,2611385	86847,6
600-400	500	413,89	64,8171639	600,737	94,078302	206945
400-377	388,5	37,813	5,9216976	638,55	100	14690,3505
		638,55				367494,663

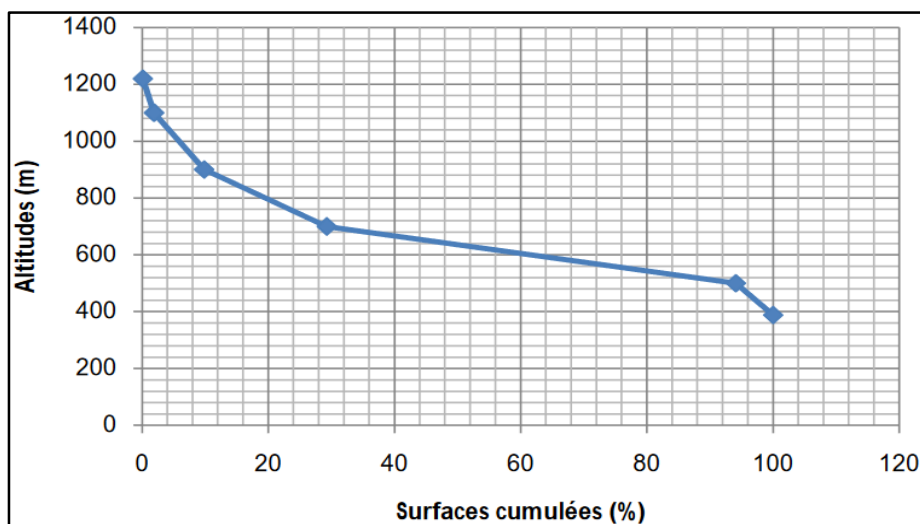


Figure III.3 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Leham

Tableau III.5 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Lougmane
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1713-1700	1706,5	0,0955	0,02831307	0,0955	0,02831307	162,97075
1700-1500	1600	7,962	2,36050993	8,0575	2,38882301	12739,2
1500-1300	1400	11,28	3,34420397	19,3375	5,73302698	15792

1300-1100	1200	22,371	6,63237474	41,7085	12,3654017	26845,2
1100-900	1000	124,91	37,0323154	166,6185	12,3654017	124910
900-700	800	127,76	37,8772606	294,3785	49,3977172	102208
700-533	616,5	42,9215	12,7250222	337,3	87,2749778	26461,1048
		337,3			100	309118,476

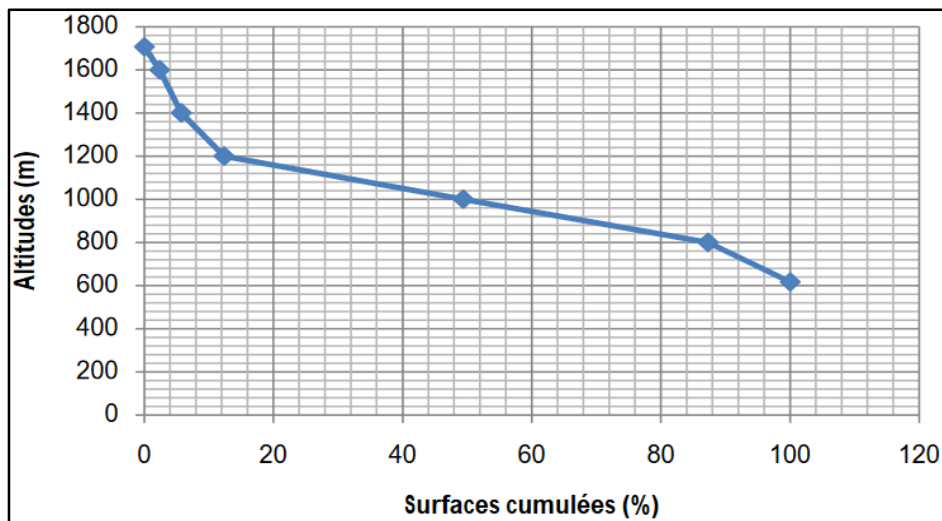


Figure III.4 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Lougmane

Tableau III.6 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes du sous bassin k'sob
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1600-1882	1741	46,34	1,2728741	46,34	1,2728741	80677,94
1400-1600	1500	164,61	4,52153228	210,95	5,79440639	246915
1200-1400	1300	214,35	5,8877981	425,3	11,6822045	278655
1000-1200	1100	481,46	13,2248158	906,76	24,9070203	529606
800-1000	900	655,77	18,0127892	1562,53	42,9198095	590193
600-800	700	451,55	12,4032434	2014,08	55,3230529	316085

400-600	500	1437,5	39,4854666	3451,58	94,8085195	718750
366-400	383	189	5,19148048	3640,58	100	72387
		3640,58				2833268,94

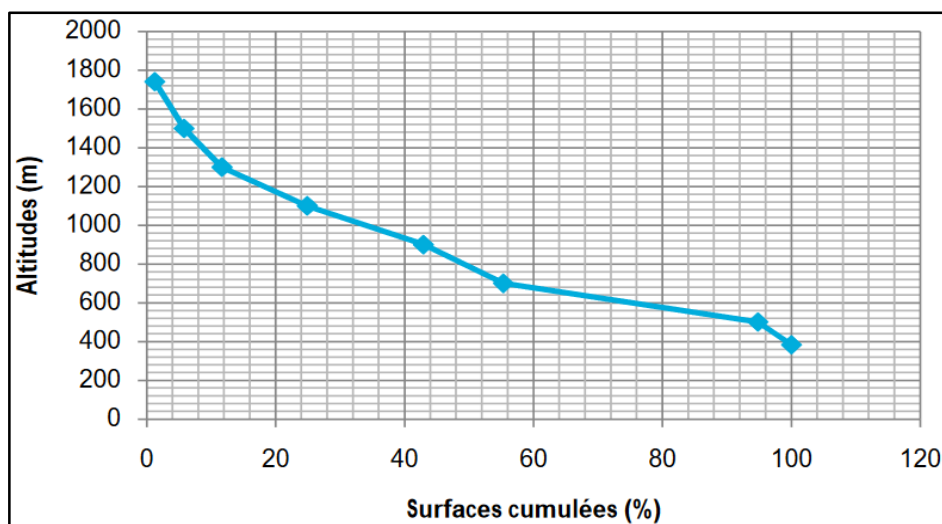


Figure III.5 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant K'sob

Tableau III.7 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Soubella
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1862-1800	1831	0,192	0,01044216	0,192	0,01044216	351,552
1800-1600	1700	15,07	0,8196008	15,262	0,83004297	25619
1600-1400	1500	80,5	4,37809322	95,762	5,20813618	120750
1400-1200	1300	142,9	7,77669005	238,752	12,9848262	185887
1200-1000	1100	210,94	11,4722358	449,692	24,4570621	232034
1000-800	900	191,85	10,4340023	641,542	34,8910643	172665
800-600	700	404,858	22,018708	1046,4	56,909773	283400,6
600-400	500	662,7	36,0417686	1709,1	92,9515419	331350

400-375	387	129,6	7,04845815	1838,7	100	50155,2
		1838,7				1402212,35

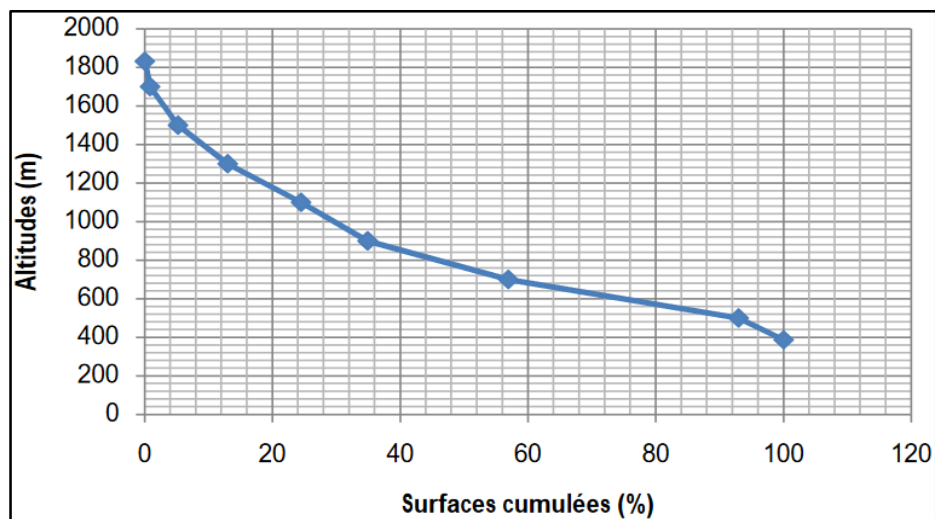


Figure III.6 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Soubella

Tableau III.8 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Barika
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
2200-2000	2100	22,821	0,59687713	22,821	0,59687713	47924,1
2000-1800	1900	21,81	0,57043469	44,631	1,16731182	41439
1800-1600	1700	74,02	1,93597322	118,651	3,10328503	125834
1600-1400	1500	147,14	3,84840718	265,791	6,95169221	220710
1400-1200	1300	391,15	10,2304232	656,941	17,1821154	508495
1200-1000	1100	456,35	11,9357117	1113,291	29,1178271	501985
1000-800	900	504,16	13,1861694	1617,451	42,3039964	453744
800-600	700	492,359	12,8775174	2109,81	55,1815138	344651,3
600-400	500	1020,11	26,680703	3129,92	81,8622169	510055

600-400	500	1020,11	26,680703	3129,92	81,8622169	510055
400-200	300	693,48	18,1377831	3823,4	100	208044
		3823,4				2962881,4

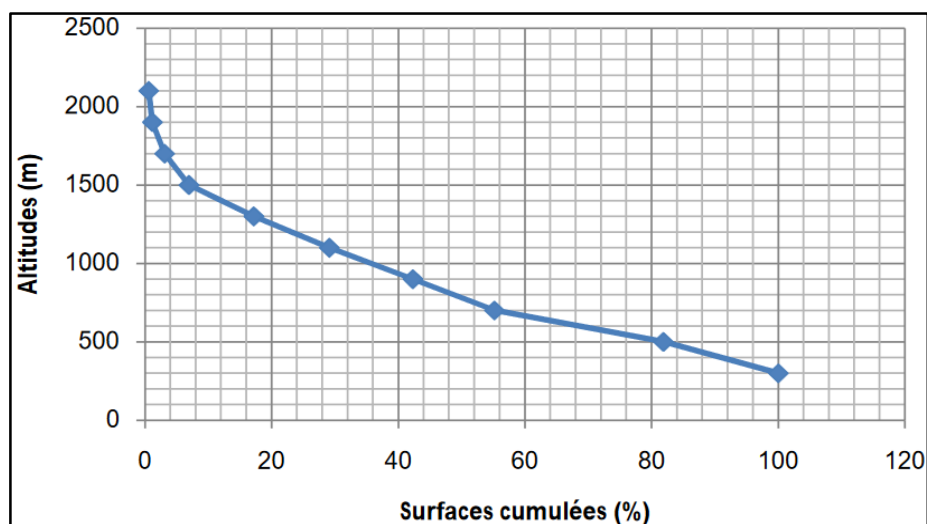


Figure III.7 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Barika

Tableau III.9 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin Boussaâda
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1600-1400	1500	19,46	0,65883468	19,46	0,65883468	29190
1400-1200	1300	59,45	2,0127298	78,91	2,67156448	77285
1200-1000	1100	153,62	5,20093442	232,53	7,8724989	168982
1000-800	900	1043,73	35,3363578	1276,26	43,2088567	939357
800-600	700	1011,98	34,2614348	2288,24	77,4702915	708386
600-400	500	665,46	22,5297085	2953,7	100	332730
		2953,7				2255930

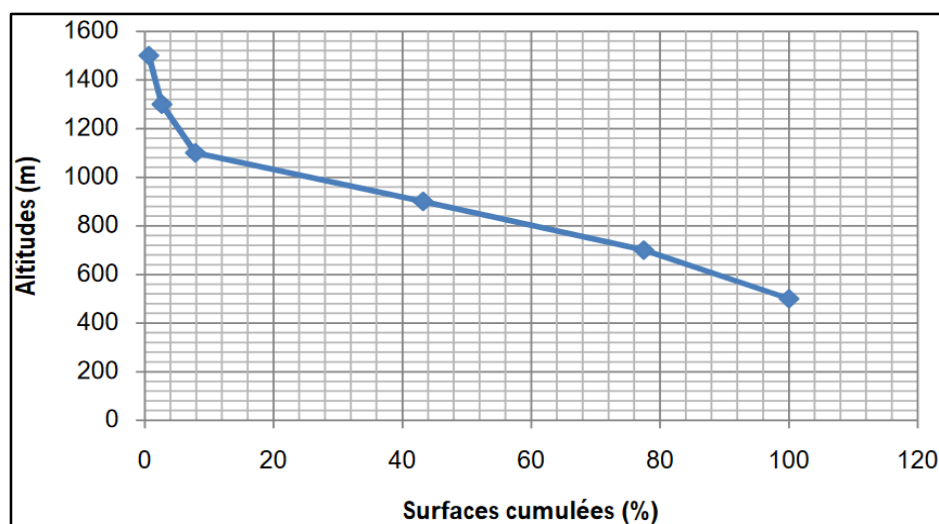


Figure III.8 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant Boussaâda

Tableau III.10 : Répartition des surfaces en fonction des altitudes de sous bassin M'cif
(Bendjeddou F., 2013)

Altitude(m)	Hmoy	Surface partielle		Surface cumulée		Si* Hmoy
		Si en km ²	%	Si en km ²	%	
1600-1400	1500	19,46	0,65883468	19,46	0,65883468	29190
1400-1200	1300	59,45	2,0127298	78,91	2,67156448	77285
1200-1000	1100	1059,219	19,9052675	1253,56	23,5574014	1165140,9
1000-800	900	1708,897	32,1142766	2962,457	55,671678	1538007,3
800-600	700	913,22	17,1615959	3875,677	72,8332738	639254
600-400	500	1445,623	27,1667262	5321,3	100	722811,5

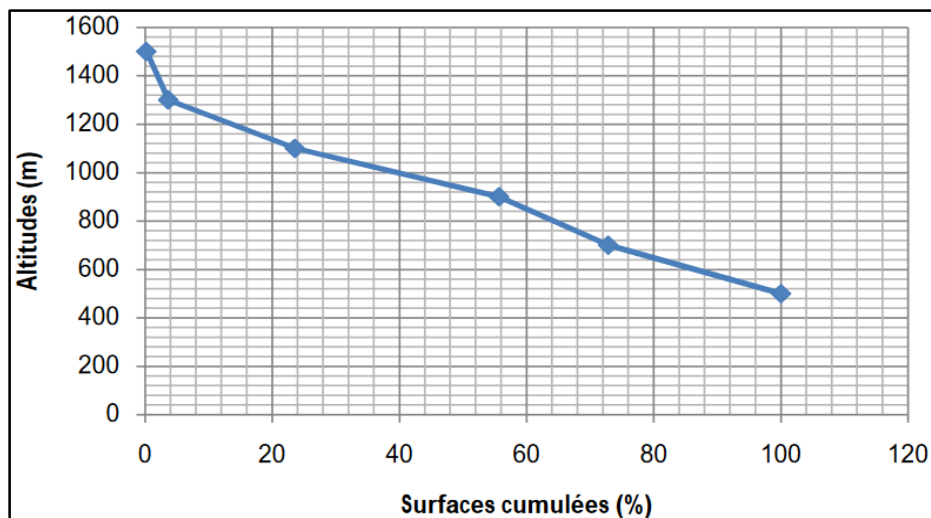


Figure III.9 : La courbe hypsométrique du sous bassin versant M'cif

III.2.4.2.2. Altitudes caractéristiques des sous-bassins

a. Les altitudes maximales et minimales

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température, la précipitation et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente (Zouache T., 2007).

b. L'altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit (Zouache T., 2007) :

$$H_{moy} \equiv \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n \left[S_i \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \right] \longrightarrow H_{moy} \equiv \sum_{i=1}^n \frac{h_i \times S_i}{A}$$

Avec :

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin versant en (m).

S_i : La surface comprise entre deux courbes de niveau en (km²).

h_i, h_{i+1} : Altitudes haut et bas qui délimite la surface S_i en (m).

A : Surface totale du bassin versant (km²).

c. L'altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne, dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière (Ameur N., Saidi S., 2020).

Tableau III.11 : Altitudes moyennes et médiane, maximales et minimales des sous-bassins

Sous-bassins	H _{min} (m)	H _{max} (m)	H _{moy} (m)	H _{50%} (m)
El ham	422	1818,1	727,221	800
Leham	377	1239	575,514	640
Lougmane	533	1713	916,45	975
K'sob	366	1882	778,247	782
Soubella	375	1862	762,611	760
Barika	200	2200	774,934	753
Boussaâda	400	1600	763,764	842
M'cif	400	1600	811,824	916

III.2.4.2.3. Indice de pente globale

Le but de ce indice est de caractériser les pentes d'un bassin versant et permettent, comme pour certaines caractéristiques géométriques, de comparer les bassins versants entre eux. Le relief joue un rôle important, car il commande en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente global (Ig) donné par la relation (Ameur N., Saidi S., 2020).

$$Ig = \frac{D_G}{L} = \frac{H_5 - H_{95}}{L}$$

Où :

Ig : indice de pente global du bassin (m /km).

L : Longueur du rectangle équivalent (Km).

D_G : Dénivelée globale (m).

C'est le rapport de L'altitude comprise entre 5% et 95% de la surface du sous-bassins et de la longueur du rectangle équivalent. On prend deux points S₁ et S₂ sur l'axe des abscisses tels que 95% de la surface du sous-bassins soit comprise entre ces deux valeurs et que 5% de la surface totale du sous-bassins soit inférieure à S₁ et 5% est supérieure à S₂. La dénivelée D est donc égale à (H_{5%} - H_{95%}).

Tableau III.12: Classification du relief selon Ig par l'ORSTOM

Classe	Ig (m/km)	Type de Relief
R1	Ig < 0,002 m/km	Relief très faible
R2	0,002 < Ig < 0,005	Relief faible

R3	$0,005 < I_g < 0,01$	Relief assez faible
R4	$0,01 < I_g < 0,02$	Relief modéré
R5	$0,02 < I_g < 0,05$	Relief assez fort
R6	$0,05 < I_g < 0,1$	Relief fort
R7	$0,10 < I_g$	Relief très fort

Tableau III.13 : Pente globale des sous-bassins

Sous- bassins	I_g	Classification de L'ORSTOM
El ham	0,0067	Relief assez faible
Leham	0,0079	Relief assez faible
Lougmane	0,014	Relief modéré
k'sob	0,007	Relief assez faible
Soubella	0,012	Relief modéré
Barika	0,011	Relief modéré
Boussaâda	0,008	Relief assez faible
M'cif	0,006	Relief assez faible

III.2.4.2.4. Dénivelée globale (simple)

Ce paramètre peut nous donner une idée sur la différence d'altitudes entre l'amont et l'aval du bassin.

La formule est la suivante :

$$D_G = H_5 - H_{95}$$

Avec:

D_G : Dénivelé c'est la différence entre ($H_{5\%}$) et ($H_{95\%}$).

H₅ : L'altitude élevée supérieur à une hauteur donnée qui représente 5% (H_5) de la surface du bassin (m).

H₉₅ : L'altitude basse supérieur à une hauteur donnée qui représente 95% (H_{95}) de la surface du bassin (m).

Tableau III.14 : Dénivelée globale des sous bassins

Sous- bassins	D_G(m)
El ham	620
Leham	515

Lougmane	840
K'sob	1030
Soubella	985
Barika	1160
Boussaâda	670
M'cif	695

III.2.4.2.5. Dénivelée spécifique

Elle est définie comme étant le produit de l'indice de pente globale (I_g) par la racine carrée de la surface du bassin versant (Ameur N., Saidi S., 2020). Les reliefs du bassin versant sont classés d'après ce paramètre suivant la classification de l'ORSTOM. La formule est la suivante :

$$D_s = I_g \sqrt{A}$$

I_g : Indice de la pente globale (m/km).

$\sqrt{A}$: Surface du bassin versant (km).

Tableau III.15 : Classification de l'ORSTOM Selon dénivelé spécifique

Classe	Type de Relief	Ds (m)
R1	Relief très faible	$D_s < 10m$
R2	Relief faible	$10m < D_s < 25m$
R3	Relief assez faible	$25m < D_s < 50m$
R4	Relief modéré	$50m < D_s < 100m$
R5	Relief assez fort	$100m < D_s < 250m$
R6	Relief fort	$250m < D_s < 500m$
R7	Relief très fort	$D_s > 500m$

Tableau III.16 : Dénivelée spécifique des sous bassins

Sous- bassins	Ds (m)	Classification de L'ORSTOM
El ham	12,192	Relief faible
Leham	20,013	Relief faible
Lougmane	34,197	Relief assez faible

K'sob	30,531	Relief assez faible
Soubella	48,026	Relief assez faible
Barika	19,910	Relief faible
Boussaâda	14,620	Relief faible
M'cif	11,890	Relief faible

Tableau III.17 : Les caractéristiques des sous bassins versant

Les caractéristiques	Symbole	Unité	El ham	Leham	Lougmane	K' sob	Soubella	Barika	Boussaâda	M'cif
Caractéristiques géométrique										
La Surface	A	Km ²	6186,678	638,549	337,302	3640,600	1838,700	3823,362	2953,675	5321,345
Le Périmètre	P	Km	417,760	152,954	105,180	344,270	217,674	405,110	303,200	481,120
Indice de compacité de Gravelius	Kg	Km	1,498	1,707	1,615	1,609	1,432	1,848	1,573	1,860
La longueur du rectangle équivalent	L	Km	173,153	66,938	45,113	147,444	87,925	181,488	128,639	215,914
La largeur du rectangle équivalent	<i>l</i>	Km	40,304	10,761	8,434	27,852	23,589	23,763	25,900	27,800
Caractéristiques des altitudes										
L'altitude maximale	H _{max}	m	1818,1	1239	1713	1882	1862	2200	1600	1600
L'altitude minimale	H _{min}	m	422	377	533	366	375	200	400	400
L'altitude moyenne	H _{moy}	m	727,221	575,514	916,45	778,247	762,611	774,934	763,764	811,824
L'altitude médiane	H _{50%}	m	800	640	975	782	760	753	842	916

Les indices de pente

La pente globale	I _g	m/km	0,0067	0,0079	0,014	0,007	0,012	0,011	0,008	0,006
Dénivelée spécifique	D _s	m	12,192	20,013	34,197	30,531	48,026	19,910	14,620	11,890
Dénivelée globale	D _G	m	620	515	840	1030	985	1160	670	695



Chapitre IV :

Résultats et discussion / Mise en place d'un système d'information géographique (base de données a référence spatiale) pour l'étude cartographique par le SIG des bassins versants de la Wilaya de M'sila



Ce chapitre contient de partie : La première traite de l'intérêt de l'utilisation du SIG dans l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila ; La seconde retrace les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale élaborée lors de notre étude.

IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude cartographique par le système d'information géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila

Un Système d'Information Géographique (SIG) est défini par (Thériault M., 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 géoréférencement 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 thématique.

Dans le domaine d'étude cartographique par le système d'information géographique 'SIG' des bassins versants de la wilaya de M'sila, 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 la base de donnée créée par le logiciel Arc GIS 10.8 ;
- ✓ Voir sur les sous-bassins hydrographiques du Hodna ;
- ✓ Voir sur les réseaux hydrographiques du Hodna ;
- ✓ Voir sur le réseau hydrographique au niveau de la wilaya de M'sila ;
- ✓ Voir sur les réseaux hydrographiques de la région (Wilaya de M'sila) ;
- ✓ Voir sur les formes de ces sous-bassins ;
- ✓ Voir sur les caractéristiques géométriques et topographiques de ces dernières ;
- ✓ Voir sur les courbes hypsométriques.

En fin, une fois les données intégrées au travers des différentes couches d'information, on peut effectuer une analyse spatiale rigoureuse et efficace, Des calques superposés les uns aux autres combinés à des données alphanumériques donnent des résultats d'analyse très efficaces.

Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes qui sont en effet de formidables outils de synthèse et de présentation de l'information. Le SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'élément multimédia.

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

❖ Choix des données intégrées au système

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

- ✓ Des coordonnées géographiques issues des travaux de géoréférencement (Sous-bassins versants du Hodna) ;
- ✓ La carte de bassin versant de nord Algérie ;
- ✓ Des coordonnées géographiques issues des travaux de géoréférencement (Wilaya de M'sila) ;

- ✓ La carte de réseau hydrographique de bassin du Hodna ;
- ✓ La carte du réseau hydro bioclimatique et de la surveillance de la qualité des eaux, Echelle 1/500 000 (ANRH) ;
- ✓ La carte topographique de Biskra, Echelle 1/500 000 ;
- ✓ Le choix des attributs des entités géographiques pour l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila a été inspiré des deux dernières cartes.

Ces derniers concernent :

- ✓ Des données générales sur la wilaya de M'sila ;
- ✓ Des données générales sur le sous - bassin versant ;
- ✓ Des données sur les sous bassin hydrographique du Hodna.

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

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

IV.2.1. Structuration des données

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

IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques (MBDG)

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

Les bases de données géographiques sont les outils opérationnels qui permettent d'organiser et de gérer l'information géographique sous forme numérique. Ce sont des ensembles structurés de fichiers décrivant les objets ou phénomènes localisés sur la Terre (avec leurs attributs et leurs relations nécessaires à la modélisation de l'espace géographique). Ces ensembles sont munis d'un

Chapitre IV Résultats et discussion / Mise en place d'un Système d'information géographique (base de données à référence spatiale) pour l'étude cartographique par le 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila

système de gestion permettant de les tenir à jour, de les archiver et de les diffuser.

Les bases de données constituent le socle sur lequel s'appuient les systèmes d'information géographique, qui analysent et exploitent les données pour en tirer des informations utiles à la décision.

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

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

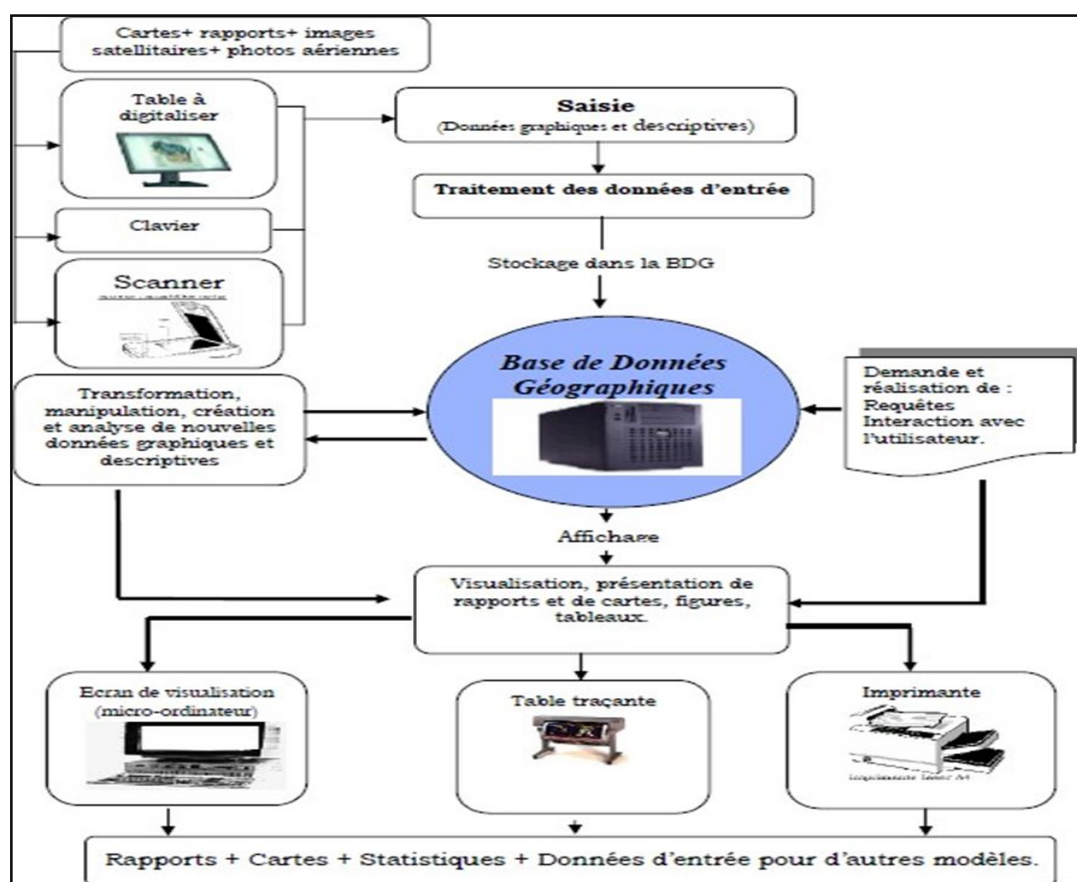


Figure IV.1 : Base de données géographiques BDG (Ider K., 2004)

Le noyau du SIG- étude cartographique est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques.

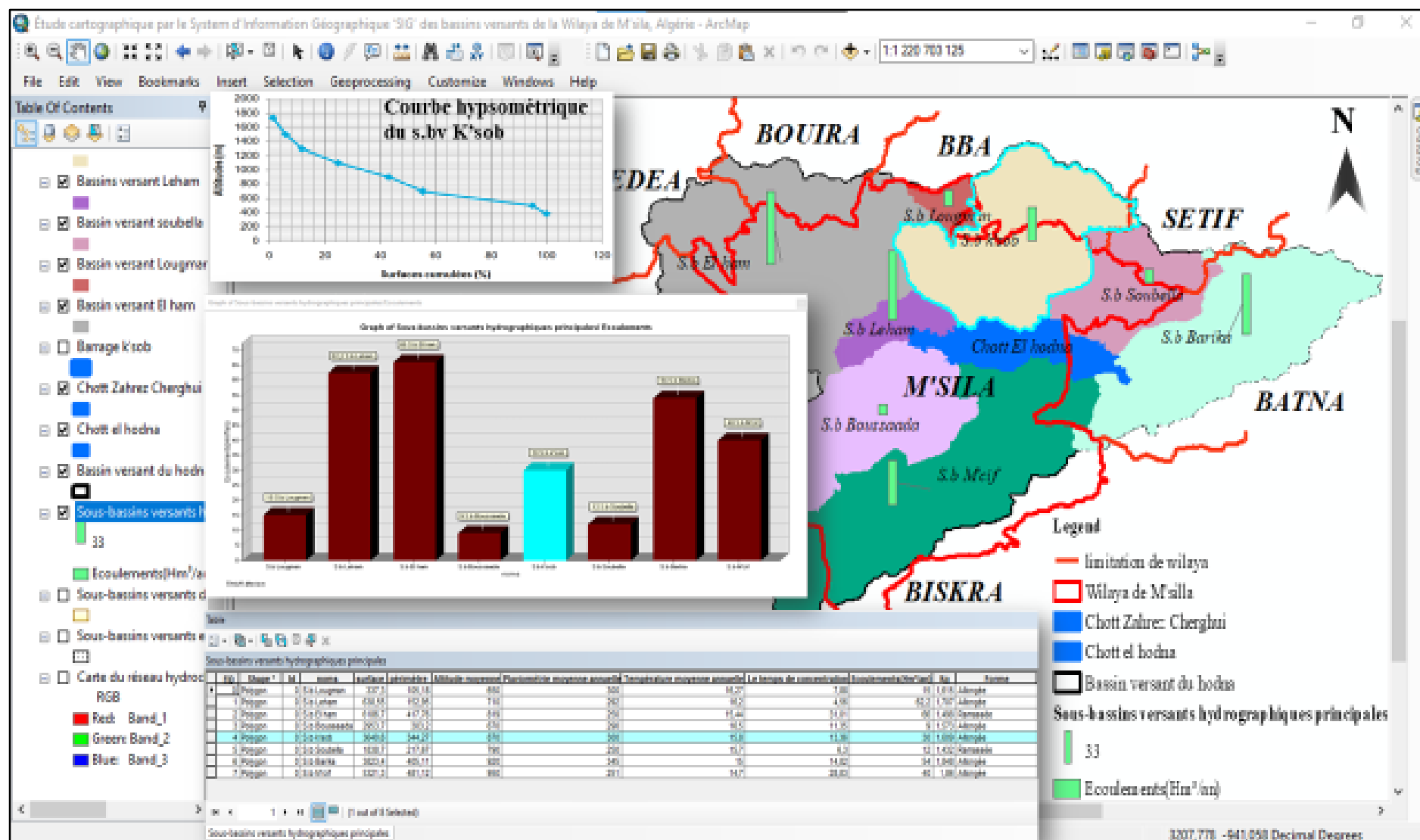


Figure IV.2 : MBDG – Ecoulements du sous-bassins versants de la wilaya de M'sila

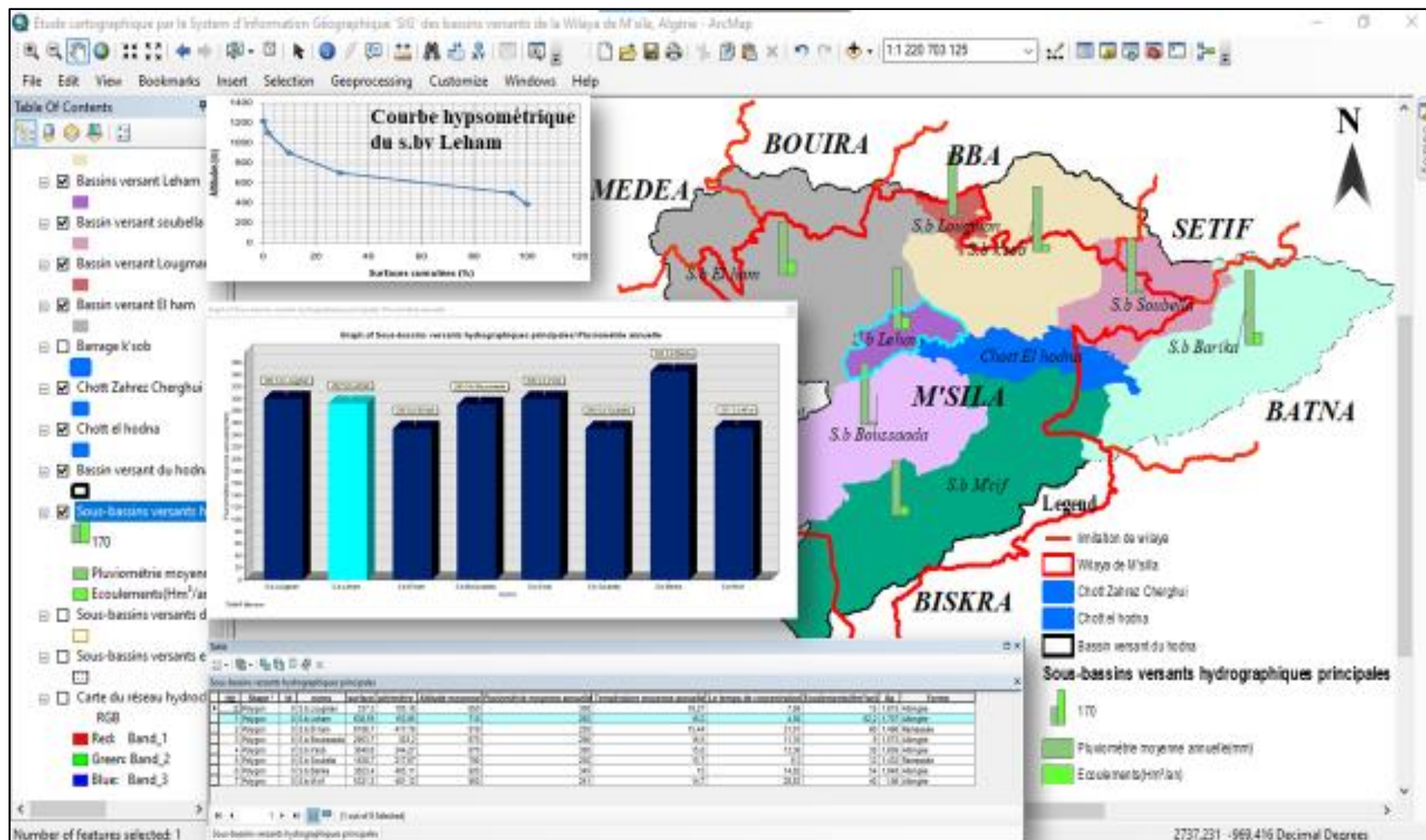


Figure IV.3 : MBDG – Pluviométries du sous-bassins versants de la wilaya de M'sila

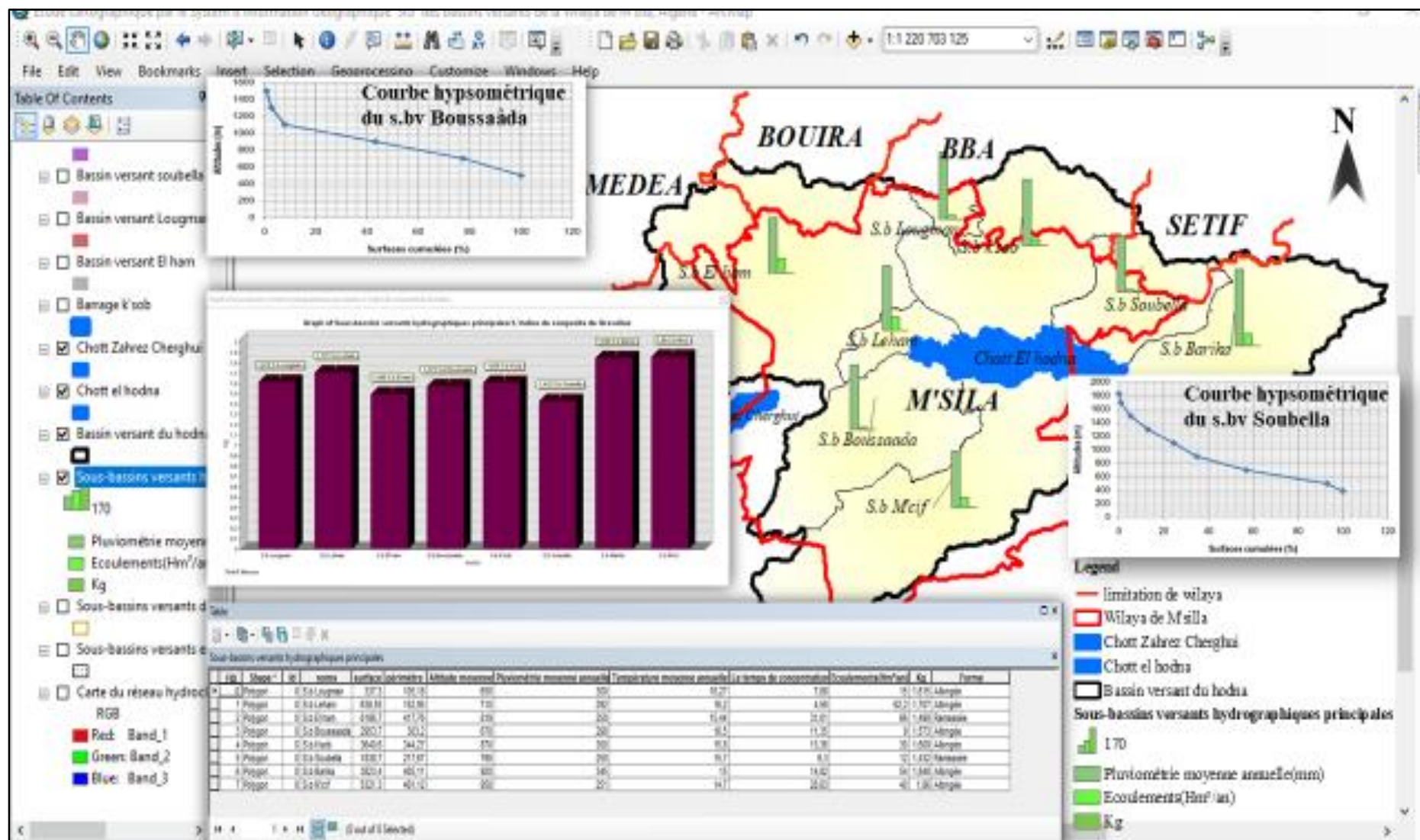


Figure IV.4 : MBDG – L'indice de compacité de Gravélius (KG) du sous-bassins versants

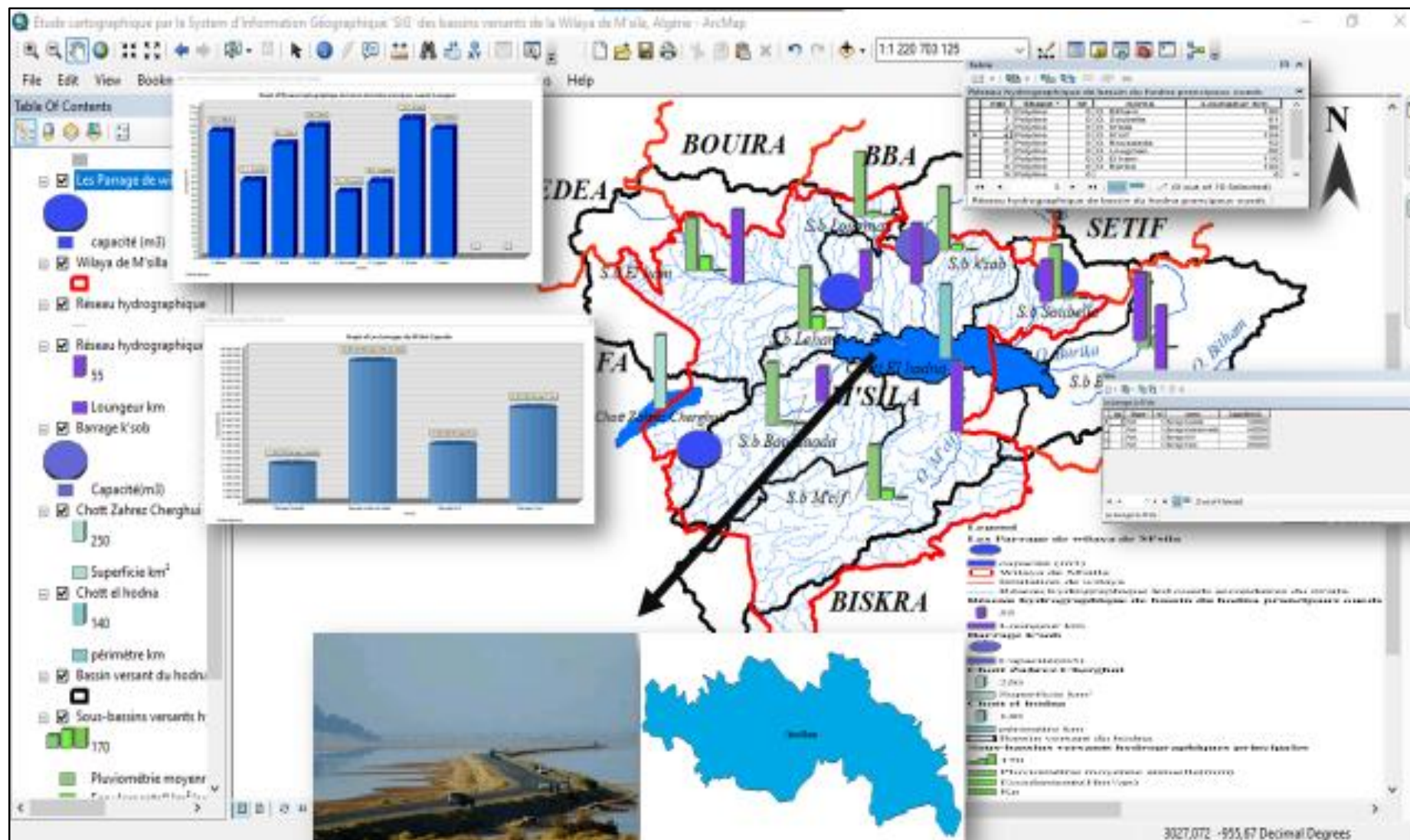
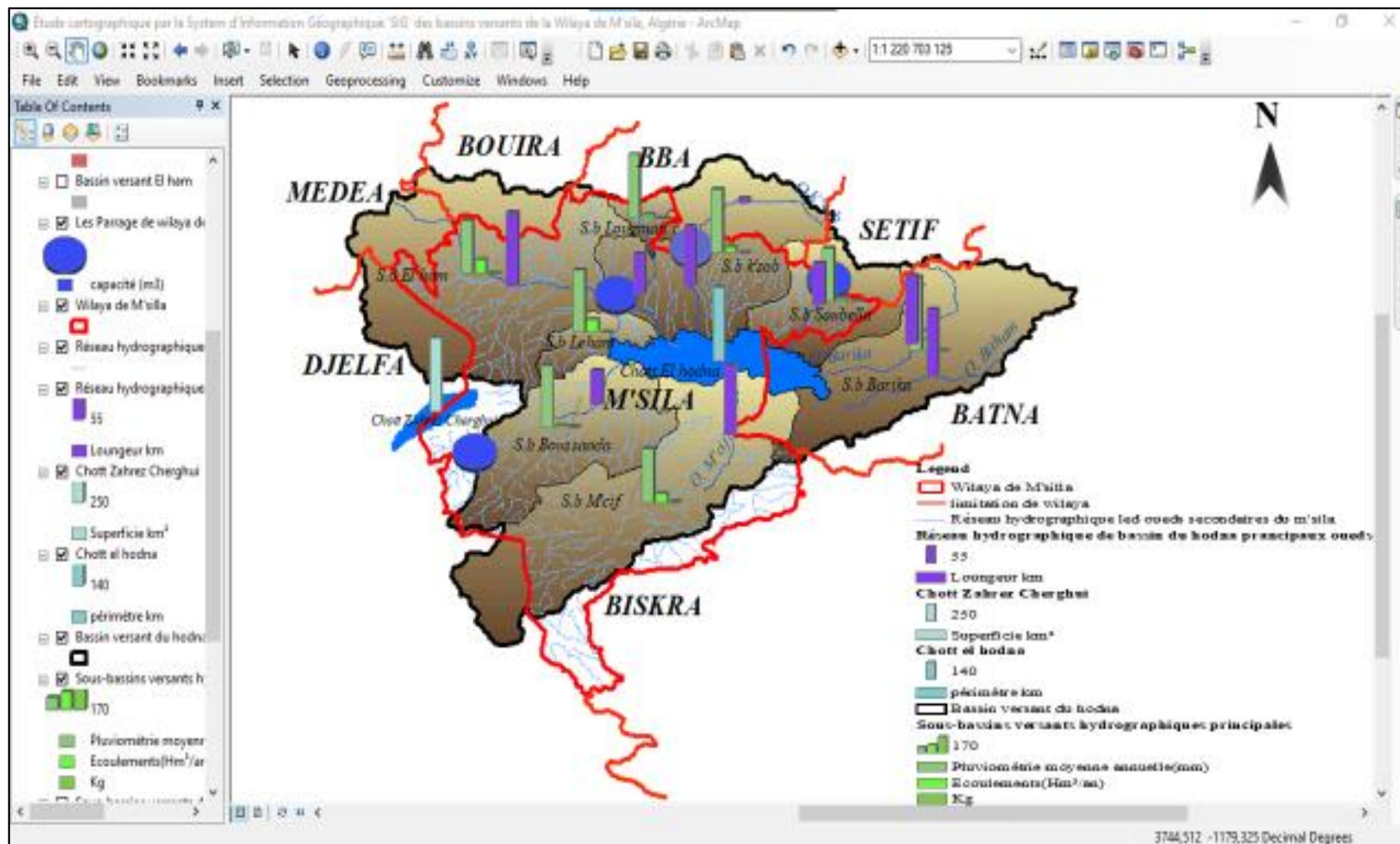


Figure IV.5: MBDG – Réseaux hydrographique de wilaya de M'sila



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

Les données structurées en modèle d'une base de données des figures (IV.2.3.4.5.6) ont été implantées dans un système informatique et les attributs des différentes entités (tables) ont été renseignés à l'aide des données collectées sur le terrain. La base de données créée a ensuite été testée afin de contrôler son fonctionnement. C'est ainsi que des requêtes en langage SQL (Structured Query Language) ont été créées dans le but d'analyser et d'exploiter les données.

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

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

Dans cette partie, les coordonnées des entités géographiques (l'étude cartographique par le système d'information géographique 'SIG' des bassins versants de la wilaya de M'sila) 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, vingt quatre (24) sous-bassins, huit (08), sous-bassins hydrographiques principales, leur caractéristiques géométriques et topographiques répartis comme suit ont été intégrés dans le SIG :

- ✓ 08 Points représentant les coordonnées des eaux superficielles (Oueds) dans le Bassin du Hodna ;
- ✓ 04 Points représentant les coordonnées des eaux superficielles (Barrages) dans le Bassin du Hodna ;
- ✓ 08 Points représentant les coordonnées des courbes hypsométriques des sous-bassins ;
- ✓ 08 Points représentant les coordonnées des formes des sous-bassins.

Les coordonnées des entités géographiques (l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila) 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 10.8 (le logiciel de SIG utilisé). Pour ce faire, les tables de la base de données d'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila, etc. ayant une référence spatiale ont été converties en

format d'BASE.

Ces fichiers d'BASE, 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 d'BASE) 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 l'étude cartographique par le Système d'Information Géographique 'SIG' des bassins versants de la Wilaya de M'sila.



Conclusion



Conclusion

Dans ce projet de fine étude, nous avons fait une étude cartographique des bassins versants dans la wilaya de M'sila, suivi par l'application de Système d'Information Géographique (SIG) pour la construction d'une base de données, ce programme joue un rôle essentiel dans ce travail.

La connaissance et l'étude cartographique, géométrique et topographique, dans ces bassins versants dans la région M'sila à une importance majeure et permet de produire quelques modèles cartographiques et thématiques.

L'objectif principale de ce travail s'appuie sur l'étude cartographique, géomatique et topographique de cette zone. La méthodologie est basée sur la collecte, l'agrégation et le traitement des données à l'aide du logiciel Arc Gis 10.8.

Le logiciel de système d'information géographique traite l'information, corrige les erreurs et permet son analyse et sa modification. Et création d'un Modèle de base de données Géographique (MBDG) permet de récupérer des bases de données (BD) et de créer des gabarits et des fiches thématiques, Les cartographie de la région de la wilaya

L'utilisation du ce logiciel permis, en plus de la production des cartes et des graphes, d'exécuter des requêtes et analyses géographique, d'améliorer l'organisation de l'information et de prendre plus rapidement les meilleures décisions.

Notre contribution consiste à introduire le SIG comme un nouvel outil de gestion moderne et pertinent dans l'environnement de l'évaluation cartographique dans la wilaya de M'sila à travers les sous- bassins versants qui touchent cette wilaya. En fin les points bénéfiques que peut apporter le SIG :

- Les informations sont stockées de façon claire et définitive.
- Gérer une multiplicité d'information attributaires sur des objets.
- Comprendre les phénomènes.
- Etablir des cartographies rapides.
- Création rapide de cartes thématiques.
- La possibilité d'obtenir des informations renouvelables (détermination des dimensions, des surfaces et des longueurs).
- Analyser et traiter une grande quantité d'informations en un temps record.
- Aussi l'Arc-GIS permet une grande convivialité au niveau de la conception et au niveau de l'utilisation de l'application.



Références bibliographiques



Références bibliographiques

1. **Achour Hanan Oumaima. (2013).** Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leur influence sur l'écoulement des eaux. Université de M'sila, Algérie, 64p.
2. **Adoui Halima. (2013).** Etude de la vulnérabilité du bassin versant du Hodna aux inondations. Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 22-24p.
3. **AFNOR-ISO. (1989).** Définition AFNOR (L'Association française de normalisation) – ISO (organisation internationale de normalisation), dictionnaire de l'informatique.
4. **Ahmed Manel., Bennaoui Sarra., Reguig Sarra. (2022).** Contribution de SIG à l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'Oued Boussaâda, Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 92p.
5. **Aldosa Nathalie., Le bihan Monique., Monin Martine. (2003).** Information, Communication, Organisation : BTS assistant de gestion PME et de PMI. Université France, Paris, Bréal, Rosny-Sous-Bois, 2eme Edition, 222p.
6. **Ameur Nesrine., Saidi Sara. (2020).** Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques morphométriques d'un sous - bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux. (Sous - bassin versant d'Oued Bou saâda - Algérie). Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 93p.
7. **ANRH. (1993).** (Agence National des Ressources Hydrauliques). Carte pluviométrique de l'Algérie du nord, à l'échelle 1 : 500.000 et notice Explicative. ANRH, Algérie.
8. **ANRH. (2002).** Agence National des Ressources Hydrauliques.
9. **ANRH. (2023).** Agence National des Ressources Hydrauliques.
10. **ASWM. (2020).** Annuaire Statistique de la Wilaya de M'sila, 134p.
11. **Aubert Georges. (1976).** Les sols sodiques en Afrique du nord. Annales de l'INA EL Haraach-alger, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 185-196p.
12. **Belouam N. (1976).** Caractéristiques macromorphologiques et micromorphologiques de quelques sols à accumulation calcaire du Hodna. Annales de l'INA El Harrach Vol. 1, Pédologue a la D.EMR.H, Clairbois-Birmandreis, Alger, 47-53p.
13. **Bendjeddou Fatiha. (2013).** Analyse et cartographie de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Hodna. Université Mohamed Boudiaf M'sila, 101p.
14. **Bigand Michel., Camus Hervé., Bourey Jean-Pierre., Corbeel Didier. (2006).** Conception Des Systèmes De L'information, Modélisation Des Données, Etudes De Cas. Université of

Références bibliographiques

- Lille nord France, Paris, 170p.
- 15. Bimonte Sandro. (2007).** Intégration De L'information Géographique Dans Les Entrepôts De Données Et L'analyse En Ligne : de la modélisation à la visualisation. Institut National des Science Appliquées de Lyon, France, 221p.
- 16. Bonin Olivier. (2002).** Modèle D'erreur Dans Une Base De Données Géographiques Et Grandes Déviations Pour Des Sommes Pondérées ; Application A L'estimation D'erreurs Sur Un Temps De Parcours. Université de Paris 6, France, 145p.
- 17. Bordin Patricia. (2006).** Méthode D'observation Multi-Niveaux Pour Le Suivi De Phénomènes Géographiques Avec Un SIG. Université De Marne-La-Vallée, Paris, 283p.
- 18. Bord Jean-Paul., Baduel Pierre-Robert. (2004).** Les Cartes De La Connaissance. Université Montpellier-CNRS, Paris, 694p.
- 19. Boumezbeur Ammar. (2002).** Atlas des 26 zones humides Algériennes d'importance internationale. Direction générale des forêts, chemin Doudou Mokhtar-BEN AKNOUN, Alger, 89p.
- 20. Bourenane A., Mechri S. (2008).** Contribution à l'étude du transport solide dans le sous Bassin versant de Soubella (Hodna). Université Mohamed Boudiaf, M'sila.
- 21. Bouteldja Nedjoua. (2005).** Contribution à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant du Hodna" sous bassins versants du Ksob et de Soubella"(Algérie). Université de la Provence Aix-Marseille 1, France, 180p.
- 22. Boyadgiev T. G. (1975).** Les sols du Hodna. Rapport FAO, Algérie 9, Rome, 141p.
- 23. Bresso Mercedes., Haurie Alain. (1996).** Gestion De L'environnement Et L'entreprise. Presse Polytechnique Et Universitaire Romandes, Suisse, 280p.
- 24. Brocard M., Mallat P., Leveque L., Bessieton C. (1996).** Atlas De L'estuaire De La Seine. Publication des Universités De Rouen Et Du Havre, France, 155p.
- 25. Caloz Régis., Collet Claude. (2011).** Analyse Spatiale De L'information Géographique. 1ère Edition, Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes(PPUR), Suisse, 383p.
- 26. C.F.M. (2023).** Conservation des Forêts de M'sila : Rapport de présentation du secteur des Forêts.
- 27. C.F.M. (2009).** Conservation des forêts de M'sila. Fiche descriptive sur les zones humides. Chott El hodna.D.G.F.25p.
- 28. Charleux-Demargne J. (2001).** Qualité Des Modèles Numérique Terrains Pour L'hydrologie Application A La Caractérisation Du Régime De Crues Des Bassins Versant. Thèse Préparée

Références bibliographiques

- Au Sein De L'unité Mixte De Recherche « Structure Et Système Spatiaux », Université de Marne-la-Vallée, Paris, 350p.
29. **Charnpratheep Krerkpong., Zhou Qiming., Garner Barry. (1997).** Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems, Waste management & Research. 15(2), school of Geography, The University of New South Wales, Sydney 2052, Australia, 197– 215p.
30. **Collet Claude. (1992).** Système D'information Géographique En Mode Image. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes (PPUR), Suisse, 186p.
31. **Couclelis Helen. (1992).** People Manipulate Objects (but cultivate Fields): Beyond The Raster-Vector Debate in GIS (Theories A). University of California, Santa Barbara, 65-77p.
32. **Daoud Y., Doggar Mokhtar A. (1985).** Le regime du potassium dans quelques types de sol du Hodna (Algerie). Revue de la Potasse, section 4, Potash Rev, n°6 , 1-7p.
33. **Dekkiche B. (1974).** Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélations géochimiques des eaux de la nappe. Gand, Belgique, 211p.
34. **Denègre Jean., Salgé François. (1996).** Les systèmes d'information géographique. 1ere Ed, Presses Universitaires de France, Paris, 127p.
35. **Denègre Jean., Salgé François. (2004).** Les Systèmes D'information Géographique. Presses Universitaires de France, 2eme Ed, Paris, 128p.
36. **Didier. (1990).** Etude du CNIG. Les systèmes d'information géographique et les zones humides- Structurer et valoriser des données spatiales diversifiées- PNRZH - Cahier thématique “les zones humides et l'eau”.
37. **D.R.E M'sila. (2023).** Direction des Ressources en Eau M'sila.
38. **ESRI France. (2018).** Tout Savoir Sur Les Systèmes d'Information Géographique. Available At : <https://Www.Esrifrance.Fr/> (Accessed : 15 Décembre 2018).
39. **Fetayah H. (2015).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales à effets cardiovasculaires de la daïra de M'sila. Université Mohamed Boudiaf de M'sila, 79p.
40. **FICCDC. (1988).** (Federal Interagency Coordinating Committee for Digital Cartography) Systèmes d'informations géographiques, WIKIVERSITE.
41. **Gandon Françoise. (1991).** Synthèse sur les SIG et Perspectives d'utilisation en Hydrologie. Laboratoire d'Hydrologie, 35p.
42. **Grine Rachid. (2009).** Les perpectives hydrogeologiques de la cuvette hodneenne. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene (USTHB), Algerie, 156p.

Références bibliographiques

- 43. Guégan Jean-François., Choisy Marc. (2009).** Introduction à L'épidémiologie Intégrative des Maladies Infectieuses Et Parasitaires : Cours. De Boeck Université, France, 930p.
- 44. Habert Élisabeth. (2000).** Qu'est-ce qu'un système d'information géographique (SIG). Institut de recherche pour le développement laboratoire de cartographie appliquée (IRD), 13p.
- 45. Hadjab Makhloufi. (1998).** Aménagement et protection des milieux naturels dans la cuvette du Hodna (Algérie). Université d'Aix en Provence, Marseille 1, France, 242p.
- 46. Hamenni Nassima., Mesbah Mohamed., Semar Ahsène. (2011).** Etude Des Ressources En Eau Du Bassin Versant De La Soummam Par L'utilisation De SIG. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Algérie, 166p.
- 47. Harzallah Ikram. (2019).** L'écotourisme forestier : importance et rôle économique des forêts récréatives de la wilaya de M'sila. Université Mohamed Boudiaf - M'sila, 92p.
- 48. Hasbaia Mahmoud., Adoui Halima. (2012).** Contribution à l'étude du régime des crues dans les Bassin semi-aride algériens, cas du bassin versant du hodna en Algérie. Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 8p.
- 49. Hedjazi A. (2009).** Quantification des apports liquides et solides de l'Oued El-ham. Université Mouhamed Boudiaf, M'sila.
- 50. Herve Gumuchian., Claude Marois. (2000).** Initiation à La Recherche En Géographie. Presses de L'Université de Montréal, Canada, 426p.
- 51. IAAT. (2003).** (Institut Atlantique d'Aménagement des Territoires). Cahier Méthologiques Sur La Mise En Œuvre D'un SIG. 33p.
- 52. Ider Karim. (2004).** Modélisation hydrodynamique d'un cours d'eau, Application à l'Oued Soummam. École Nationale Polytechnique (ENP), Alger, 152p.
- 53. Kaabache Mohamed. (1990).** Les groupements végétaux de la région de Bousaada (Boussaâda), Contribution à la systématique des groupements steppiques du Mergueb. Université Paris, Sud centre d'Orsay, France, 104p.
- 54. Kebiche Mustapha. (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, Etudes algériennes, 25-34p.
- 55. Keir A. W., Doucett J. A., Oliveri T. (1993).** Landfill siting using GIS technology: The case of the peel landfill site search." Canadian Conference on GIS, Ottawa, Canada, 13–24p.
- 56. Knoepfel Peter., Da Cunha Antonio., Leresche Jean-Philippe., Nahrath Stéphane. (2005).** Enjeux du développement urbain durable : Transformations urbaines, gestion des ressources et

Références bibliographiques

- gouvernance. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), Suisse, 129p.
57. **Kouba Yacine. (2018).** Système D'information Géographique. Université Larbi BEN M'HIDI, Om El Baouaghi (O.E.B), Algérie, 105p.
58. **Laborde Jean-Pierre. (2000).** Éléments D'hydrologie De Surface. Université de Nice-Sophia Antipolis, France, 192p.
59. **Laborde Jean-Pierre. (2009).** Éléments D'hydrologie De Surface. Ecole Polytechnique De L'université De Nice-Sophia Antipolis, France, 202p.
60. **Lakahli E. (2015).** Approche phytoécologique des groupements végétaux de la région de Hodna. Thème de Master Académique : Gestion de l'environnement, Université de M'sila ,47p.
61. **Laurini Robert., Thompson Derek. (1992).** Fundamentals of spatial information systems. Academic Press, London, 680p.
62. **Le Garff André. (1975).** Dictionnaire De L'informatique, Les Grandes dictionnaires, Presses Universitaires De France, Paris, 584p.
63. **Legros Jean-Paul. (1996).** Cartographies des sols, de l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), Suisse, 370p.
64. **Maguire David J., Goodchild Michael F., Rhind David W. (1991).** Geographical Information Système : Principale and Applications. Université du Michigan, New York, 514p.
65. **Mahmoudi L., Dlaldja S. (2008).** Utilisation des enquêtes ethnobotaniques de la wilaya de M'sila pour la recherche des méthodes de lutte traditionnelle contre les maladies épidémiques touchant l'homme, son cheptel et son environnement. Université de Msila. 38p.
66. **Makhlouf Hadja., Kacimi Nour Elhouda. (2019).** Apport du Système d'Information Géographique dans la répartiton du diabète dans la ville de M'sila-Algerie. Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 57p.
67. **Makhlouf N. (2015).** Cycle Hydrologique. Université Des Sciences Et De La Technologie Houari Boumediene, Algérie, 66p.
68. **Makhzoum Youcef., Mahdid Benaissa. (2019).** Hydrologie Du Bassin Du Hodna : Construction D'une Base De Données A L'aide D'un SIG. Université Mohamed Boudiaf, M'sila, 115p.
69. **Microplan. (2004).** Système d'Information Géographique.
http://www.microplan.fr/sig_definition.htm
70. **Mouilah Cheikh. (2013).** Les méta heuristiques et le Système d'Information Géographique

Références bibliographiques

- (S.I.G). Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Oran, 116p.
- 71. Musy André., Higy Christophe. (2003).** Hydrologie, Une Science de la nature. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR), coll. gérer l'environnement, 1ere Edition, Suisse, 314p.
- 72. Musy André., Higy Christophe., Reynard Emmanuel. (2004).** Hydrologie 1 : Une Science de la nature-Une gestion sociétale. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes(PPUR), coll. Science et ingénierie de l'environnement, 2ème Edition, Suisse, 490p.
- 73. Musy André. (2005).** Hydrologie Générale. Chapitre 1et 2, Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne (EPFL), Suisse, 143p.
- 74. Narayan L.R.A. (1999).** Remote Sensing and Its Applications. University Press (India), 215p.
- 75. Nottet Adeline. (2002).** Analyse Et Croisement Cartographique De La Base De Données BASIAS Et BRGM Des Bases De Données De L'IGN. Université Paris XII-Est Créteil du Val De Marne(UPEC), Paris, 60p.
- 76. Nova Nicolas. (2009).** Les Médias GéoLocalisés, Comprendre Les Nouveaux Espaces Numériques. Geneva Université des Arts est Design, Suisse, 256p.
- 77. Paul Lmbs., Bernard Quemada. (1971 à 1994).** Dictionnaire de la langue française, Trésor de la langue française, Institut National de la langue française (INALF), 23000p.
- 78. Provencher Léo., Dubois Jean-Marie Maurice. (2007).** Précis De Télédétection Méthode de Photo-interprétation Et De L'interprétation D'image. Presses de l'Université du Québec, Canada, 485p.
- 79. Quodverte Philippe. (1994).** La Cartographie Numérique Et Information Géographique : Importance Et Conséquences Du Progrès Des Sciences Et Des Technique. Université D'Orléans, France, 244p.
- 80. Rigaux Philippe. (2001).** Spatial Data Bases: With Application To GIS. Morgan Kaufmann Publishers In, 2eme Edition, San Francisco, 410p.
- 81. Roche Marcel. (1963).** Hydrologie De Surface. Office de la recherche scientifique et technique Outre-Mer, Paris, 431p.
- 82. Roche Stéphane. (2000).** Les Enjeux Sociaux Des Systèmes D'information Géographique : Les cas de la France et du Québec. Université Laval, Paris, 160p.
- 83. Rognant L. (2000).** Triangulation Contrainte de Delaunay : Application A La Représentation De MNT Et A La Fusion MNT Radar. L'Université Joseph Fourier(Grenoble), France, 431p.
- 84. Savornin Justin. (1920).** Étude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien :

Références bibliographiques

algérie. Université de Lyon, France, 499p.

- 85. Talatizi Ing Akli. (2014).** Etude Des Infiltrations A Travers Une Digue De Barrage En Terre Cas D'un Barrage Algérien. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 190p.
- 86. Thériault Maruis. (1996).** Systèmes d'information géographique-concepts fondamentaux (No. BOOK), Département de la géographie. Université Laval, LATIG, Canada, 52p.
- 87. Zeroual Sara. (2016).** Etude de la sensibilité du sous bassin versant de K'sob a l'érosion Hydrique par une approche quantitative. Université Mouhamed Boudiaf, M'Sila, 150p.
- 88. Zouache Tarif. (2007).** Une application de la méthode d'analyse corrélatrice et spectrale cas d'étude : le bassin versant de El k'sob. Ecole Nationale Polytechnique(ENP), Alger, 105p.

Sites web

[Https://Www.Esri.fr/fr/](https://www.esri.fr/fr/)

http://www.microplan.fr/sig_definition.htm

<http://www.afigeo.asso.fr/les-sig.html>

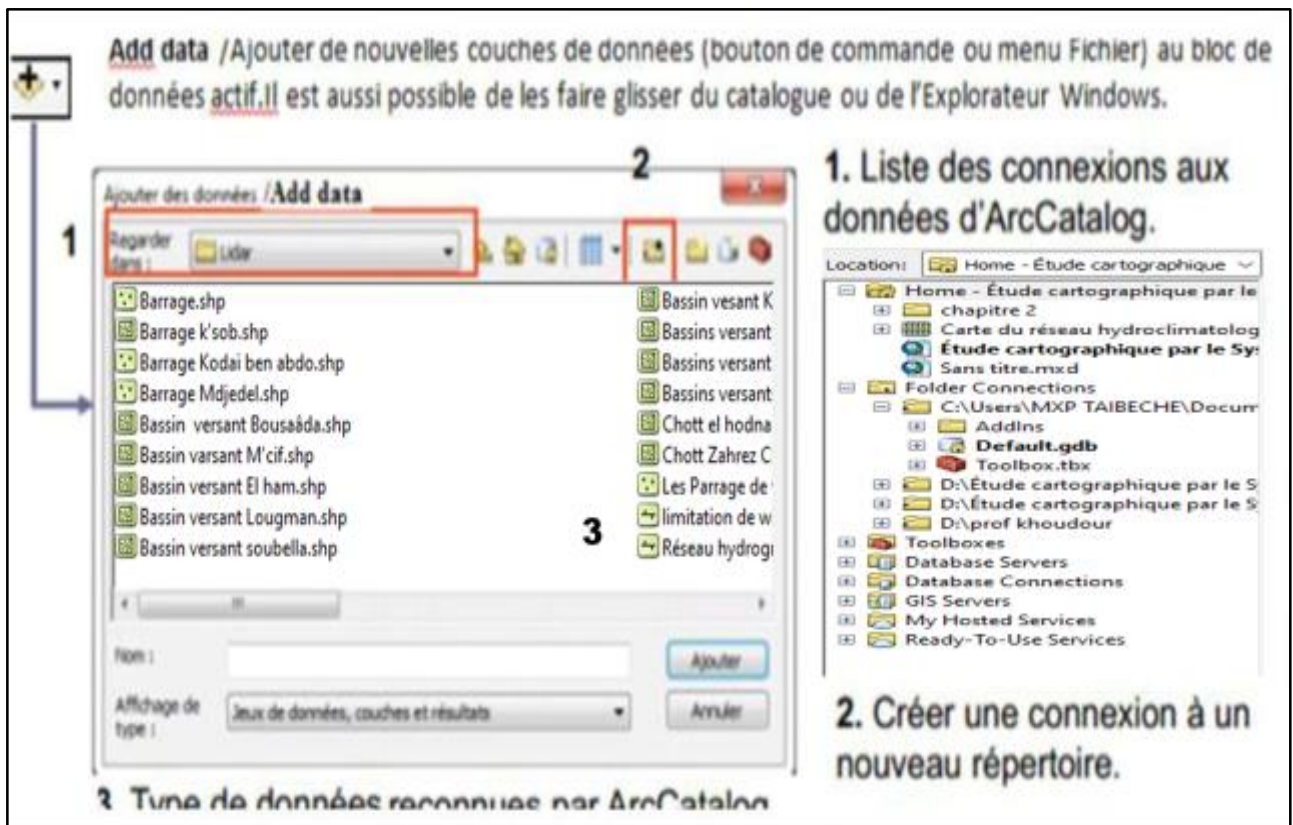
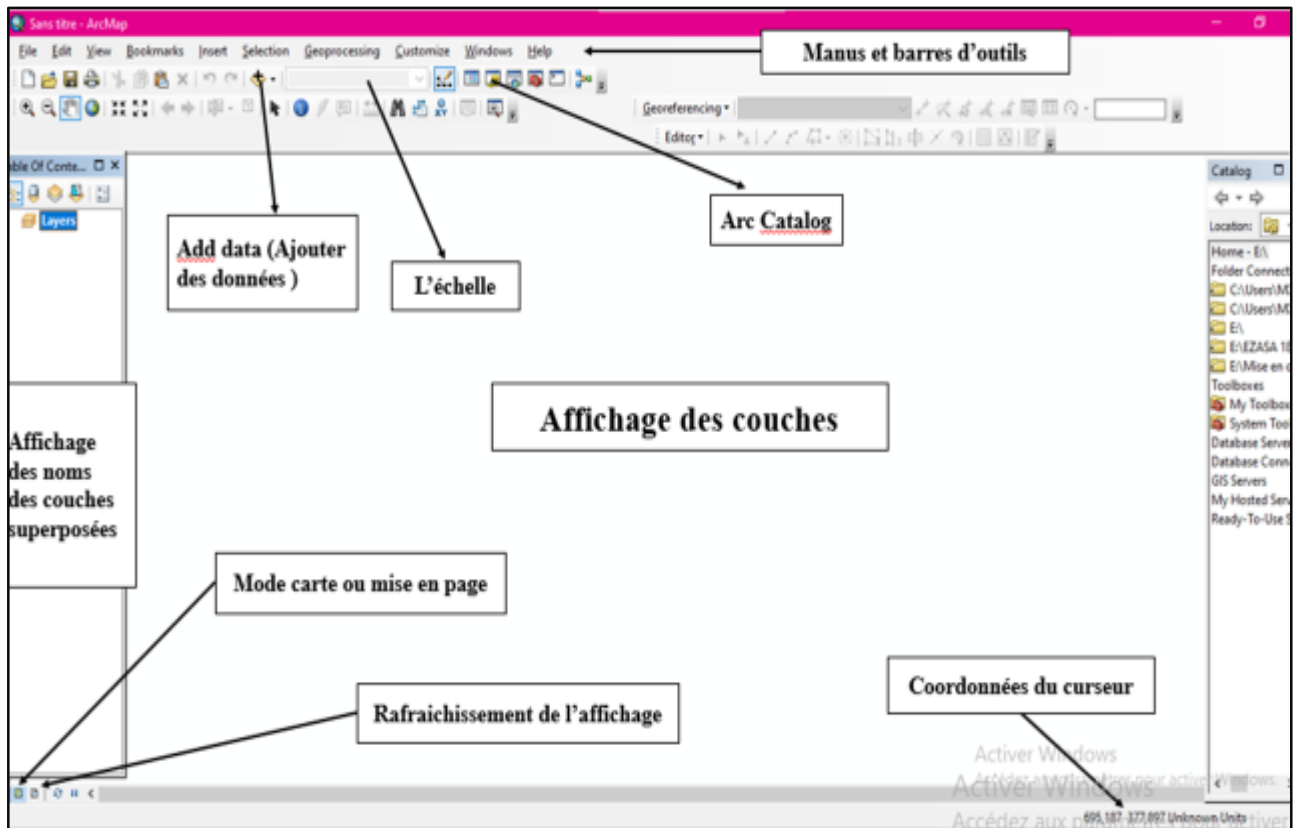


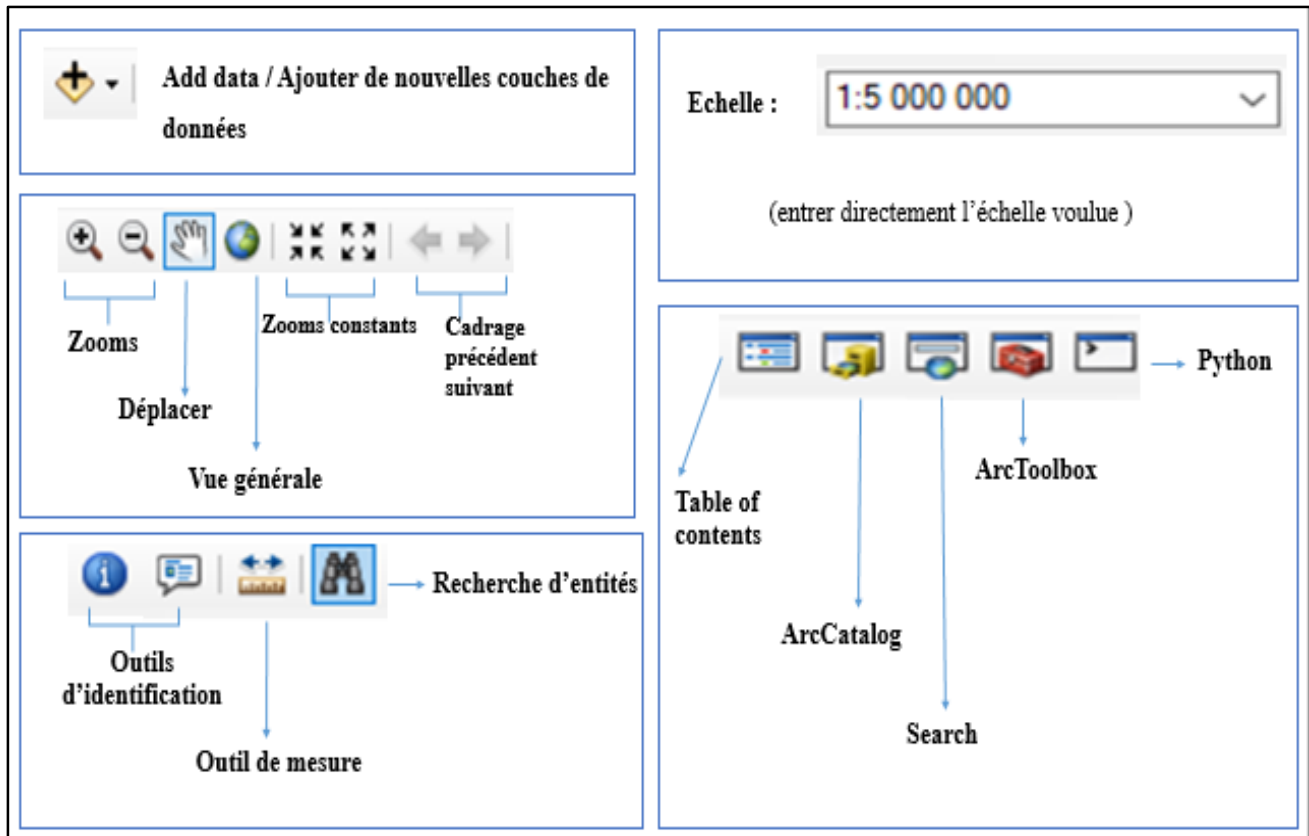
Annexes



Annexes

Présentation de l'interface d'Arc Gis 10.8





Afficher les données attributaires :

1. Clic droit sur le nom de la couche ;
2. Sélectionner open attribut table /
Ouvrir la table attributaire

Table

Sous-bassins hydrographiques principales

FID	Shape	Id	Noms	Surface km²	Périmètre M	KG	Forme
0	Polygon	0	Sb Banka	3823.4	405.11	1.848	Allongée
1	Polygon	0	Sb M'cif	5321.3	481.12	1.86	Allongée
2	Polygon	0	Sb K'asob	3640.6	344.27	1.609	Allongée
3	Polygon	0	Sb Boussekda	2953.7	303.2	1.573	Allongée
4	Polygon	0	Sb Soubella	1838.7	217.67	1.432	Ramassée
5	Polygon	0	Sb Lougman	337.3	105.18	1.615	Allongée
6	Polygon	0	Sb El Ham	6186.7	417.78	1.496	Ramassée
7	Polygon	0	Sb Leham	636.55	152.95	1.707	Allongée

Wilaya de M'illa | Sous-bassins hydrographiques principales

Propriétés d'un document ArcMap :

1. Unités, emprises

(Clic droit sur le nom du bloc, ici : Layers = Couches)

Propriétés de Bloc de données

Unités affichées sous la carte.

Taille des symboles dépend de l'échelle. Défaut, plein Nord de référence.

Emprise, découpage du bloc de données

2. Systèmes de coordonnées

La première couche ajoutée à un bloc de données impose son système de coordonnées.

- Toutes les nouvelles couches ajoutées seront affichées dans ce système.
- Un **avertissement** est affiché en cas de datums différents. Il peut être nécessaire de préciser quelle transformation géographique utiliser ou bien d'en définir les paramètres.

Le premier avertissement :

Les sources de données suivantes utilisent un système de coordonnées géographiques différent de celui utilisé par le bloc de données auquel vous ajoutez les données.

Source de données : France_2000_001

Système de coordonnées géographiques : GCS_NAD_1984

Des problèmes d'alignement et de précision peuvent survenir si aucune transformation n'est effectuée entre les systèmes de coordonnées géographiques.

Vous pouvez utiliser ce bouton pour spécifier ou modifier les transformations utilisées par ce bloc de données.

Vous pouvez accéder à la boîte de dialogue Transformations depuis l'onglet Systèmes de coordonnées de la boîte de dialogue Propriétés du Bloc de données, après l'ajout des données.

☐ Ne plus jamais m'avertir pour cette session

☐ Ne plus jamais m'avertir

À l'appui de l'avis de l'utilisateur, les données de la source de données sont ajoutées.

Transformations...

Propriétés de Bloc de données

Système de coordonnées

Sélectionnez votre recherche au :

Favoris

Systèmes de coordonnées géographiques

Systèmes de coordonnées projetées

Couches

Personnalisées

GCS_NAD_1984

Système de coordonnées courant :

NAD_1983_Lambert_93

Autorité : personnalisée

Projection : Lambert_Conformal_Conic

Faux_Easting : 600000,0

Faux_Northing : 2200000,0

Central_Meridian : 2.3372292667

Standard_Parallel_1 : 45,8589188889

Standard_Parallel_2 : 47,8589188889

Scale_Factor : 1,0

Latitude_of_Origin : 46,8

Transformations du système de coordonnées géographiques

Convertir depuis :

GCS_NAD_1983

À :

GCS_NAD_1983

Notes :

GCS_NAD_1983

Avec des données sont traitées en fonction de leur pertinence par rapport à l'ensemble de la couche.

Méthode : NAD_1983_To_NAD_1983

Nouvelle transformation géographique

Nom :

GCS_NAD_1984

GCS source : GCS_NAD_1984

GCS cible : Europe/Bouville_Triangulation-Francaise

Méthode :

Nom :

Transformation géographique

Paramètres :

Nom :

Valeur :

Axis de translation 1 (X) :

Axis de translation 2 (Y) :

Axis de translation 3 (Z) :

Général

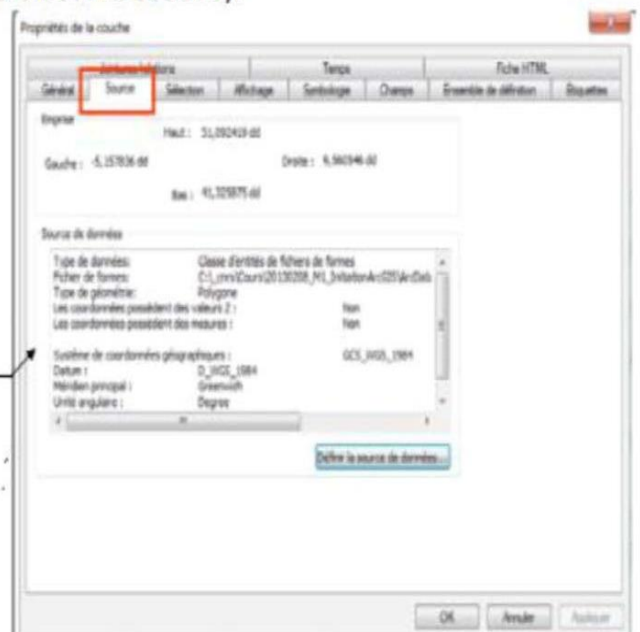
- Nom de la couche.
- Couche visible ou non.
- Plage d'échelle de visibilité :
 - Ne pas afficher si zoom **arrière** supérieur à (échelle minimale).
 - Ne pas afficher si zoom **avant** supérieur à ... (échelle maximale).
 - Afficher à toutes les échelles.

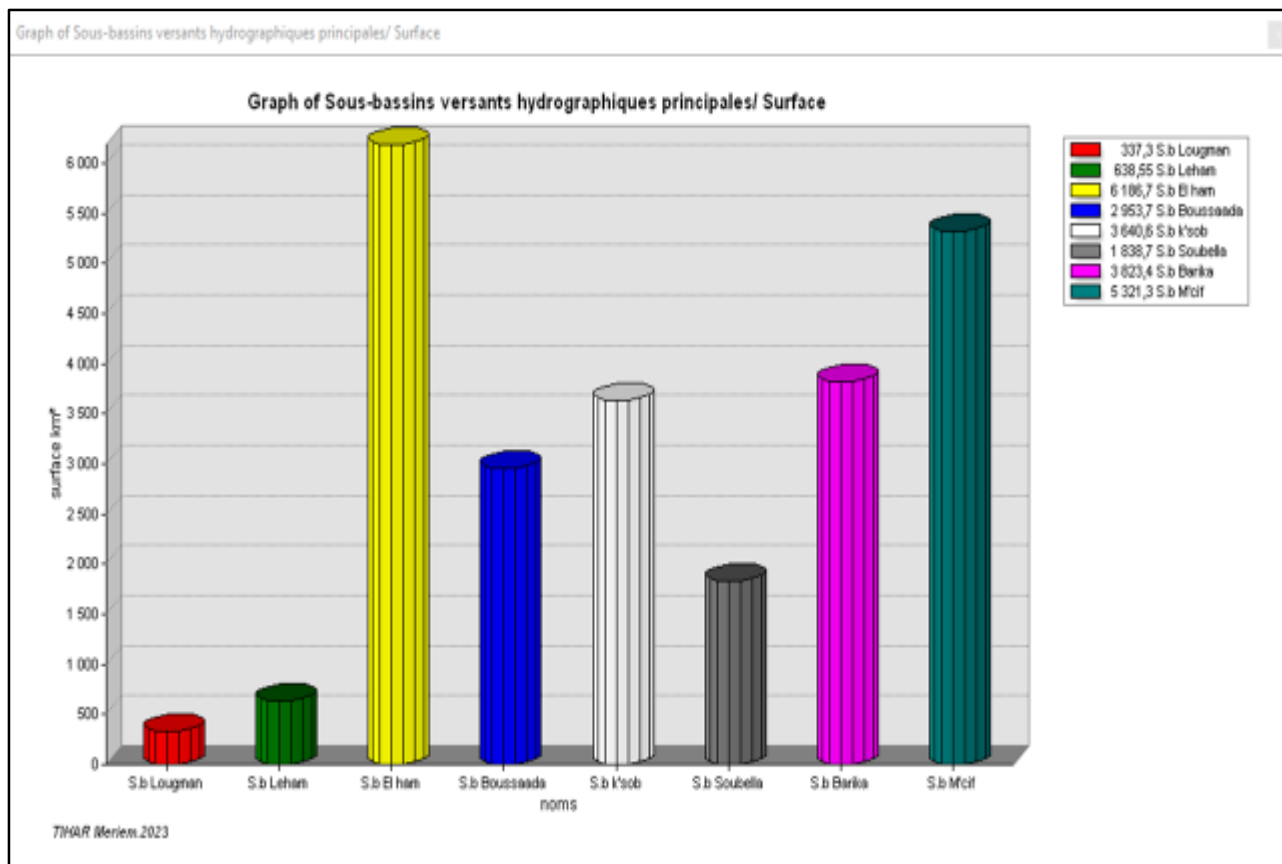


2 - Source

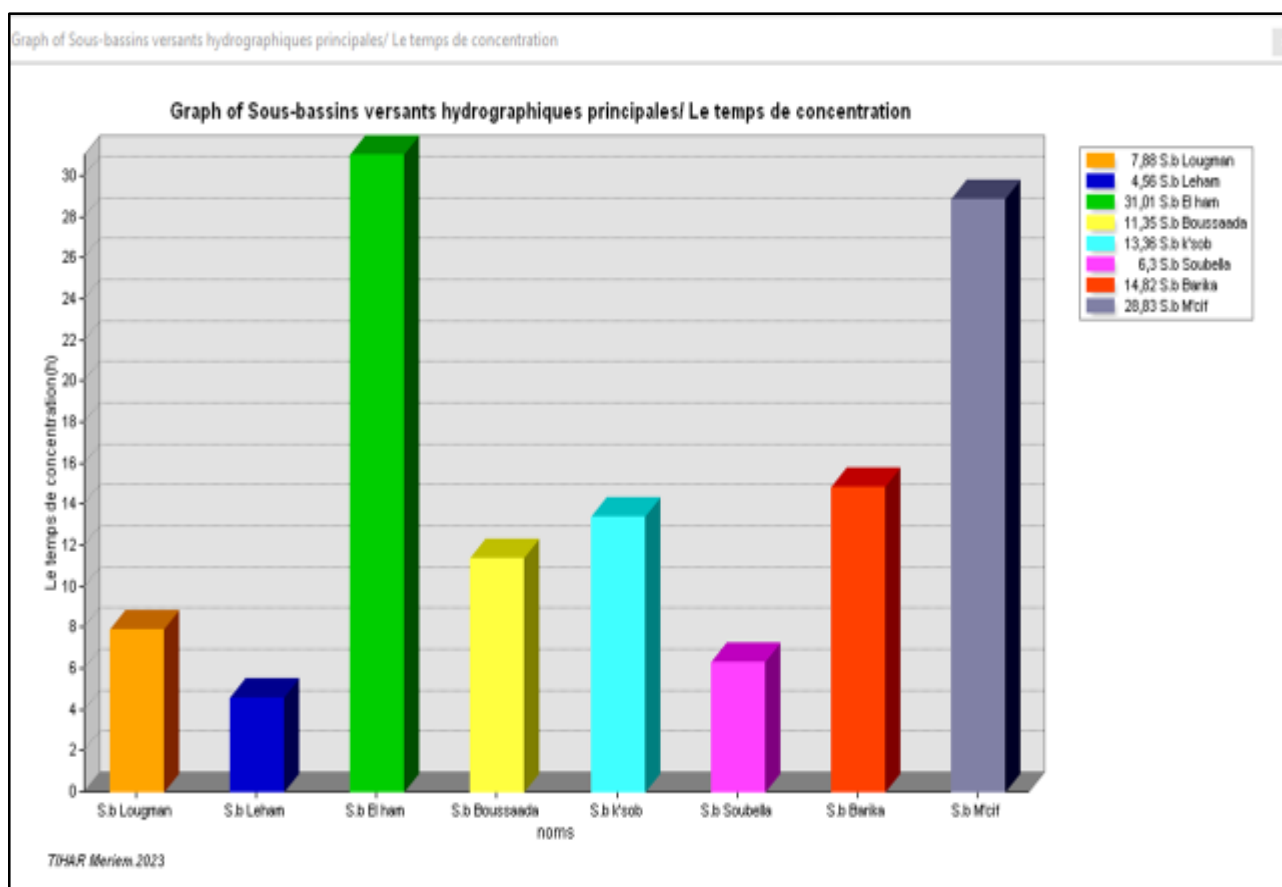
- Si une source de données a été **déplacée**, **renommée** ou **supprimée**, le lien avec les couches qui s'y réfèrent est rompu (indiqué par un ! devant le nom de la couche).
- Cliquer sur le bouton « Définir la source des données » pour indiquer le nouvel emplacement (la même option est disponible avec un clic droit sur la couche).
- Les propriétés d'affichage de la couche (**symbolologie**, etc.) ne sont pas perdues.
- Cet onglet indique également **l'emprise** de la couche.

Le système de coordonnées de la **source** de données peut être différent de celui de la couche dans le bloc de données: **changement de projection « à la volée »**

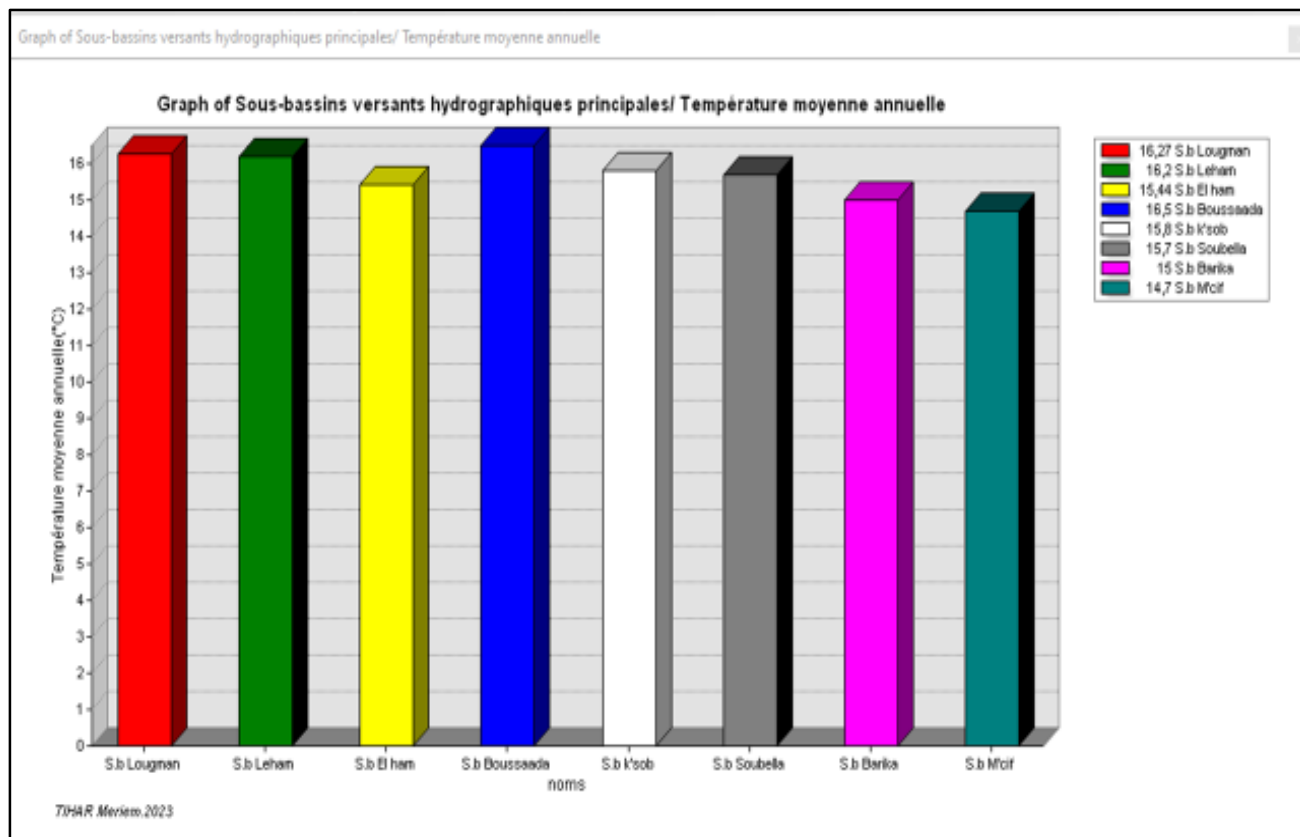




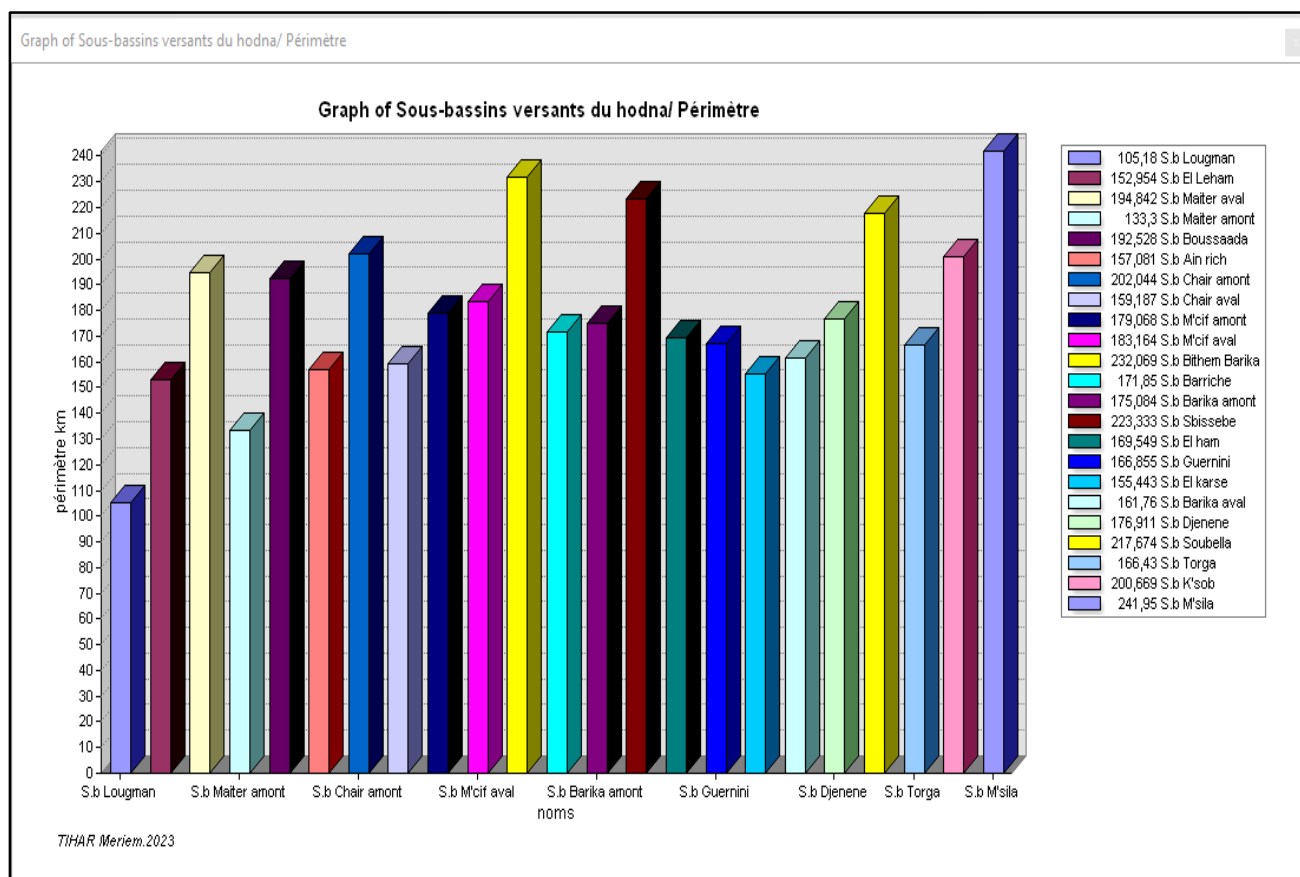
Surface de chaque sous-bassins principales



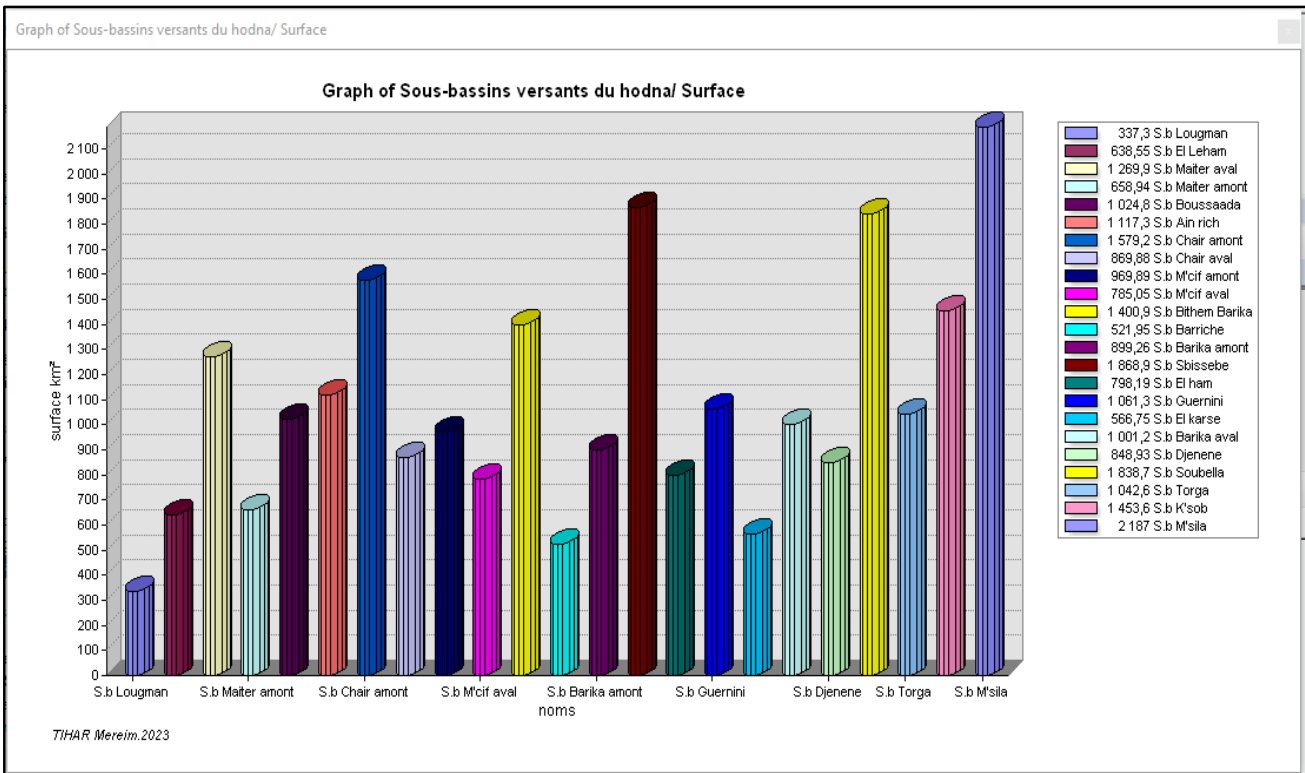
Le temps de concentration de chaque sous-bassins principales



Température moyenne annuelle de chaque sous-bassins principales



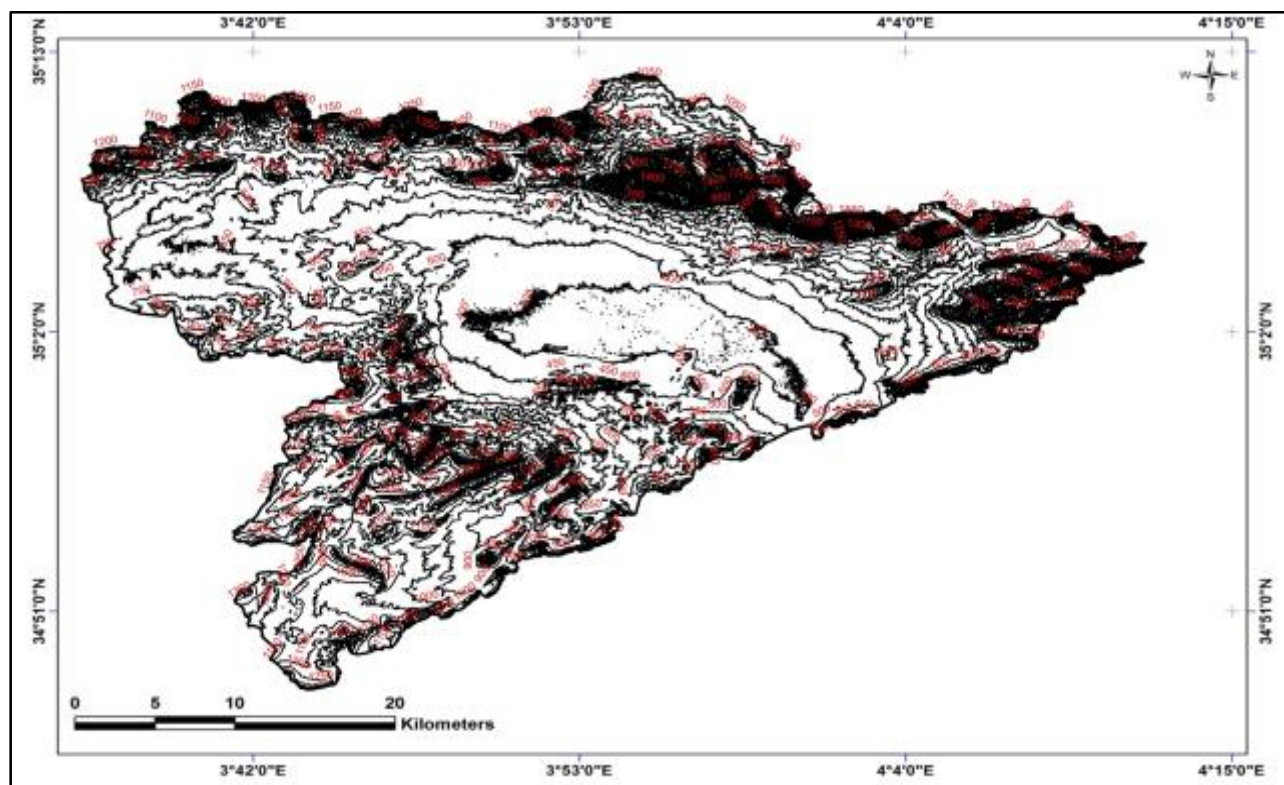
Périmètre de chaque sous-bassins versants



Surface de chaque sous-bassins versants



Chott El Hodna



Courbe de niveaux de bassin du Hodna par MNT

ملخص

المستجمعات المائية الفرعية لولاية المسيلة، الواقعة في مرحلة بيولوجية مناخية متنوعة بين قاحلة وشبه قاحلة، وتبلغ مساحتها حوالي 18,718 كيلومتر مربع. تتمتع هذه الأحواض الفرعية بتنوع كبير في الخصائص الفيزيائية التي تؤثر على تدفق المياه. يعد إنشاء قاعدة بيانات الخرائط (BD)، متبوعاً بإنشاء نماذج قاعدة البيانات الجغرافية (MBDG) من خلال نهج متعدد المعايير، محور بحث يهدف إلى توفير إطار منهجي لرسم الخرائط الموضوعية والرقمية من خلال نهج نظام المعلومات الجغرافية (GIS). تتكون الدراسة من إنشاء خرائط موضوعية من خلال الدمج في نظم المعلومات الجغرافية، والتي تمثل المعلومات التي تم جمعها في شكل خرائط وجدول بيانات، وتم تنفيذها باستخدام برنامج "Arc GIS" وبالتالي تقييم وتقدير السمات الهندسية والطوبوغرافية في الأخير.

قدمت الدراسة في البداية تطوير العديد من الخرائط مع تحسين وتنظيم المعلومات واتخاذ القرارات بسرعة، ثم ينتج Arc-GIS إمكانية استخدام كبيرة على مستوى التصميم ومستوى استخدام التطبيق وأخيراً، يتم تبسيط الوصول إلى البيانات، ويتم تنفيذ الاستعلامات وتغذي النتائج الحسابات الإحصائية وتمثيل الخرائط.

كلمات الافتتاحية: رسم الخرائط، نظم المعلومات الجغرافية، مستجمعات المسيلة، الخصائص الهندسية والطوبوغرافية

Résumé

Les sous-bassins versants de la wilaya de M'sila, situés dans un étage bioclimatique varié entre l'aride et semi-aride, avec une superficie 18.718 km² environ. Ces sous-bassins ont d'une grande variabilité des caractéristiques physiques qui influent sur l'écoulement des eaux.

La création d'une base de données cartographique (BD), suivie par la création de modèles de base de données géographiques (MBDG) par approche multicritères est un axe de recherche visant à fournir un cadre méthodologique pour la cartographie thématique et numérique à travers une approche par Système d'Information Géographique (SIG).

L'étude consiste à créer des cartes thématiques en combinant dans des SIG, en représentant les informations recueilli sous forme de cartes et de tableaux de données, a été réalisé à l'aide du logiciel « Arc GIS » et par conséquent l'évaluation et l'estimation des caractéristiques géométriques et topographiques dans ces derniers.

L'étude a fourni dans un premier temps, l'élaboration de plusieurs cartes avec une amélioration et une organisation de l'information et une prise de décision rapide, puis l'Arc-GIS permet une grande convivialité au niveau de la conception et au niveau de l'utilisation de l'application et Enfin l'accès aux données est simplifié, les requêtes sont exécutées et les résultats alimentent les calculs statistiques et la représentation cartographique

Mots clés : Cartographie, SIG, Bassin versant M'sila, Caractéristique géométrique et topographique

Summary

The sub-watersheds of the wilaya of M'sila, located in a varied bioclimatic stage between arid and semi-arid, with an area of approximately 18,718 km². These sub-basins have a great variability of physical characteristics that influence the flow of water.

The creation of a cartographic database (BD), followed by the creation of geographic database models (MBDG) by multi-criteria approach is a research axis aimed at providing a methodological framework for thematic and digital cartography through a Geographic Information System (GIS) approach.

The study consists of creating thematic maps by combining in GIS, representing the information collected in the form of maps and data tables, was carried out using the "Arc GIS" software and consequently the evaluation and estimation of geometric and topographical features in the latter.

The study initially provided the development of several maps with an improvement and organization of information and rapid decision-making, then the Arc-GIS allows a great usability at the level of the design and the level of use of the application and Finally, data access is simplified, queries are executed and the results feed the statistical calculations and the cartographic representation.

Keywords : Cartography, GIS, M'sila watershed, Geometric and topographic feature