

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

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE

N° :.....



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

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par: AMEUR Nesrine

SAIDI Sara

Intitulé

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).

Soutenu devant le jury composé de :

GHADBANE	Mouloud	M.C.A	Université de M'Sila	Président.
KHOUDOUR	Djamel	M.C.A	Université de M'Sila	Rapporteur.
BOUNAR	Rabah	M.C.A	Université de M'Sila	Examineur.

Année universitaire : 2019 /2020

Remerciement

Tout d'abord je tiens à remercier le bon dieu pour m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réussir et de m'avoir éclairci le chemin tout au long de ma vie.

À la mémoire de mes chers professeurs, aucun remerciement n'exprimera l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous, tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.

*On remercie spécialement notre promoteur, Monsieur **KHOUDOOR Djamel**, Maître de conférence classe » A « 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 spécialement à Monsieur, **ANTEUR Djamel** pour leur qualité de collaboration.*

*Et grand merci pour M^{LLE} **LABADI Wafa** ingénieur d'état en biologie Spécialité écologie végétale et environnement option écosystème forestier.*

*Aussi nous remercies Monsieur **BOUNAR Rabah** et **GHADBANE Mouloud** membres du jury pour*

Acceptée évaluée ce modeste travail,

❖ **AMEUR .N**

❖ **SAIDIS**

Dédicace :

*J'ai l'honneur de dédie ce modeste travail à Ma famille **Ameur Messaoud** Et aux personnes les plus chères au monde mes chers parents*

*A mon père : **Messaoud***

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est fruit de tes sacrifices qui tu as consentis Pour mon éducation et ma formation.

*A ma très chère mère : **Djamila***

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de Prier pour moi. Et Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver t'accorder Santé, longue vie et bonheur.

*A mes chers soeurs et frères : **Ikrame , Djihan ,soufian , souhayb***

*Je grande dédie spécial a mon mari : **Salah Eddine***

*A ma 2ème famille ma meilleure amie: **Ben chenite Aicha***

*A mon binôme **saidi sara** qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce Travail*

*Sans oublier mes amies **Assia , Amira , Ikhelas , Aissa , youcef** et Mes Amies*

De La Promotion 2020 De Master En Ecologie.

AMEUR N.

Dédicace

Avec beaucoup d'amour et de respect, je dédie modeste travail

A mon cher papa pour les longues années de sacrifices et de privations pour

m'aidera avancer dans la vie.

A ma chère maman pour son amour, son soutien, tous les

Sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour tout

Assistance et sa présence dans ma vie.

*À mes adorables frères : **Walid, Mouaad**, et ma sœur : **Amel et***

***Halima** et ma nièce : **Razan** toute ma famille **SAIDI**.*

*À mes chers amis surtout : **Assia, et Djahida, Loubna, Mounira, Zahia***

, tous mes chers de classe de EZASA son exceptionnel ,Mon binôme

Nesrine

*A mon encadreur : **KHOUDOUR Djamel***

Je leurs dis «Merci pour tout votre amour et votre amour et votre soutien ».

Sara S.

Liste des abréviations

ARNH : l'Agence National des Rousseurs Hydraulique

BD: Base de Données

ESRI: Environmental Systems Research Institute

GPS: Global Positioning System

ID: Identification

IPA : Indices de Précipitation Antécédentes

MNT : Modèles Numériques de Terrain

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

SAR : Technique de stéréo à partir de couples d'image de radar à vision latérale

SAR : Technique de stéréo à partir de image de radar

SGBD : Systèmes de Gestion de Base de Données

SIG : Système d'Informatique Géographique

SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre ou Satellite Pour l'Observation de la Terre) est une famille de satellites de télédétection français civils d'observation de la terre. Cinq exemplaires ont été lancés entre 1985 et 2002. Deux nouveaux satellites devraient être lancés à compter de 2013.

TV : Télévision

TXT: Fishier tex

Liste des figures

Fig I.1:Types de données dans un SIG	3
Fig I.2 : Exemple de donnée surfacique	4
Fig I.3: Exemple de données linières (carte de réseau hydrologique dans la partie occidentale d'Alger) [.....	4
Fig I.4 :Exemple de données ponctuelles (https://journal.opendition.org).....	5
Fig I.5 : Schéma de la mise en place du système d'information.....	7
Fig I.6:Principales composants de SIG.....	9
Fig I.7:Cycle de fonction de SIG	10
Fig I.8 :les états de l'eau	18
Fig I. 9 : Cycle hydrologique.	20
Fig I.10:Courbe hypsométrique.	25
Fig I.11 : Profils en long de l'Hérault et de la Vis	27
Fig I.12 : Rôle de la pente sur la forme de l'hydro gramme.	27
Fig I.13 : Bassin versant d'ordre 4 (classification de SCHUMM).....	29
Fig I.14 : Types de bassins versants. Musy et <i>al</i> ,2003	30
Fig II.1 :Localisation de bassin versant d'oued Bou Saada.....	34
Fig II.2 : Carte de pente bassin versant oued Bou Saad	37
Fig II.3 :Carte de géomorphologie de Bou Saada	38
Fig II.4 :Carte du réseau hydrographique	39
Fig II. 5: Carte des cours d'eau principales de bassin versant du Bou Saada.....	40
Fig II.6 : Carte pédologique de la région du Hodna (Boyadgfv, 1975).....	41
Fig II.7: Coupe géologique de la zone de Bou Saada (Benrabia,A.)[9]	42
Fig II.8 : Géologie de la région odu Hdna. D'après Houerou et Claudin 1972	43
Fig II.9 : Géologie de Bassin versant de l'oued Bou Saada	44
Fig II.10 : Carte de l'occupation de sol	45
Fig II.11: la couvert végétale de zone Bou Saada.....	40
Fig II.12 :Carte de l'Indice de végétation NDVI d'oued Bou Saada	47
Fig II.13 :Variation des précipitations mensuelle	48
Fig II.14:Variation des précipitations saisonnières	49
Fig II.15:Variation des précipitations annuelles	50
Fig II.16: Variation de la température moyenne mensuelle.....	51

Liste des figures

Fig II.17 : Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Bou Saada (2008-2017).	51
Fig II.18 :Diagramme Ombrothermique de la région de Bou Saada (2008-2017).....	52
Fig II.19 :Positionnement de la région de Bou Saâda dans le climagramme d'Emberger.	54
Fig IV.1 : Base de données géographiques BDG.....	61
Fig IV.2 : Carte hypsométrique de l'oued Bou Saada (original).....	62
Fig IV.3 : Carte de pente du bassin de l'oued Bou Saada (original).....	63
Fig IV.4 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Saada (Arc gis).....	63
Fig V.1 : Carte hypsométrique.....	69
Fig V. 2: Répartition de la surface du bassin d'Oued Bou Saâda en fonction de son altitude (original)	70
Fig V .3: Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Saada (Arc gis).....	73

Liste des tableaux

Tab I.1 : Exemple de courbe hypsométrique	25
Tab II.1: Caractéristiques des pentes dans le bassin versant d'oued Bou Saa.....	36
Tab II.2 : Précipitations mensuelles des deux stations.....	48
Tab II.3 : Précipitations saisonnières.....	48
Tab II .4: Précipitations annuelles.....	49
Tab II.5 : Températures mensuelles T (°c)	50
Tab II .6 : Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de La région de Bou Saada.....	53
Tab III.1 : Les données cartographique utilisée	55
Tab V.1 : Répartition altimétrique du bassin versant de l'Oued Bou Saada	69
Tab V.2. Deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M.....	71
Tab V.3. Récapitulation des paramètres morphométriques du bassin de l'oued Bou Saâda.....	72
TabV.4 : Classification des talwegs (Arc gis).....	74
Tab V.5: Rapport de confluence	75
Tab V.6 : Rapport de longueur dans le bassin versant de oued Bou Saada.....	76
Tab V.7: Résultats de calcul de coefficient de torrentialité Ct.....	77
Tab V.8: Récapitulation des paramètres hydrographiques du bassin de l'oued Bou Saada	78

Table des matières

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Chapitre I : Synthèses bibliographique

I.1.SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE.....**Erreur !**

Signet non défini.

I.1.1. Généralités :**Erreur ! Signet non défini.**

I.1.2.Pourquoi la géographie ?.....**Erreur !**

Signet non défini.

I.1.3.Géomatique :1

I.1.4.L'information géographique.....2

I.1.5.La représentation de l'information géographique :**Erreur !**

Signet non défini.

I.1.6. Mode d'acquisition des données géographiques..6

I.1.7. Notion du système d'information :**Erreur ! Signet non défini.**

I.1.8.définitions de Système d'Information Géographique (SIG)..... 9

I.1.9. Historique de SIG : 9

I.1.10. Les principales composantes d'un SIG..... 9

I.1.11.fonctionnalités d'un SIG (les 6A) : 10

I.1.12.Le rôle des SIG : 11

I.1.13. Domaines d'application des SIG : 11

I.1.14. présentation des principaux logiciels de SIG : 12

I.1.14.1. Logiciels libres : 12

I.1.14.2. Logiciels Gratuits : 12

I.1.14.3. Logiciels Commerciaux : 12

I.1.15.Modèles numériques de terrain : 12

I.1.15.1.définition : 12

I.1.15.2. Intégration de MNT dans les SIG..... 15

I.2. BASSIN VERSANT ET SON COMPLEXE : 16

I.2.1.Définition de bassin versant : 16

I.2.2.Hydrologie de bassin versant : 17

I.2.2.1.L'eau : 17

I.2.2.2.Cycle d'hydrologique : 18

Table des matières

I.2.2.3. Bilan hydrographique	20
I.3. CARACTERISTIQUE MORPHOMETRIQUE ET ECOULEMENT DES EAUX	23
I.3.1. caractéristiques géométriques	23
I.3.1.1. aire et périmètre (surface):	24
I.3.1.2. indice de compacité (forme):	24
I.3.1.3. le relief :	31
I.2.3.2. L'infiltration et l'écoulement :	31
Chapitre II : Cadre général de zone étude	
II.1. Description du bassin versant.....	33
II.1.1. Milieu naturel.....	33
II.1.2. Situation géographique	33
II.2. Milieu Physique.....	35
II.2.1. Topographie et déclivité :	35
II.2.2. Géomorphologie :	37
II.2.3. Réseau hydrographique :	38
II.2.3.1. Définition du réseau hydrographique	38
II.2.3.2. Extraction du réseau hydrographique	39
II.2.3.3. La longueur caractéristique :	39
II.3. Les caractéristique pédo-géologique	40
II.3.1. pédologie	40
II.3.2. Géologie :	41
II.3.3. Occupation du sol.....	44
II.3.4. Couvert végétale :	45
II. 3.4.1. Indice de végétation NDVI d'oued Bou Saada	46
II.4. Etude Climatologie	47
II.4.1. Les précipitations	48
II.4.1.1. Précipitations mensuelles.....	48
II.4.1.2. Précipitations saisonnières.....	48
II.4.1.3. Précipitations annuelles.....	49
II.4.2. Température	50
II.4.3. Le vent	51
II.4.4. Synthèse climatique.....	52
II.4.4.1 Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN	52

Table des matières

Chapitre III : Matériels et approche méthodologique

III Etude hydrologique.....	55
III.1. Collecte des données.....	55
III.2. Les outils des traitements des données	55
III.3. Etude cartographique :	56
III.3.1. Collecte des cartes :	56
III.3.2. Traitement des cartes	56

Chapitre IV : Mise en place d'une BD à référence spatiale pour l'évaluation des caractéristiques morphométriques du Bassin d'oued Bou Saada

IV.1. Utilité d'un SIG dans l'étude d'hydrologie de bassin versant	58
IV.1.2. Choix des données intégrées au système	59
IV.2. les grandes étapes de création de la base de données à référence spatiale .	60
IV.2.1. Structuration des données	60
IV.2.1.1. Modèle d'une Base de Données Géographiques.....	60
IV.2.1..L'implantation des données structurées dans un système informatique	64

Chapitre V : Résultats et discussions

V.1 Caractéristiques morphométrique du bassin d'Oued Boussaâda.....	66
V.1.1. Les caractéristiques géométriques	66
V.1.1.1. Surface et périmètre du bassin versant	66
V.1.1 .2. Forme du bassin	66
V.1.1 .3. Notion du rectangle équivalent	66
V.1.2. Caractéristiques topographiques	67
V.1.2.1. Etude du relief.....	67
V.1.2.2. Altitudes caractéristiques du bassin	69
V.1.3. Indice de pente globale	70
V.1.4. Dénivelée globale :	71
V.1.5. Dénivelée spécifique	71
V.2. Caractéristique du réseau hydrographique :.....	73
V.2.1. Classification des talwegs	74
V.2.2. Densité hydrographique ou densité de drainage (Dd).....	74
V.2.3. Fréquence des cours d'eau (F).....	74
V.2.4. Rapports de confluence et de longueur	74
V.2.5. Coefficient de torrentialité.....	76

Table des matières

V.2 .6.Temps de concentration T_c 77

V.2.7.Vitesse d'écoulement de l'eau.....77

Conclusion

Références bibliographiques

WEB bibliographique

Annexes

Résumé

Introduction

Introduction

L'eau est une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. La protection de cette richesse capitale et sa bonne gestion nécessite une stratégie face aux pénuries d'eau, par exagération, souvent associées à certains phénomènes naturels (désertifications, changements climatiques « il existe aujourd'hui une crise de l'eau mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes en souffrent.

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Aussi est-il nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible. Dans ce contexte, on comprend alors aisément la nécessité de mettre au point des outils d'aide à la gestion et à la décision dans le but de mieux estimer tout Aménagement futur dans la région d'étude [52].

Cette note s'inscrit dans le cadre d'une évaluation générale de l'influence des caractères morphométriques de sous - bassin versant sur l'écoulement des eaux d'oued Bou Saada.

Le bassin versant est un domaine dans lequel tous les écoulements des eaux convergent vers un même point, exutoire de ce bassin. Ainsi toute goutte d'eau qui tombe dans ce territoire délimité par des frontières naturelles se dirige vers le cours d'eau ou ses affluents, puis vers l'aval et son exutoire.

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.

Les Systèmes d'Information Géographiques ont fait leur apparition au milieu des années 60 au Canada et au Etats unis. Le système d'information géographique (SIG) est, comme son nom l'indique, un outil informatisé dédié à la gestion de l'information géographique.

L'utilisation de logiciel SIG s'intègre dans un processus général de collecte, de gestion et de restitution de l'information. Ce type de système permet d'apporter à chacun l'information dont il a besoin pour décider et agir au mieux dans de meilleurs délais. C'est un outil de représentation d'une réalité, de compréhension des phénomènes et des conditions dans lesquelles ils se réalisent, de simulation d'alternatives et de leurs effets [2].

Dans cette étude, nous allons essayer de mieux comprendre l'application de SIG sur l'évaluation des ces caractéristiques de sous - bassin versant et leurs influences sur

Introduction

l'écoulement des eaux, 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:

- 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.

La présente étude se structure en cinq chapitres:

- la première présente des données bibliographiques sur l'hydrologie de bassin versant et données sur le système d'information géographique (SIG).
 - Le deuxième chapitre concerne le cadre général de la zone d'étude, qui rassemble des données sur le bassin versant du Chott El Hodna, leur milieu naturel, physique, caractéristiques pédo-géologiques, climat de la région et principales couvert végétal occupe le sol et l'étude climatique détaillée du BV.
 - Alors que le troisième chapitre met l'accent sur la méthodologie de l'étude.
 - Le quatrième chapitre est consacré à la mise en place d'une base de données géographique pour l'étude de l'hydrologie de bassin du Hodna.
 - Nous avons abordé les résultats obtenus et les discussions dans le cinquième chapitre.
- Enfin, nous concluons ce travail par des perspectives

Chapitre I :
Synthèse bibliographique

I.1.SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE**I.1.1. Généralités :**

Les enjeux majeurs auxquels il faut faire face aujourd'hui (environnement, aménagement de territoire...), ont tous un lien étroit avec le géoréférencement 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[14].

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.

I.1.2.Pourquoi la géographie ?

La géographie, en raison de son ancienneté et donc de son long rapport à la présence des hommes dans le territoire, est porteuse d'une part de la logique du monde (car une part de la logique du monde est inscrite dans la logique de nos discours géographiques sur le monde), elle est aussi porteuse d'un renouvellement de l'ontologie et donc d'une meilleure définition de la place de l'homme dans le monde (car une part de la sagesse des hommes compose ce qu'il est légitime de désigner comme contrat géographique)[7].

I.1.3.Géomatique :

-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 [23].

- 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 [61].

-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 [53].

-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 [51].

-Géomatique a pour objet la gestion de données à référence spatiale et fait appel aux sciences et aux technologies reliées à leur acquisition, leur stockage et leur traitement. Le nom « Géomatique », proposé en 1968 par le géomètre français Bernard Dubuisson [24], provient de la contraction de « géographie » et « informatique », mais les disciplines recouvertes par ce terme incluent aussi la cartographie, la géodésie, la topographie, le positionnement par satellite et le traitement d'images numériques. Les systèmes d'information géographique (S.I.G), qui sont des systèmes informatiques permettant l'intégration, la gestion et l'analyse de données géographiques, constituent l'outil de base du géomaticien, spécialiste de la Géomatique.

I.1.4.L'information géographique [39]:

I.1.4.1.Définition : L'information géographique peut être définie comme :

-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 [13].

-Une information géographique renvoie à un objet localisé sur la surface terrestre et qui comporte plusieurs attributs. On le localise à l'aide d'un système de références dans l'espace ; par la localisation relative, on peut comparer cet objet par rapport à d'autres objets.

I.1.4.2.Les composants de L'information géographique :

- L'information géographique a une double composante :

- **Une composante graphique :**

• description de la forme de l'objet géographique. et sa localisation dans un référentiel

cartographique.

- **Une composante attributaire :**

Caractéristiques décrivant l'objet (description géométriques, Caractéristiques thématiques).

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

I.1.5.1. Types de données dans les SIG

Toutes les géométries spatiales peuvent être décrites par 4 types de propriétés :

- Leur position à la surface de la terre.
- Les relations spatiales (topologie).
- Leurs attributs.
- Leurs métadonnées

I.1.5.1.1. Données spatiales

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont figurés et reconnus tous les objets graphiques (Figure I.1) :

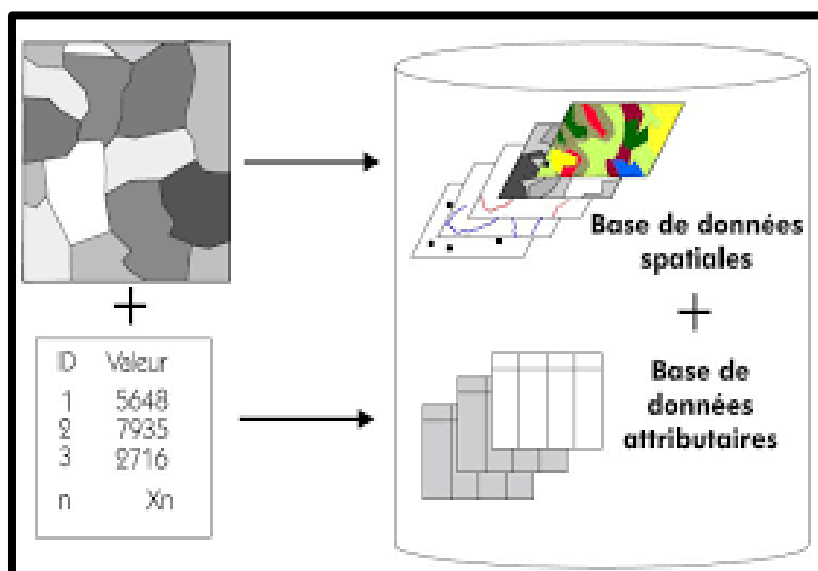


Figure I.1: Types de données dans un SIG

- La localisation : sont les coordonnées de l'objet par rapport à un référentiel (méridien de référence).

- La forme : peut-être un point, une ligne, ou un polygone.

- La taille : longueur, périmètre, surface.

Dans les SIG, il y a 2 modes de projection des données géographiques :

1) Mode vecteur : Les données vecteur sont un ensemble d'objets spatiaux représentés chacun par les éléments suivants : point, ligne et polygone Exemples de données vectorielles :

a) Les données surfaciques : comme un parcellaire ou tout autre zonage thématique, sont représentés par des polygones (Figures I.2).

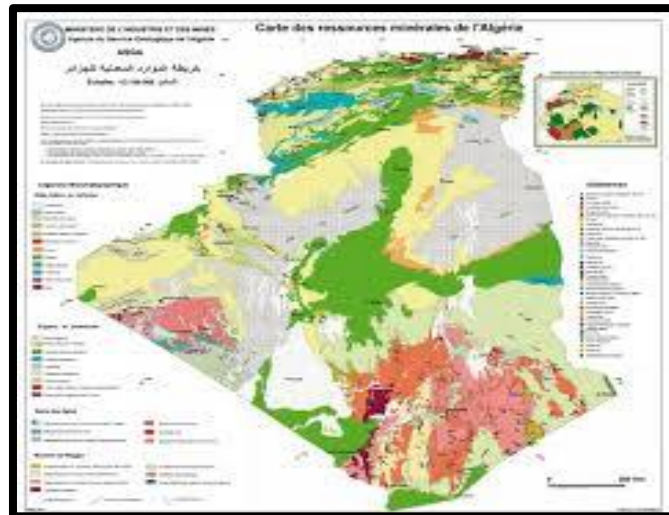


Figure I .2 : Exemple de donnée surfacique

b) Les données linières ou filaires : comme les réseaux techniques, les cours d'eau ou les voies, sont représentés par des lignes (Figure I.3).

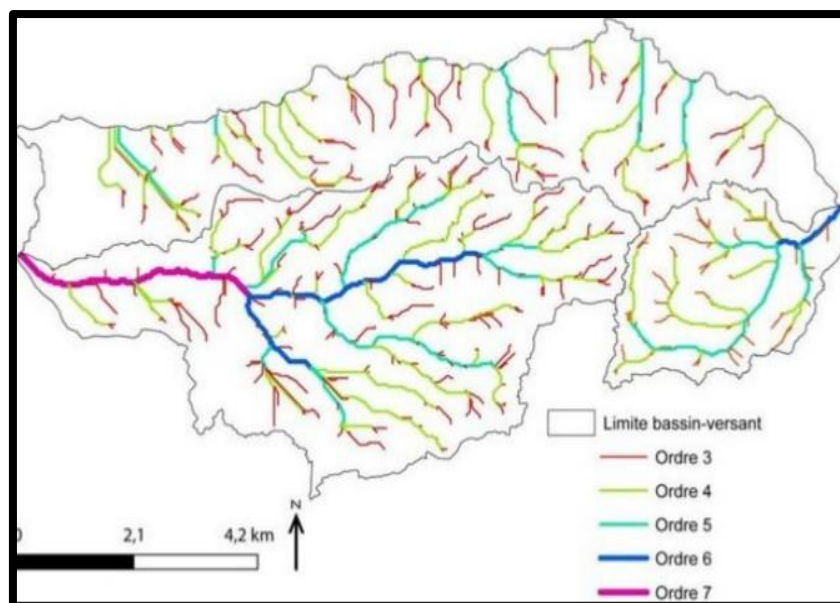


Figure I .3: Exemple de données linières (carte de réseau hydrologique dans la partie occidentale d'Alger)[46].

c) Les données ponctuelles : comme les puits, les points de sondage, les sièges d'exploitation, sont représentés par des points (figure. I .4)

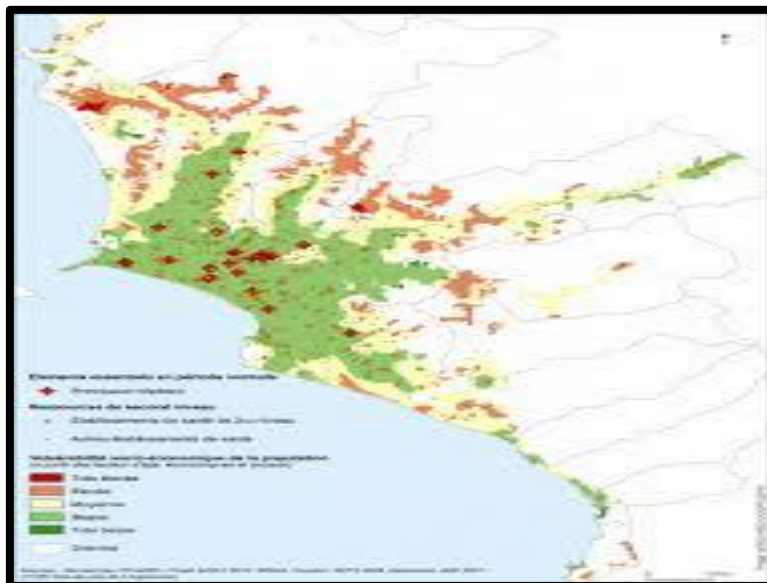


Figure I.4 : Exemple de données ponctuelles (<https://journal.opendition.org>)

Mode raster : La valeur numérique attribuée à chaque cellule correspond à la valeur d'attribut. Les démarcations se produisent aux limites des ensembles de cellules de même valeur ne correspondent pas nécessairement aux frontières des entités sur le terrain. Il y a deux types de données Raster :

- Les images : qui sont utilisées essentiellement pour la représentation cartographique. C'est l'exemple d'une photo aérienne ou l'information incluse dans la matrice de pixel concerne la couleur de représentation de l'information. Cette information n'est pas directement

- Les grilles ou grids : sont utilisés pour le calcul et la modélisation. Exemple de Modèle numérique de terrain où l'information contenue dans la matrice de pixel concerne une valeur quantitative (ex. altitude) cette information peut être vue et modifiée dans la table attributaire.

I.1.5.1.2. Données associées

Les données associées des objets spatiaux complètent la représentation géométrique de l'entité spatiale. En fait, chaque élément de l'espace (c.à.d. point, ligne, ou polygone) reçoit un code d'identification (ID) qui peut être numérique ou littéral. Ce dernier compose en une étiquette déterminant l'entité spatiale. Parmi les données associées on distingue :

a) Données de classification Permettent de classer le point, la ligne, ou le polygone dans une classe déterminé tel que le type de parcelle (irrigué, non irrigué), type de route (primaire, secondaire), etc.

b) Données d'identification Donnent la possibilité de distinguer chaque objet figurant sur la carte, par exemple nom de la commune, numéro de parcelle, numéro de vanne, etc.

c) Données attributaires Porter une information complémentaire propre à chaque objet identifié, tel que le possesseur de la parcelle, la superficie de la parcelle, etc.

I.1.6. Mode d'acquisition des données géographiques : L'obtention des données spatiales consiste au rassemblement de différentes sources permettant la saisie des données dans le but de leurs intégrations dans un SIG. Nous exposons dans ce qui suit les différentes méthodes d'acquisition de données spatiales.

I.1.6.1. Import de fichiers Il y a généralement trois manières pour importer les données spatiales :

- Importer une base de données arrangée dans un format interne à un SIG. Cette méthode est valable entre les SIG d'un même type mais elle est compliquée entre des SIG de types ou de versions distinctes.

- Importer un fichier texte (txt) contenant tous les renseignements structurés de manière primitive. Il faut noter que cette méthode nécessite un arrangement des données importés pour qu'elles concordent avec la structure interne du SIG.

- Passer par une des normes d'échange disponible sur le marché. Ce troisième moyen est le plus économique à long terme.

I.1.6.2. Levés topographiques (par l'utilisation d'un Théodolite) : Un théodolite est un appareil de géodésie parachevé d'un dispositif d'optique, calculant des angles dans les deux plans horizontal et vertical pour identifier une direction. Il est employé pour effectuer les mesures d'une triangulation. Cet instrument permet d'obtenir le tracé de voisin en voisin à partir d'un point d'origine.

I.1.6.3. Photos aériennes : L'ensemble de clichés fusionnés permet d'obtenir une photo complète d'une zone. Les clichés photographiques obtenus nous permettent de déterminer les coordonnées et l'altimétrie des points

I.1.6 .4. Images satellites : Les satellites d'observation de la terre, fournissent des données transmises sous forme d'images numériques en mode raster. Les données doivent subir certains traitements rectificatifs avant de les intégrer dans un SIG.

I.1.6.5. Global Positioning System (GPS): Le système GPS permet le calcul à l'aide des satellites la position (coordonnées avec une précision de quelques centimètres voire même quelques millimètres).

I.1.6 .6. Digitalisation : La digitalisation est adaptée à la représentation vectorielle. Cette technique assure la préservation des informations présentées dans le document de base. Un traitement préalable sur les documents de base peut s'avérer nécessaire si ceux-ci sont trop chargés

I.1.6.7. Scannage de plans : Convient parfaitement à la représentation raster Ce mode de saisie est rapide et peu coûteux. Si la donnée est scannée et géo référencée donnée «raster ». Le seul problème de cette méthode est la réécriture des erreurs dues au support d'origine.

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 [3].

- 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 [10].

Nous pourrions schématiser la place du système d'information de la manière suivante : (Fig. I.5):

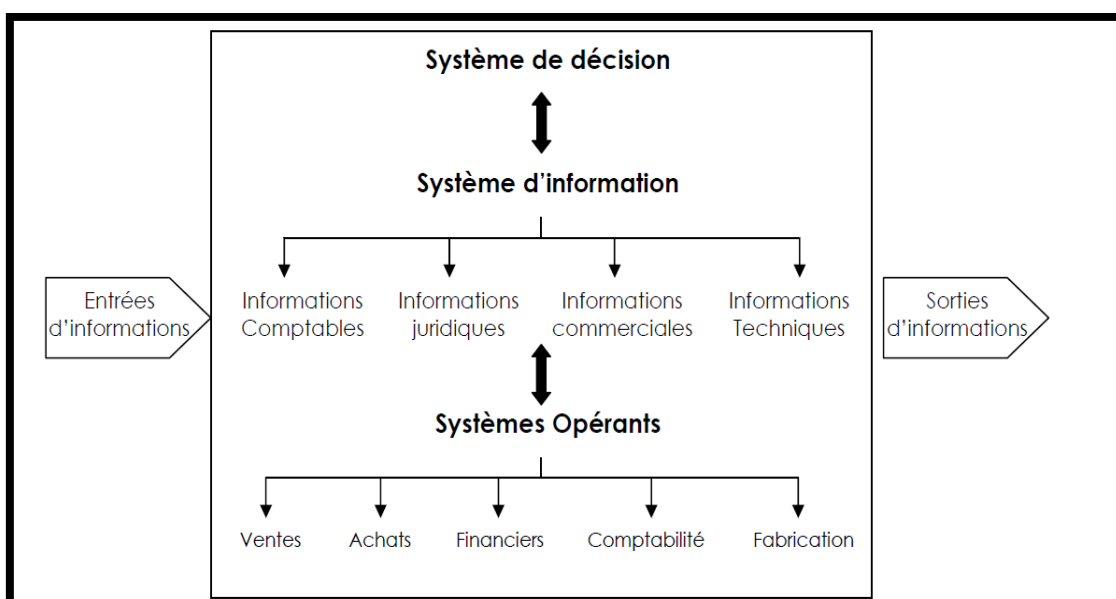


Figure I.5 : Schéma de la mise en place du système d'information.

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

- Que veut-on faire ?
 - De quelle information a-t-on besoin ?
 - Quelles données à collecter ?
 - Avec quelle régularité ?
 - Comment les collecter, les vérifier, ...etc. ?
 - Comment les classer, les associer, les répertorier en vue de leur utilisation optimale ?
 - Quels traitements leur appliquer ? quelles transformations éventuelles leur faire subir ?
- quels calculs à effectuer ?
- Comment les communiquer ? à qui ? sous quelle forme ? à quel moment ?

I .1.8.définitions de Système d'Information Géographique (SIG)

Il existe plusieurs définitions de Système d'Information Géographique (SIG), mais nous focalisant uniquement sur les définitions les plus importantes :

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

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

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

4) Selon Konecny (2003)[37] « Un SIG, dans une définition étroite, est un système informatique pour la saisie, la manipulation, le stockage et la visualisation des données spatiales numériques. Dans une définition plus large, il est un système numérique d'acquisition, de gestion, d'analyse, de modélisation et de visualisation de données spatiales aux fins de la planification, l'administration et le contrôle de l'environnement naturel et aux applications socio- économiques ».

I.1.9. Historique de 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.

I.1.10. Les principales composantes d'un SIG

Selon ESRI France (ESRI, 2018) un Système d'Information Géographique est composé de : (Figure I.6)

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

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

C/ Données (Information Géographique) Les données constituent la composante maîtresse des SIG. L'information géographique peut, soit être constituée en interne, soit acquise auprès de producteurs de données.

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



Figure I.6: Principales composantes de SIG

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

Les SIG sont créés pour répondre à différentes demandes et comme le système commun n'existe pas, il faut les ajuster selon les objectifs établis. Néanmoins il faut dire qu'il y'a 5 fonctionnalités « on les appelle les 6A » que tous les SIG doivent assurer (figure I.7):

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

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

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

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

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

.Anticipation : prospective



Figure I.7: Cycle de fonction de SIG

I.1.12. Le rôle des SIG :

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) ou des maillages (raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle [29].

*Acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction

*Organisation des données descriptives et des données géométriques [31]:

*Acquérir revient à alimenter le SIG en données. Les fonctions d'acquisition consistent à entrer d'une part la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations;

*Archiver consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disque dur). Cette fonction dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD);

*Analyser permet de répondre aux questions que l'on se pose;

*Afficher pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs;

*Abstraire revient à concevoir un modèle qui organise les données par composants géométriques et par attributs descriptifs ainsi qu'à établir des relations entre les objets.

I.1.13. Domaines d'application des SIG :

Les SIG peuvent être utilisés pour étudier plusieurs phénomènes, entre autres on peut citer :

• Pour les grandes échelles :

- La gestion foncière et cadastrale : ex. recensement des propriétés privées et le calcul de leurs surfaces.

- La planification urbaine : ex. réalisation des cartes d'occupation des sols et plans d'aménagement urbain.

- La gestion des réseaux : ex. réseau d'assainissement, approvisionnement en eau potable, gaz, électricité, téléphone, etc.

- La gestion des espaces verts naturels ou urbains : ex. parcs naturels et jardins publics.

• Pour les échelles moyennes et petites

- L'identification des meilleurs endroits pour l'emplacement d'une nouvelle ressource ou ce que n'appelle carte d'aptitude

- Les études d'ingénierie routière ex : constructions de routes ou d'autoroutes. - Les applications liées à la prévention des risques naturels.

I.1 .14. Présentation des principaux logiciels de SIG :**I.1.14.1. Logiciels libres :**

GRASS GIS : Il rassemble des propriétés de traitement d'images satellitaires et des fonctionnalités à base topologique.

Map Server : Logiciel libre d'édition des cartes sur le web.

QGIS : Il permet de visualisé les cartes ainsi que leurs transformation. Il présente une qualité qui le rend très simple à utiliser.

PostGIS : C'est une extension pour la base de données PostgreSQL, qui permet de faire des requêtes SQL et spatiales.

uDig, gvSIG : Logiciels libres développés en Java pour Linux et Windows.

I.1 .14.2. Logiciels Gratuits :

DIVA-GIS : Offre des outils d'analyse statistique et géostatistique de l'information géographique.

AutoDEM : Il propose des dispositifs pour générer des modèles numériques de terrains (MNT) à partir de courbes de niveaux. Il supporte plusieurs formats tel que les images raster et les courbes de niveaux de type vectoriel.

I.1.14.3. Logiciels Commerciaux :

ArcGIS : (ArcInfo, ArcView, etc.) de chez ESRI.

GeoMapGIS : Métiers s'appuyant sur l'environnement Autodesk (AutoCAD, Auto deskMap, Auto de skMapGuide, etc.).

Manifold : Logiciel novateur (serveur, géocodage, 3D, script .net, sgbd)

I .1.15.Modèles numériques de terrain :**I .1.15.1.définition :**

Le concept de modèle numérique de terrain (MNT) s'impose comme l'un des plus riches d'applications dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG). En associant à des points denses et régulièrement répartis sur une carte, leur altitude, ils ouvrent la porte à de nombreuses applications qui intéressent tout à la fois le géographe, l'ingénieur agronomique, le concepteur d'ouvrages d'art ou le planificateur d'aménagements. Nous allons rapidement passer en revue ces champs d'application, nous verrons ensuite les méthodes existant pour calculer un MNT, nous verrons enfin comment ces MNT modifient en retour les SIG, réclamant des potentialités qu'ils n'offrent généralement pas.

. Application des Modèles Numériques de Terrain

Nous ne nous attarderons pas sur les applications des MNT en cartographie , ou en géographie et en géologie, où ils forment naturellement l'une des grandes voies d'étude, le relief étant l'une des composantes de base de ces sciences[33],[17] .

Dans les applications à l'agriculture, à l'élevage, à la sylviculture, lesMNT interviennent de plus en plus pour la surveillance, l'estimation de production et la planification. Deux paramètres principaux du relief sont importants : l'orientation d'une part, l'altitude d'autre part, qui interviennent par plusieurs facteurs : ensoleillement, enneigement, humidité, irrigation, etc.

Dans les applications à l'aménagement du territoire les retombées sont extrêmement nombreuses[8],[40][41].L'utilisation de l'information d'altitude permet d'améliorer considérablement l'optimisation des tracés : routiers, ferroviaires ou de canaux. Cela permet également de proposer de façon efficace les implantations d'aéroports, d'émetteurs de rediffusion, de retenues. Les impacts de ces implantations sont également évalués avec plus de pertinence, par exemples les zones recouvertes par un barrage, les zones d'ombre d'émetteurs. La planification de la croissance de zones urbaines ou de zones cultivées, peut être faite avec des critères plus riches. Enfin les impacts écologiques de la pollution de l'air ou des nappes phréatiques sont mieux estimés en prenant en compte les informations de relief en plus des données traditionnelles de météorologie, nature des sols, etc.

. Comment construire des MNT**- Stéréo restituteurs**

L'essentiel des MNT utilisés aujourd'hui proviennent de stéréo restituteurs conventionnels, soit mécaniques soit analytiques. Ceux-ci permettent à des utilisateurs expérimentés, de dresser des cartes très fiables, mais parfois peu denses, au terme d'une opération particulièrement laborieuse. Nous ne reviendrons pas sur ces techniques qui ont été amplement décrites dans la littérature.

- MNT numériques

Ceux-ci sont obtenus par traitement numérique du couple d'images stéréo, au prix d'une intervention humaine considérablement réduite (désignation de quelques points amers, désignation de zones erronées ou suspectes, etc.).

Les 3 grandes étapes de la stéréo restitution automatique sont les suivantes :

- Orientation, interne et externe, du couple stéréoscopique ; ceci peut sefaire, soit directement à partir des paramètres orbitaux du satellite ou des données de bord de l'avion

(mais la précision est souvent alors assez faible) soit interactivement par reconnaissance de points d'appui de coordonnées connues[26].

- Mise en correspondance, et appariement de primitives. Le choix des primitives appariées est assez réduit. Ce sont soit de petites fenêtres entourant un point de la scène, soit des détails fins du sol (détectés par passage par zéro du Laplacien ou par un maximum de gradient). Leur mise en correspondance se fait par corrélation, par programmation dynamique ou par des méthodes de test d'hypothèse. Toutes ces méthodes bénéficient d'une approche hiérarchique (descendante) qui affine une carte de profondeur initialement très grossière en améliorant progressivement la résolution [59], [63].

- Densification de la carte des altitudes, par une interpolation judicieuse des points manquants. Ceci peut se faire par des approximations par facettes (planes ou gauches) ou par des méthodes contextuelles (champs markoviens, techniques de relaxation). Sans une bonne connaissance des propriétés géomorphologiques des terrains étudiés, cette densification s'accompagne fréquemment d'une perte en fiabilité sur la carte d'altitude.

Les images de la stéréo

En France, les documents les plus fréquemment utilisés pour reconstruire automatiquement un MNT sont assurément les photographies aériennes distribuées par l'IGN. D'une très bonne qualité tant photométrique que géométrique, couvrant la totalité du territoire français, disposant d'une échelle très adaptée à la plupart des applications citées plus haut, elles fournissent naturellement des MNT de très bonne qualité. Leurs défauts principaux résident dans leur caractère analogique (il faut les numériser) et la difficulté d'accéder aux paramètres de vol [11].

Le satellite SPOT est la seconde source d'images stéréo. Par l'orientation de son miroir interne, SPOT peut analyser des fauchées non seulement au nadir, mais également à droite et à gauche de son plan méridien jusqu'à des angles de 25°. De ces données, des couples stéréoscopiques peuvent être obtenus avec des bases allant jusqu'à 50°. La stéréo restitution des couples SPOT est une opération maintenant convenablement maîtrisée par nombre de laboratoires, mais elle repose sur un choix très minutieux des paires stéréo utilisées[57],[18]. Cependant, la difficulté d'avoir de telles paires à des dates assez proches sur certaines régions fréquemment ennuagées a stimulé le développement de techniques de stéréo à partir de couples d'images de radar

à vision latérale (SAR), soit aéroporté, soit satellitaire. Ces techniques peuvent être de deux types : par appariement et triangulation (presque) comme en vision visible, ou par interférométrie sur les terrains à faible variation d'altitude.

Dans l'un et l'autre cas, les méthodes doivent être encore améliorées et leur qualité accrue car les MNT obtenus par radar sont encore assez expérimentaux.

Les performances des systèmes de construction de MNT

Il est difficile de chiffrer les qualités des MNT obtenus numériquement aussi bien par photos aériennes que par images radar, en raison de la variété des niveaux d'acquisition. Pour les images SPOT, à partir d'images panchro à résolution de 10 m sur 10 m, on s'accorde pour évaluer à 10 ou 20 m la variance de l'erreur en altitude, mais à 100 m les erreurs extrêmes sans supervision par un expert. Les temps d'élaboration sont très variables (les étapes les plus longues sont les parties interactives d'orientation des scènes), mais de l'ordre d'une minute par km² sur des stations de travail ordinaire [38].

I.1.15.2. Intégration de MNT dans les SIG

Le mode de stockage

Selon que les MNT sont représentés par lignes de niveau (format graphique) ou sur des maillages réguliers (format image), ils réclameront des modes d'accès d'un type (graphique) ou de l'autre (image) [22]. Ces deux modes sont souvent d'un usage très différent selon les SIG, et il en est peu qui permettent d'accéder aisément aux informations de ces deux types avec aisance et qui permettent les passages de l'un à l'autre. Les requêtes sur les MNT peuvent alors être singulièrement réduites si le langage d'interrogation ne sait accéder aux primitives contenues (par exemple : rechercher les zones situées au-dessus de telle altitude), ou s'il ne sait croiser des informations de natures différentes (par exemple des données symboliques et des altitudes ou des objets extraits d'une image - ville, route - et des altitudes).

Les opérations de visualisation

Il est sûr que l'une des premières commodités qui seront demandées aux SIG porteurs de MNT, concernera la présentation de ces informations [36]. On conçoit qu'une gradation de services pourrait être demandée, s'appuyant de plus en plus fortement sur la puissance des calculateurs et les possibilités des processeurs spécialisés d'affichage :

- choix d'un point de vue d'une scène et présentation perspective ;
- choix de la position du soleil ;
- représentation des ombrages (propres et portés) ;
- placages sur le MNT d'informations symboliques (cartes, légendes, symboles) ou d'images (SPOT ou aériennes) ;
- présentation de coupes ou de sections le long d'un tracé ;
- représentations animées en approches ou défilement

Les opérations de requête

Si certaines informations associées à l'altitude peuvent certainement être retrouvées par des requêtes élémentaires, il faut convenir que les avantages les plus décisifs des MNT dans les SIG n'apparaîtront que si des procédures assez complexes viennent enrichir le SIG pour exploiter cette information [54]. Nous listons ci-dessous quelques-unes de ces opérations par ordre croissant de complexité :

- Sélection de terrains en fonction de critères relatifs à l'altitude à la dénivellation, la pente, l'orientation
- Détermination de lignes de thalweg, de lignes de crête, de bassins versants, recherche de cols ;
- Mesure de géodésiques, estimation de surfaces de sols en milieu montagneux ;
- Optimisation de tracés par prise en compte des pentes (autoroutes, voies ferrées, tunnels, canaux, câbles optiques, lignes HT, oléoducs...) chaque problème détermine un jeu spécifique de contraintes {pente, courbure, dénivelée} ;
- Optimisation de placements (émetteurs de TV, répéteurs de radiotéléphone, observatoires, barrages, sources de pollution) ; Il est bien clair que certaines de ces opérations relèvent plus d'ateliers d'aménagement du territoire que du SIG « stricto sensu ». Ces opérations, comme la correction géométrique de photos aériennes, sont d'une généralité suffisamment ample pour autoriser que des systèmes entièrement nouveaux soient conçus.

I.2 LE BASSIN VERSANT ET SON COMPLEXE**I.2.1. Définition de bassin versant :**

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

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

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

I.2.2.Hydrologie de bassin versant :

I.2.2.1.L'eau :

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

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

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

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

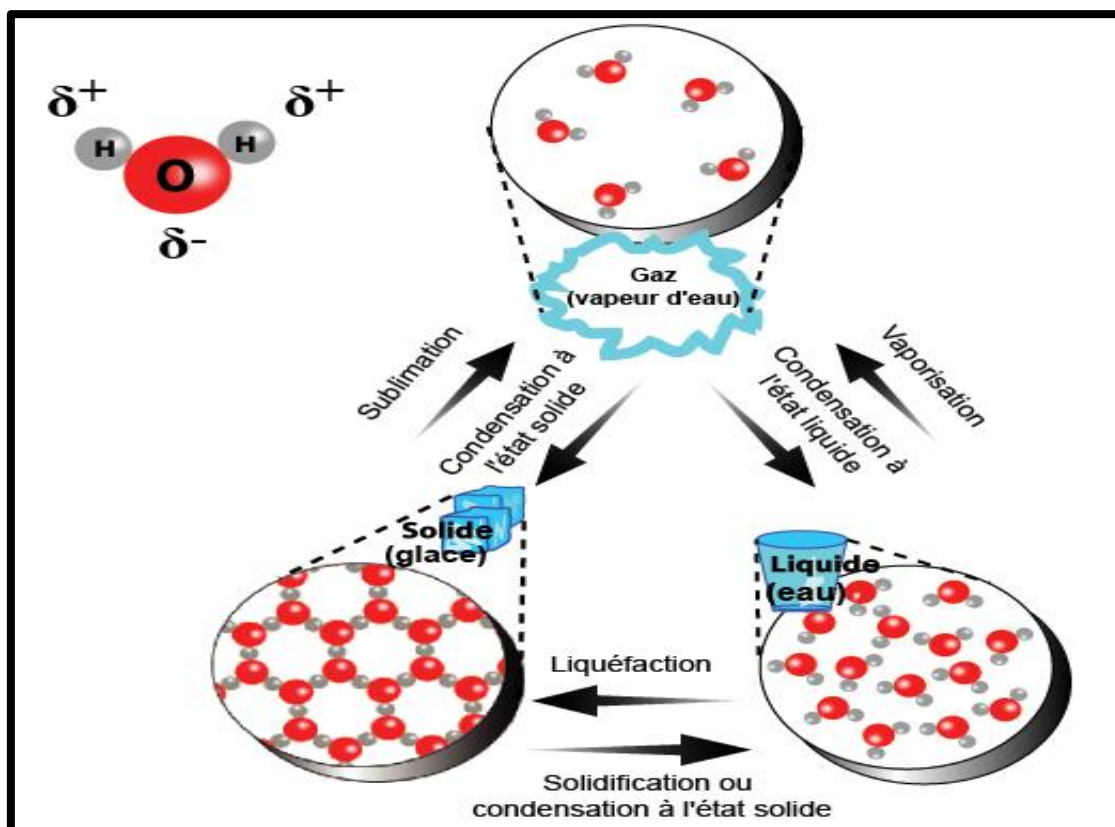


Figure I.8 : Etats de l'eau

I.2.2.2. Cycle d'hydrologique :

I.2.2.2.1 .Définition :

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

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

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

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

Un réseau hydrographique est donc l'ensemble des cours d'eau, affluents et sous-affluents d'une rivière ou d'un même fleuve. A l'état naturel tous les réseaux sont hiérarchisés, de nombreux auteurs ont proposé des classifications de ces réseaux.(figure I.9)

I.2.2.2.Composant de cycle hydrologique :

Évaporation et transpiration des végétaux :

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

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

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

L'action du vent

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

La condensation et les précipitations

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

Le ruissellement et l'infiltration

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

L'eau de pluie pénètre dans les sols perméables. En s'infiltrant dans un sol perméable, l'eau peut parfois remplir une poche souterraine (grotte) et former un véritable réservoir d'eau. L'eau contenue dans ce réservoir (nappe d'eau ou nappe phréatique) trouve parfois un chemin naturel vers l'extérieur. L'endroit où jaillit l'eau hors du sol s'appelle la source. Certaines nappes d'eau souterraines, une fois découvertes, peuvent aussi être exploitées par l'homme comme réserves d'eau potable. Un peu moins de la moitié des précipitations vont recharger les nappes phréatiques, le reste part en évaporation. Ceci représente l'infiltration des eaux(www.mplux.be)

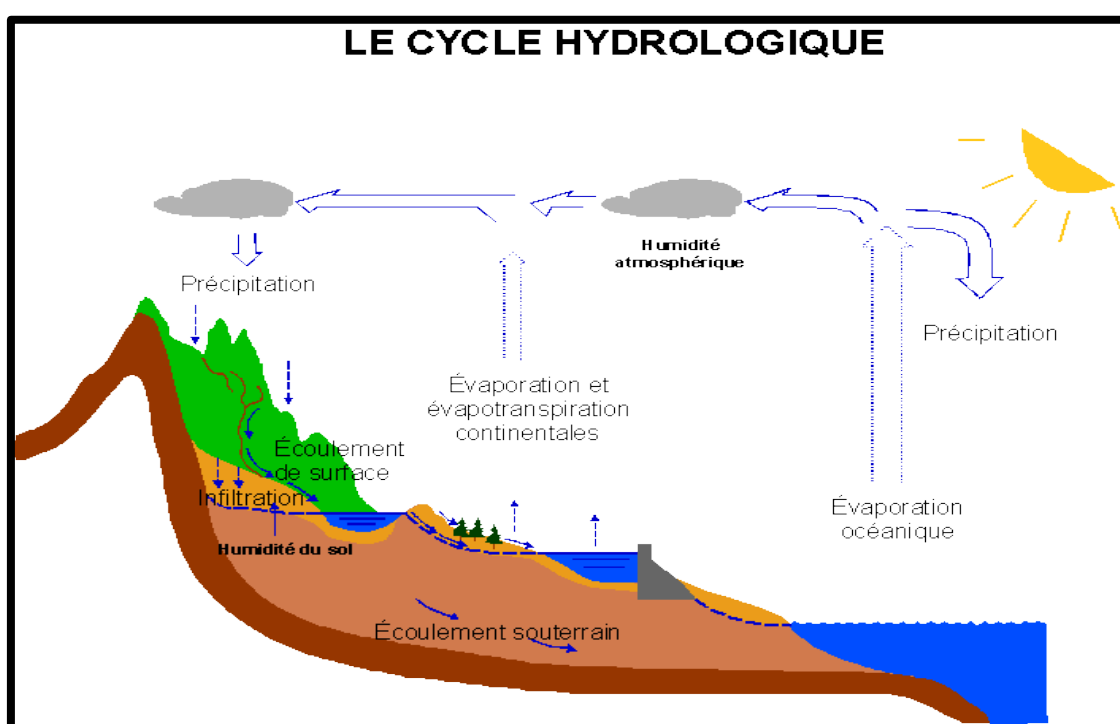


Figure I.9 : Cycle hydrologique.

I .2.2.2.3. Bilan hydrographique:

Chacun des termes du bilan hydrologique est naturellement pondéré par divers paramètres climatiques et géographiques. Par exemple, la température est l'un des facteurs principaux du pouvoir évaporant de l'atmosphère, le relief conditionne les précipitations des masses nuageuses, et la nature de la couverture végétale influe sur les phénomènes d'interception et de transpiration.

Les durées de séjour de l'eau dans les différents compartiments du cycle sont très variables. En moyenne, elles sont de l'ordre de la semaine dans l'atmosphère, de plusieurs jours à plusieurs années dans les rivières selon la taille des bassins versants, des siècles à des

millénaires dans les grands aquifères du sous-sol, d'une trentaine de siècles dans les océans [47].

A. Méthodes analytiques

A.1. Méthode du bilan hydrique. L'équation du bilan hydrique d'un réservoir, pendant un intervalle de temps DT est donnée par l'expression:

$$P - (R + I + E + ET) = DS$$

Avec:

P - précipitation;

R - écoulement;

I - infiltration;

E - évaporation;

ET - évapotranspiration;

DS - variation du stock dans l'intervalle de temps DT.

L'évaporation s'exprime ainsi en fonction des autres termes:

$$E = P - (R + I + ET) - DS.$$

A.2. Méthode du bilan énergétique. Cette méthode, complexe à mettre en œuvre, n'est citée ici que pour mémoire.

L'équation du bilan énergétique appliquée à une masse d'eau ayant une surface libre est :

$$Q_0 = Q_5 - Q_r + Q_a - Q_{ar} + Q_v - Q_{bs} - Q_e - Q_h - Q_w$$

Avec:

- Q_0 taux d'accroissement de l'énergie emmagasinée dans la masse liquide;
- Q_5 radiation solaire incidente (onde courte);
- Q_r radiation solaire réfléchie;
- Q_a radiation incidente à grande longueur d'onde provenant de l'atmosphère;
- Q_{ar} radiation à grande longueur d'onde réfléchie;
- Q_v énergie nette d'advection dans les échanges horizontaux;
- Q_{bs} radiation à grande longueur d'onde émise par l'eau;
- Q_e énergie utilisée par l'évaporation;
- Q_h énergie perdue par la masse d'eau sous forme de chaleur;
- Q_w énergie nette d'advection de l'eau évaporée.

En général, tous ces éléments sont exprimés en j//min.

Quelques valeurs de l'évaporation moyenne annuelle des grandes nappes d'eau libre sous différents climats [58]. des grandes nappes d'eau libre

A.3. L'évapotranspiration

Nous avons vu en introduction que l'évapotranspiration se réfère au volume d'eau exsudé par évaporation et transpiration dans une région. Si la quantité d'eau disponible sous forme d'humidité du sol est suffisante pour que les plantes puissent maintenir le taux de transpiration à un niveau maximal, en d'autres termes, si l'eau n'est pas un facteur limitatif de la transpiration, alors, l'évaporation s'appelle, d'après THORNTHWAITE, l'évapotranspiration potentielle. C'est en considérant ce phénomène hydrologique que l'ingénieur, la plupart du temps, peut établir le bilan hydrique à l'échelle régionale.

Comme pour l'évaporation, les méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration peuvent être divisées en 3 groupes:

Mesures directes in situ;

Analytiques, basées sur le bilan hydrique ou sur le bilan énergétique;

Empiriques, basées sur l'analyse statistique des observations.

A.4. Lysimètre

Parmi les méthodes directes, la plus utilisée est celle du lysimètre. Cet appareil est un réceptacle cylindrique de 1 m de diamètre environ et de l'ordre de 2 m de hauteur. Il permet de mesurer la consommation en eau des plantes pendant leur croissance.

Nous donnons ici les principales formules empiriques dont les coefficients ont été obtenus par des analyses statistiques.

B. Méthodes empiriques

B.1. Formule de THORNTHWAITE. Cette formule, déjà ancienne (1944), est basée sur de nombreuses expériences effectuées sur des cases lysimétriques. L'évaporation potentielle est donnée par la formule:

$$(ETP) = C, (1)$$

Où:

ETP est l'évapotranspiration mensuelle en centimètres pour un mois fictif de 30 jours et une durée théorique d'ensoleillement de 12 h sur 24;

t - la température moyenne en °C pour le mois considéré;

C et a sont des fonctions de l'indice thermique annuel.

a est calculé à partir d'un indice thermique mensuel donné par la formule:

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

Si l'on appelle I l'indice annuel égal à la somme des 12 indices mensuels et en adoptant certaines simplifications, la valeur de a est donnée par l'expression:

$$.a = \frac{1.6}{100} I + 0.5$$

Le terme C varie en sens inverse de I et en définitive l'équation peut s'écrire:

$$ETP = 1.6 \left(10 \frac{t}{I}\right)$$

En coordonnées logarithmiques, les courbes représentatives de cette dernière équation sont des droites correspondant à des lieux et des climats différents. L'expérience montre que ces droites concourent vers le point de coordonnées ETP = 135 mm et

$$t = 26^{\circ}\text{C}.$$

B.2. Formule de BLANEY et CRIDDLE. Cette formule peut s'écrire: $ETP = kc$ et montre que pour ces deux auteurs, l'ETP est le produit de 2 facteurs:

un paramètre climatique composé c, fonction essentiellement de la température de l'air et de la durée du jour, et accessoirement de l'humidité relative;

et un paramètre k caractérisant le type de culture ou de couverture végétale.

Deux valeurs de k sont proposées, l'une s'applique à la période de croissance des plantes (période sans gelées), l'autre au reste de l'année.

L'équation devient alors:

$$ETP = kw \sum Cw + Ks \sum Cs$$

B.3. Formule de TURC.

La formule de TURC est la suivante:

$$ETP = 0.4(Ig + 50)^{\frac{t}{t+15}}$$

Avec:

ETP - en mm d'eau/mois;

Ig - radiation solaire globale dans le mois en cal//jour;

T - température moyenne du mois en °C (sous abri).

I.3. CARACTERISTIQUE MORPHOMETRIQUE ET ECOULEMENT DES EAUX :

I.3.1. Caractéristiques géométriques

I.3.1.1. aire et périmètre (surface):

L'aire est la portion du plan délimitée par la ligne de crête, ou contour du bassin. Sa mesure est faite soit à l'aide d'un planimètre, soit par la méthode des petits carrés, et est généralement exprimée en .Km²Le 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.

I.3.1.2. indice de compacité (forme):

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.

Si A est la surface du bassin en km^2 et P son périmètre en km, le coefficient est égal à

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Le coefficient est supérieur à 1 et d'autant plus voisin de cette valeur que le bassin est compact.

Le 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.

Soit L et I la longueur et la largeur du rectangle, et P et A le périmètre et l'aire du bassin versant. On a:

$$L = \frac{KG\sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG} \right)^2} \right]$$

I.3.1.3. Le relief :

Le relief d'un bassin est souvent caractérisé par :

A.la courbe hypsométrique.

Elle est tracée sur la figure I.10 en reportant en ordonnée l'altitude Y, et, en abscisse le pourcentage de la surface du bassin dont l'altitude est à supérieure ou égale à Y, rapportée à la surface totale du bassin. La répartition hypsométrique est donnée par le pourcentage de la surface comprise entre les différentes courbes de niveau à la surface totale (tab. I.1).

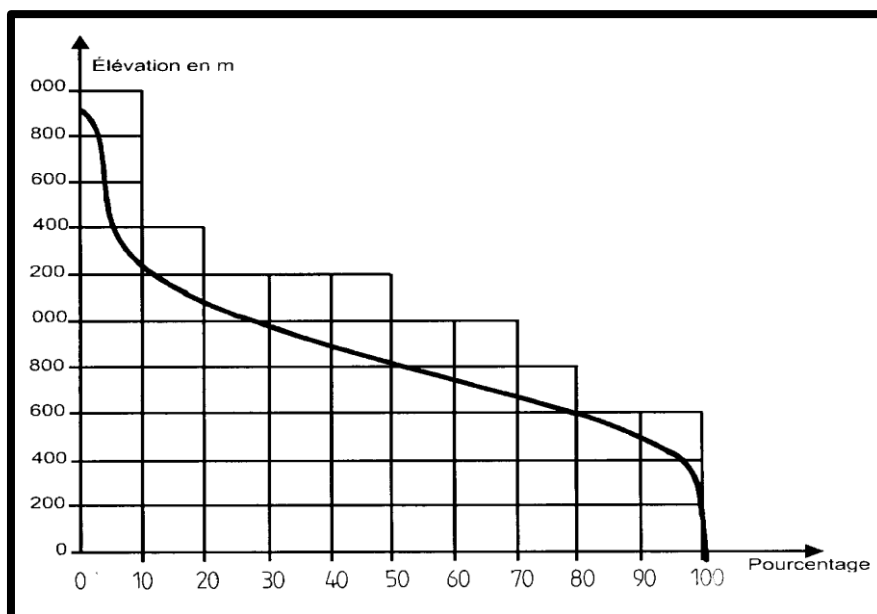


Figure I .10: Courbe hypsométrique.

B. Les altitudes:

Tableau I.1 : Exemple de courbe hypsométrique

Élévation courbe de niveau (m)	Superficie Entre les courbes (m ²)	Pourcentage du total	Pourcentage au-dessus de la limite inférieure
170-300	500	2.4	100.0
300-400	1700	8.2	97.6
400-500	1900	9.2	89.4
500-600	2400	11.6	80.2
600-700	3000	14.5	68.6
700-800	2970	14.3	54.1
800-900	2270	11.0	39.8
900-1000	2180	10.5	28.8
1000-1100	1500	7.2	18.3
1100-1200	640	3.1	11.1
1200-1300	610	3.0	8.0
1300-1400	410	2.0	5.0
1800	620	3.0	3.0

C. Les pentes

On peut distinguer 4 types de pentes:

- La pente orographique;
- La pente topographique;
- La pente hydrographique;
- La pente stratigraphique.

Les indices de pentes permettent, comme pour certaines caractéristiques géométriques, de comparer les bassins versants entre eux.

Pente orographique. La pente orographique caractérise le relief. Elle favorise l'élévation des masses d'air en mouvement au-dessus des reliefs et provoque la condensation de l'humidité qu'elles contiennent.

La pente topographique. C'est la pente qui influence l'écoulement superficiel des eaux: ruissellement de surface et écoulement hypodermique. Elle accélère le ruissellement sur les versants et détermine en partie le temps de réponse du cours d'eau aux impulsions pluviométriques.

La pente topographique se lit et se mesure sur la carte topographique à grande échelle ($>1/100000$) ou à l'aide de M.N.T.

La pente hydrographique. La pente hydrographique, ou profil en long du cours d'eau, peut-être déterminée sur la carte ou mesurée sur le terrain par un nivellement de précision. Cette pente exprimée généralement en m/km conditionne:

la vitesse de l'eau dans le chenal;

la vitesse de l'onde de crue;

le tirant d'eau de la rivière: pour un même débit et une même largeur une rivière plus pentue a une vitesse d'écoulement plus grande et donc, généralement, une profondeur plus faible.

La pente hydrographique varie plus ou moins irrégulièrement pour un même cours d'eau selon les structures géologiques traversées et diminue en général d'amont en aval (forme concave des profils en long) (figure .I .11).

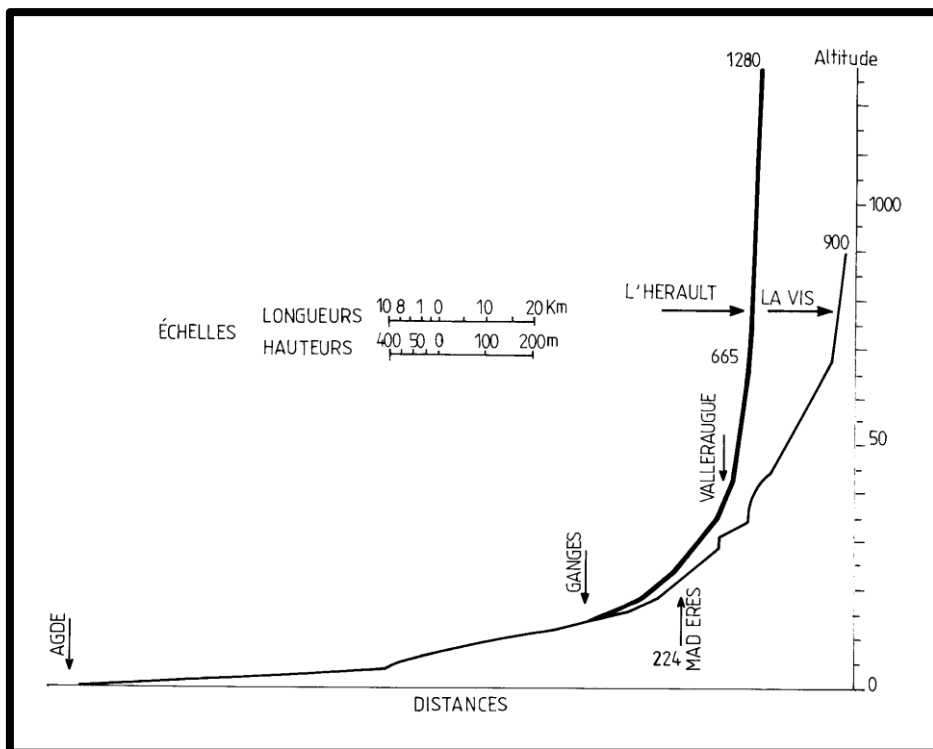


Figure I.11 : Profils en long de l’Hérault et de la Vis.

La pente d'un cours d'eau varie beaucoup d'un type de cours d'eau à un autre: supérieurs à m/km pour les torrents fortement pentus à m/km pour les grands fleuves. Elle conditionne la forme des hydrogrammes de crue, comme le montre la figure I.12.

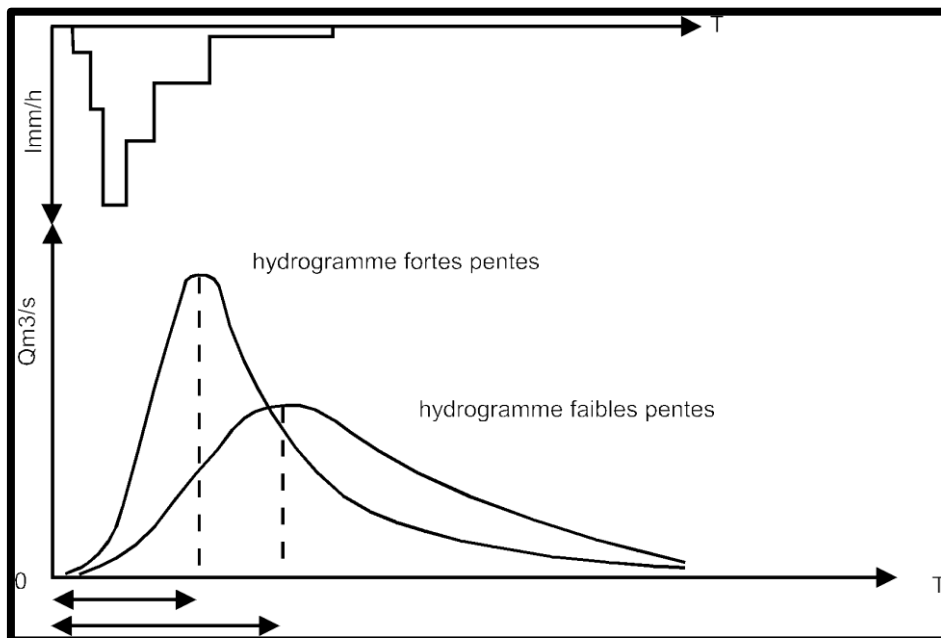


Figure I.12 : Rôle de la pente sur la forme de l’hydro gramme.

C.1. Les indices de pente :

L'indice de pente Roche. L'indice de pente de Roche caractérise la pente globale du bassin versant. Il s'exprime par:

$$I_p = L^{-1/2} \sum_n^1 \sqrt{a_i} \cdot d_i$$

L: Longueur du rectangle équivalent,

Où a_i représente la fraction en % de la surface A comprise entre deux courbes de niveau voisines distantes de L'indice global de pente. Sur la courbe hypsométrique, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de A. On en déduit les altitudes H_5 et H_{95} entre lesquelles s'inscrit 90% de l'aire du bassin et la dénivelée

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

L'indice global est égal à :

$$I_G = D/L$$

Les modèles numériques de terrain. Le modèle numérique de terrain est établi à partir des courbes de niveau numérisées du bassin. Les altitudes sont calculées aux points d'une grille dont la taille d'une maille élémentaire détermine le pas du modèle. Différents paramètres sont calculés pour chacune des mailles: altitude moyenne, direction de drainage, pente moyenne, exposition, concavité, convexité etc. Le modèle numérique de terrain permet d'avoir une représentation en 3 dimensions du bassin versant. Il permet surtout d'étudier la distribution des paramètres précédents, de tracer automatiquement le réseau de drainage et de disposer de données descriptives quantifiées et précises pour réaliser une modélisation des écoulements distribuée dans l'espace.

C.1.1. classification de HORTON

Tout cours d'eau sans affluent est d'ordre 1, tout cours d'eau ayant un affluent d'ordre x est d'ordre x + 1, et garde cet ordre sur toute sa longueur. A la confluence de deux talwegs d'importance égale, on donne l'ordre supérieur au plus long.

C.1.2. classification de SCHUMM (figure I .13)

Est d'ordre x + 1 tout tronçon de rivière formé par la réunion de deux cours d'eau d'ordre x.

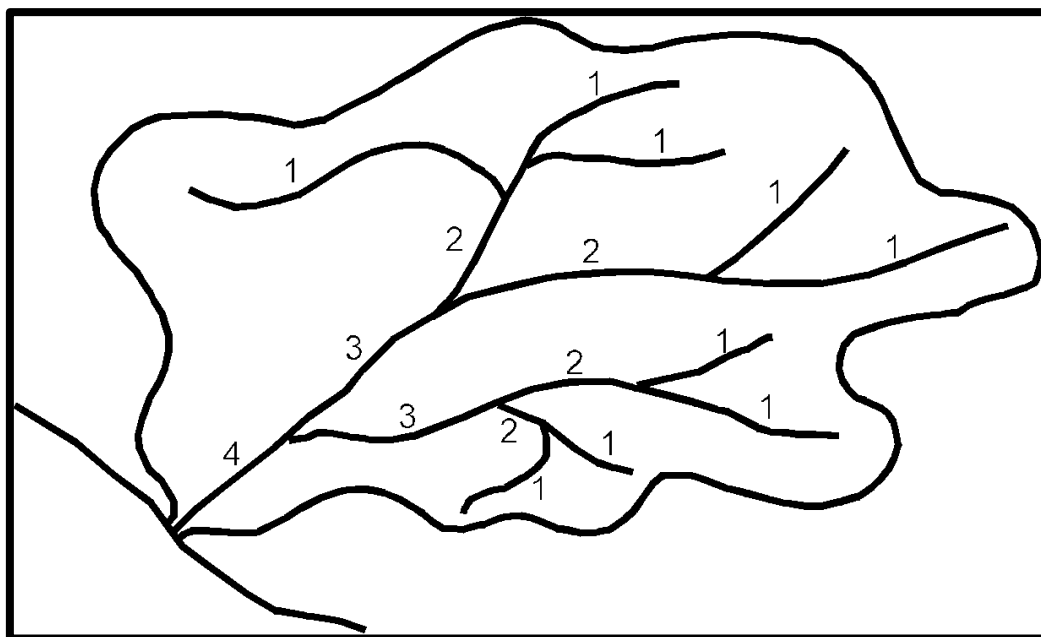


Figure I.13 : Bassin versant d'ordre 4 (classification de SCHUMM).

C.3. Rapport de confluence

Le rapport de confluence est égal au quotient du nombre de talwegs d'ordre x par celui des talwegs d'ordre supérieur ($x + 1$).

Les réseaux hydrographiques sont toujours dendritiques, c'est-à-dire ramifiés comme les branches d'un arbre. Certains auteurs distinguent 3 principaux types de réseaux:

Chêne: la ramification est bien développée avec un espacement régulier des confluences. Le rapport est inférieur à 5 (exemple Amazone);

Peuplier: le bassin versant nettement plus long que large, présente de nombreux affluents parallèles et un rapport de confluence élevé, supérieur à 10;

Pin: le bassin se caractérise par une concentration des confluences dans le secteur amont d'où sort un tronc qui ne reçoit plus d'affluents importants. Le rapport est faible (exemple le Nil).

Cette organisation est très importante pour la formation des crues du cours d'eau principal. Selon le type de géométrie du réseau, les crues des différents affluents confluent plus ou moins rapidement dans l'espace et dans le temps. Elles se superposent plus ou moins les unes sur les autres, ou au contraire se succèdent les unes après les autres. Les risques de superposition croissent du type peuplier au type pin parasol. Ceci est vrai pour les bassins qui sont globalement affectés par un événement pluvieux.

Les trois types présentés dans la figure I.14 sont des types simples d'organisation de réseaux hydrographiques. L'histoire géomorphologique et la structure géologique sont à l'origine de réseaux d'organisation plus complexe

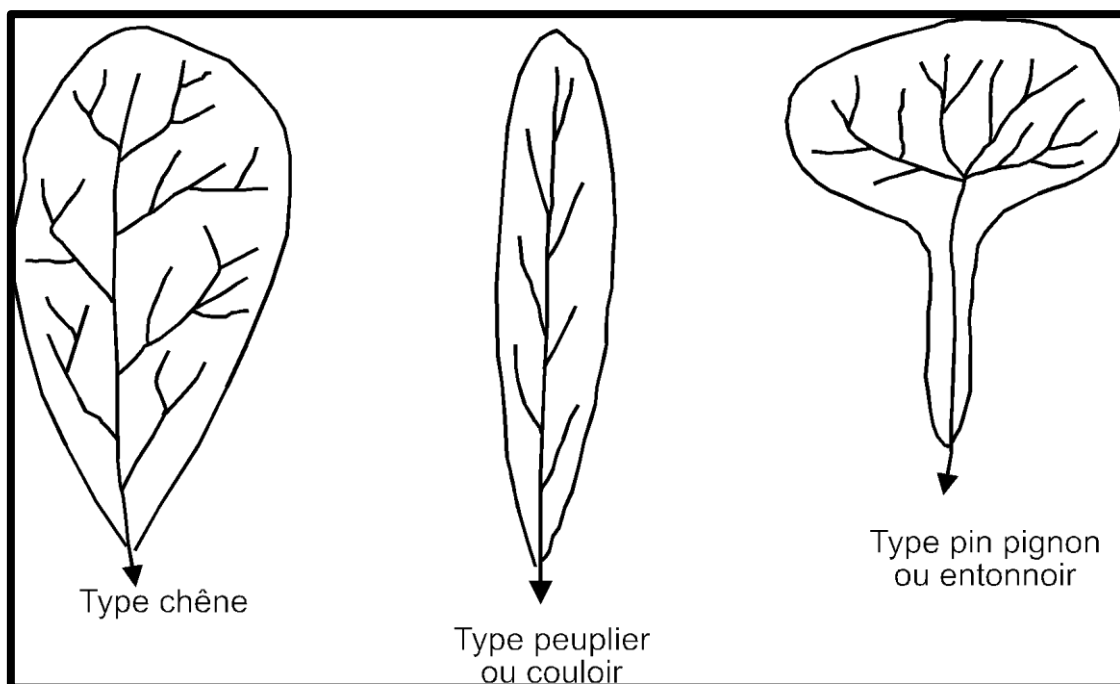


Figure I.14 : Types de bassins versants. Musy et al, 2003

C.4.La densité de drainage

C'est le quotient de la somme des longueurs de tous les cours d'eau à la superficie du bassin drainé:

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

La détermination de la densité de drainage suppose d'adopter certaines conventions quant à la définition des chenaux de drainage:

Talwegs nettement marqués et empruntés par des écoulements temporaires sur les rivières non pérennes;

Ou ruisseaux toujours en eau des grands bassins versants.

D. Endoréisme

Il s'agit d'une forme spéciale du bassin versant dans laquelle l'eau est concentrée en un point du bassin lui-même, soit sous forme de lac ou de mare, soit par accumulation souterraine.

On peut distinguer deux types d'endoréisme:

D.1. L'endoréisme de ruissellement: les apports des différents éléments du réseau se concentrent à la limite du bassin, s'infiltrent et peuvent cheminer encore longtemps dans le sol pour éventuellement se mêler aux nappes provenant d'autres bassins;

D.2. L'endoréisme total: les apports se concentrent en un point situé à l'intérieur du bassin ou quelquefois à sa périphérie; ils forment en général un lac ou une mare permanente ou temporaire, sans infiltration notable vers l'extérieur du bassin. Dans ce cas, tous les apports sont consommés sur place par évapotranspiration.

D.3.L'endoréisme peut être plus ou moins généralisé: bassins de quelques kilomètres carrés ou de plusieurs milliers de kilomètres carrés. Il est rare que dans ce dernier cas l'endoréisme soit total. Le bassin du lac Tchad peut cependant être considéré comme totalement endoréique, mais quand on atteint de telles superficies de drainage, la notion d'endoréisme est toute relative: le lac Tchad joue en fait le rôle d'une mer intérieure. Signalons enfin, que l'endoréisme est généralement caractéristique des zones arides et souvent présent dans les régions karstiques [47].

I.2.3.2. L'infiltration et l'écoulement :

I.2.3.2.1.Introduction :

Les écoulements représentent une partie essentielle du cycle hydrologique. On a déjà vu que l'eau précipitée sur un bassin versant va se répartir en eau interceptée, évaporée, infiltrée et écoulee. La quantité d'eau collectée puis transportée par la rivière résultera des précipitations directes à la surface même du cours d'eau et des écoulements de surface et souterrain parvenant à son exutoire. La proportion entre ces deux types d'écoulements est définie par la quantité d'eau infiltrée dans le sol [32].

I.2.3.1.3.Infiltration :

L'infiltration est le phénomène de passage de l'eau de la surface du sol à l'intérieur de celui-ci. L'infiltration revêt une grande importance car c'est elle qui contrôle plusieurs processus en hydrologie comme le ruissellement, l'humidification des sols et la percolation profonde. Les principales références sont [48]:

Infiltration et définitions Il est important de définir les principaux termes utilisés :

Taux d'infiltration (f) : quantité d'eau qui s'infiltré dans le sol par unité de temps (mm/h).

Masse infiltrée --Infiltration (F) : quantité totale d'eau infiltrée dans le sol pour une période de temps donnée (mm). $t F = \int_0^t f dt$ [8.1]

Capacité d'infiltration (fmax) : taux maximum d'infiltration que permet un sol donné (mm/h).

Le taux d'infiltration est en réalité le flux d'eau entrant à la surface du sol.

Facteurs influençant l'infiltration

L'infiltration est conditionnée par les principaux facteurs ci-dessous :

Le type de sol (structure, texture, porosité) - Les caractéristiques de la matrice du sol influencent les forces de capillarité et d'adsorption dont résultent les forces de succion, qui elles-mêmes, régissent en partie l'infiltration [48].

La compaction de la surface du sol due à l'impact des gouttes de pluie (battance) ou à d'autres effets (thermiques et anthropiques) - L'utilisation de lourdes machines agricoles dans les

champs peut par exemple avoir pour conséquence la dégradation de la structure de la couche de surface du sol et la formation d'une croûte dense et imperméable à une certaine profondeur (sensible au labour). La figure 5.3 montre à titre d'exemple les différentes évolutions du régime d'infiltration au cours du temps selon le type de sol.

La couverture du sol - La végétation influence positivement l'infiltration en ralentissant l'écoulement de l'eau à la surface, lui donnant ainsi plus de temps pour pénétrer dans le sol. D'autre part, le système racinaire améliore la perméabilité du sol. Enfin, le feuillage protège le sol de l'impact de la pluie et diminue par voie de conséquence le phénomène de battance [32].

La topographie et la morphologie - La pente par exemple agit à l'opposé de la végétation. En effet, une forte pente favorise les écoulements au dépend de l'infiltration [48].

Le débit d'alimentation (intensité de la précipitation, débit d'irrigation) [32].

La teneur en eau initiale du sol (conditions antécédentes d'humidité) - L'humidité du sol est un facteur essentiel du régime d'infiltration, car les forces de succion sont aussi fonction du taux d'humidité du sol. Le régime d'infiltration au cours du temps évolue différemment selon que le sol est initialement sec ou humide. L'humidité d'un sol est généralement appréhendé en étudiant les précipitations tombées au cours d'une certaine période précédant un événement pluvieux. Les Indices de Précipitations Antécédentes (IPA) sont souvent utilisés pour caractériser les conditions d'humidité antécédentes à une pluie [48].

Introduction:

Une partie de l'eau précipitée retourne vers l'atmosphère, par évapotranspiration. Le terme d'évaporation désigne les pertes en eau des nappes d'eau libres sous forme de vapeur (lacs, retenues, mares); alors que l'évapotranspiration regroupe les pertes du sol : absorption de l'eau par le couvert végétal ou animal, et restitution à l'atmosphère par transpiration.

L'évapotranspiration est liée à un certain nombre de paramètres climatiques tels que température, vent, humidité, rayonnement etc.

L'eau non restituée à l'atmosphère migre sous forme :

D'écoulements de surface rapides (rivières, ravines...), transitant parfois par des zones de stockage naturel (étangs, mares...) ou artificiel (retenues...);

D'écoulements souterrains intervenant après infiltration; ces eaux sont souvent stockées en profondeur dans des réservoirs constitués de roches poreuses et perméables formant les aquifères [48].

Chapitre II :

Cadre général de zone étude

II.1.Milieu naturel**II.1.1.Description du bassin versant**

L'Algérie compte 17 bassins- versants [35], parmi ces bassins on trouve le bassin du Chott El Hodna, il est répartie sur cinq wilayas : M'Sila, Batna, Biskra, Sétif et Bordj Bou Arreridj.

Selon l'Agence National des Rousseurs Hydraulique, ce bassin est divisé en 23 sous bassins (sans compter le Chott El-Hodna)

II.1.2.Situation géographique

Bassin versant d'oued Bou Saada appartient au grand bassin versant de la Hodna, située sur la partie Sud de la Wilaya de M'sila, au sud-est du nord algérien.

Coordonnées géographiques :

Le bassin versant d'étude est comprise entre :

- Les parallèles de latitude: $34^{\circ} 40' 0''$ et $35^{\circ}20' 0''$ N;
- Et les méridiens de longitude: $3^{\circ} 20' 0''$ et $4^{\circ} 30' 0''$ E.

Les limites de zone d'étude : elle est délimitée :

- Sous bassin d'oued Maiter Amont en Nord ;
- Sous bassin d'oued Maiter Aval en Nord - Est et Est ;
- Sous bassin d'oued Chair Amont en Sud- Est et Sud;
- Sous bassin d'oued Daiet Mefiag en Ouest;
- Sous bassin d'oued Medjadel en Nord- Ouest.

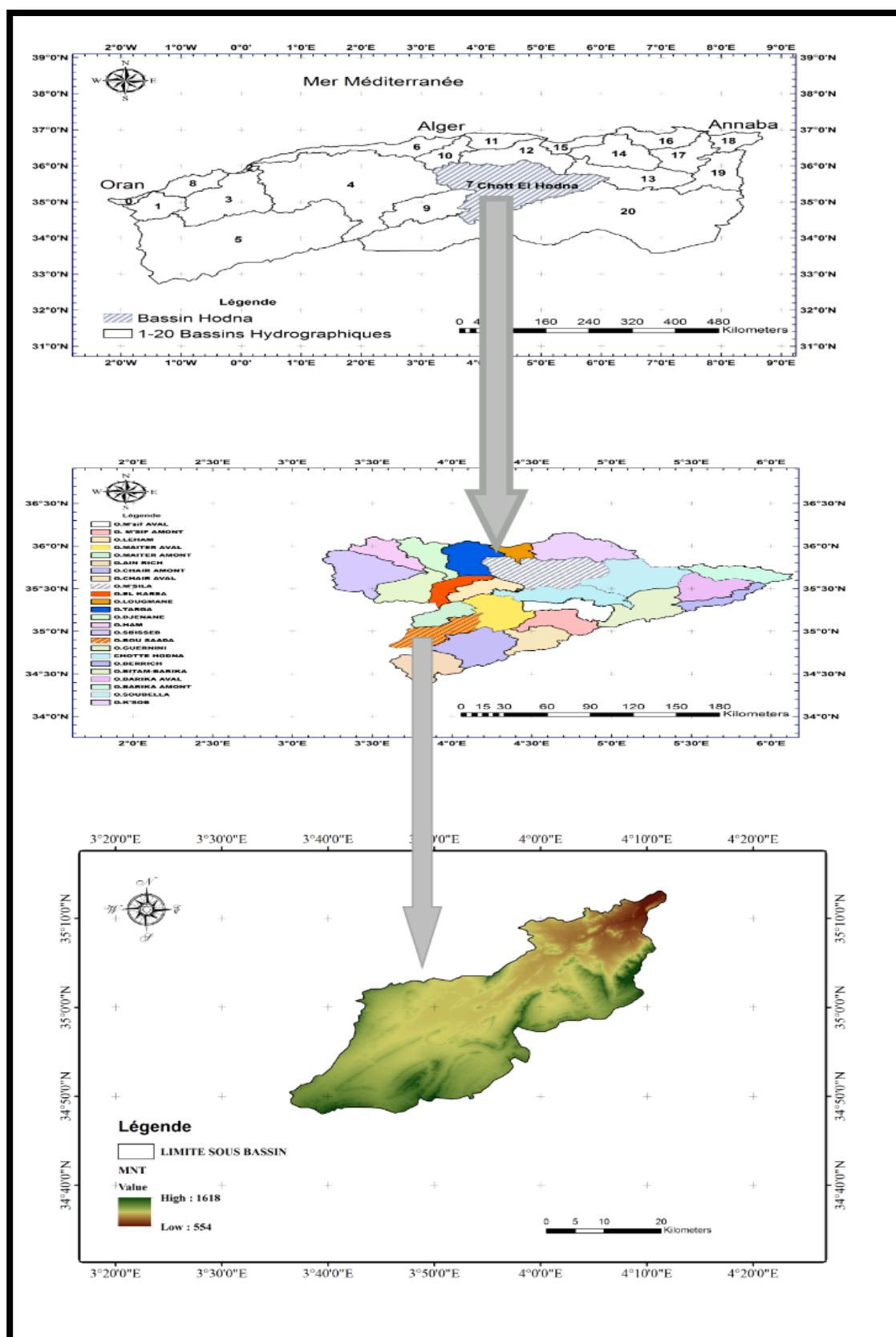


Figure II.1 : Localisation de bassin versant d'oued Bou Saâda

II.2. Milieu Physique**II.2.1. Topographie et déclivité :**

Une pente est l'inclinaison d'un terrain. Elle se mesure en degrés ou en pourcentage et ne doit pas être confondue avec le dénivelé, évalué en mètres où le pendage qui s'applique aux couches du sous-sol.

Selon *ULYSSE (2008)*, il y a quatre types de pentes:

- **Pente orographique:** La pente orographique caractérise le relief. Elle favorise l'élévation des masses d'air en mouvement au-dessus des reliefs et provoque la condensation de l'humidité qu'elles contiennent.
- **Pente topographique :** C'est la pente qui influence l'écoulement superficiel des eaux (ruissellement de surface et écoulement hypodermique). Elle accélère le ruissellement sur les versants et détermine en partie le temps de réponse du cours d'eau aux impulsions pluviométriques.
- **Pente hydrographique :** La pente hydrographique, ou profil en long du cours d'eau, peut-être déterminée sur la carte ou mesurée sur le terrain par un nivellement de précision.
- **Pente stratigraphique :** Elle contrôle le chemin des eaux infiltrées qui alimentent les aquifères. Elle détermine aussi la direction de l'écoulement des eaux souterraines.

La pente influe sur la vitesse d'écoulement des eaux. En effet, les pentes concaves tendent à concentrer les eaux de ruissellement alors que les pentes convexes ont l'effet inverse et rendent donc les sols correspondant plus sujets à l'érosion.

Le bassin versant de l'oued Boussaâda est caractérisée par la présence de cinq (5) classes de pentes : inférieur à 3%, 3 à 6%, 10 à 12%, 12 à 35% et plus de 35% (Tableau II. 1). La surface des pentes a été déterminée par superposition d'une grille dessinée par logiciel ArcGIS 10.5:

- Classe plus de 25% :

Cette classe de pente s'étend sur une superficie de 21.22 Km², soit 2.05 % de la superficie totale, et la majeure partie est située dans la cotés Nord et Nord-est du bassin, avec une légère répartition dans d'autre régions. Cette zone de très forte pente.

- Classe de 12 – 25% :

Cette classe de pente s'étend sur une superficie de 72.06 Km², soit 6.97 % de la superficie totale.

- Classe de 6 – 12% :

Cette classe est entourée de zones ayant une pente Forte et Très forte et couvrante environ 13 % de la superficie totale du bassin versant, elle est une superficie de 134.52Km². Ces sites sont principalement situés Nord de bassin.

- Classe de 3 –6 % :

Cette classe est entourée de zones ayant une pente modérée allant de 3 à 6% et couvrant environ 32.14 % de la superficie totale du bassin versant, elle est une superficie de 332.49 Km².

- Classe de 0 – 3 % :

Elle représente la grande partie 45.84 % de la superficie totale du bassin versant, elle a une superficie de 474.27 Km². Cette superficie ayant une pente très faible.

Tableau II.1 : Caractéristiques des pentes dans le bassin versant d'oued Bou Saada

<i>Classe (%)</i>	<i>Superficie (Km²)</i>	<i>Pourcentage (%)</i>	<i>Classe des pentes</i>
0 - 3	474.27	45.84	Très faible
3 - 6	332.49	32.14	Modéré
6 - 12	134.52	13	Assez faible
12 - 25	72.06	6.97	Forte
> 25	21.22	2.05	Très forte
Totale	1035.47	100	

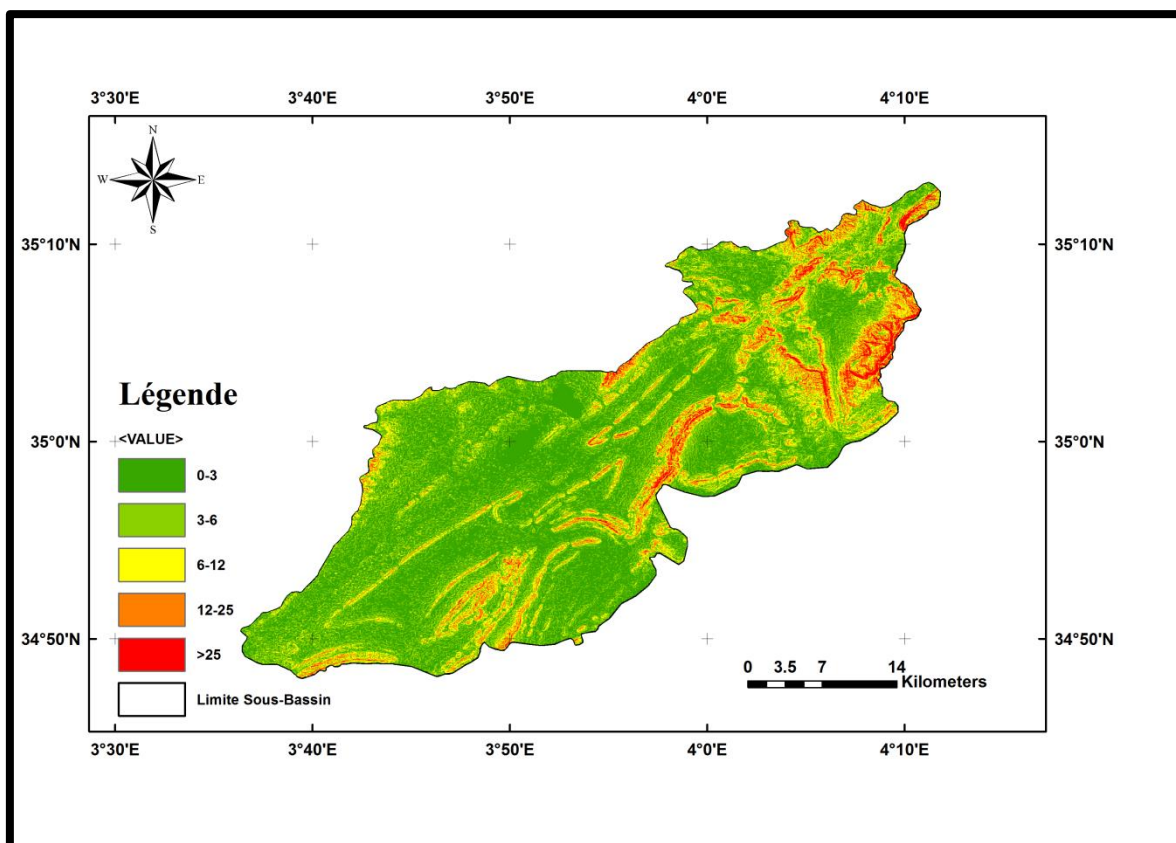


Figure II.2 : Carte de pente bassin versant oued Bou Saâda (original)

II.2.2.Géomorphologie :

La géomorphologie est liée à l'étude de l'anatomie des composantes des phénomènes géographiques. Bien qu'il soit souvent employé pour désigner l'étude des formes du relief.

Les principaux traits de la zone ont été dégagés des travaux de Savornin (1920) [62] pour la géologie et des travaux de Capolini et Sari (1969)[15], pour géomorphologie. Ainsi, les unités suivantes peuvent-elles être distinguées :

- **Les reliefs:** faisant partie de l'extrémité septentrionale de l'Atlas saharien, ils correspondent aux massifs montagneux cités précédemment. Ils sont composés d'une alternance de marnes argileuses et de niveaux calcaires relevant du Cénomaniens.

Vallée de l'oued Boussaâda qui forme une sorte de couloir entre le Djebel Moubakhera et Djebel Kerdada et coule au pied de ce dernier ensejettent dans la plaine Nord.

- **Les dépressions:** zones de concentration des eaux de ruissellement et de décantation des particules solides, elles correspondent à deux types selon leur caractère salé « sebkha, chott » ou non salé « daya ».

- **Les dunes:** amas de sable quartzueux, souvent riche en matériel argileux [34].



Figure II.3 : Carte de géomorphologie de Bou Saada [27].

II.2.3. Réseau hydrographique :

II.2.3.1. Définition du réseau hydrographique

Il se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est une des caractéristiques les plus importantes du bassin [25].

. D'après Dunne et Black (1970), [19].

la différenciation du réseau hydrographique d'un bassin versant à un autre est essentiellement due à quatre facteurs principaux:

- **Lithologie**

Par sa plus ou moins grande sensibilité à l'érosion, la nature du substratum influence la forme du réseau hydrographique. Le réseau de drainage n'est habituellement pas le même dans une région où prédominent les roches sédimentaires, par comparaison à des roches ignées (i.e. provenant du refroidissement du magma). La structure de la roche, sa forme, les failles, les plissements, forcent le courant à changer de direction.

- **Climat**

Le réseau hydrographique est dense dans les régions montagneuses très humides et tend à disparaître dans les régions désertiques.

- **Pente**

Elle détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation prédomine.

- **Effet anthropique**

Le drainage des terres agricoles, la construction de barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau modifient continuellement le tracé originel du réseau hydrographique.

II.2.3.2.Extraction du réseau hydrographique

L'opération d'extraction du réseau hydrographique du bassin versant collecte à l'aide du logiciel (Arcgis10.5)

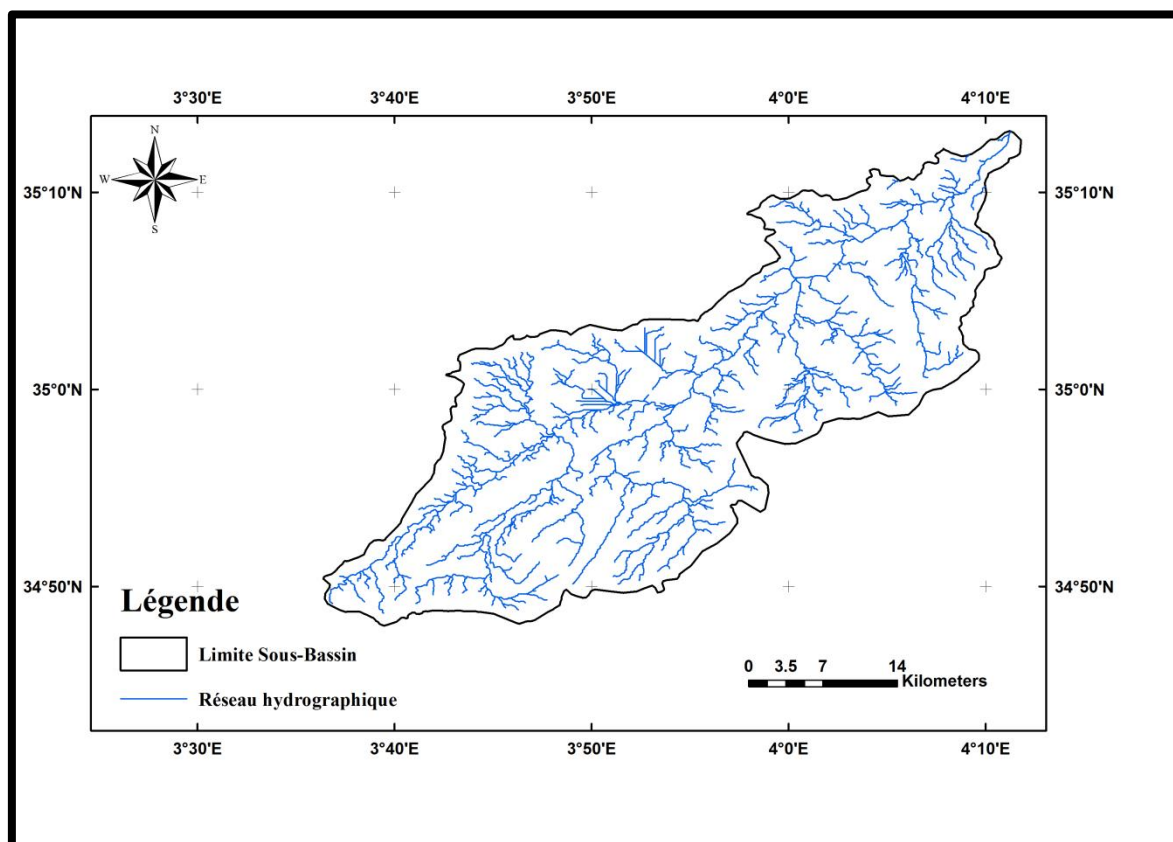


Figure II.4 : Carte du réseau hydrographique (original)

II.2.3.3.La longueur caractéristique :

La *longueur du cours d'eau principal* (l) est la distance curviligne depuis l'exutoire jusqu'à la ligne de partage des eaux, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a un embranchement et par extension du dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si nous prenons, Oued du Boussaâda nous trouvons que la longueur est, $l > 57\text{km}$.

Oued Bou Saada prend naissance dans les monts de Ain ghorab dont la côte se trouve à 1500m NGA.

Les précipitations importantes sur les hauteurs multiplient les possibilités des crues qui passent à l'aval par la plaine d'EL MAADHER provoquant ainsi une importante érosion des berges de l'Oued Bou Saada en consommant d'importantes terres irriguées et irrigables qui nécessitent des mesures de protection immédiates [30].

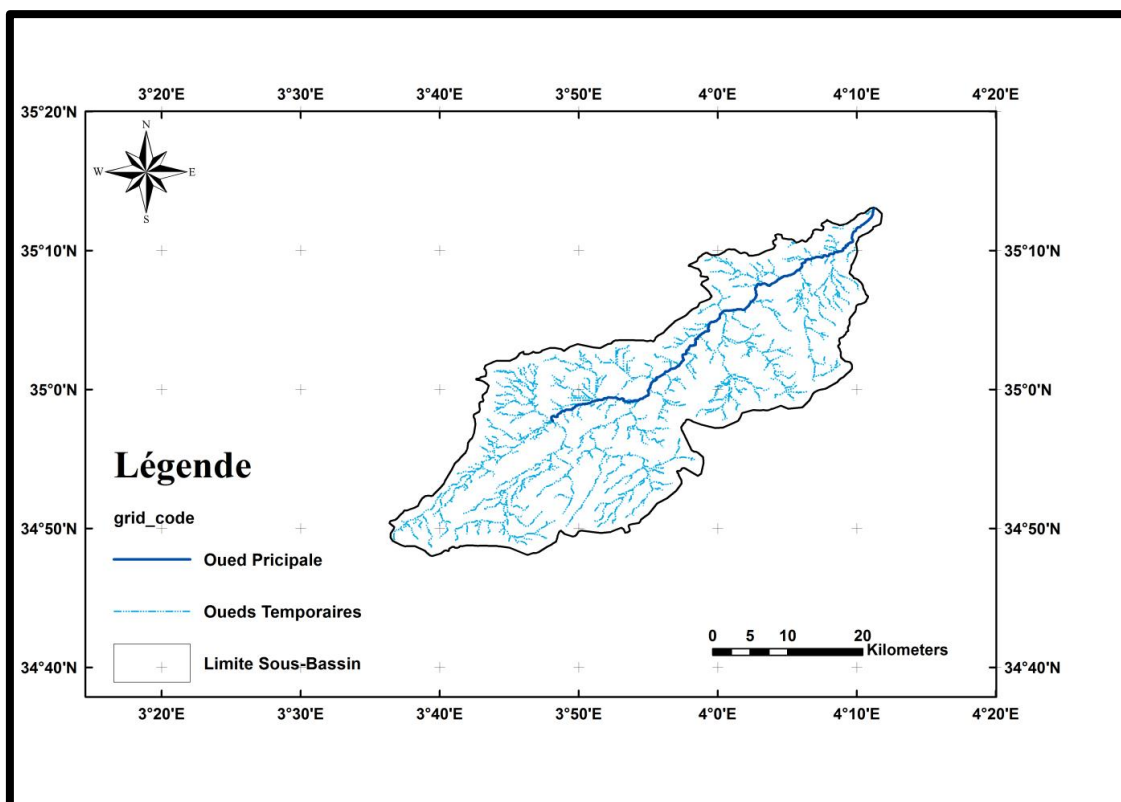


Figure II. 5: Carte des cours d'eau principales de bassin versant du Bou Saada.
(original)

II.3. Les caractéristiques pédo-géologiques :

II.3.1. Pédologie

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

La répartition des sols est en rapport avec des phénomènes pédologiques majeurs tels que la fertilisation, l'halomorphie, la gypsomorphie, la calcimorphie et la désertification [34]. Les principaux types de sol recouvrant la plaine présentent :

- Soit une accumulation des sels solubles à la surface du sol, ce sont alors des sols halomorphes;
- Soit des sols éoliens d'accumulation, c'est-à-dire des sols minéraux bruts.
- Des sols calciques et calcaires parsemés d'affleurements rocheux couvrent la presque totalité des versants (Figure II.6).

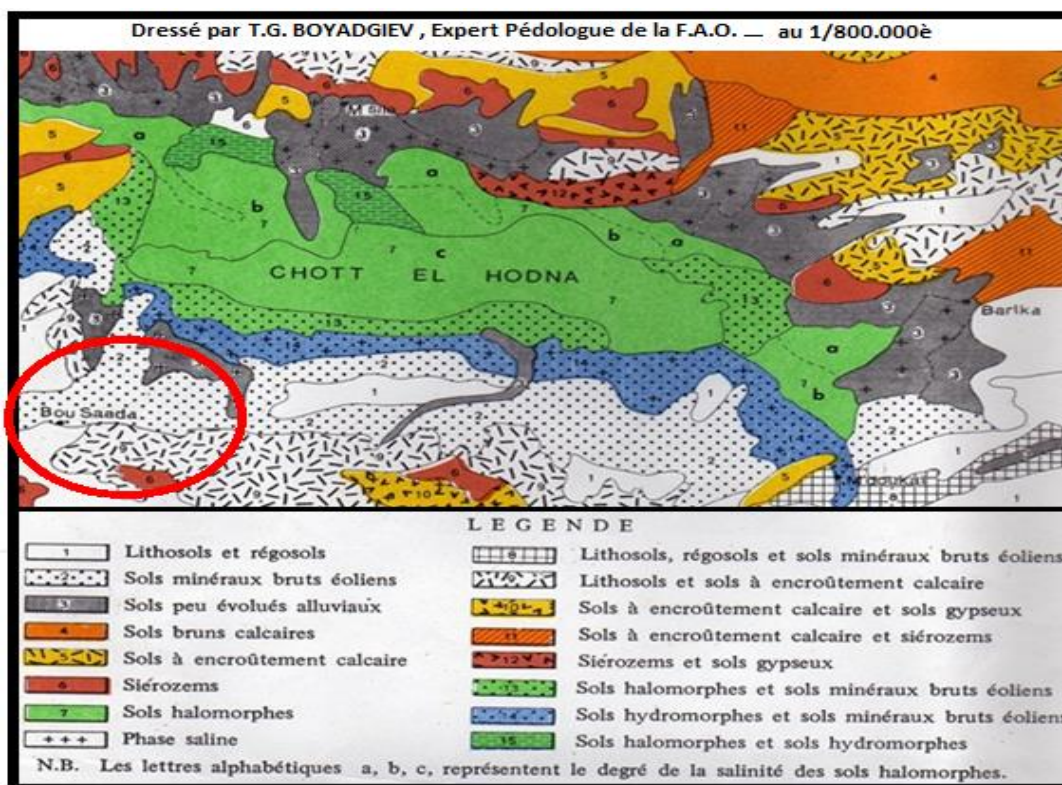


Figure II.6 : Carte pédologique de la région du Hodna (Boyadgief, 1975).

Les principaux types de sols peuvent être définis en fonction des unités géologiques et géomorphologiques précédemment mentionnées (Figure II.6) :

Au niveau des massifs montagneux se rencontrent, selon la roche-mère, deux grandes catégories de sols : d'une part, sur substrat dur (calcaire, grès), des lithosols et rendzines ; d'autre part, sur substrat tendre (marne, marno-calcaire), des régosols et des sols bruns calcaires [34].

Sur les glacis à encroûtement calcaréo-gypseux se développent des sols à texture limono-sableuse, peu évolués. Les systèmes dunaires, au nord de Bou Saâda, correspondent à des sols minéraux bruts, d'apport éolien [34].

II.3.2. Géologie :

L'étude géologique a permis d'identifier les formations perméables, les différents niveaux aquifères en particulier ceux des alluvions de le bassin, mais aussi ceux karstiques des versants qui les alimentent et les formations imperméable qui constituent soit le toit, soit le substratum de ces informations.

L'Atlas Saharien et l'Atlas Tellien, après leur choc frontal au niveau des Aurès, ont engendré la cuvette du Hodna au début du Miocène, laquelle, à la fin de cette période et pendant le Quaternaire a subit un remplissage par les cours d'eau, constituant une plaine alluviale [28].

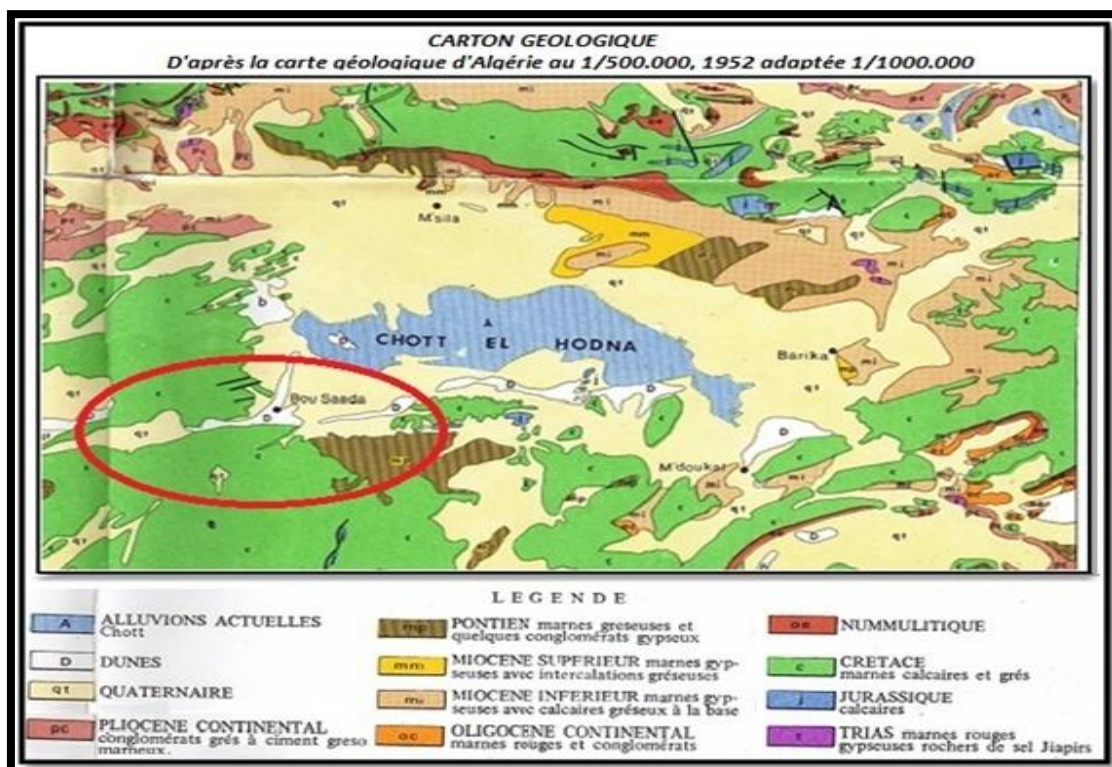


Figure II.8 : Géologie de la région du Hodna. D'après Houerou et Claudin 1972.

Géomorphologiquement, le périmètre agricole de Maâdher-Bou Saada est une plaine de faible pente située au sud de Chott El Hodna. Il est formé d'alluvions anciennes et récentes constituées de sédiments fins dont l'épaisseur dépasse parfois les 10 cm mais du point de vue texture ce sont des limons de couleur gris à Ogres ou vent riches en éléments sableux[1].

La géologie de Bassin versant d'oued Bou Saada est caractérisée par des affleurements massifs du crétacé. Cette période est subdivisée en série des âges géologiques correspondants à des lithologies indépendantes dont les environnements de dépôt sont différents.

L'Oued de Bou Saada est caractérisé par:

- Des Alluvions Ancienne et récente : des limons souvent très riches en matière sableuse, ils atteignent parfois une épaisseur supérieur à 10 cm;
- Dune ; localisées dans la cuvette des oueds Tamsa et Maiter : des sables souvent chargés en matière argileuse, ils proviennent de l'érosion grés;
- Aptien supérieur : à une épaisseur de 200 m environ. Turonien : caractérisé par des calcaires et des marnes à intercalations calcaires;
- Cénomanién : ces formations situées au Sud de Bou Saada, elles sont à prédominance carbonatée, dans lesquelles les horizons gypseux sont réduits ;
- Albien supérieur : constitué de formation calcaire- dolimitique;

- Albien inférieur : ce sont des formations constitués de grés généralement fins de ciment argilo carbonaté, l'épaisseur est de l'ordre de 350m[5].

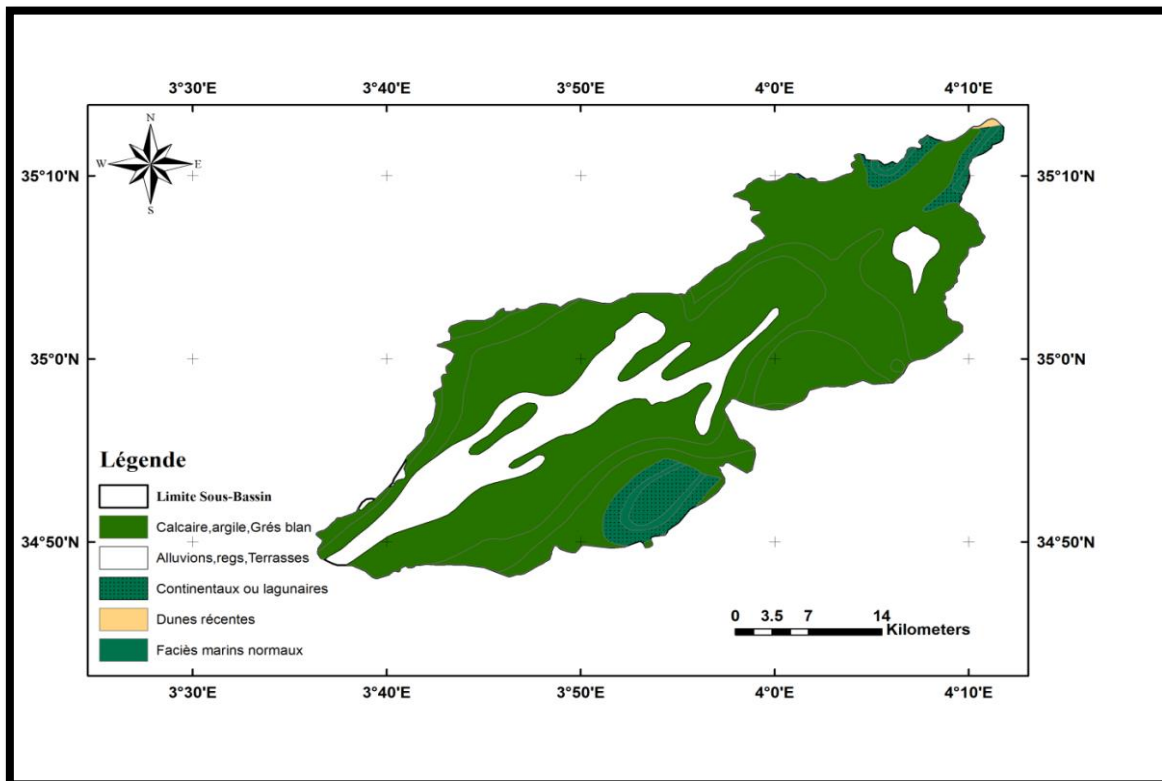


Figure II.9 : Géologie de Bassin versant de l'oued Bou Saada (original)

II.3.3.Occupation du sol :

Le sol est un élément essentiel dans la biotope et l'écosystème .Lorsque nous étudions le sol de Bou Saada, Nous observons :

- Une large surface de sol nu n'utilise pas
- Des parcours
- Zone de culture et des forêts
- zone d'urbain

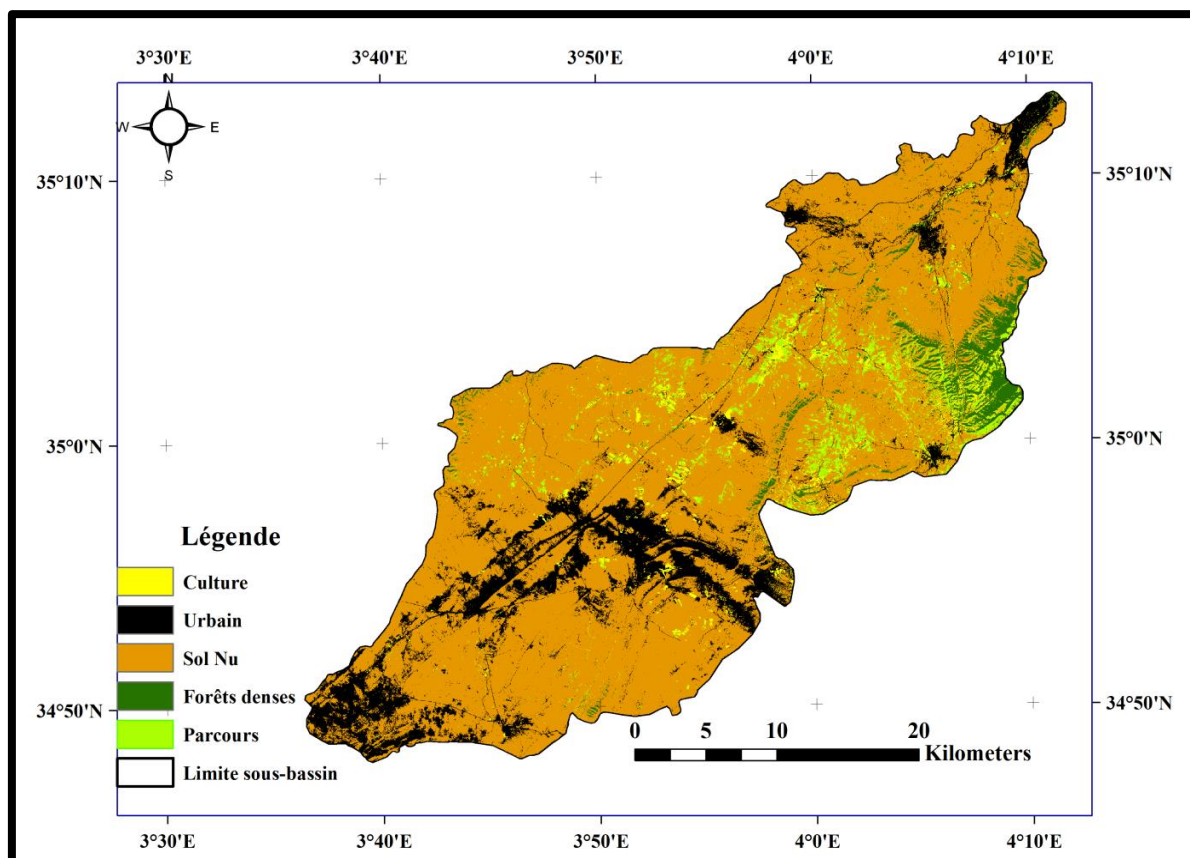


Figure II .10 : Carte de l'occupation de sol (original)

II.3.4.Couvert végétale :

Végétation joue un rôle important dans la protection du milieu naturel, selon plusieurs facteurs physiques (hauteurs et sols) et climatiques (pluie et chaleur) selon l'observation du terrain et l'intérêt forestier.

On distingue 4 zones de végétation [45].

Dunes : sont des collines de sable construits et façonnés par le vent .Elles ont une longueur de 1 m à plusieurs dizaines de kilomètres et une hauteur de quelques dizaines de centimètres à plus de 300 m.

Steppe : est une formation basse et ouverte, dominée par des xérophytes en touffes, laissant paraître le sol nu dans des proportions variables, en fonction du végétal dominant, qui peut être herbacé ... ou ligneux (sous-arbrisseaux)

Oasis : est l'association d'une agglomération humaine et d'une zone cultivée (souvent une palmeraie) en milieu désertique ou semi-désertique. Une palmeraie d'oasis est un espace fortement anthropisé et irrigué qui supporte une agriculture classiquement intensive et en polyculture.

Reboisement : il consiste à planter des arbres là où il y a eu des perturbations, comme par exemple une épidémie d'insectes ou un feu ou à la suite d'une coupe, afin de reconstituer la forêt ». Aussi, d'un point de vue technique, cette tâche consiste à « mettre en terre de jeunes plants »

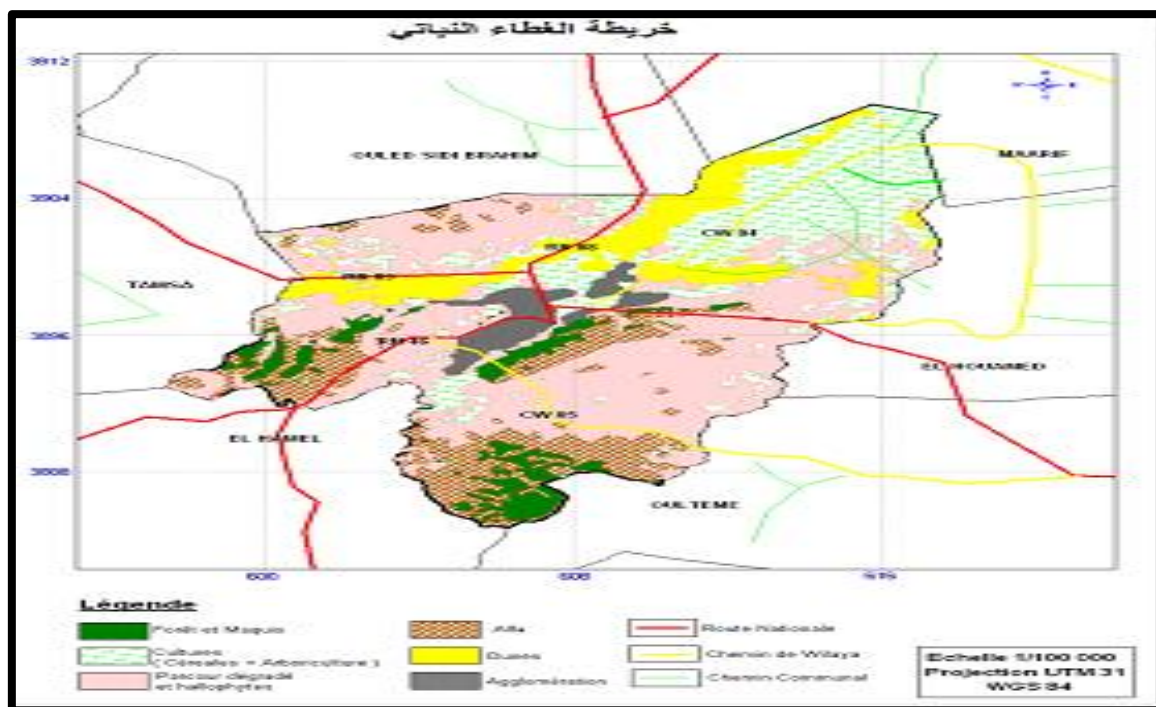


Figure II .11: Couvert végétale de zone Bou Saâda, source : *conservation des forêts de m'sila 2018 [67]*.

II.2.2.1. Indice de végétation NDVI d'oued Bou Saada

L'Indice NDVI (Normalized DifferenceVegetation Index) est un indice normalisé permettant de générer une image affichant la couverture végétale (biomasse relative). Cet indice repose sur le contraste des caractéristiques de deux canaux d'un jeu de données raster multispectral : l'absorption du pigment chlorophyllien dans le canal rouge et la haute réflectivité des matières végétales dans le canal proche infrarouge (NIR).

L'indice NDVI est utilisé dans le monde entier pour surveiller la sécheresse, contrôler et prévoir la production agricole, aider à la prévention des incendies et cartographier la désertification. L'indice NDVI est privilégié pour l'observation globale de la végétation car il permet de compenser les changements de conditions d'éclairage, de pente de surface, d'exposition et d'autres facteurs exogènes (Lillesand 2004).

Cet indice génère des valeurs comprises entre -1.0 et 1.0, représentant principalement la couverture végétale, où les valeurs négatives sont essentiellement générées par les nuages,

l'eau et la neige et les valeurs proches de zéro essentiellement générées par la roche et le sol nu. Les très faibles valeurs de l'indice NDVI (0,1 et inférieures) correspondent aux surfaces stériles de roche, de sable ou de neige. Les valeurs intermédiaires (0,2 à 0,3) représentent des zones d'arbustes et de prairies, alors que les valeurs élevées (0,6 à 0,8) indiquent des forêts tempérées ou tropicales humides.

L'équation NDVI par défaut documentée se présente comme suit :

$$\text{NDVI} = ((\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R}))$$

- IR = valeurs de pixel du canal infrarouge
- R = valeurs de pixel du canal rouge

www.desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm

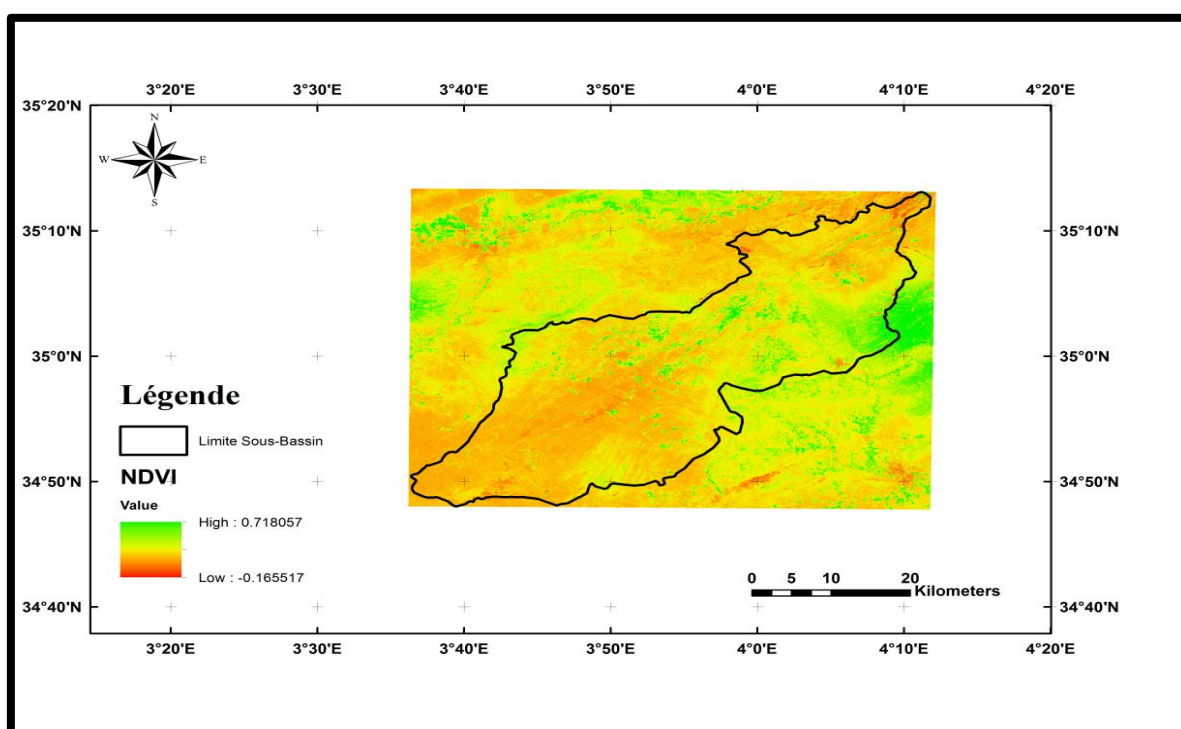


Figure II.12 : Carte de l'Indice de végétation NDVI d'oued Bou Saâda (original)

II.4. Etude Climatologie

Cette étude a pour but d'évaluer les paramètres qui déterminent en grande partie l'écoulement de surface, la genèse des crues. Cette étude doit précéder tous calculs hydrologiques et qui devrait comporter l'analyse de son bilan thermique, la température et les précipitations dans notre bassin versant.

Le climat de notre région est de type semi-aride, avec un été sec et très chaud et un hiver très froid. Les aléas du climat sont, la désertification et une pluviométrie faible et irrégulière et inégalement répartie. Les précipitations jouent un rôle déterminant dans le régime d'un cours d'eau. En effet, elles agissent directement sur le régime des écoulements des cours

d'eaux.

II.4.1. Les précipitations

Les données de précipitations ont été recueillies auprès de l'ANRH de M'SILA [66] pour la période de 2008 à 2017 et ce pour la station de M'sila et Bou Saada.

II.4.1.1. Précipitations mensuelles

Selon le tableau II.2, Les précipitations sont très irrégulières (voir figure II.13), Elles varient d'un mois à l'autre ; celles de la station de M'sila sont supérieures de celles de Bou Saada. On constate que le mois de septembre est le mois le plus pluvieux, juillet est le mois sec.

Tableau II.2 : précipitations mensuelles des deux stations

Station	sept	oct	Nov	Déc	Janv	Féy	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
M'sila P(mm)	24.44	23.9	19.67	19.29	18.94	13.17	14.46	19.68	23.36	9.33	4.25	7.36
Bou Saada P(mm)	18.1	23.2	9.5	9.3	11.7	8.5	14.2	20.7	13.1	7.8	6.1	5.9

Source : Station météorologique de M'Sila et Bou Saada 2018

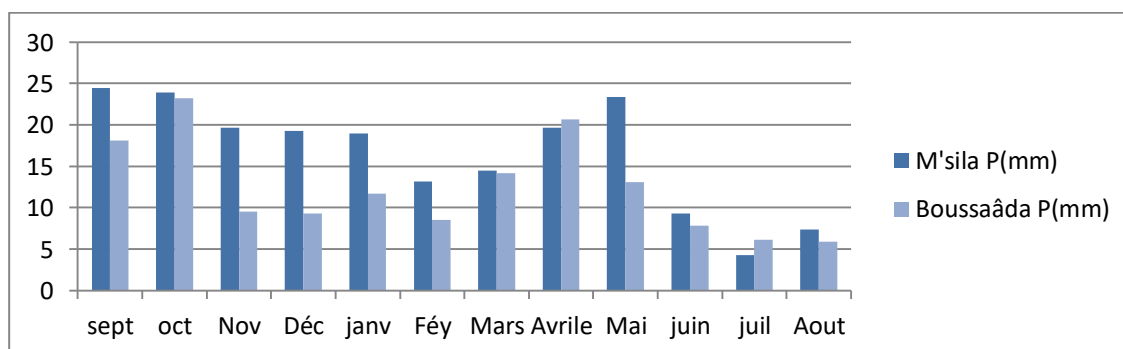


Figure II.13 : Variation des précipitations mensuelle

II.4.1.2. Précipitations saisonnières

pour les deux stations (tableau II.3 et Figure II.14.), on constate que l'automne représente la saison la plus pluvieuse, l'hiver et printemps présentent pratiquement la même pluviométrie alors que l'été correspond à la saison sèche.

Tableau II. 3: Précipitations saisonnières

<i>station</i> <i>Saison</i>	<i>M'sila</i>	<i>Bou Saada</i>
Automne	22.67	16.93
Hiver	17.13	9.83
Printemps	19.16	16
Eté	6.98	6.6

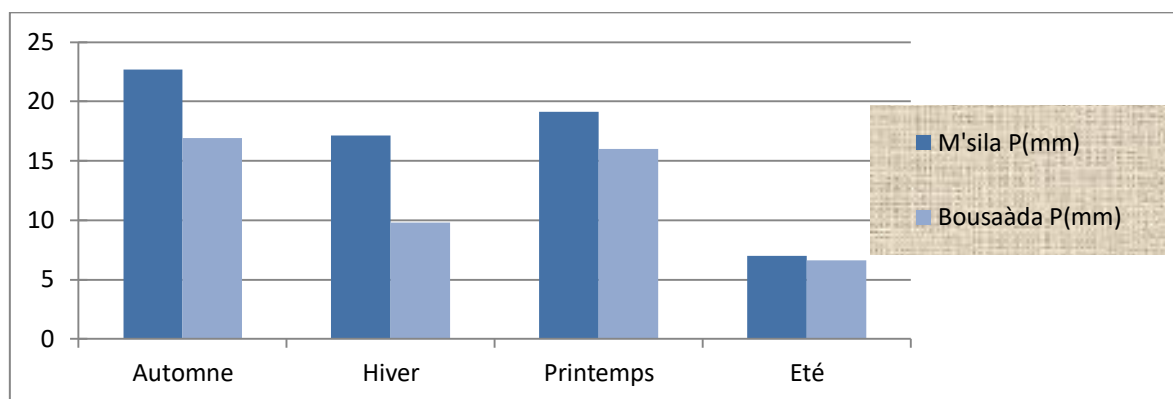


Figure II.14: Variation des précipitations saisonnières

II.4.1.3. Précipitations annuelles

Bien que la notion de la moyenne pluviométrique estompe la réalité des faits climatiques, sa connaissance demeure nécessaire pour l'étude de l'abondance des cours d'eau et surtout la détermination du bilan moyenne annuelle de l'écoulement, elle permet également de cerner la variabilité des précipitations en fonction de la période d'observation. Les valeurs de précipitations annuelles enregistrées au niveau des deux stations sont résumées dans le tableau II.4 et Figure II.15 Suivant

Tableau II.4: Précipitations annuelles

Année \ station	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
M'sila P(mm)	171	150.1	121	168	168	202	168	160.8	150.8	138
Bou saada P(mm)	130.5	209	163.8	245.4	109.3	137.7	87.8	143.6	152.6	107.6

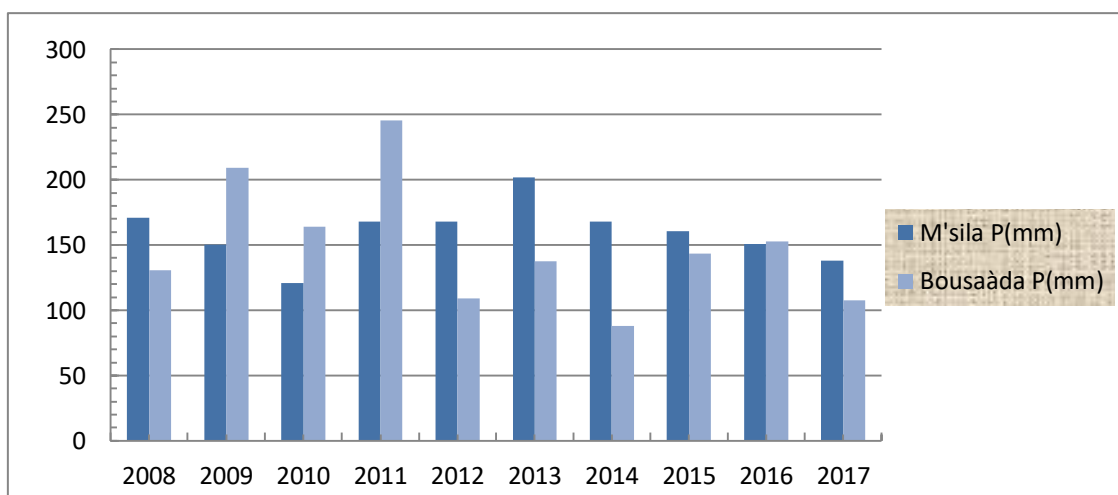


Figure II.15: Variation des précipitations annuelles

II.4.2. Température

Présentons un tableau Nous résumant les températures mensuelles minimales, maximales et moyennes relevées à la station météorologique d’AïnEddis période 9 ans (2008_2017). (35°19' N de latitude, 4° 12' E de longitude et 461 m d’altitude) au niveau de l’aéroport de Bou Saada à une dizaine de kilomètres au nord de la ville.

Tableau II.5 : Températures mensuelles T (°c) :

Mois T	jan	fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Tmin (°C)	4.8	5.3	8.3	11.9	16.3	20.8	24.7	24.2	20.0	14.4	8.7	4.7
Tmax (°C)	15.1	16.8	20.5	25.3	30.1	35.6	40.2	39.3	33.1	27.3	19.6	15.3
Tmoy (°C)	9.95	11.05	14.4	18.6	23.2	28.2	32.45	31.75	26.55	20.85	14.15	20

$$\text{Avec: } T_{\text{moy}} = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2}$$

Nous traduisons ce tableau sur un graphique ci-dessous (figureII.16) qui présente les variations des températures moyennes mensuelles.

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer Janvier comme le mois le plus froid (9.95°c) et Juill comme le mois le plus chaud de l’année (32.45 c°) la moyenne mensuelle est de (16.06°c).

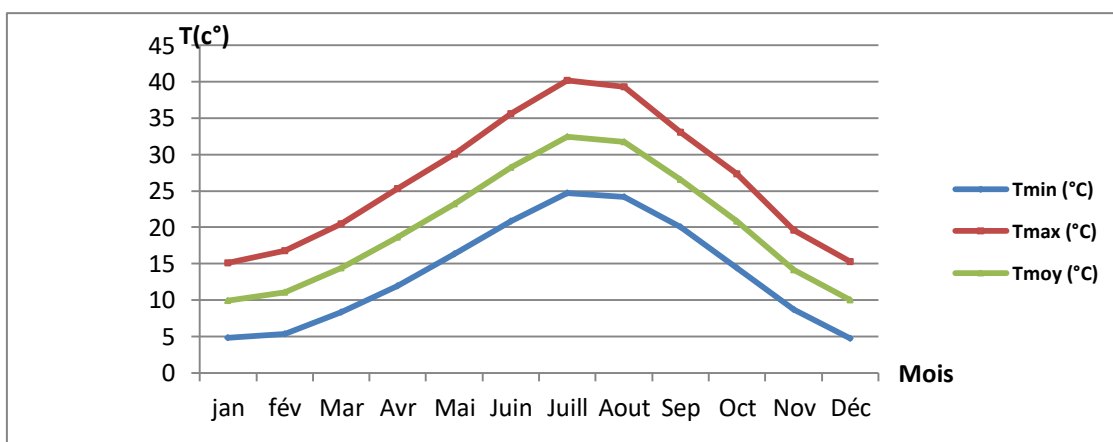


Figure II.16: Variation de la température moyenne mensuelle

II.4.3. Le vent

Le vent est considéré comme le principal facteur climatique qui intervient dans le fonctionnement des zones arides et désertiques [42].

A l’instar des autres régions du Hodna, la région de Bou Saada subit cinq (05) types de vents :

- Le sirroco, venant du Sud et soufflant durant la période estivale ;
- Le vent d’Ouest, dit « el gherbi » qui est un vent sec drainant des nuages sans apporter pour autant la pluie ;
- Le vent du Nord/Nord-Ouest, dit « dahraoui » porteur du froid et de l’humidité septentrionaux ; il peut être pluvieux et souffle surtout en hiver ;
- Le vent du Nord, dit « el bahri », vent marin qui charrie pluies et neiges, déposées aussitôt sur la chaîne tellienne et les monts du Hodna ;
- le vent d’Est dit «el chergui» qui en passant par les Autres, prend en hiver le froid de la montagne [49].

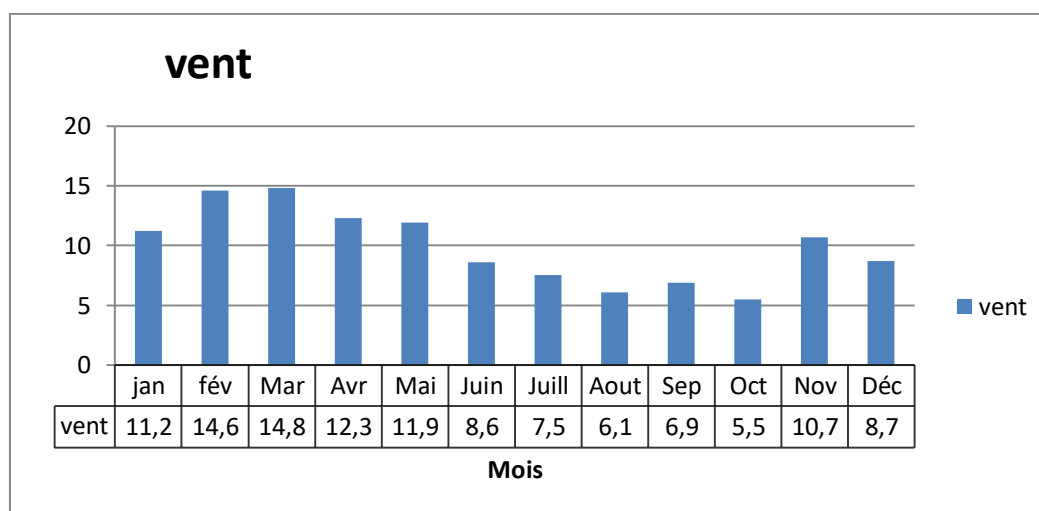


Figure II.17 : Variation de la vitesse moyenne mensuelle du vent de la région de Bou Saada (2008-2017).

Les vents qui soufflent sur Bou Saada ont des vitesses relativement faibles qui vont 5.5 m/s au mois d'Octobre à 14.8 m/s en Mars.

II.4.4. Synthèse climatique

On entend par synthèse bioclimatique tous les indices et expressions formulés par de nombreux auteurs dont EMBERGER, BAGNOULS et GAUSSEN caractérisant le climat d'une région donnée d'une façon précise et synthétique.

II.4.4.1 Diagramme ombrothermique de BANGNOULS et GAUSSEN

Les diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) proposent de définir la saison sèche comme étant l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle, exprimée en degrés centigrades: $P \leq 2 T$.

Pour visualiser la position de la saison sèche dans l'année, ainsi que sa durée et son intensité, ces deux auteurs proposent une représentation graphique basée sur une convention d'échelle: le diagramme ombrothermique.

Le diagramme ombrothermique une fois construit à partir des moyennes disponibles de températures et de pluviosité, montre l'existence d'une seule période de sécheresse s'étalant toute l'année pour la station de Bou Saada, avec une intense sécheresse au mois de Mai à Septembre.

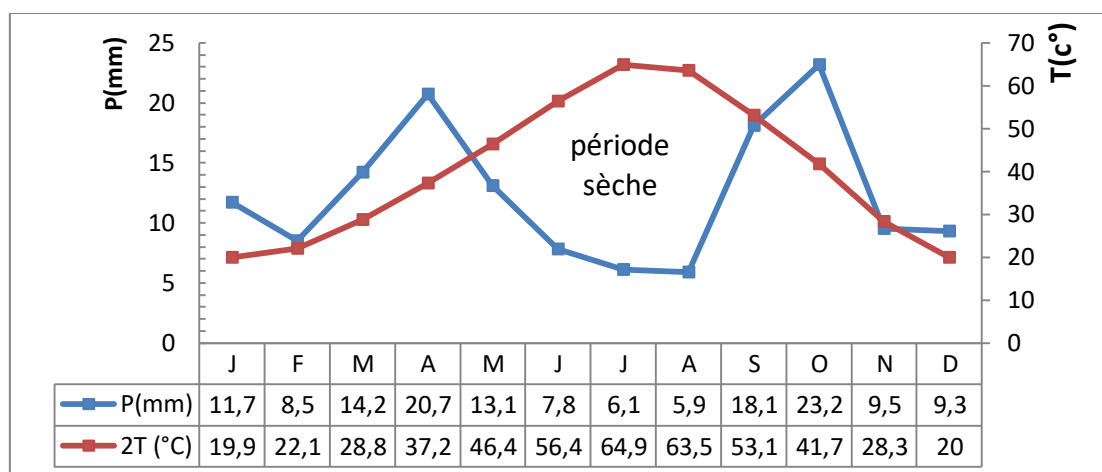


Figure II.18 : Diagramme Ombrothermique de la région de Bou Saada (2008-2017).

II.4.4.2 Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGE [20]. :

a initié l'étude des bioclimats de la région méditerranéenne en proposant un indice appelé « quotient pluviométrique » avec un climagramme qui permet de déterminer les différents étages bioclimatiques. Pour définir les divers types de bioclimat de la région méditerranéenne, ce botaniste phytogéographe a proposé la formule suivante :

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

P: exprime les précipitations annuelles exprimées en (mm).

M: exprime la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en K°.

m: exprime la moyenne des températures minimales du mois le plus froid en K°.

Stewart (1969) propose un coefficient Q2 en simplifiant le Q2 d'Emberger pour l'Algérie et le Maroc. La formule de Q2 s'exprime comme suite :

$$Q2 = \frac{3.43P}{M - m}$$

NB : dans la formule de Stewart le M et m en degré Celsius.

Tableau II.6: Valeur de quotient pluviothermique et l'ambiance bioclimatique de la région de Bou Saada.

<i>Région</i>	<i>P(mm)</i>	<i>M(c°)</i>	<i>m (c°)</i>	<i>Q2</i>	<i>Ambiance bioclimatique</i>
Bou saada	148.1	40.2	4.7	14.11	Aride à variante thermique tempérée

En combinant sur un climagramme (m) en abscisse et le quotient pluviothermique en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (ou ambiances bioclimatiques).

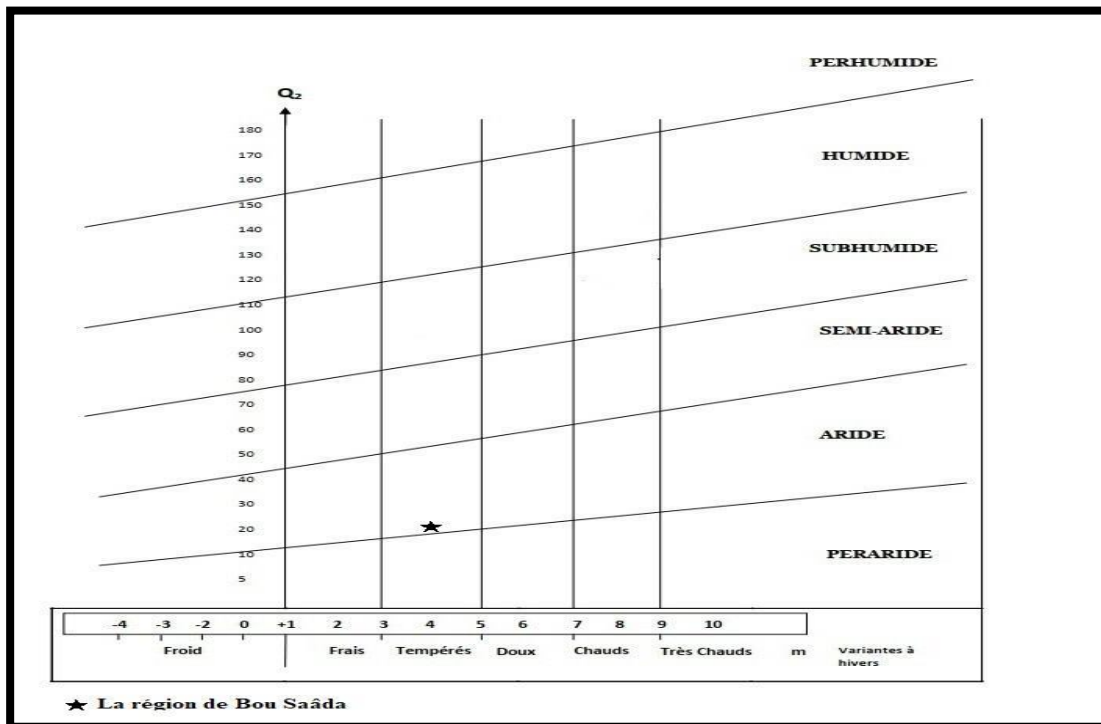


Figure II.19 : Positionnement de la région de Bou Saâda dans le climagramme d'Emberger.

Chapitre III :
Matériels et approche
méthodologique

III. Etude morphométrique

III.1 Collecte des données

La démarche de recherche adoptée ici a combiné plusieurs méthodes et outils d'investigation. Les données collectées sont des données de forme, surface, pente, les altitudes et réseau hydrographique

Celles-ci ont ensuite fait l'objet d'une analyse statistique et cartographique. Les données morphométriques concernant le sous-Bassin d'oued Bou Saada ont été recueillies auprès des directions de ressources en eau (D.R.E) [66], et (Google explorer) et l'agence national des ressources hydrauliques (A.N.R.H)[68], de la wilaya de M'sila et aussi les données pluviométriques recueillies auprès les stations météorologiques de Bou Saada.

Tableau III.1 : Les données cartographiques utilisées

<i>Type de données</i>	<i>Echelle</i>	<i>Support</i>	<i>Date</i>
Carte Des Bassins Versant du nord algériens	1/500 000	Scan	2019
Carte Bassin Hodna	1/500 000	Scan	2019
MNT DE SOUS BASSIN d'OUED Bou saâda (sentinell 2)	1/500 000	Numérique	2020
Carte de pente bassin versant d'Oued Bou Saada	1/400 000	Scan	2020
Carte du réseau hydrographique d'Oued Bou Saada	1/400 000	Scan	2020
Carte pédologique de la région du Hodna	1/800 000	Scan	1975
Géologie de la région du Hodna	1/500 000	Scan	1972
Géologie de Bassin versant de l'oued Bou Saada	1/400 000	Scan	2020
Carte de l'occupation de sol	1/500 000	Scan	2020
la couvert végétale de zone Bou Saada	1/100 000	Scan	2018
Carte de l'Indice de végétation NDVI d'oued Bou Saada	1/500 000	Scan	2020
Carte hypsométrique d'oued Bou Saada	1/500 000	Scan	2020
Courbe de niveau d'Oued Bou Saada	1/400 000	Scan	2020

III.2. Les outils des traitements des données

Le système d'information géographique (SIG) aide à manipuler les données de l'ordinateur pour simuler des solutions de rechange et prendre les décisions les plus efficaces [50].

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 créée à travers ce logiciel pour regrouper les diverses Informations concernant l'hydrologie du Hodna ;
- ✓ Utilisation de logiciel Arc Gis 10.5 pour des représentations cartographiques thématiques. De façon générale, il est à noter que, les analyses ont été réalisées avec ce dernier ; cela suivant la nature des informations recherchées.

III.3. Etude cartographique :

III.3.1. 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 oued Bou Saada obtenu à partir l'ANRH de M'sila et cartes des eaux superficielles des eaux souterraines de nord Algérie et carte topographique de Bassin du Hodna obtenu à partir la direction de ressources en eau de M'sila. Notre périmètre d'étude englobe en deux stations à différentes dans l'oued de Bou Saada : Le premier moulin de Ferrero ; Le deuxième oasis de Bou Saada

III.3.2. Traitement des cartes

Pour, le traitement des cartes, le logiciel Arc GIS 10.5 a été utilisé. Les données hydrométriques et topographiques en relation avec l'hydrologie de Bassin versant de l'oued Bou Saada ont été extraites après traitement approprié des cartes. Avec l'aide de DGF de Bou Saada pour connaître la végétation d'Oued Bou Saada

III.3.2.1. Cartographie thématique

Pour l'étude des distributions en eaux superficielles et des eaux souterraines dans le sous-Bassin du oued Bou Saada et leurs caractéristiques nous avons adopté la méthode des études morphométriques.

III. 3.2.1.1. Description de la méthode

Il s'agit d'une étude morphométrique de sous-Bassin du oued Bou Saada, avec recueil de données réalisé à partir de la direction des ressources en eau et l'agence nationale des ressources hydrauliques de la wilaya de M'sila. Les données recueil ont été compilées à partir des différents travaux sur le Bassin du Hodna tel que les travaux de Hasbaia, 2012 et Hadjab, 1998 concernées ainsi que différentes études réalisées sur la région.

Le logiciel **Arc GIS 10.5** 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, et aussi les cartes des eaux superficielles et des eaux souterraines , ainsi que la numérisation de nombreuses cartes thématiques de la sous-Bassin du oued Bousaâda .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 thématique [44].

Chapitre IV :

***Mise en place d'une BD a référence spatiale
pour l'évaluation des caractéristiques
morphométriques du Bassin d'oued***

Bou Saâda

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

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

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

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

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

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

Dans notre cas nous avons eu des cartes sur papiers et des plans que nous avons transformées en formats numériques par 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 d'hydrologie de bassin versant, les avantages fournis par les SIG sont nombreux. Tout d'abord, les SIG permettent une visualisation de la situation. Il est en effet plus aisé de se représenter la réalité en ayant un support visuel tel qu'une carte thématique. Avec le SIG, les utilisateurs peuvent par exemple :

- Voir sur les sous bassin hydrographiques du oued Bou Saâda ;
- Voir sur les eaux superficielles de la Bassin du oued Bou Saâda ;
- Voir sur les eaux souterrains de la Bassin du oued Bou Saâda ;
- Voir sur les réseaux hydrographiques du l'oued Bou Saâda.

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.

IV.1.2.Choix des données intégrées au système

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

- ✓ Des coordonnées géographiques issues des travaux de géoréférencement (Bassin d'oued Bou Saada) ;
- ✓ Des attributs des entités géographiques ;
- ✓ La carte de bassin versant de nord Algérie ;
- ✓ La carte de réseau hydrographique de Bassin du Hodna ;
- ✓ Le choix des attributs des entités géographiques d'étude de l'hydrologie du sous-Bassin du L'oued Bou Saada a été inspiré des deux dernières cartes.

Ces derniers concernent :

- ✓ Des données de Localisation de bassin versant de l'oued Bou Saada
- ✓ Des données de Géologie de Bassin versant de l'oued Bou Saada ;

- ✓ Des données de pente bassin versant oued Bou Saada ;
- ✓ Des données hypsométriques;
- ✓ Des données de réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Saada

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

La création de projet dans Arc GIS 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

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

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

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

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

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 Le noyau du SIG- étude

hydrologique est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (distribution et évaluation de l'eau... etc.) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques dans le système d'information géographique(SIG).

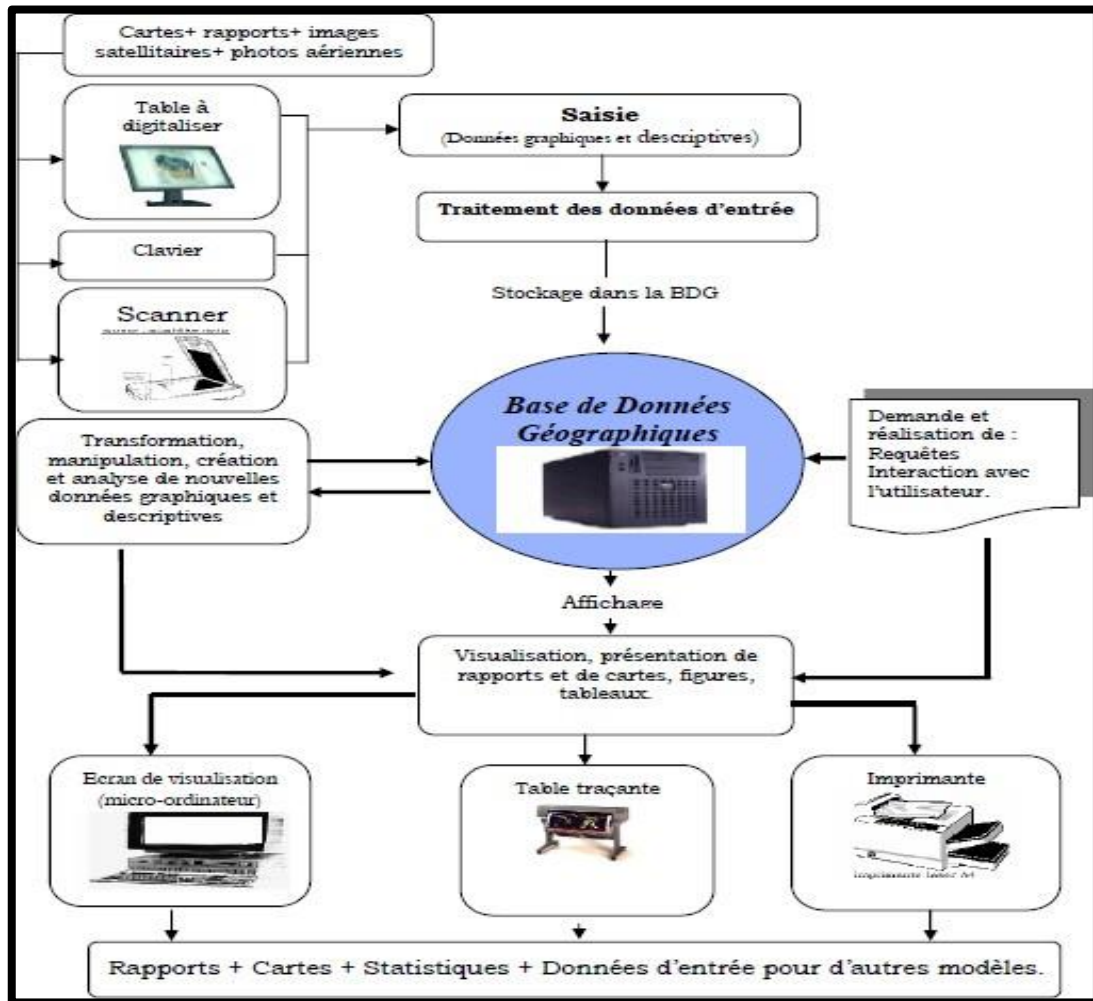


Figure IV.1 : Base de données géographiques BDG

Le noyau du SIG- étude hydrologique est une base de données géographique intégrant un ensemble de couches thématiques (distribution et évaluation de l'eau... etc.) et des données des campagnes d'analyses. Une application SIG spécifique offrant un ensemble d'outils notamment pour la saisie et le contrôle des données, les traitements statistiques, les analyses spatiales et les représentations cartographiques [44].par exemple :

Carte hypsométrique :

Carte d'altimétrie est obtenu par la numérisation systématiquement toutes les courbes de niveau et les points de cotés qui couvrent le bassin

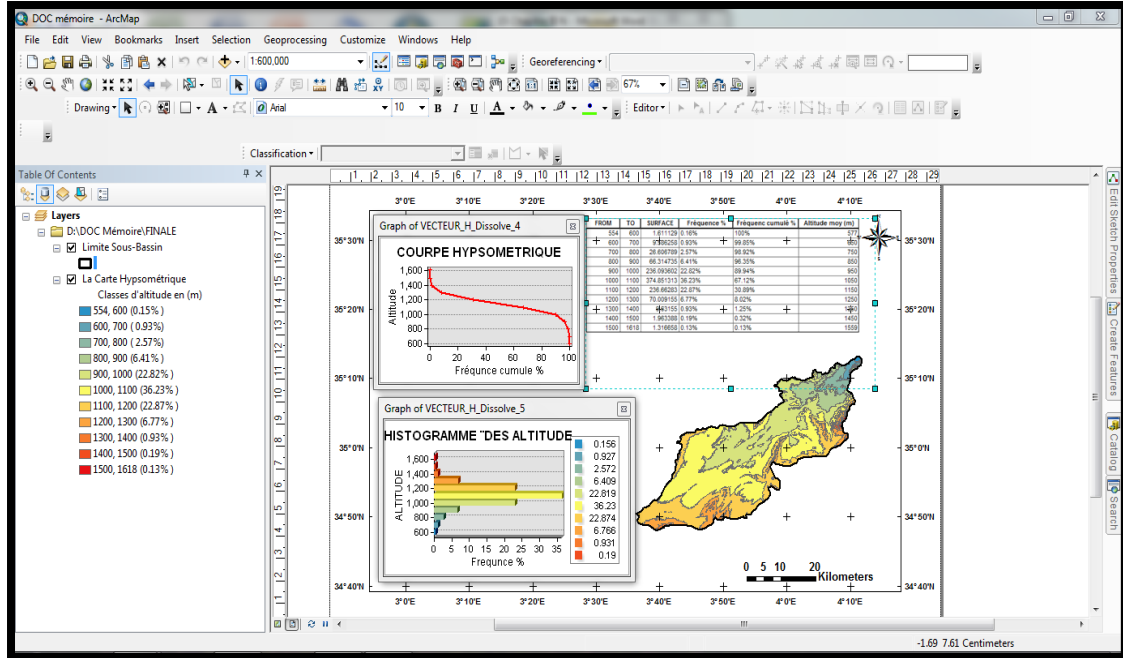


Figure IV.2 : Carte hypsométrique de l'oued Bou Saada (original)

Carte de pente :

Déterminées les class, mesure et comparant de pentes

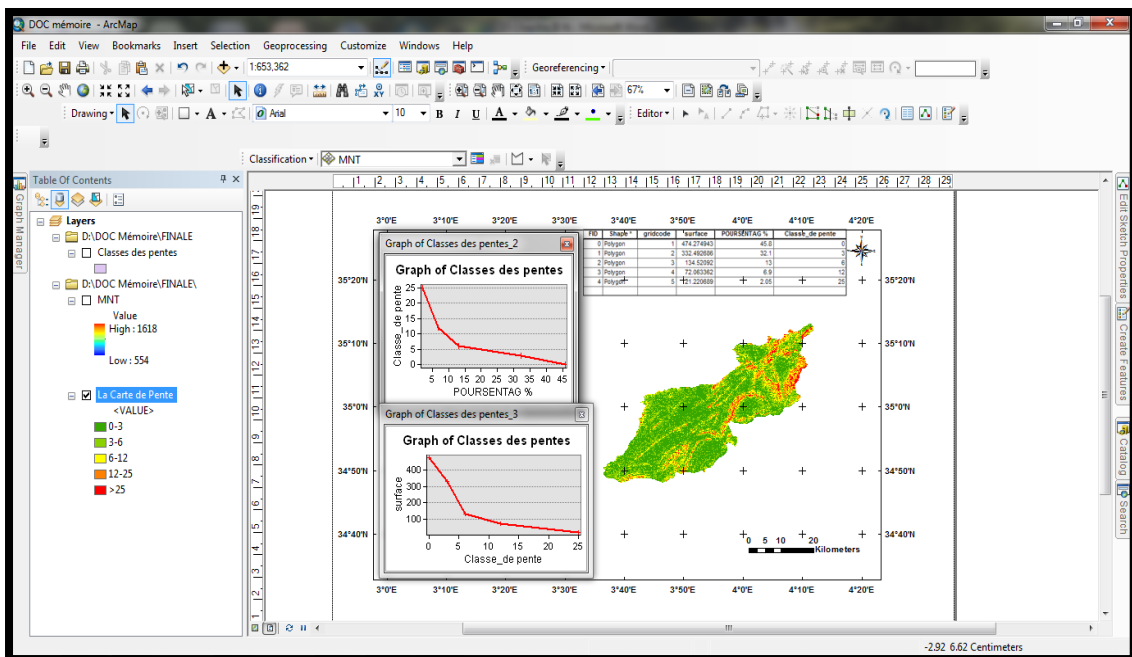


Figure IV.3 : carte de pente du bassin de l'oued Bou Saada (original)

Carte de réseau hydrographique :

Détermine le bassin versant et montre son réseau hydrographique

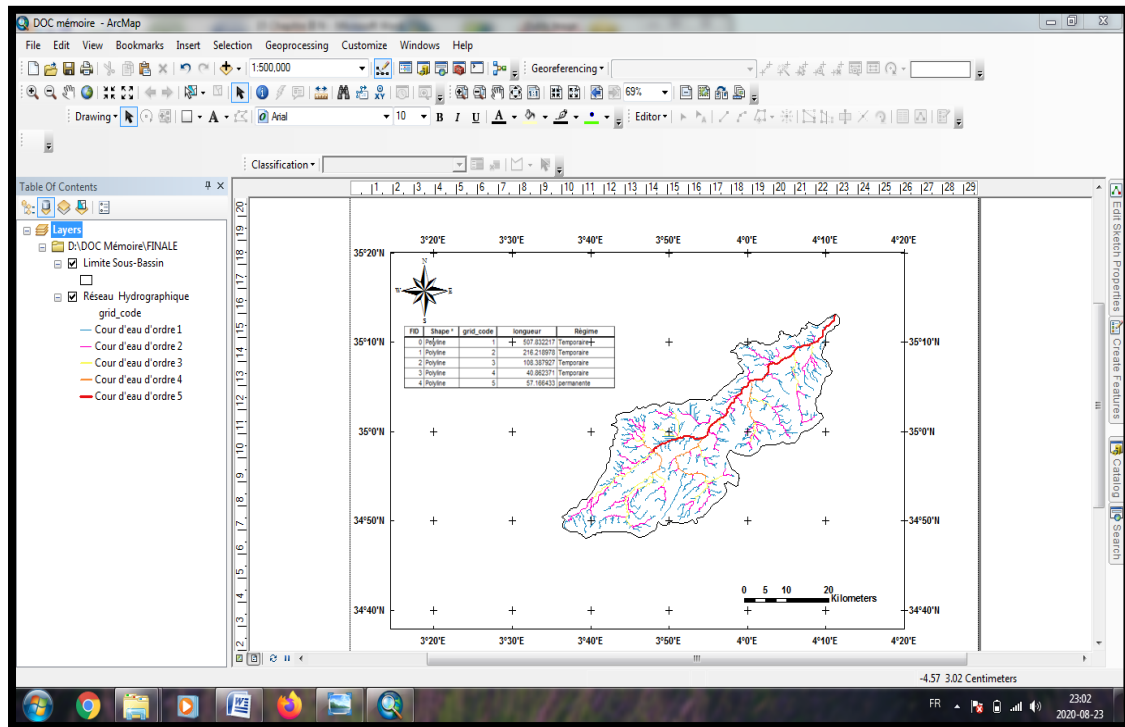


Figure IV.4 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Saâda (Arc GIS) (original)

IV.2.1.L'implantation des données structurées dans un système informatique

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

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

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

Dans cette partie, les coordonnées des entités géographiques (distribution et évaluation de l'eau dans le bassin...etc.) Prises sur le terrain lors de nos enquêtes ont été exportées du plan et

à l'aide de calage des cartes à l'ordinateur pour être ensuite intégrées dans le SIG.

Les coordonnées des entités géographiques (distribution et évaluation de l'eau dan le bassin... etc.) Étant matérialisées dans le SIG et leurs différents attributs stockés dans la base de données, il a été indispensable de créer un lien entre la base de données et Arc Gis 10.5 (le logiciel de SIG utilisé). Pour ce faire, les table de la base de données distribution et évaluation de l'eau dans le bassin... 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 ou réside le fichier et rappelle les données qu'il contient chaque fois que le document (projet) est ouvert.

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

Chapitre V :
Résultats et discussions

V.1 Caractéristiques morphométriques du bassin d'Oued Bou Saada

V.1.1. Caractéristiques géométriques

V.1.1.1. Surface et périmètre du bassin versant

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits d'écoulement sont en partie reliés à sa surface. La détermination de la surface du bassin versant ainsi que son périmètre ont été déterminés par le logiciel Arc GIS[52]. Cette technique nous a permis de déterminer avec précision la surface de notre bassin versant qui est de $S=1035.471 \text{ km}^2$ et $P = 195.50 \text{ Km}$.

V.1.1 .2. Forme du bassin

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. Ce phénomène est lié à la notion de *temps de concentration*

Généralement, la forme d'un bassin versant est relative à l'indice de compacité de Gravelius. Ce dernier est déterminé en comparant le périmètre(P) du bassin à celui d'un cercle possédant la même superficie (A).

$$K_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi \cdot S}} \approx 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Avec :

KG : Indice de compacité de Gravelius.

P : Périmètre du bassin versant, [Km].

S : Superficie du bassin versant, [km^2].

* Lorsque **KG** est inférieur de **1** le bassin versant est de forme quasiment **circulaire**

* Lorsque le **KG** supérieur à **1** le bassin versant est de forme **allongée**.

Pour le cas du bassin versant de l'oued Bou Saada, la valeur du coefficient de compacité **KG=1.69** indique que le bassin est de forme plutôt allongée.

V.1.1 .3. Notion du rectangle équivalent

La notion de rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius, introduite par[60]. Ce paramètre traduit l'influence de la forme géométrique du bassin sur les écoulements. Le rectangle équivalent s'identifie par une simple transformation géométrique du contour du bassin en un rectangle de même surface (A), de périmètre (P), de longueur (L), de largeur (l), indice de compacité KC, et de la même courbe hypsométrique que le bassin versant étudié. Les courbes de niveau devenant des droites parallèles aux petites côtes et les exutoires du bassin versant étant assimilés à l'un de ces petits côtés du rectangle[52].

V.1.1.3.1. Longueur du rectangle équivalent :

La longueur du rectangle est déduite à partir de la relation suivante :

$$L = \frac{KG\sqrt{S}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG}\right)^2} \right]$$

L'application de la relation, donne L = 85.45 Km.

V.1.1.3.2. Largeur du rectangle équivalent :

Elle est donnée par:

$$I = \frac{KG\sqrt{S}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KG}\right)^2} \right]$$

L'application de la relation , donne I = 11.72 Km.

Avec :

L : longueur du rectangle (km) ;

l : largeur du rectangle (km) ;

KG : coefficient de Gravelius ;

S : aire du bassin versant (km²)

V.1.2. Caractéristiques topographiques**V.1.2.1. Etude du relief**

Les altitudes ainsi que la forme du relief influent considérablement sur les différents paramètres hydroclimatiques d'une région donnée. Elles déterminent en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. Partant de la répartition par tranches d'altitudes du bassin , nous avons établi la courbe hypsométrique et le diagramme des fréquences altimétriques (figure V.1)

V.1.2.1.1. 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 [4].

Le relief est souvent caractérisé par la courbe hypsométrique du bassin ; on porte une altitude donnée en abscisses et en ordonnées la surface du bassin pour laquelle chaque point est à une cote au moins égale à cette altitude. Enfin, la courbe hypsométrique s'établit en planimétrant les surfaces correspondant à la définition de l'ordonnée pour chacune des courbes de niveau [21]. La répartition hypsométrique est donnée par le pourcentage de la surface comprise entre les différentes courbes de niveau à la surface totale du bassin versant d'oued Bou Saada (Tableau V.1).

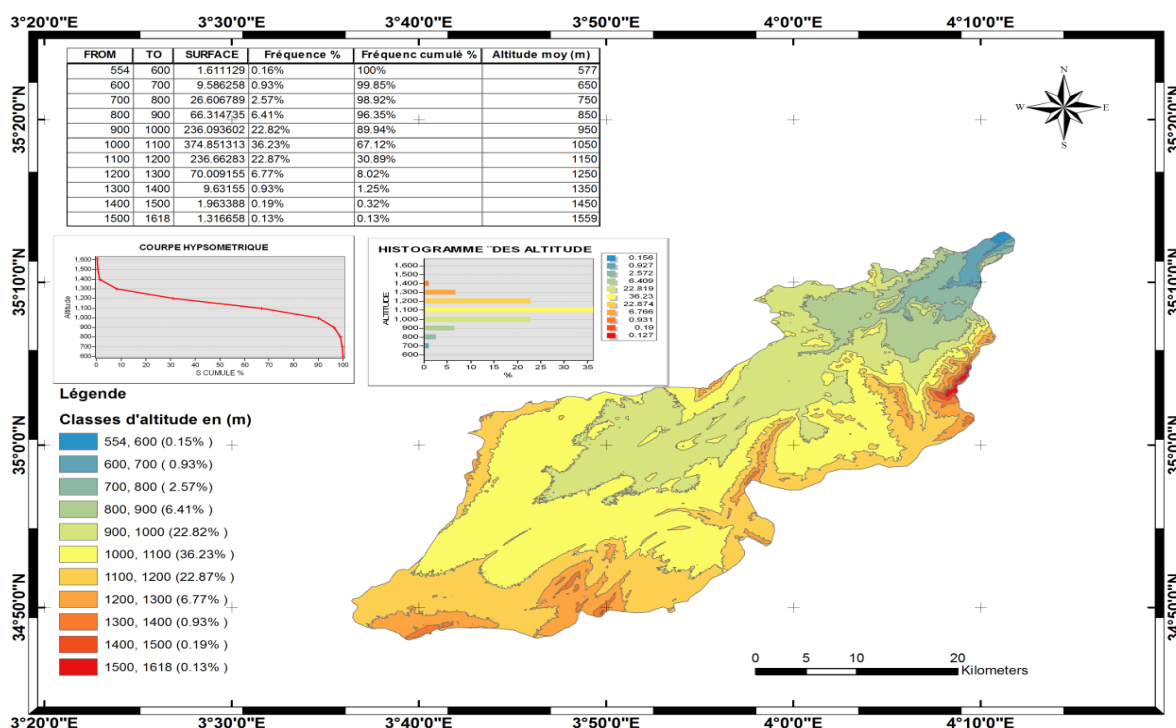


Figure V.1 : Carte hypsométrique d'Oued Bou Saada (original)

V.1.2.2. Altitudes caractéristiques du bassin

V.1.2.2.1. Les altitudes maximale et minimale:

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.

* L'altitude maximale, $H_{\max} = 1618 \text{ m}$.

* L'altitude minimale, $H_{\min} = 554 \text{ m}$.

IV.1.2.2.2. L'altitude moyenne

Est définie par la formule suivante :

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i \cdot H_i}{S}$$

Avec :

S_i : surface de chaque tranche d'altitude, [Km²].

H_i : l'altitude moyenne de chaque tranche, [m].

S : surface totale du bassin, [Km²].

Le calcul de Hmoy sera déterminé par la relation précédente : Hmoy = 1041.90 m

Tableau V.1 : Répartition altimétrique du bassin versant de l'Oued Bou Saada

<i>Tranche D'altitude (m)</i>	<i>Hi (m)</i>	<i>Si partielle Km²</i>	<i>Hi.Si</i>	<i>H_{moy} (m)</i>
554_600	577	1.61	928.97	1041.90
600_700	650	9.59	6233.5	
700_800	750	26.61	19957.5	
800_900	850	66.31	56363.5	
900_1000	950	236.09	224285.5	
1000_1100	1050	374.85	393592.5	
1100_1200	1150	236.67	272170.5	
1200_1300	1250	70.01	87512.5	
1300_1400	1350	10.3	13905	
1400_1500	1450	1.96	2842	
1500_1618	1559	1.32	2057.88	

V.1.2.2.3. 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.

L'altitude médiane dans le bassin d'Oued Bou saâda est, $H_{50} = 1100 \text{ m}$.

- Répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

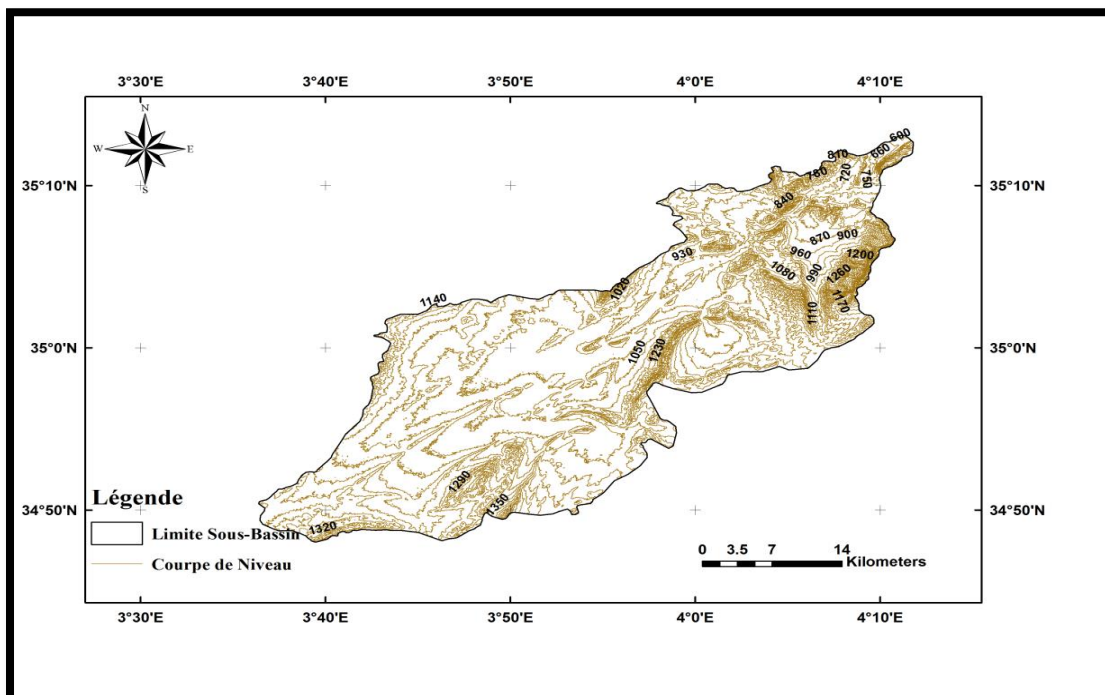


Figure V. 2: Répartition de la surface du bassin d'Oued Bou Saada en fonction de son altitude (original)

V.1.3. 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 I_g donné par la relation :

$$I_g = D_G / L$$

Où :

I_g : indice de pente global, [m /km].

L : Longueur du rectangle équivalent, [Km].

D_G : dénivelée globale, [m].

L'indice de pente globale du bassin versant du est, $I_g = 6.43$ m/k

V.1.4.Dénivelée globale :

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 :

H_{95} : L'altitude à 95% de la surface du bassin, [m]

H_5 : L'altitude à 5% de la surface du bassin, [m]

* l'altitude à 95% de la surface, $H_{95} = 800$ m.

* l'altitude à 5% de la surface, $H_5 = 1350$ m.

Ils sont déterminés à partir de la courbe hypsométrique du bassin versant de Chott El Hodna.

On déduit la dénivelée globale du bassin, $D_G = 550$ m

V.1.5. 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 [16].

Les reliefs du bassin versant sont classés d'après ce paramètre suivant la classification de l'Orstom.

La formule est la suivante :

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

I_g : Indice de la pente globale. $I_{pg} = 6.43$ (m/km)

\sqrt{S} : Racine carrée de la surface du bassin versant, [km].

Tableau V.2. Deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M

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

Source : (Pierre, 1994).

La dénivelée globale de bassin d'Oued Bou saâda est, $D_s = 206.90$ m.

D'après D_s obtenu, et d'après la classification de l'ORSTOM du relief, le bassin versant du oued Bou Saada est de : *Relief assez fort*.

Tableau V.3. Récapitulation des paramètres morphométriques du bassin de l'oued Bou Saâda

<i>Caractéristiques</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Symbole</i>	<i>Valeurs</i>	<i>Unités</i>
<i>Morphologie du bassin versant</i>	Surface	A	1035.47	Km ²
	Périmètre	P	195.50	Km
	Coefficient de Gravellius	KG	1.69	-
	Longueur du rectangle équivalent	L	85.45	Km
<i>Relief</i>	Altitude max	H max	1618	m
	Altitude min	H moy	554	m
	Altitude moy	H min	1041.90	m
	Altitude	H50	1100	m
	Indice Pente globale	Ipg	6.43	m/km
	Dénivelée spécifique	Ds	206.90	m

V.2. Caractéristique du réseau hydrographique :

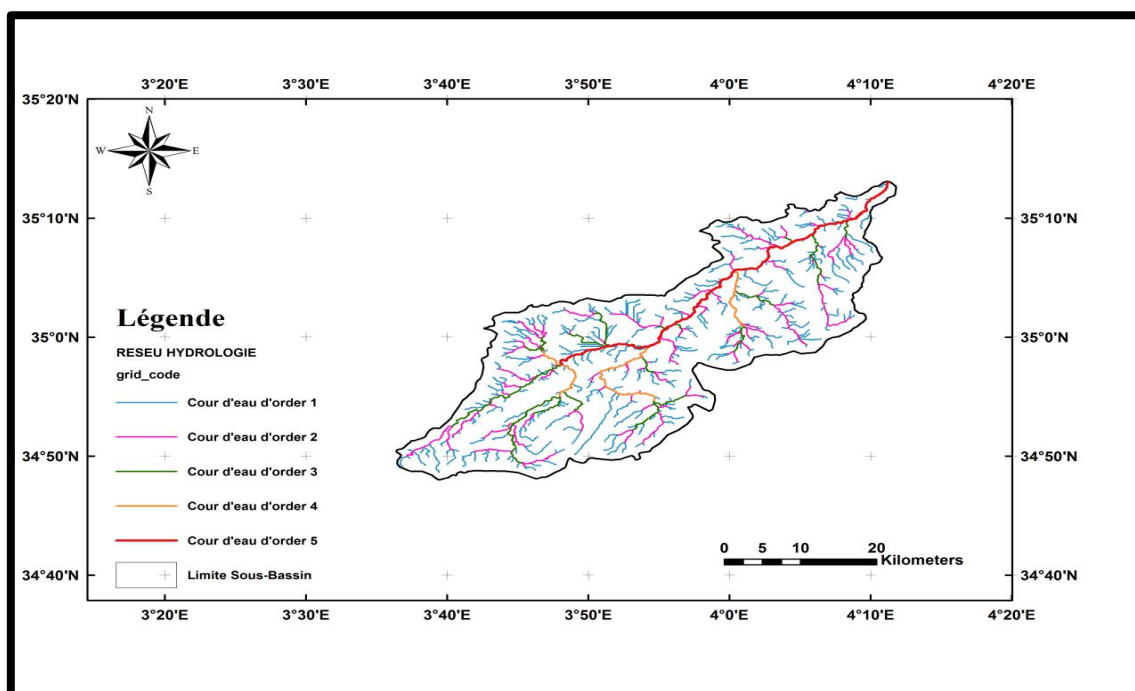


Figure V.3 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bou Saada (Arc GIS) (original)

V.2.1. Classification des talwegs

Pour bien étudier le réseau hydrographique de la région, on fait la classification des thalwegs (cours d'eau) et des affluents; pour chaque ordre on détermine le nombre de talwegs

et la longueur totale de ceux-ci. La classification topologique du réseau hydrographique est basée sur une méthode proposée initialement par HORTON en 1945 puis modifiée par STRAHLER en 1947. Elle est la plus utilisée aujourd'hui, son principe est comme suit.

- Tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1.
- Au confluent de deux cours d'eau de même ordre **n**, le cours d'eau résultant est d'ordre (**n + 1**)
- Un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre.

Tableau V.4 : Classification des talwegs (Arc gis)

Ordre	Nombre de talwegs	Longueur cumulée (km)
1	673	507.83
2	287	216.22
3	173	108.39
4	78	40.86
5	87	57.17
Total	1298	930.46

V.2.2. Densité hydrographique ou densité de drainage (Dd):

C'est le paramètre le plus important qui caractérise le chevelu hydrographique, il correspond au rapport entre la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin:

$$Dd = \frac{\sum Lx}{S}$$

Avec :

D_d : Densité de drainage (Km/Km²)

L_x : Longueur cumulée des talwegs : $l_x = 930.46 \text{ Km}$

S : Surface du bassin versant: $S = 1035.47 \text{ km}^2$

$$D_d = 0.898$$

V.2.3. Fréquence des cours d'eau (F):

Représente le nombre de cours d'eau par unité de surface.

$$F_c = \frac{\sum N}{S}$$

Avec:

N : nombre des cours d'eau ; $N = 1298$

S : la surface du bassin

$$Fc = 1.25$$

Loi des nombres :
$$Rc = \frac{N}{N(n+1)}$$

Loi des longueurs :
$$RL = \frac{L(n+1)}{Ln}$$

R_c : Rapport de confluence des cours d'eau

R_L : rapport des longueurs des cours d'eau ;

i : ordre d'un cours d'eau i qui varie entre 1 et n (n est l'ordre du cours d'eau principal classification selon Strahler)

N_i : nombre du cours d'eau d'ordre i

N_{i+1} : nombre du cours d'eau suivant

L_i : longueur moyenne des cours d'eau d'ordre i

L_{i+1} : longueur moyenne de cours d'eau d'ordre $i+1$

Le rapport de confluence est un nombre sans dimension exprimant le développement du réseau de drainage. Il varie suivant l'ordre considéré, c'est un élément important à considérer pour établir des corrélations d'une région à une autre.

Selon Strahler (1964), le RC varie de 3 à 5 pour une région où la géologie n'a aucune influence. Pour un bassin homogène, RC et RL sont sensiblement constants (Laborde, 2000).

Tableau V.5: Rapport de confluence

Ordre	Nombre N_i	Rapport de confluence	
		R_{ci}	RC
1	673	2.34	$\frac{\sum R_{ci}}{nR_{ci}} = 1.77$
2	287	1.65	
3	173	2.22	
4	78	0.89	

Tableau V.6 : Rapport de longueur dans le bassin versant d'Oued Bou Saâda

Ordre	Langueur L_i , en (Km)	Rapport de langueur	
		R L_i	RL
1	507.83	2.34	$\frac{\sum R L_i}{n R L_i} = 1.92$
2	216.21	1.99	
3	108.38	2.65	
4	40.86	0.71	
5	57		

V.2.5.Coefficient de torrentialité

C'est un coefficient qui tient compte à la fois de la densité de drainage et celle des thalwegs élémentaires d'ordre 1 :

$$Ct = FI \times Dd$$

Dd: densité de drainage ;

FI: La fréquence des talwegs d'ordre 1

$$FI = \frac{N}{S}$$

Ce paramètre permet l'estimation de la grandeur de l'énergie érosive du cours d'eau.

S: Surface du bassin en km²: S = 1035.47 km²

Ni: Nombre de talweg d'ordre i

Tableau V.7: Résultats de calcul de coefficient de torrentialité Ct

<i>Ordre</i>	<i>N° TALWEGE</i>	<i>Fi</i>	<i>Ci</i>
1	673	0.64	0.58
2	287	0.27	0.24
3	173	0.16	0.15
4	78	0.07	0.06
5	87	0.08	0.07

$$Ct = 1.12$$

V.2 .6.Temps de concentration Tc :

Le temps de concentration, c'est le temps que met la particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour arriver à l'exutoire, il se calcule par la formule de GIONDOTTI

$$Tc = \frac{4\sqrt{S+1.5 L}}{0.8\sqrt{H_{moy} + H_{min}}}$$

TC : temps de concentration (heure)

S : superficie du bassin (km²)

L : longueur du talweg principal (km)

Hmoy: altitude moyenne (m)

Hmin: altitude minimale (m)

$$Tc = 6.71h$$

V.2.7.Vitesse d'écoulement de l'eau

Elle est donnée par l'expression suivante :

$$Ve = \frac{L}{Tc}$$

Avec :

Ve : Vitesse d'écoulement de l'eau [m /s].

L : longueur de talwegs principale en [m] ou bien la longueur des cours d'eau principale.

T_c : temps de concentration en [s].

Donc : La vitesse d'écoulement du bassin versant de l'oued Bou Saada est égale :

$$V_e = 2.63 \text{ m/s}$$

Tableau V.8: Récapitulation des paramètres hydrographiques du bassin de l'oued Bou Saâda

<i>Paramètres caractéristiques</i>		<i>Symbole</i>	<i>valeurs</i>	<i>Unités</i>
Réseau hydrographique	Densité de drainage	Dd	0.898	Km/m ²
	Fréquence des cours d'eau	FC	1.25	-
	Rapport des confluences	Rc	1.77	-
	Rapport des longueurs	RI	1.92	-
	Coefficient de torrencialité	Ct	1.12	-
	Temps de concentration	Tc	6.71	h
	Vitesse d'écoulement de l'eau	Ve	2.63	m/s

Conclusion

Conclusion

Dans ce thème, nous avons traité de l'étude du sous-bassin versant de l'oued Bou Saada, qui occupe une area 1035.471 Km²

En raison de l'importance des ressources en eau comme source principale dans le développement de divers domaines tels que l'agriculture et la production d'énergie.

Collecte des données de diverses sources comme l'ARNH, D.R.E et les données pluviométriques recueillies auprès les stations météorologiques de M'sila et Saada. Et l'étude du réseau hydrologique et géométrique, ainsi que des caractéristiques physiques et des différents facteurs climatiques (température, précipitation et le vent) et leur impact sur l'écoulement de l'eau de ce bassin, en utilisant le programme des systèmes d'information géographique (Arc GIS 10.5)

Le programme des systèmes d'information géographique (SIG) traite l'information et corrige les erreurs qu'il contient et permet son analyse et sa modification. Et création des modèle numérique de terrain (MNT) et nous permet de reconstituer des bases des données (BD) et création des cartes modèles thématiques, d'hydrologie des bassins versants et développement des caractéristiques géomorphologiques Le programme SIG comprend par :

- faciliter et accélérer l'affichage et l'enregistrement des informations
- 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

Le programme des systèmes d'information géographique contribue à l'amélioration et à l'organisation du travail des départements et à l'obtention d'informations

Nous pouvons également programmer des systèmes d'information géographique pour prédire les catastrophes (inondations, tremblements de terre, érosion des sols)

Références

Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **ABDELLAOUI F. ET BENCHENITE A., 2012** – Caractérisation des sols et des eaux d'irrigation dans deux stations : Bensrouer et Maadher (W. M'Sila). Mémoire d'Ingénieure. Université. M'Sila. 62p
- [2] **ACHOUR O. (2013)**. Titre de mémoire. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de master .Filiere: Biologie, Université de M'Sila. 123p.
- [3] **ALDOSAN., LE BIHAN,M.,MONIN,M(2003)** information, communication, organisation. Bréal Rosny.2eme édition.159p
- [4] **ANDRE, M. ET AL. (2004)**. Hydrologie : une science de la nature. Italie : 1^{ier} édition. 314p.
- [5] **ASLOUM A.Y. & SASSOUI A. (2017)**. Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et biologique des eaux d'oued Bousaâda dans le cadre d'une bio surveillance. Mémoire Master Académique. Gestion de l'environnement. M'sila : Université de M'sila, 64p.
- [6] **AUBERT, G. (1976)**. Les sols sodiques en Afrique du Nord. Ann INA El Harrach. p6
- [7] **BADR, j, pierre-robert BADUEL(2004)** les cartes de la connaissance Karthala .47p
- [8] **BALLUT A.** L'infogéographie au service de l'aménagement territorial dans les régions urbaines. VISUDA'89
- [9] **BENRABIA. A.** Mémoire de master en hydraulique «Etude de la qualité des eaux souterraines de la région de Boussaâda Wilaya de M'Sila» université de M'sila (2012/2013).
- [10] **BIGAND,M.,CAMUS,H.,BOUREY,J., CORBEEL ,D(2006)**conception des systemes d'information ,modélisation des données ,etudesde cas .technip.3p
- [11] **BOURSIER P., JEANSOULIN R.** L'intégration de données cartographiques et images dans les systèmes d'information géographique : Semaine internationale de l'image électronique. Nice, avril 1986.
- [12] **BOYADGIFV, T.G. (1975)**. Carte pédologique de la région d'El-Hodna au 800 000°, F.A.O.
- [13] **BROCARD, M., MALLAT, P., LEVEQUE, L., BESSIETON, C. (1996)** .atlas de l'estuaire de la seine. Publication de l'université de Rouen et havre.144p.
- [14] **BROSSO ET HAURIE, A .(1996)**.Gestion de l'environnement et l'entreprise .presse polytechnique et universitaire romandes.139p
- [15] **CAPOLINI, J SARI, M. (1969)**. Etude géomorphologique du Hodna : zone Nord et zone Sud. S.E.S., D.E.M.R.E.H., Alger.
- [16] **CLAUDE, M., et AL. (2000)**. Conséquences d'un incendie de forêt dans le bassin versant du Rimbaud. Editions Quae. 170 p

Références bibliographiques

- [17] **DENEGRE J.** Apport de SPOT aux systèmes d'informations géographiques, 1459-1466 p
- [18] **DOWMAN I.J., GUGAN D.J. et al.** The use of SPOT data for mapping and DEM production. In [SPOT-87] pp. 1213-1220.
- [19] **DUNNE, Thomas et BLACK, Richard D.** *An experimental investigation of runoff production in permeable soils.* Water Resources Research, 1970, vol. 6, no 2, p. 478-490
- [20] **EMBERGER, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Se*, 7(11), 3-43.
- [21] **ESKENAZI, 1991** : Eléments d'hydrologie I de l'université de Liège.
- [22] **FRITSCH D., SCHLEIFENBAUM A.** On the processing of hybrid graphic data in G.I.S. 13» Urban Data Management Symposium. Lisbon, 1989.
- [23] **GARFF, A. (1975)**, Dictionnaire de l'informatique. Paris, presse universitaires de France
- [24] **GUEGAN, j., CHOISY, M. (2009)**. introduction à l'épidémiologie intégrative .de Boeck université. 43p
- [25] **GUERRA, A.** *Processus érosifs sur les pentes. Géomorphologie: actualisation de bases et concepts*, A.J.T. Guerra & S.B. Cunha (eds.), Bertrand Brésil, Rio de Janeiro, 1998.
- [26] **GUICHARD H.** Etude théorique de la précision dans l'exploitation cartographique d'un satellite à défilement. Application à SPOT. Bull. de la Sté Française de photogrammétrie et Télédétection, n° 30, 1983, 15-26 p.
- [27] **GRAINE Abderrazak , BEN ZAMMOURI Mohamed .,** approche hydro géographique des éléments conditionnant la qualité chimique des eaux souterraines de la région de Bou Saada ;déplome de master ,université de M'sila 2017/2018
- [28] **GRINE, R. (2009).** Les perspectives hydrogéologiques de la cuvette hodneenne. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magister en sciences de la terre. Spécialité : Hydrogéologie, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. 130 p.
- [29] **HAMENNI, N. (2011)** mémoire en vue de l'obtention du mémoire de magister en science agronomique .étude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation de SIG , école national supérieure d'agronomie .153p
- [30] **ICOSIUM FORAGE & ENGINEERING SERVICES (MAI 2006).** Modélisation du système aquifère du Hodna, Mission 1 : collecte, analyse et synthèse des données. Ministère des ressources en eau agence nationale des ressources hydrauliques.]

Références bibliographiques

- [31] **I.A.A.T(2003)** .cahier méthodologiques sur la mise en œuvre d'un SIG,33 p
- [32] **ING AKLI , TALATIZI. (2014)**. Etude des infiltrations à travers une digue de barrage en terre Cas d'un barrage algérien. Université mouloud Mammeri Tizi Ouzou.190 p.
- [33] **JALOUX A.** Contribution des images SPOT à la cartographie topographique. Dans 1195-1204 p
- [34] **KAABACHE, M. (1990)**. Les groupements végétaux de la région de Bousaada. Contribution à la systématique des groupements steppiques du Mergueb. Thèse de doctorat. Université Paris. Sud. centre d'Orsay. France, 104p.
- [35] **KADI, A. (1997)**. La gestion de l'eau en Algérie. *Hydrological Sciences Journal*, 42 (2), 1 - 2p.
- [36] **KEVANY M.** Relationships between G.I.S. and C.A.D.D. technologies. 13e UDMS, Lisbon 1989.
- [37] **KONECNY(2003)** :géoinformation : remote sensing photogrammetry and geographic information système deuxième Edition .Taylor & Francis
- [38] **KONECNY G., LOHMANN P. et al.** The use of Spot Imagery on analytical photogrammetric instruments. 1173 -1188 p.
- [39] **KOUBI, Y, (2018)**, cour de système d'information géographique, université de LARBI BEN M'HIDI ,1-16p
- [40] **MAÎTRE H.** Utilisation de l'imagerie aérienne et satellitaire pour l'aménagement du territoire. 8e Congrès AFCET, Lyon, nov. 1991, Tutorial 4, 39 pages.
- [41] **MAITRE, H.** L'utilisation des modèles numériques de terrain dans les Systèmes d'Information Géographique (Using digitalelevation model in GIS). In: Bulletin de l'Association de géographes français, 69e année, 1992-5 (décembre). pp. 374-379;
- [42] **MAKHLOUF, L., NEDJAH, A., ABDELLAOUI, M. (2012)**. Protection des périmètres agricoles dans les régions arides et semi arides. Alger : INRF. 39 p.
- [43] **MAKHLOUF, N. (2015)**. Cours cycle hydrologique. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire
- [44] **MAKHZOOM, Youcef., MAHDID, Benaissa.,** Hydrologie du bassin du Hodna Construction d'une base de données à l'aide d'un SIG. Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique, université Mohamed Boudiaf - m'sila 2018/ 2019
- [45] **MENAD, 2012.,**carte de réseau hydrologique dans la partie occidentale d'Alger ;

Références bibliographiques

- [46] **MAZARI, A.** diversité et structure des habitats de la région de Bousaâda, mémoire du diplôme de master académique université de M'sila ,2018 /2019
- [47] **MORELL, M., BERNARD, T., YANN, H. (1999)** acquisition et constitution d'une. Information hydrologique de base, Edition *H*G*A* ISBN 973-98954-1-7 ,9-39 p.
- [48] **MUSHY, A ., SOUTER, M 1991.**, physique de sol 2eme edition .lausanne
- [49] **NACIB, Y. (1986).** Culture oasiennes Bou Saada : Essai d'histoire sociale. Paris : Publisud. 505p.
- [50] **NARAYAN, L. (1999).** RemoteSensing and its Applications, India: UniversityPress.
- [51] **NOVA, N(2009).** Les medias géo localisés, comprendre les niveaux espaces numérique .17p
- [52] **OULD AHMED, S,** étude des paramètres morphométriques et hydrographiques du bassin versant de l'oued TARIA ,diplôme de mestre en hydraulique, université de SAIDA,2018 ,
- [53] **PROVENCHER, L ., Jean-Marie ., Maurice DUBOIS(2007).** précis de télédéction méthode photo interprétation et de l'interprétation d'image, volume 4,33p
- [54] **PORNON H.** Système d'Information Géographique, des concepts aux réalisations. Les éditions du Service Technique de l'Urbanisme, 1990.
- [55] **QUEZEL ET SANTA ;1963** nouvelle flore de l'Algerie et des régions désertiques méridionales. Paris : CNRS.2, 571-1091p
- [56] **QUEZEL ET SANTA ;1962** nouvelle flore de l'Algerie et des régions désertiques méridionales. Paris : CNRS1, 1-565p
- [57] **RAYSSIGUIER M.** Utilisation de l'imagerie SPOT dans un système d'informations géographiques (S.I.G.>. Dans [SPOT-87] pp. 1429-1436.
- [58] **REMENIERAS G.(1972)** l'hydrologie de l'ingénieur ;eyrolles Edition ,paris 1986 ,413p
- [59] **RENOUARD L.** Création automatique de M.N.T. à partir de couples d'images SPOT. Dans [SPOT-87] pp. 1347-1356
- [60] **ROCHE, M (1963),** hydraulique de surface .Gauthier –Villars Editeur-paris.429p
- [61] **ROCHE, S, (2000)** les enjeux sociaux des systèmes d'information géographique revue géographique sociale .l'Harmattan
- [62] **SAVORNIN, J. (1920).** Etude géologique de la région du Hodna et du plateau sétifien. Alger : J. Carbonel. 499 p. – (Bulletin. 2. ser. Stratigraphie; descriptions regionales).
- [63] **VINCENT R.K., TRUE M.A. et al.** Automatic extraction of high resolution elevation data from SPOT stereo images. 1339 - 1346 p.
- [64] **ZEROUAL, S. (2016).** Etude de la sensibilité du sous bassin versant de Ksob a l'érosion hydrique par une approche quantitative. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de master. Filiere: Hydraulique, Université de M'Sila.123 p .
- [65] **ZERROUKI A & LAZIB N. (2013).** Contribution des images Alsat-2A à l'étude géologique de la région de M'Sila (monts du Hodna).Agence Spatiale Algérienne .info@asal.dz
- [66] **A.N.R.H. Agence National des Ressources Hydrauliques. (2018).**
- [67] **Conservation des forêts de m'sila2018**
- [68] **D.R.E .Direction des ressources en eau M'sila. (2018).**

Références bibliographiques

Sites utiles à consulter

(www.desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm)

www.journal.opendition.org

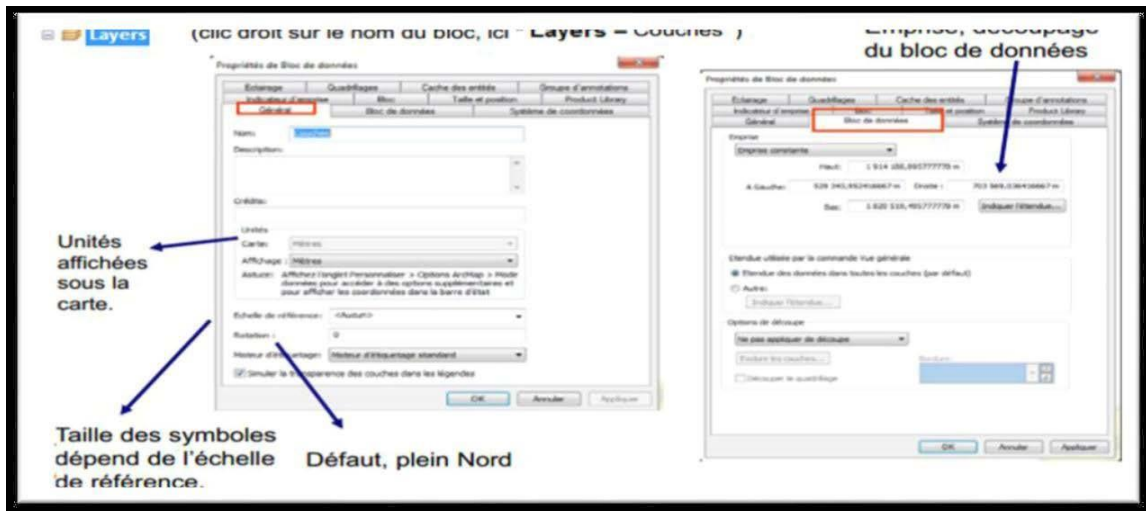
www.mplux.be (*Article de l'eau olivier 15 Déc 2014*)

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

www.Tela-botanica.org (TELA BOTANICA;2020)

Annexes

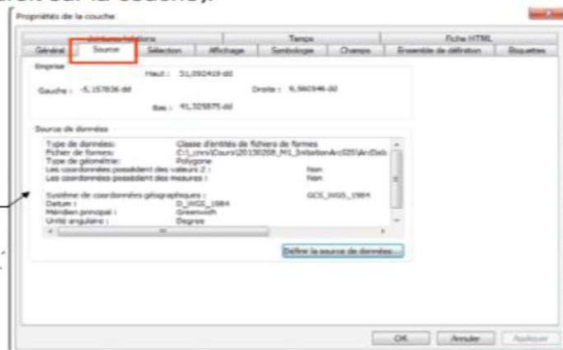
• Propriétés d'un document ArcMap :



2 - Source

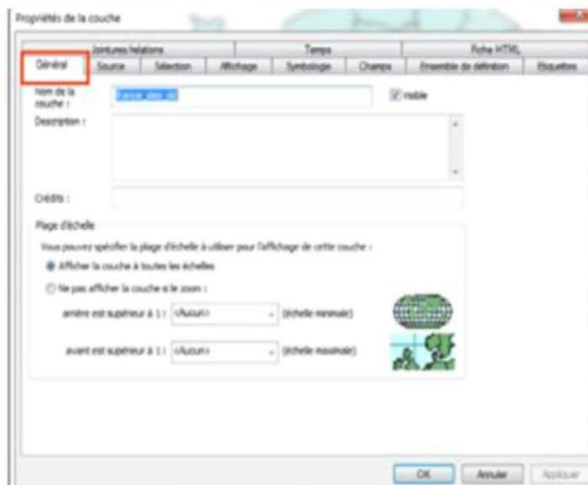
- Si une source de données a été **déplacée, renommée** ou **supprimée**, le lien avec les couches qui s'y réfèrent est rompu (indiqué par un ! devant le nom de la couche).
- Cliquer sur le bouton « Définir la source des données » pour indiquer le nouvel emplacement (la même option est disponible avec 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 »**



• 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.



Annexes

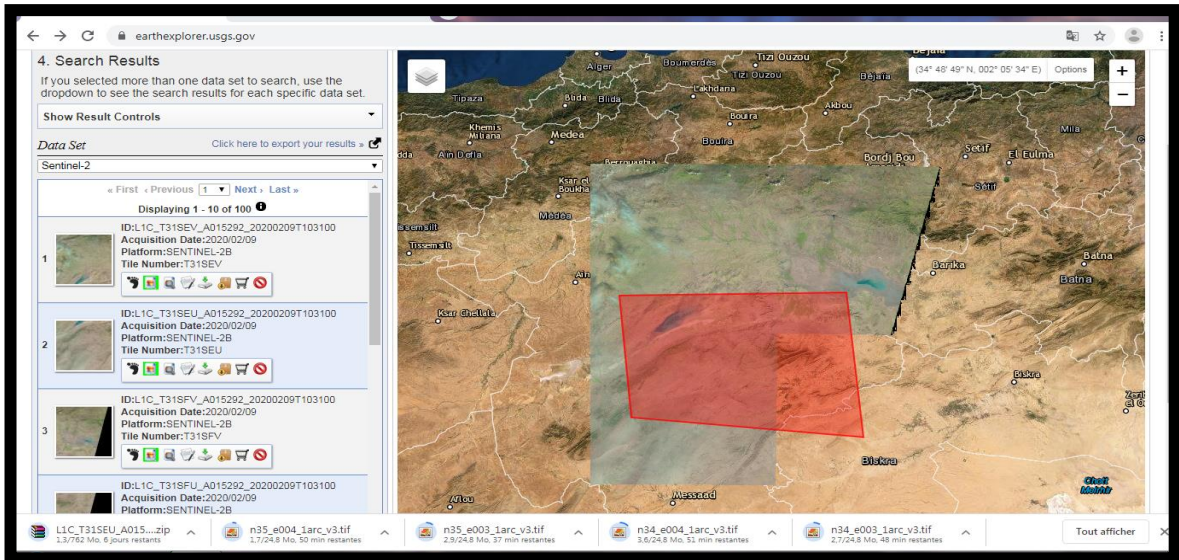
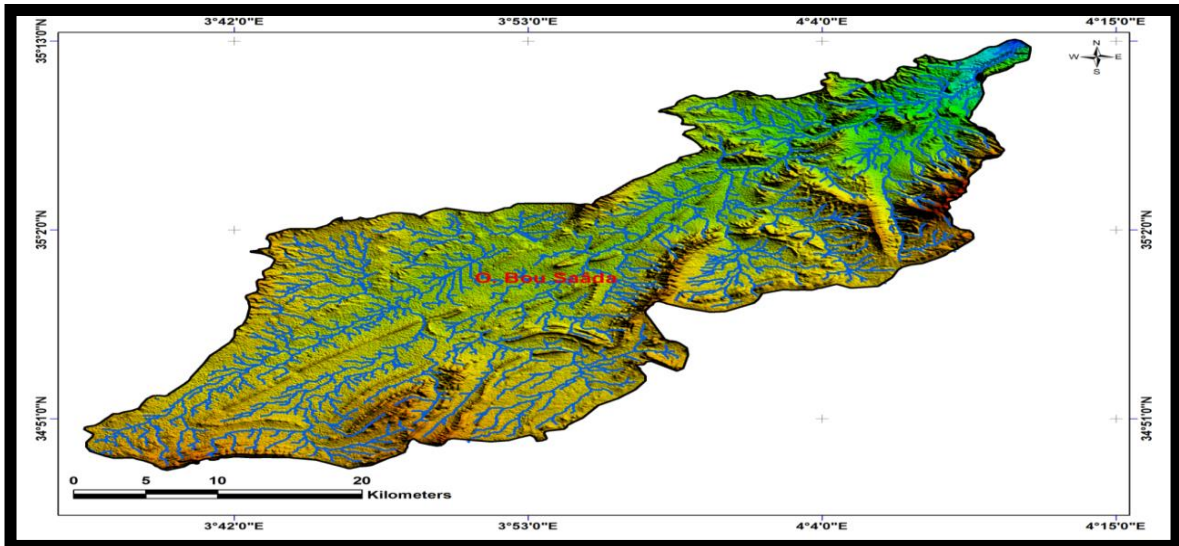
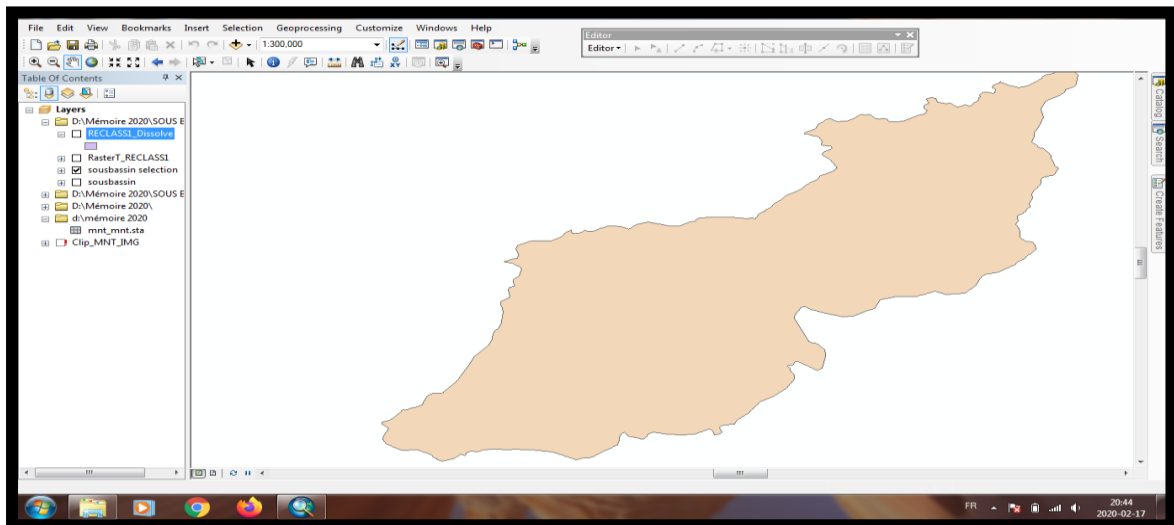


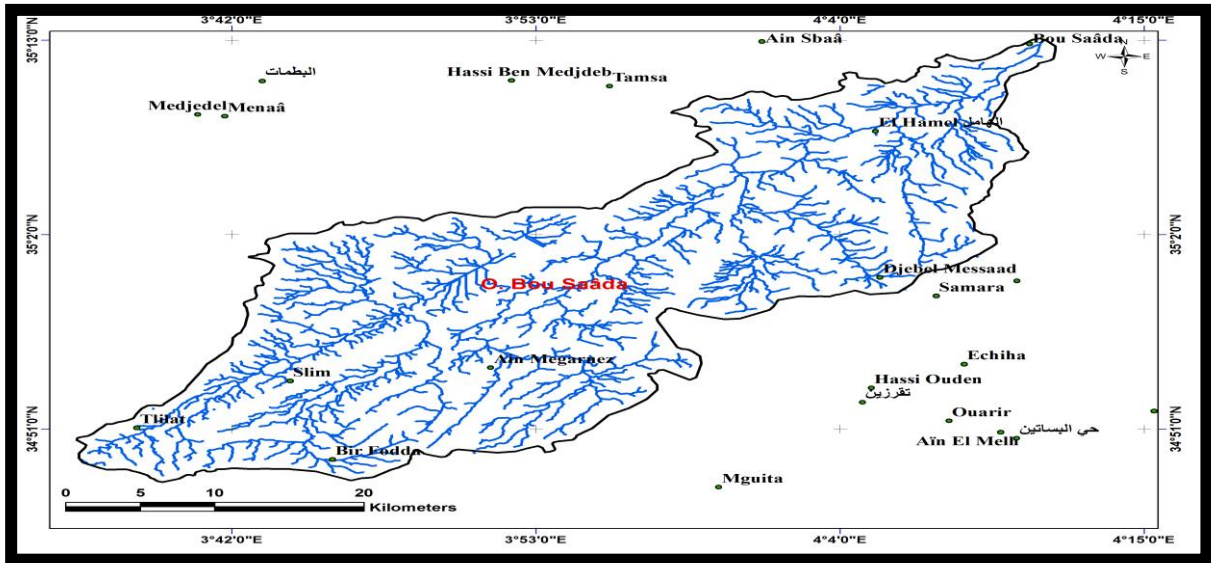
Photo aérienne (Google explorer) (original)



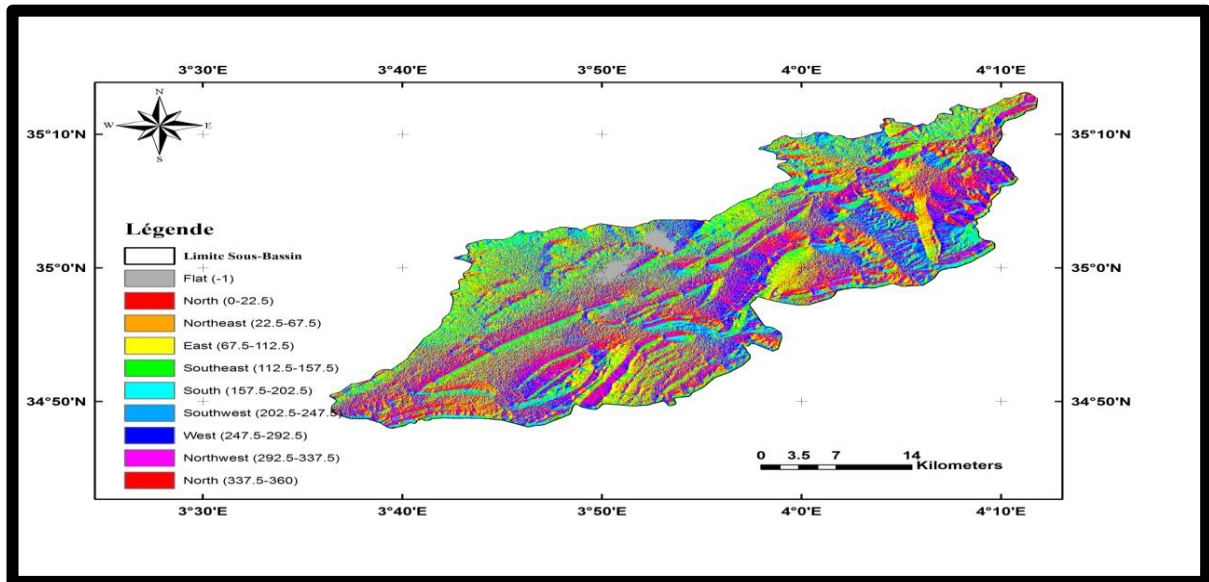
MNT Bassin de l'oued Bou Saâda



Limite bassin de l'oued Bou Saâda



Réseau hydrographique de BV - Bou Saâda



Carte d'exposition de BV- Bou Saâda



Crue de Bou Saada

Oued Bousaâda

Classification de végétaux de Relèves-Oued-Bou Saada-

Brassicacées	<i>Lonchophora capiomontana Dur.</i>	Thérophytes	Steppes.	End. E.N.A.
Thérophytes	<i>Sisymbrium runcinatum Lag</i>	Thérophytes	Pâturages arides.	Méd-Iran-Tour
Thérophytes	<i>Moricandia arvensis (L.) DC</i>	Chamaephytes	polymorphe	Méd.
Brassicacées	<i>Lobularia maritima (L.) Desv</i>	Hémicryptophytes	Sables, rocailles	Méd.
Brassicacées	<i>Vella annua L.</i>	Thérophytes	Broussailles, steppe.	Méd
Brassicacées	<i>Matthiola parviflora (Schousb.)</i>	Thérophytes	Broussailles	Ibéro-Maur.
Plantaginacées	<i>Plantago lagopus L.</i>	Thérophytes	Pelouses, broussailles	Méd.
Caryophyllacées	<i>Herniaria hirsuta L</i>	Thérophyte	Pâturages	Paléo-Temp.
Zygophyllacées	<i>Peganum harmala L.</i>	Géophytes	Pâturages arides, steppes.	Eur. Irano-Tour
Brassicacées	<i>Pseuderucaria teretifolia (Desf.) O.E.Sch</i>	Thérophytes	Lits d'oued .steppes .	End. N.A.
Boraginacées	<i>Lappula Redowski (Horn.) Greene</i>	Thérophytes	Pâturages arides	N-Trop.
Astéracées	<i>Ormenis praecox (Link.) Briq.</i>	Thérophytes	Marais et lieux frais surtout argileux.	Méd.
Astéracées	<i>Calendula aegyptiaca Desf.</i>	Thérophytes	Steppe et zone désertique	Sah.-Arb
Poacées	<i>Schismus barbatus L.) Theil.</i>	Thérophytes	Régions arides et semi-arides	Macar. Méd
Astéracées	<i>Hedynois cretica (L.) Willd.</i>	Thérophytes	forêts claires, pâturages et cultures dans les plaines et les montagnes	Méd
Solanacées	<i>Datura Meteloides DC.</i>	Thérophytes	Cultures.	Cosmop
Brassicacées	<i>Sinapis arvensis L</i>	Thérophyte	Champs, sables	Paléo-Temp.
Poacées	<i>Avena stelilis L.</i>	phytes	Pâturages, steppes, cultures.	Macar.-Méd.-Irano Tottr.
Lamiacées	<i>Thymelaea microphylla Coss. et Dur.</i>	Chamaephyte	Pâturages arides et désertiques.	End N .A
Amaranthacées	<i>Amaranthus angustifolius Lamk.</i>	Thérophytes	Champs, décombres, lits d'oued.	Ancien Monde
Astéracées	<i>Artemisia campestris L.</i>	Chamaephytes	Clairières, pâturages.	Méd
Brassicacées	<i>Ammosperma cinereum (Desf.) Hook.</i>	Thérophytes	Steppes.	End.-Sud-Alg
Chénopodiacées	<i>Bassia muricata Asch.</i>	Thérophytes	Pâturages et oueds Sablonneux.	Sah
Poacées	<i>Hordeum murinum L.</i>	Thérophytes	Pâturages, cultures, décombres, clairières.	Circum bor
Chénopodiacées	<i>Chenopodium murale L.</i>	Thérophytes	Cultures, décombres.	Cosmop
Chénopodiacées	<i>Chenopodium album L.</i>	Thérophytes	Champs, décombres..	Cosm.

Apocynacées	<i>Nerium oleande L.</i>	phanérophytes	Lit des oueds, rocailles humides.	Méd
Malvacées	<i>Malva parviflora L.</i>	Thérophytes	Champ cultive. décombre.	Méd
Plantaginacées	<i>plantago psyllium L.</i>	Thérophytes	Pelouses, pâturages, surtout sablonneux	Sub.-Méd.
Brassicacées	<i>Sisymbrium irio L.</i>	Thérophytes	vieux murs, décombres, chemins, champs incultes	Méd.-Iran-Tour
Euphorbiacées	<i>Ricinus communis L.</i>	Nanophanéphytes	Décombres, lits d'oueds.	Trop.
Amaranthacées	<i>Salsola kali L.</i>	Thérophytes	Sables surtout maritimes	Paléo-Temp.
Astéracées	<i>Reichardia tingitana (L.) Roth ssp. discolor (Pomel) Bau.</i>	Thérophytes	Lieux sablonneux et pierreux.	Méd
Astéracées	<i>Sonchus asper (L.) Vill. ssp. eu-asper M.</i>	Thérophytes	Forêts, cultures.	Cosm.
Astéracées	<i>Koelpinia linearis Pallas.</i>	Thérophytes		Sah.-sind.
Astéracées	<i>Silybum marianum (L.) Gaertn.</i>	Hémicryptophytes	Lieux incultes, bords des chemins	Cosmop
Astéracées	<i>launaea nudicaulis (L.) Hook. f.</i>	Chamaephytes	Champs incultes ,pâturage ,régions sèches et désertiques	Méd.-Sah.-Sind
Astéracées	<i>Launaea acanthoclada M.</i>	Thérophytes	Pâturages, steppes et rocailles désertiques, falaises maritimes.	Ibéro.-Maur. Macar
Polygonacées	<i>Polygonum equisetiforme S. et Sm.</i>	Hémicryptophytes	Pâturages, lits des torrents	Méd.
Brassicacées	<i>Diptotaxis harra Forsk</i>	Thérophytes		Méd.-Iran-Tour.
Astéracées	<i>Anacyclus cyrtotepidoïdes</i>	Thérophytes	Pâturages arides et désertiques.	End N .A
Aizoacées	<i>Mesembryanthemum nodiflorum L.</i>	Thérophytes	Sables, rochers	Méd.-S. Afr.
Brassicacées	<i>Eruca vesicaria (L.) Cav.</i>	Thérophytes	Bords de chemins, pousse fréquemment côté	Méd
Caryophyllacées	<i>Spergularia diandra (Guss.) Heldr</i>	Thérophytes	Pâturages, oueds, sables ± salés	Sah-Sind-Irano-Tour.
Astéracées	<i>Centaurea melitensis L.</i>	Thérophytes	Champs, pâturages arides	Circumméd.
Astéracées	<i>Filago spathulata Presl</i>	Thérophytes	Pelouses, rocailles, champs	Méd.
Poacées	<i>Bromus rigidus Roth.</i>	Thérophytes	Forêts, broussailles, pâturages	Paléo-subtrop.
Juncacées	<i>Juncus sp</i>			

Dernière sortie 2020 Oued Bousaâda

Tamaricacées	<i>Tamarix gallica L.</i>	Phanérophytes	Lieux humides, bord des eaux	Nord. Trop
Arécacées	<i>Phoenix dactylifera L.</i>	Phanérophytes	cultivé dans la région saharienne et les oïsis	Sah
Astéracées	<i>Onopordon arenarium (Desf.) Pomel</i>	Thérophytes	Pâturages sablonneux désertiques	
Brassicacées	<i>Enarthrocarpus clavatus L.</i>	Géophytes	Steppes	End N .A

Capparidacées	<i>Cleome arabica L.</i>	Thérophytes	Pâturages sablonneux désertiques.	Sah. Sind
Myrtacées	<i>Eucalyptus bosistoana</i>	Phanérophytes	Forêt humide sur des sols plus profonds et plus fertiles, souvent le long des ruisseaux	Aus
Fabacées	<i>Retama retam Webb.</i>	Phanérophytes	dunes	Sah. Sind
Cistacées	<i>Helianthemum lippii (L.)Pers.</i>	Chamaephytes	Pâturage désertique, rocaille, sable.	Sah. Sind
Astéracées	<i>Reichardia picroides (L.) Roth ssp. intermedia (Sch. Bip.) Q. et S.</i>	Thérophytes	Champs.	Méd
Astéracées	<i>Echinops spinosus L ssp. eu.spinosis Maire.</i>	Hémicryptophytes	Rocailles.	Méd.-Sah.-Sind
Solanacées	<i>Lycium arabicum Boiss .</i>	Phanérophytes	Rocailles, pâturages désertiques, haies.	End Sah
Anacardiaceae	<i>pistacia atlantica Desf.</i>	Phanérophytes .	Rocailles, pâturages arides, dayas.	End. N.A.
Euphorbiacées	<i>ricinus communis L.</i>	Phanérophytes	Décombres, lits d'oueds.	Trop.
Brassicaceae	<i>Vella annua L.</i>	Thérophytes.	. Broussailles, steppes.	Méd

الملخص :

إن أهمية الماء كمصدر حيوي وعامل تطور معروف في جميع أنحاء العالم و المحافظة على هذا المصدر أدى بنا إلى تقييم المعايير التي تلعب دورا مهما في تدفق المياه السطحية و يعتبر حوض مصب واد بوسعادة احد المستجمعات المائية المهمة في حوض مصب شط الحضنة و في مدينة بوسعادة. نهدف من خلال دراستنا إلى التعرف إلى خصائصه المورفومترية ، الجيولوجية والفيزيائية إضافة إلى العوامل المناخية (درجة الحرارة التساقط الرياح) وتأثيرها على تدفق المياه وإظهار تضاريسه عن طريق تقنية نظم (BD) وقواعد بيانات مورفومترية (MNT) الذي يساهم في إنشاء نماذج رقمية للتضاريس (Arc GIS) المعلومات الجغرافية وجغرافية ونماذج موضوعية.

هذه التقنية الجديدة كذلك تسمح بإعطاء معلومات رقمية تميز التضاريس و قياس أشكال الحوض، يتم استخدامها أيضا في المجالات التطبيقية التي تختلف بشكل واسع، وهي تستخدم أساسا لرسم خرائط للمخاطر الطبيعية مثل الفيضانات. من أجل توضيح هذا الخطر، من الضروري وضع دراسة أولية للتعريف بالحوض و عناصره، و ختاماً تحديد خصائص تدفق مياه الحوض.

كلمات مفتاحية : حوض مصب واد بوسعادة ، خصائص مورفومترية ، تدفق ، نظام المعلومات الجغرافية، قاعدة بيانات

Summary :

The importance of water as a vital source and development factor is well known throughout the world and the preservation of this source has led us to evaluate the standards that play an important role in the flow of surface water. The Oued Bou Saada sub-watershed is an important watershed in the Chott El Hodna watershed and in the town of Bou Saada. Our study aims to identify its morphometric, geological and physical characteristics as well as climatic factors (temperature, precipitation, wind...), their impact on water flow and demonstrate its mapping through the GIS (ArcGIS) technique, which contributes to the creation of digital topography (MNT) models, morphometric databases (BD), geography and thematic models.

This new technique also allows the introduction of digital information which distinguishes the terrain and the measurement of pelvic shapes, which is also used in very different fields of application, and is mainly used to map natural hazards such as floods...

To illustrate this risk, it is necessary to develop a preliminary study of the definition of the basin and its components, and finally to define the characteristics of the flow of the basin.

Key words : Bou Saada Watershed, Morphometric characteristics ,water flow,GIS,DB.

Résumé :

L'importance de l'eau en tant que source vitale et facteur de développement est bien connue dans le monde entier et la préservation de cette source nous a conduites à évaluer les normes qui jouent un rôle important dans le débit des eaux de surface. Le Sous-bassin versant d'Oued Bou Saada est un bassin hydrographique important dans le bassin versant de Chott El Hodna et dans la ville de Bou Saada. Notre étude vise à identifier ses caractéristiques morpho métriques, géologiques et physiques ainsi que les facteurs climatiques (température, précipitations, vent...), leur impact sur le débit de l'eau et de démontrer sa cartographie à travers la technique SIG (ArcGIS), qui contribue à la création de modèles de topographie numérique (MNT), de bases de données morphométriques (BD), de géographie et de modèles thématiques.

Cette nouvelle technique permet également l'introduction de l'information numérique qui distingue le terrain et la mesure des formes pelviennes, qui est également utilisée dans des domaines d'application très différents, et est principalement utilisée pour cartographier les dangers naturels tels que les inondations.....

Afin d'illustrer ce risque, il est nécessaire de développer une étude préliminaire de la définition du bassin et de ses composantes, et enfin de définir les caractéristiques du débit du bassin.

Mots clé : B V d'Oued Bou Saâda, Caractéristiques morphométriques, Écoulement, SIG, BD.