

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET

---



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES  
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master

**Filière** : Travaux Publics

**Spécialité** : Voies et Ouvrages d'Art

Présenté par :

BENIEBKA Brahim

CHAIB Mustapha

**Thème**

Localisation des bassins versants à Tiaret par le système  
d'information géographique

*Soutenu publiquement le 22 /06/2023 devant le jury composé de :*

Mr. T. HASSAINE DAOUADJI

President

Mr. T. BENSATTALAH

Rapporteur

Mr. M. ZIDOUR

Examineur

PROMOTION: 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## **DEDICACES**

*Je dédie ce travail à la mémoire de ma mère ;*

*et mon cher père et son Soutien*

*et a touts ma familles*

*et les amis*

***CHAIB Mostapha***

## DEDICACES

### *Je dédie ce travail*

*A la mémoire de mon Père et ma chère Mère pour son, Soutien, leurs sacrifices et pour tous les efforts qu'ils ont déployé durant toute ma vie.*

*A mes chers frères Mhmed; Djillali; Abdelkader ; Omar; Adda ; Khalidou et Abdou et mes chères sœurs KH.....; DJ.....; Abd.....*

*A toute ma grande famille ; ma Petite famille.*

*Mes Fills: Dja.....; An.....; sals.....*

*A mes amis de Travail (DTP-Tiaret); M<sup>er</sup> le DTP, M<sup>er</sup> NOUAR –H ; M<sup>er</sup> BOUZIANE Med; M<sup>er</sup> DJELDIAL –N et AZZEDINNE.....*

*Et a toute personne qui m'a aidé d'un mot,d'une idée ou d'un encouragement*

**BENIEBKA Brahim**

# R E M E R C I E M E N T

*Nous remercions tout d'abord ALLAH tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience afin de pouvoir accomplir ce modeste travail*

*On tient à remercier vivement notre encadreur Mr T- BENSATTALLA, pour sa gentillesse, ses conseils et ses efforts pendant l'élaboration de notre projet.*

*Aux membre de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à nous recherche en acceptant d'examiner ce modeste travail et de l'enrichir par leurs remarques.*

*Un grand remerciement pour tous nos enseignants qui nous ont formes durant notre cursus universitaire et a toute personne qui ont participé de près ou de loin qui m'a aidé d'un mot, d'une idée ou d'un encouragement.*

**Table des matières**

Liste des Figures  
Liste des Tableau  
ملخص  
Abstract  
Résumé  
Introduction Générale..... 01

**Chapitre I :**  
**BASSINS VERSANT**

I.1.Définition du bassin versant..... 04  
I.2.Basins Versant topographique ..... 04  
I.3.Bassin versant hydrogéologique ..... 05  
I.4.Le bassin versant ..... 07  
I.4.1.La forme d'un bassin versant ..... 08  
I.5.L'influence du relief ..... 11  
I.5.1.L'altitude médiane ..... 11  
I.5.2.Les altitudes maximales et minimales ..... 12  
I.5.3.L'altitude maximale ..... 12  
I.5.4.L'altitude minimale ..... 12  
I.6.La température ..... 12  
I.6.1.La précipitation et le couvert neigeux ..... 12  
I.6.2.L'altitude moyenne ..... 13  
I.7.La pente moyenne ..... 13  
I.8.Le bassin versant rectangulaire ..... 14  
I.9.La topologie ..... 15  
I.10.La pente moyenne du cours d'eau ..... 17  
I.11.La densité de drainage..... 18  
I.11.1.La densité de drainage ..... 18  
Conclusion..... 18

**Chapitre II :  
LES BARRAGES**

Introduction .....	20
II.1. Définition et Historique .....	20
II.1.1. Définition .....	20
II.1.2. Historique.....	20
II.2. Les éléments techniques composant un barrage.....	21
II.2.1. Le lit.....	21
II.2.2. La cuvette .....	21
II.2.3. Amont .....	21
II.2.4. Aval .....	21
II.2.5. Evacuateurs de crues.....	21
II.3. Construction et Structure des barrages .....	24
II.3.1. La fondation rocheuse.....	24
II.3.2. La fondation glaveuse .....	24
II.3.3. Les fondations argileuses .....	24
II.3.4. La fondation sablo-silteuse .....	25
II.4. Les Fonctions des barrages .....	25
II.5. Typologie des barrages .....	25
II.5.1. Barrages voute .....	25
II.5.2. Barrages à contrefort .....	26
II.5.3. Barrage en remblais .....	26
II.5.4. Barrages mobiles à aiguilles .....	26
II.6. Les barrages en Algérie .....	28
II.7. situation et historique.....	29
II.8. accessibilité.....	29
II.9. Etude et calcul d'un Barrage en terre .....	29
II.9.1. Détermination de la hauteur du barrage et dimensionnement du réservoir .....	29
II.9.2. Etude Topographique et géomorphologique .....	29
II.9.3. Etude géologique et géotechnique .....	30
3.1. Etude géologique et Hydrogéologique .....	30
3. 2. Etude géotechnique .....	30
II.9.4. Etude hydrologique .....	30
II.9.5. Etude Technique .....	31

II.5.1.Conception du barrage .....	31
II.5.2.Dimensionnement du barrage .....	32
II.5.2.1. Détermination de la revanche .....	32
II.5.2.2. Détermination de la hauteur du barrage (Hb) .....	32
A) Le niveau des plus hautes eaux(PHE) .....	33
B) Côte de la crête du barrage(CCB) .....	33
c) Tassement du corps du barrage (T) .....	33
II.5.2.3. Détermination de la largeur en crête.....	33
II.5.2.4.-Détermination de la longueur en crête du barrage (Lc).....	33
II.5.2.5.Les risbermes .....	34
II.5.2.6.Protection de l’ouvrage.....	35
a) Talus aval .....	36
b) Talus amont .....	36
c)-Détermination des différentes couches de transition .....	36
II.5.2.7.Etude des infiltrations .....	37
II.5.2.8.Equation de la ligne de saturation.....	38
Calcul du débit de fuite à travers le barrage .....	40

### Chapitre III :

#### **PRESENTATION ET CHANGEMENT CLIMATIQUE DE NOTRE ZONE D’ETUDE**

III.1. Situation géographique de Tiaret .....	42
III.1.1.Limites géographiques.....	42
III.1.2.Dairas et Communes .....	43
III.2. Géologie .....	43
III.3.Géologie locale.....	44
III.4.Lithologie des formations géologiques .....	46
III.5. Géomorphologie (Relièf) .....	46
III.6.Climat .....	47
III.7.Quotient Climagramme d’EMBERGER .....	49
Relief de la wilaya.....	51
III.8.Hydrologie et Hydrogéologie.....	51
Les ressources en eaux .....	51
Les eaux superficielles .....	51
III.9. Notion de climat.....	53
III.10. Définition du changement climatique .....	54

III.11. Les facteurs agissants sur l'équilibre planétaire.....	55
III.12. Les gaz à effet de serre(GES).....	55
III.13. Le rayonnement solaire .....	56
III.13.1. Aérosol.....	56
III.13.2. Le réchauffement climatique.....	56
III.13.3. Evolution du climat .....	57
III.13.4.Impact du changement climatique sur les ressources en eau .....	58
III.14.Pédologie .....	59

### Chapitre IV :

#### PRESENTATION SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE SIG

IV.1Le Système d'Information Géographique.....	61
IV.1.1. Généralité.....	61
IV. 1.2. Pour quoi la géographie .....	61
IV.1.3.Géomatique .....	62
IV.1.4. L'information géographique .....	63
IV1.4.2.Les composants de L'information géographique.....	64
IV.1.4.3.La représentation de l'information géographique.....	64
IV.1.4.3.1.Classification des informations géographiques.....	64
IV. 1.4.3.2.Dualité Raster.....	64
IV.1.4.3.3.Caractéristiques de l'information géographique .....	69
IV. 1.5. Notion du système d'information.....	69
IV.1.6. Système d'information géographique .....	70
IV.1.7. Historique du S.I.G .....	71
IV.1.8. Les composantes d'un SIG .....	72
IV.1.9. Les fonctionnalités du S.I.G.....	73
IV. 1.10. Le rôle des SIG .....	74
IV.1.11. Domaines d'application .....	75
IV. 1.12. Présentation des principaux logiciels de S.I. G.....	76
IV.1.12.1. Logiciels en mode vectoriel .....	76
IV.1.12.2. Logiciels en mode RASTER.....	78
Politique de gestion des ressources en eau.....	78
Stratégie de gestion des ressources en eau en Algérie .....	78
Les acteurs de l'eau en Algérie .....	79
IV.2.2.1 Les acteurs de l'eau à compétence national et régionale .....	80

**Chapitre V :**

**LOCALISATION DES BASSINS VERSANTS AUTOMATIQUE AVEC QGIS**

Introduction .....	84
V.1. Etude hydrologique .....	84
V.1.1. Les outils des traitements des données .....	84
V.1.2. Théorie.....	84
V.2. Délimitation des cours d'eau et des bassins versants.....	85
V.3. Mosaïque des tuiles MNT .....	87
V.4. Reprojecter le MNT .....	89
V.5. Style du MNT .....	93
V.6. Délimitation des cours d'eau.....	95
V.7. Calculer les ordres de Strahler.....	96
V.8. Calibrer le seuil de Strahler pour déterminer les cours d'eau .....	97
V.9. Calculer le réseau des cours d'eau, la direction de l'écoulement et la délimitation des bassins versants .....	100
V.10. Délimiter le bassin versant .....	102
Stocker les données dans un GeoPackage .....	103
<b>CONCLUSION GENERAL .....</b>	<b>107</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>111</b>

### Liste des abbreviations

- D.R.E:** Direction ressources en eau.
- ANRH:** Agence Nationale Ressources Hydraulique.
- FAO:** Food and Agriculture Organisation.
- SI:** système informatique.
- MBDG:** modèle de géo data base.
- SIG:** Système d'Information Géographique.
- ANBT:**L'Autorité Nationale des Barrages et des Transports par Eaux.
- ABH :** Les Agences de bassins hydrographiques.
- SEAAL :** Société d'Eau et d'Assainissement d'Alger.
- BD :** Banque de Données
- BV:** Bassin versant
- DAEP:** Direction de l'Approvisionnement en Eau Potable
- DEAH:** Direction des Etudes et des Aménagements Hydrauliques
- DHA :** Direction de l'Hydraulique Agricole
- GIR :** Gestion Intégrée de la Ressource
- GPI:** Grand Périmètre Irrigué
- MRE:** Ministère des Ressources en Eau
- ONA:** Office National de l'Assainissement
- ONID:** Office National de l'Irrigation et du Drainage
- OPI:** Office de Périmètre d'Irrigation
- PDARE:** Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau
- PMH:** Petite et Moyenne Hydraulique
- PNE :** Plan National de l'Eau
- RC :** Retenue Collinaire
- RGPH :** Recensement Générale de la Population et de l'Habitat
- DREW :** Directions des Ressources en Eau de Wilaya
- PNE :**Le Plan national de l'eau
- AEP :** Alimentation en eau potable
- ANBT :**Agence Nationale des Barrages et des Transferts
- ANRH :** Agence nationale des ressources hydriques

## Liste des abréviations

---

**DHW** : Directions hydrauliques de wilaya (actuellement Directions des Ressources en Eau de Wilaya)

**Shap file** : fichier de formes / fichier pour les systèmes d'informations géographiques (**SIG**)

**Tiff** : Tag Image File Format / fichier image enregistré dans un format graphique

**MNT** : Un modèle numérique de terrain

Liste des Figures

Figure I.1 : Schématisation du bassin versant .....	04
Figure I.2 : Basins Versant topographique .....	05
Figure I.3 : Bassin versant hydrogéologique .....	05
Figure I.4 : Ruissellement, la délimitation du bassin versant.....	06
Figure I.5 : Barrières artificiel.....	06
Figure I.6 : Diagramme de la réaction hydrologique .....	07
Figure .I.7 : Forme d'éventail du bassin (BV1) .....	08
Figure .I.8 : Forme allongée du bassin (BV2).....	09
Figure I.9 : Forme quasiment circulaire .....	10
Figure I.10 : Forme allongée .....	10
Figure I.11 : Courbe hypsométrique.....	11
Figure I.12 : Courbe hypsométrique.....	12
Figure I.13 : Le cours d'eau .....	16
Figure I.14 : Le cours d'eau principale .....	16
Figure II.1 : Schéma du lit d'un barrage .....	22
Figure II.2 : Vue partielle d'une cuvette .....	22
Figure II.3 : Amont et aval d'un barrage.....	23
Figure II.4 : Evacuateurs de crues d'un barrage.....	23
Figure II.5 : Image d'un barrage voute.....	26
Figure II.6 : Image d'un barrage Poids .....	26
FigureII.7 : Image d'un Barrage à contrefort .....	27
FigureII.8 : Image d'un Barrage en remblais .....	27
Figure II.9 :Image Barrages mobiles à aiguilles.....	28
Figure III.1:Situation géographique de la zone d'étude. ....	42
Figure III.2: La carte lithologique de la région de Tiaret (DRE Tiaret, 2014).....	46
Figure III.3 : carte géographique de la wilaya de Tiaret (mise en ligne par Hellal Benchaben). .....	47
Figure III.4: Le diagramme Ombrothermique de BAGNOUL Set GAUSSEN.....	48
Figure III.5 : Diagramme Précipitation .....	51
Figure III.6 ; les ressources hydriques dans la wilaya de Tiaret (DSA,2021).....	52
Figure III.7: Descriptif du changement climatique (IPCC,2007).....	54

Figure III.8: Sources d'émission de gaz à effet de serre (GIEC,2014) .....	56
Figure III.9: Le réchauffement climatique(GIEC, 2007) .....	57
Figure IV.1: La géomatique. ....	63
Figure IV.2: Exemples d'images raster (COLLET,C.(1992). ....	65
Figure IV.3:Principe d'une image raster (FRANÇOIS,D.(2004).....	66
Figure IV.4 : Les primitives géométriques du mode vecteur. (COLLET, C. 1992).....	66
Figure IV.5 : Avantages respectifs de chaque mode de représentation (FRANÇOIS,D.(2004). .....	67
FigureIV.6: La superposition de données de couches différentes (REGIS,CALOZ. (2011). .....	68
Figure IV.7 : Schéma de la mise en place du système d'information. ....	70
Figure I.8 : Schéma des composantes d'un SIG.....	73
Figure I.9: Les fonctionnalités du S.I.G. (NOTTET, 2002).....	74
Figure I.11 : Le sous-système de gestion de l'eau en Algérie.....	82
Figure V.1 : Image Portail Earth Explorer .....	85
Figure V.2 : Fichiers TIFF sur QGIS .....	86
Figure V.4 : la carte OSM .....	87
Figure V.3 : coordonnées géographiques dont on EPSG:4326 - WGS 84.....	88
Figure V.5: fusionnement de la couche.....	89
Figure V.6 : La couche fusionner.....	89
Figure V.7 : la projection WARP .....	90
Figure V.8:Shape file limite comme couche de masquage .....	91
Figure V.9: découpée selon les limites de la zone d'étude .....	91
Figure V.10 :lancé la commande fill-Sinks (wang and Lui) .....	92
Figure V.11:MNT rempli .....	93
Figure V.12 : Ombrage de la couche.....	93
Figure V.13 : Dupliqué la couche .....	94
Figure V.14 : les deux couches combiner .....	94
Figure V.15 : boîte de dialogue strahler .....	95
Figure V.16 : Résultat de Strahler .....	95
Figure V.17 : Résultat de Strahler de couleur bleu .....	96
Figure V.18 : strahler 5 .....	97

Figure V.19 : strahler 4 .....	98
Figure V.20 : boite de dialogue strahler 5 .....	98
Figure V.21 : cours d'eau .....	99
Figure V.22 : boite de dialogue copier le style.....	100
Figure V.23 : boite de dialogue Channel N.D.B .....	101
Figure V.24 : Boite de dialogue algorithme Channel N.D.B .....	101
Figure V25 : Channel N.D.B.....	102
Figure V.26 : Boite de dialogue découpage .....	102
Figure V.27 : bassin versant localisée .....	103
Figure V.28: Carte des eaux superficielle dans la région de Tiaret .....	105
Figure V.29: image de la zone touchée par l'inondation RN23 .....	107

**Liste des Tableaux**

Tableau II.1 : Tableau donne la pente des talus en fonction de la nature des matériaux (THERZAGUI)..... 34

Tableau II.2 : Tableau donne la pente des talus en fonction de la Valeurs de C..... 36

Tableau III.1: Données climatiques (Année 2022). ..... 49

Tableau n°02: Evolution des précipitations moyenne annuelles (mm) dans wilaya de Tiaret durant la période (2009-2022).(DSA,2022) ..... 50

Tableau III.3:Les principaux oueds mina de la wilaya de Tiaret (CF Tiaret). ..... 53

Tableau V.1 : Le Tableau représente les résultats des bassins versants localisées ..... 104

### ملخص:

الماء عنصر أساسي للنشاط البشري. إنه لا يقل أهمية عن الهواء. إنه ضروري لبقاء الكائنات الحية. إنه مورد ذو خصائص كثيرة ، وفيرة ونادرة. تتطور إدارة الموارد المائية في الجزائر من حيث النظام السياسي والاجتماعي والاقتصادي والثقافي والبيئي على الرغم من كل ما يمكن أن يعيق تنفيذها بشدة.

في هذه الدراسة سوف نستخدم نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحديد موقع مستجمعات المياه في ولاية تيارت منطقة دراستنا ،

تتعدد مزايا S.I.G خاصة في مجال تخطيط وإدارة الموارد الطبيعية مثل المياه. إنها توفر إمكانية وصف المنظمات المكانية وفقاً للنماذج التي يمكن أن تتطور مع تقدم المعرفة. كما أنها تعزز تحديث البيانات وتعديرات الحجم واستعادة الخرائط الموضوعية.

يتكون هذا العمل من تحديد مستجمعات المياه الموجودة في منطقة دراستنا والعلاقة بين المياه وتغير المناخ (نقص هطول الأمطار والجفاف) من ناحية.

من ناحية أخرى ، كيف نؤمن هذا المورد الأخير (الماء)؟ بالنسبة لخطة العمل هذه ، شرعنا في استخدام QGIS لتحديد كل ما يتعلق بالمياه السطحية من حيث انخفاض منسوب المياه بسبب تغير المناخ وقلة هطول الأمطار ، وتحديد السدود وأنواعها وعلاقتها بمستجمعات المياه ، وكيفية ربطها عند تحديد الموقع. باستخدام QGIS ومعرفة كمية المياه التي تجمعها حتى تتمكن من استخدامها بطريقة حضارية وعقلانية.

تظهر منطقة تيارت كدراسة حالة نموذجية لل صعوبات التي تتعرض لها مشكلة "النظام المائي" وتستجيب برأينا لهذا الاهتمام بتحليل ودراسة الاستغلال في المجال الصناعي والاحتياجات الزراعية وبدون نسيان تلبية الاحتياجات المائية لسكان المنطقة.

**الكلمات المفتاحية:** ولاية تيارت. نظام المياه. نظم المعلومات الجغرافية.

## Abstract

Water is inseparable from human activity. It is the most vital in the same way as the air. It is essential for the survival of living beings. It is a resource with many specificities, both abundant and rare. The management of water resources in Algeria is evolving in a political, social, economic, cultural and environmental order which strongly hampers its implementation.

In this study we will use the Geographic Information Systems (GIS) for the location of the watersheds in the wilaya of Tiaret our study area,

The advantages of S.I.G are multiple especially in the field of planning and management of natural resources such as water. They offer the possibility of describing spatial organizations according to models that can evolve with the progress of knowledge. They also promote the updating of data, changes of scale and the restitution of thematic maps.

This work consists of determining the existing watersheds in our study area and the relationship between water and climate change (lack of precipitation; drought) on the one hand.

On the other by How do you secure the latter (the water)? for this work plan we proceeded to use the QGIS to identify everything related to surface water in terms of decreasing and approaching water level due to climate change and lack of rainfall, identifying Dams , their types and their relation to watersheds, and how to relate them when we locate them with QGIS and Knowing how much water it absorbs so that we can use it in a civilized and elegant way.

The region of Tiaret appears as a typical textbook case of the difficulties posed by the problem of the "water system" and responds, in our opinion, to this concern by analyzing and studying for exploitation in the industrial field, the agricultural needs and without forgetting to meet the water needs of the inhabitants of the region.

**Keywords:** Wilaya of Tiaret; water system.SH. GIS. QGIS.

## **Résumé**

L'eau est un élément indispensable à l'activité humaine. elle constitue une importance aussi plus vitale au même titre que l'air. Elle est indispensable à la survie des êtres vivants. C'est une ressource porteuse de beaucoup de spécificités, à la fois abondante et rare. La gestion des ressources en eau en Algérie évolue en matière d'ordre politique, social, économique, culturel et environnemental malgré tout ce qui peut entraver fortement sa mise en œuvre.

Dans cette étude on va utiliser le Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour la localisation des bassins versants dans la wilaya de Tiaret, désignée comme notre zone d'étude,

Les avantages des S.I.G sont multiples surtout dans le domaine de planification et de gestion des ressources naturelles tel que l'eau. Ils offrent la possibilité de description des organisations spatiales suivant des modèles qui peuvent évoluer avec les progrès des connaissances. Ils favorisent aussi la mise à jour des données, les changements d'échelles et la restitution des cartes thématiques.

Le présent travail consiste à la détermination des bassins versants existants dans notre zone d'étude et de déterminer la relation entre l'eau et le changement climatique, (manque de précipitations ; la sécheresse) d'une part.

D'autre part, Comment on sécurise cette dernière ressource (l'Eau)? pour ce plan de travail nous avons procédé d'utiliser le **QGIS** pour identifier tout ce qui concerne les eaux de surface en termes de diminution du niveau d'eau en raison du changement climatique et du manque de précipitations, en identifiant les Barrages, leurs types et leur relation avec les bassins versants, et comment les relier lorsque nous les localisant en utilisant le **QGIS** et de connaître la quantité d'eau qu'il collecte afin que nous puissions l'utiliser de manière civilisée et rationnelle.

La région de Tiaret apparaît comme un cas d'école typique des difficultés exposées par le problème du « système hydrique » et répond, à notre avis, à cette préoccupation en analysant et étudiant pour l'exploitation dans le domaine industriel, les besoins agricoles et sans oublier de combler les besoins des habitants de la région en eau.

**Mots-clés** : Wilaya de Tiaret ; système hydrique. SH. SIG. QGIS.

# **INTRODUCTION GENERALE**

### Introduction générale

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et caractérisé par un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Soit Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface les ressources sont limitées et compte tenu du développement démographiques d'importants efforts sont nécessaires en matière d'urbanisation intégrée et de gestion rigoureuse dans l'exploitation des réserves d'eau. S'y ajoutent des problèmes de faible mobilisation et de mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration et l'envasement des retenues collinaires.

l'Algérie, comme tous les autres pays du monde, est sensée mener une politique de l'eau. Une prise de conscience a débuté par la mise en œuvre d'un ambitieux programme de réalisation de barrages- réservoirs à court, moyen et long terme. Considérée comme la capitale de la wilaya, Le barrage de Bekhadda est situé à 40KM à l'ouest de la ville de Tiaret à une altitude de 665 m Ce barrage se trouve sur le cours d'eau supérieur de la Mina et l'alimente.

Le barrage Bekhadda est le principale moyen d'alimentation en eau pour la wilaya de Tiaret.

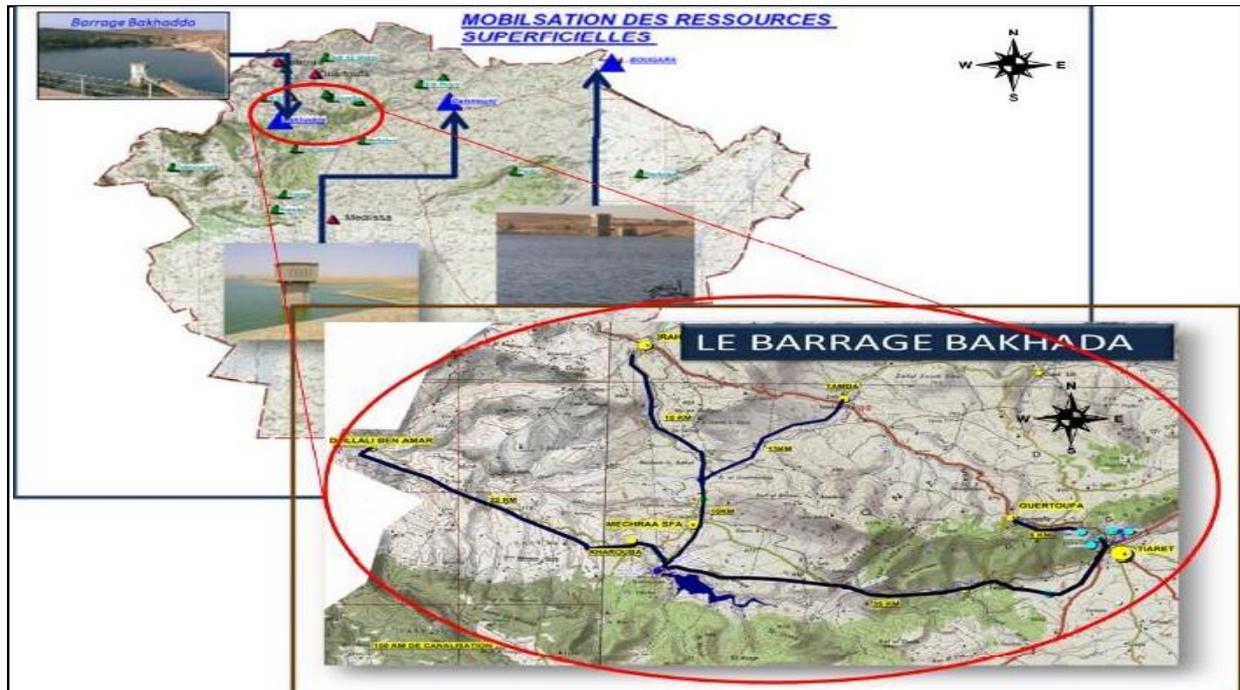
l'eau représente le facteur moteur du développement industriel, touristique, agricole, urbain rural de la région, nécessitant une mobilisation en quantités énormes.

L'objectif de notre travail est de localiser les bassins versants à l'aide du système d'information géographique (**SIG**).

La présente étude est structurée en cinq chapitres, le premier présent et définit les bassins versants Le second chapitre sur les barrages.

Alors que le troisième chapitre englobe une description de la zone d'étude (wilaya de Tiaret)

Le quatrième chapitre porte la bibliographiques sur et les données sur le système d'information géographique (SIG).le cinquième chapitre préconise la méthode de la délimitation du bassin versant de la (wilaya de Tiaret) et les résultats trouvés.



**Figure(B1) :** Carte de localisation de barrage Bekhadda et son réseau d'alimentation (Mostafa e tmourah, 2016).



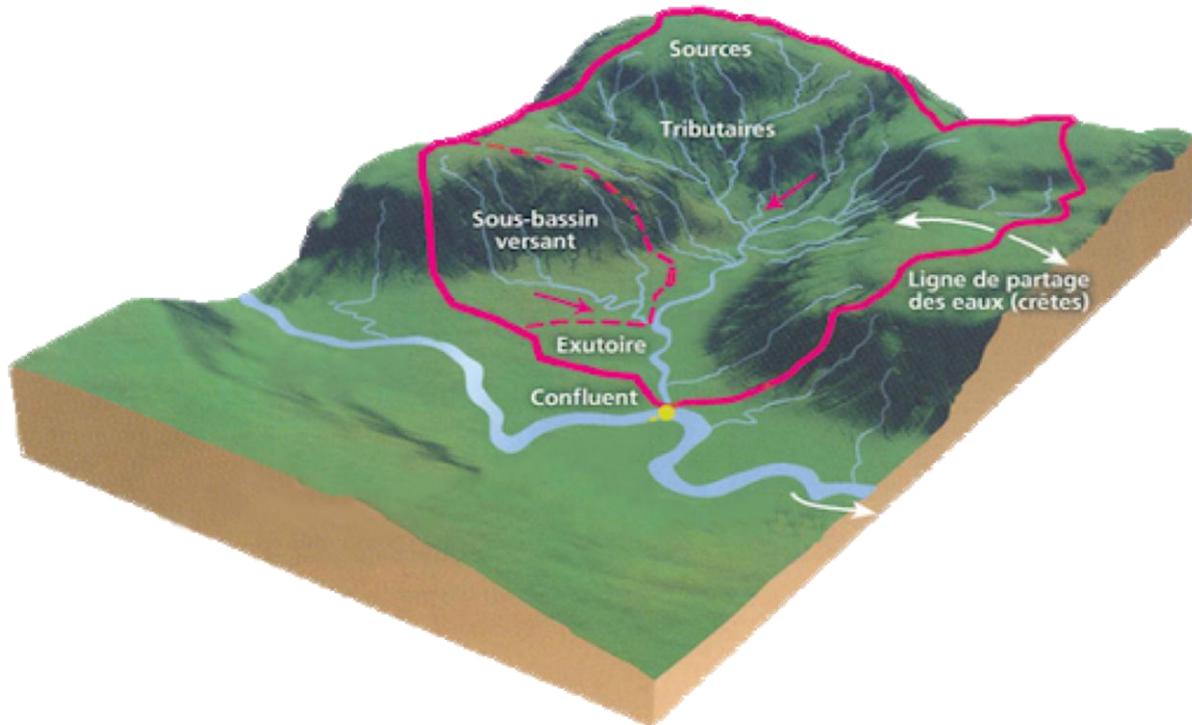
**Figure(B2) :** Photo du barrage Bekhadda (Photo prise par ELHADJ, BOUALAM et KADI )

# **Chapitre I**

**BASSINS VERSANT**

**I.1. Définition du bassin versant:**

Le bassin versant en une section droite d'un cours d'eau, est défini comme la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il correspond à l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique.



*Figure I.1* : Schématisation du bassin versant

**I.2. Bassins Versant topographique :**

Si le sous-sol est imperméable, le cheminement de l'eau ne sera déterminé que par la topographie. Le bassin versant sera alors limité par des lignes de crêtes et des lignes de plus grande pente

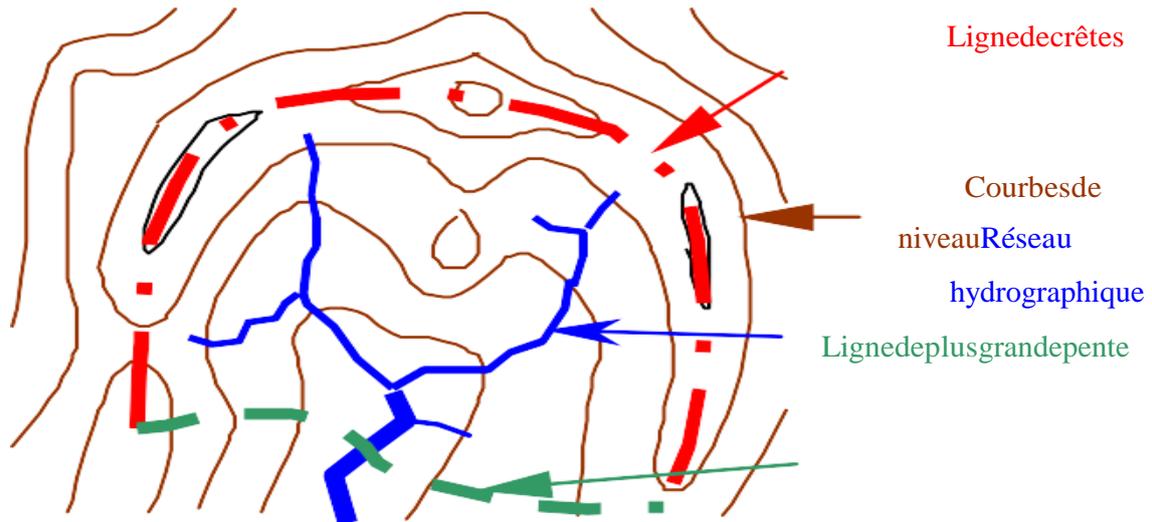


Figure I.2 : Bassins Versant topographique

**I.3. Bassin versant hydrogéologique**

Dans le cas d'une région au sous-sol perméable, il se peut qu'une partie des eaux tombées à l'intérieur du bassin topographique que s'infiltrer puis sorte souterrainement du bassin (ou qu'à l'inverse des eaux entrent souterrainement dans le bassin).

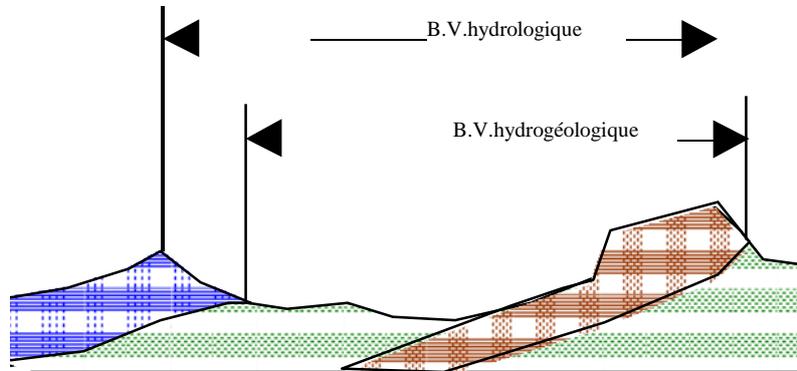


Figure I.3 : Bassin versant hydrogéologique

Lorsqu'on s'intéresse au ruissellement, la délimitation du bassin versant doit tenir compte des barrières artificielles (routes, chemins de fer, etc.).

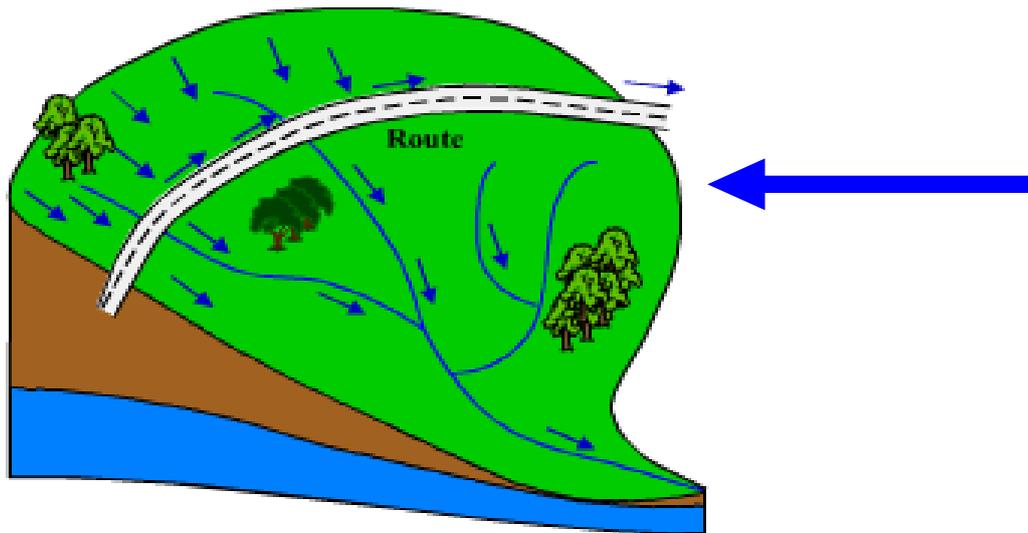


Figure I.4 : Ruissellement, la délimitation du bassin versant

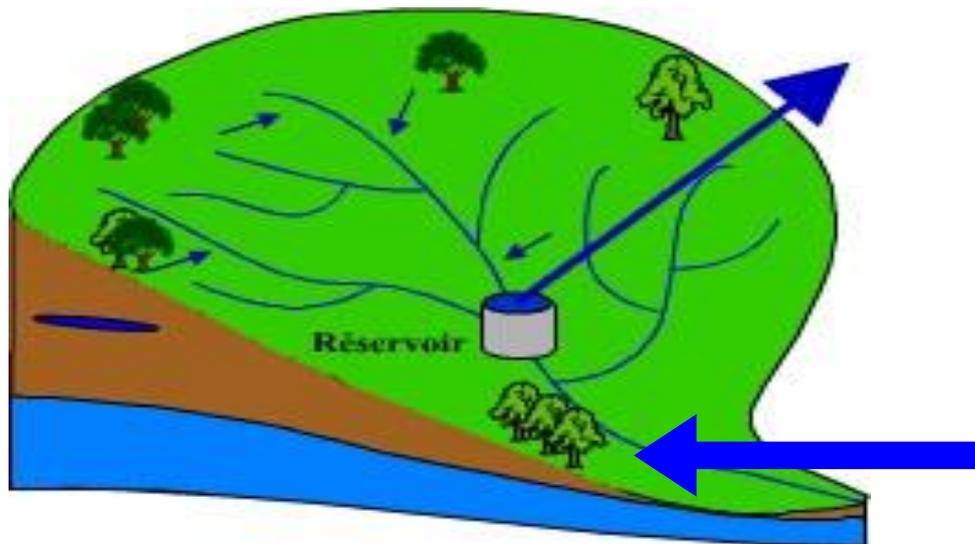


Figure I.5 : Barrières artificiel

L'hydrologie du bassin versant, et notamment la surface drainée, peuvent être aussi modifiées par la présence d'apports latéraux artificiels (réseaux d'eaux, routes, ou des dérivations artificiel les modifiant le bilan hydrologique).

L'analyse du comportement hydrologique d'un bassin versant s'effectue le plus souvent par le **biais de l'étude de la réaction hydrologique** du bassin **face à la précipitation**.

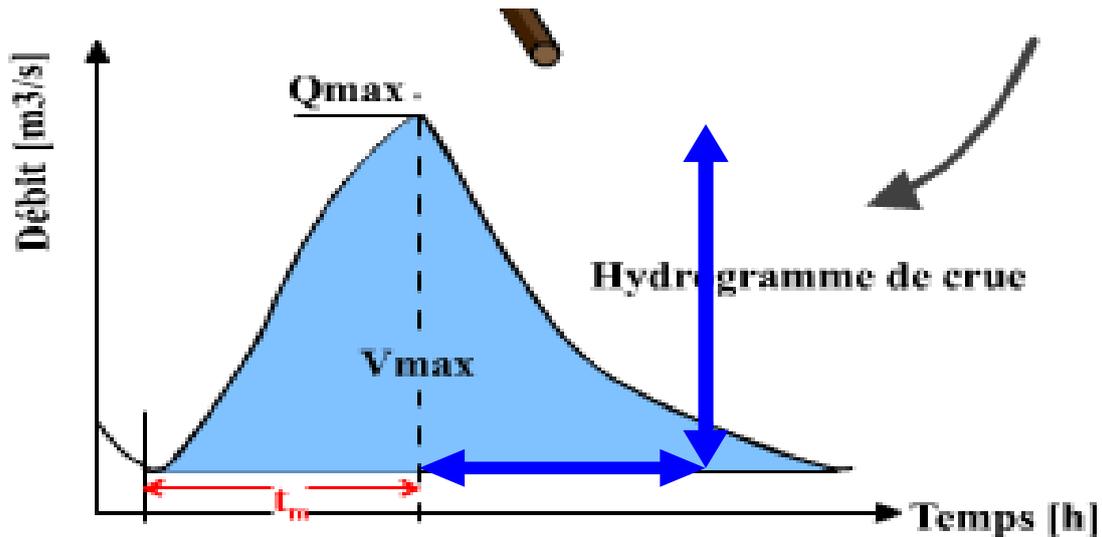


Figure I.6 : Diagramme de la réaction hydrologique

**Cette réaction hydrologique du bassin versant est caractérisée par:**

Sa vitesse (temps de montée  $t_m$ , défini comme le temps qui s'écoule entre l'arrivée de la crue et le maximum de l'hydrogramme et son intensité (débit de pointe  $Q_{max}$ , volume maximum  $V_{max}$ ).

#### I.4. Le bassin versant :

Fonctionne donc comme un collecteur chargé de recueillir les précipitations et de les transformer en écoulement à l'exutoire.

Cette transformation ne va pas sans pertes en eaux et ces pertes dépendent des conditions climatologiques régnant sur le bassin versant, et des caractéristiques physiques de ce dernier.

Deux bassins soumis aux mêmes conditions climatiques peuvent avoir un régime d'écoulement totalement différent.

Cette différence est principalement causée par les diverses caractéristiques physiques des deux bassins.

**.Le bassin versant peut être caractérisé par:**

- Sa morphologie (forme, relief, densité de drainage)
- la nature du sol

- la couverture végétale

### .Le bassin versant étant l'aire :

De réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau , les débits vont être en partie reliés à sa surface.

### .La surface du bassin :

Versant peut être mesurée par:

- super position d'une grille dessinée sur papier transparent,
- par l'utilisation d'un planimètre ou, mieux
- par des techniques de digitalisation.

#### I.4.1.La forme d'un bassin versant :

Ce influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant .ci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire .Ce phénomène est lié à la notion de temps de concentration.

- Les bassins en forme d'éventail (**BV1**), présentant un temps de concentration plus court (**tc1**) , auront les plus forts débits de pointe.

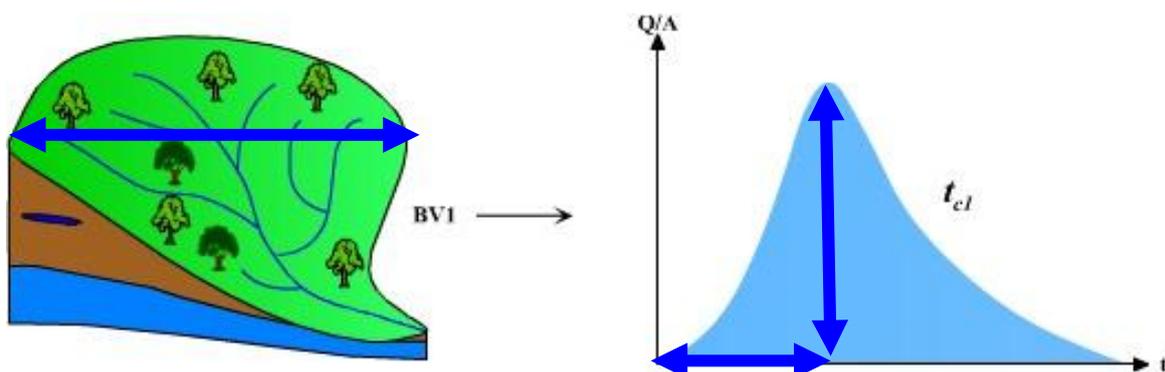


Figure .I.7 : Forme d'éventail du bassin (BV1)

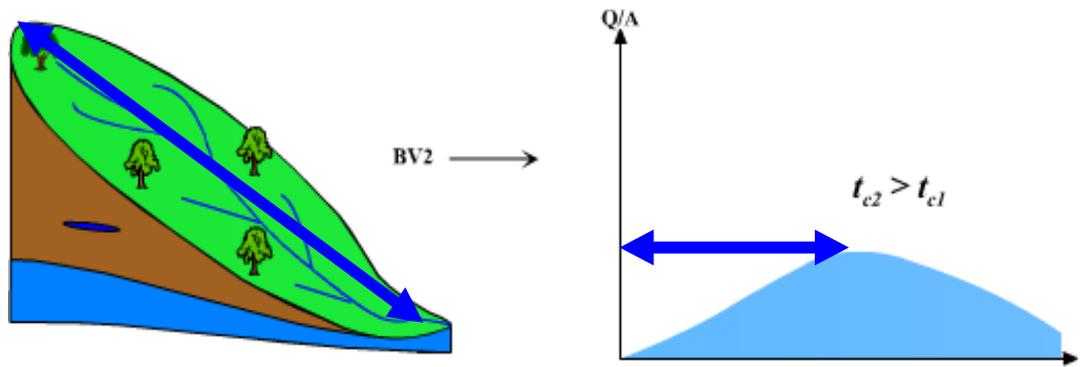


Figure I.8 : Forme allongée du bassin (BV2)

Une forme allongée (BV2) favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue.

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux.

L'indice de compacité de Gravelius:  $K_G$

Avec : 
$$K_G = \frac{P}{2 \times \sqrt{\pi \times A}} \approx 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$K_G$ : est l'indice de compacité de Gravelius,

**A**: surface du bassin versant [ $\text{km}^2$ ],

**P**: périmètre du bassin [km].

Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface.

Il est **proche de 1** pour un bassin versant de forme quasiment circulaire

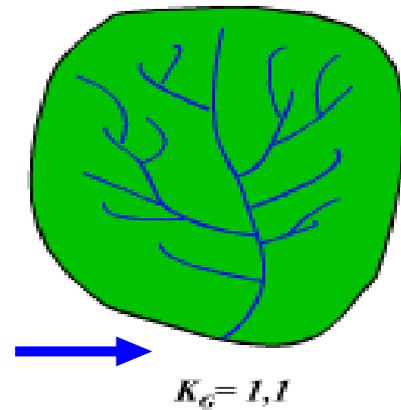


Figure I.9 : Forme quasiment circulaire

et **supérieur à 1** lorsque le bassin est de forme allongée.

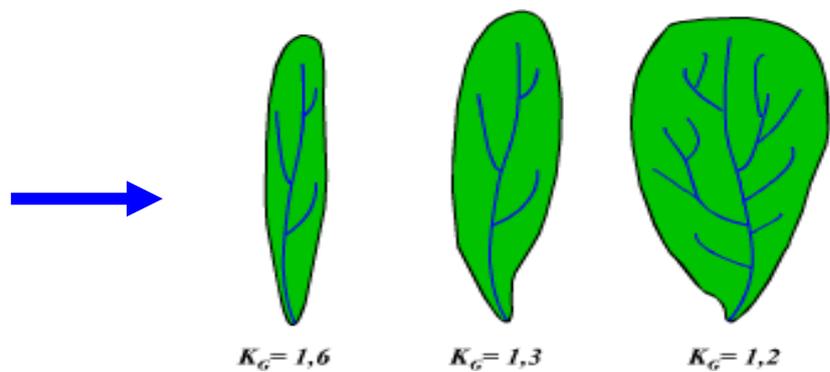


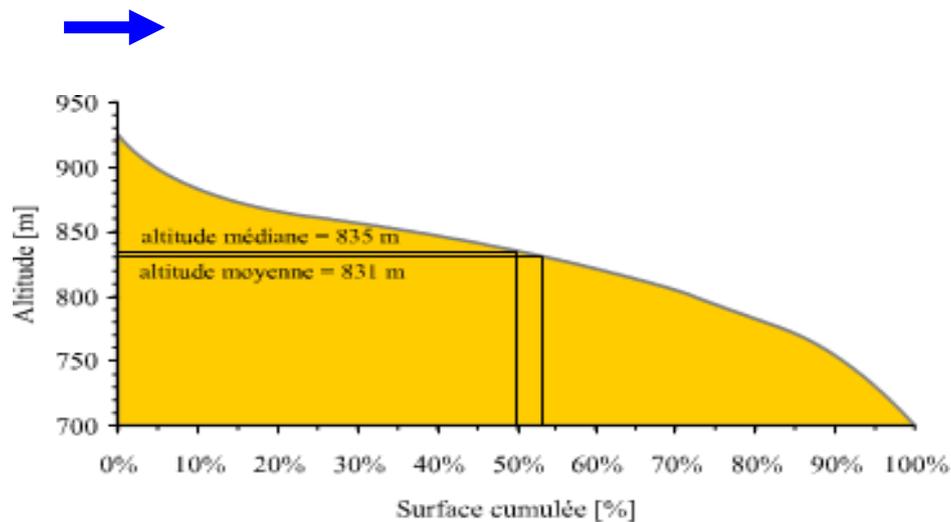
Figure I.10 : Forme allongée

### I.5.L'influence du relief :

Sur l'écoulement se conçoit aisément ; carde nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude et la morphologie du bassin.

En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants:

Cette courbe hypsométrique représente la répartition de la surface du bassin versant

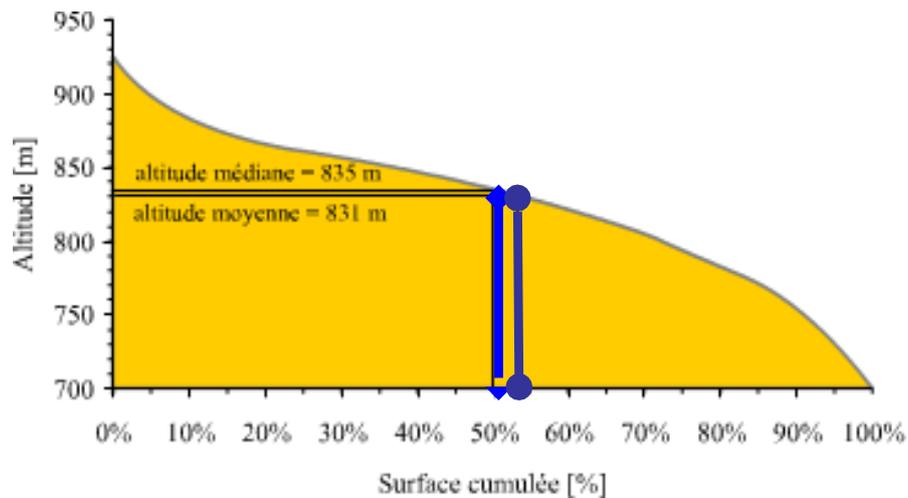


**Figure I.11 :** Courbe hypsométrique

En Fonction de son altitude. Elle exprime la superficie du bassin ou le pourcentage de superficie, au- de là d'une certaine altitude.

#### I.5.1.L'altitude médiane :

Correspond à l'altitude lu eau point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique.



**Figure I.12 :** Courbe hypsométrique

Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière.

#### **I.5.2.Les altitudes maximales et minimales :**

Sont obtenues directement à partir de cartes topographiques

#### **I.5.3.L'altitude maximale :**

Représente le point le plus élevé du bassin.

#### **I.5.4.L'altitude minimale :**

Considère le point le plus bas , généralement à l'exutoire.

Ces deux données deviennent importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que:

### **I.6.La température :**

#### **I.6.1.La précipitation et le couvert neigeux :**

Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente.

**I.6.2.L'altitude moyenne :**

Se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir comme suit:

$$H_{moy} = \sum \frac{A_i \times h_i}{A}$$

Avec :  $H_{moy}$ : altitude moyenne du bassin [m];

$A_i$ : aire comprise entre deux courbes de niveau [km<sup>2</sup>];

$h_i$ : altitude moyenne entre deux courbes de niveau [m];

$A$  : superficie totale du bassin versant [km<sup>2</sup>].

**I.7.La pente moyenne :**

Est une caractéristique importante qui renseigne sur la topographie du bassin.

Elle donne une bonne indication sur le temps de parcours du ruissellement direct – donc sur le temps de concentration  $t_c$ - et influence directement le débit de pointe lors d'une averse.

La méthode proposée par **Carlier** et **Leclerc** consiste à calculer la moyenne pondérée des pentes de toutes les surfaces élémentaires comprises entre deux altitudes données.

Une valeur approchée de la pente moyenne est alors donnée par la relation suivante:

Avec :

$$i_m = \frac{D \times L}{A}$$

$i_m$ : pente moyenne [m/km ou 0/00],

$L$ : longueur totale de courbes de niveau [km],

**D**:équidistancecentredeuxcourbesdeniveau[m],

**A**:surface du bassin versant [km<sup>2</sup>].

L'indice de pente  $I_p$  se calcule à partir du rectangle équivalent. Il est égal à la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la surface intéressée, soit:

$$I_p = \frac{1}{L} \times \sum_{i=1}^n \left( x_i \times \sqrt{\frac{d}{x_i}} \right)$$

Où

**$I_p$** : indice de pente [%],

**L**:longueurdurectangle[m],

**$x_i$** :distance qui sépare deux courbes sur la rectangle [m] (la largeur du rectangle étant constante, cette distance est égale au facteur de pondération),

**d**:distance entre deux courbes de niveau successives (peut être variable) [m],

**d/ $x_i$** : pente moyenne d'un élément [%].

### **I.8.Le bassin versant rectangulaire :**

Résulte d'une transformation géométrique du bassin réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre et donc la même répartition hypsométrique.

Les courbes de niveau de viennent des droites parallèles aux côtés du rectangle.

La climatologie, la répartition des sols, la couverture végétale et la densité de drainage restent inchangées entre les courbes de niveau.

Si **L** et **l** représentent respectivement la longueur et la largeur du rectangle équivalent, alors :

Le Périmètre du rectangle équivalent vaut :  $P = 2 \times (L + l)$

La surface :

$$A = L \times l$$

Le coefficient de compacité :  $K_G = 0.28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$

En combinant ces trois relations, on obtient cette relation:

$$L = \frac{K_G \times \sqrt{A}}{1.12} \times \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1.12}{K_G} \right)^2} \right) \text{ Si } K_G \geq 1.12$$

Le tracé des droites de niveau du rectangle équivalent découle directement de la répartition hypsométrique cumulée.

### I.9. La topologie :

Etudie les notions de voisinage et de limite. Elle est utile dans la description du réseau hydrographique en proposant une classification

Cette classification permet de décrire sans ambiguïté le développement du réseau de drainage.

D'un bassin de l'amont vers l'aval. Elle se base sur les règles suivantes :

Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre 1.

Le cours d'eau formé par la rencontre de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.

Le cours d'eau formé par la rencontre de deux cours d'eau du même ordre est augmenté d'eau.

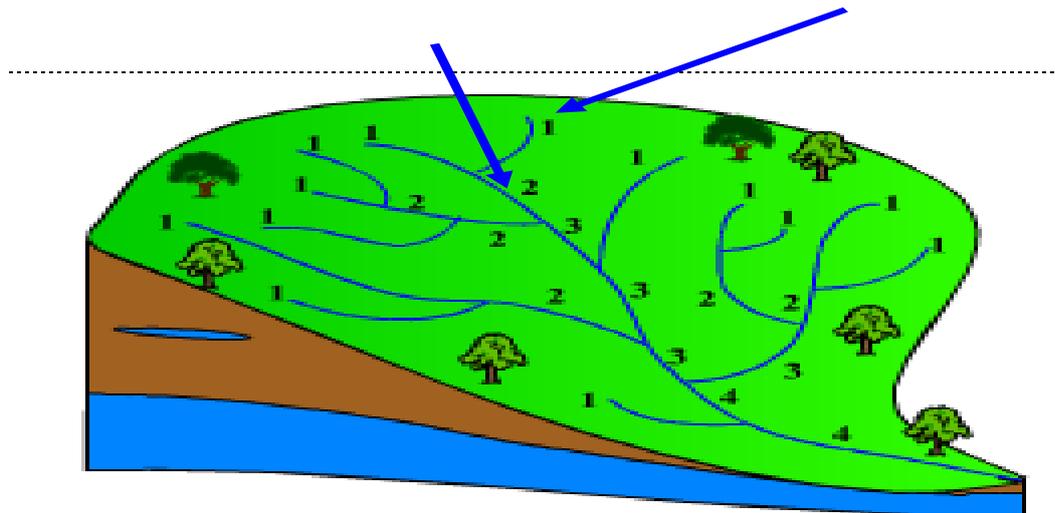


Figure I.13 : Le cours d'eau

Un bassin versant se caractérise principalement par les deux longueurs:

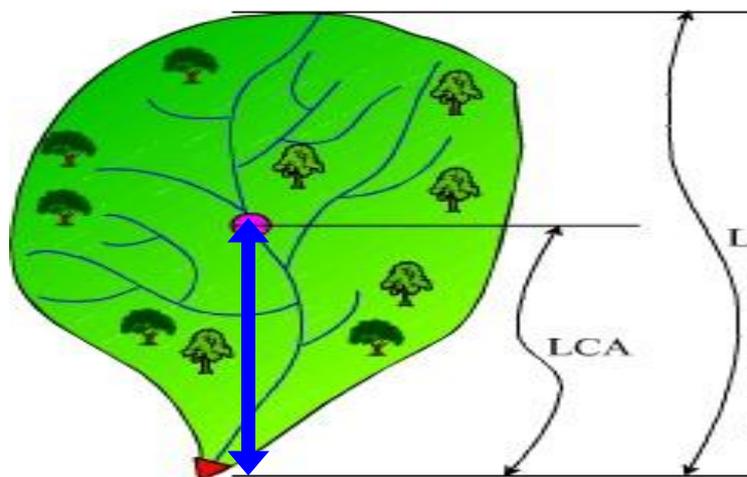
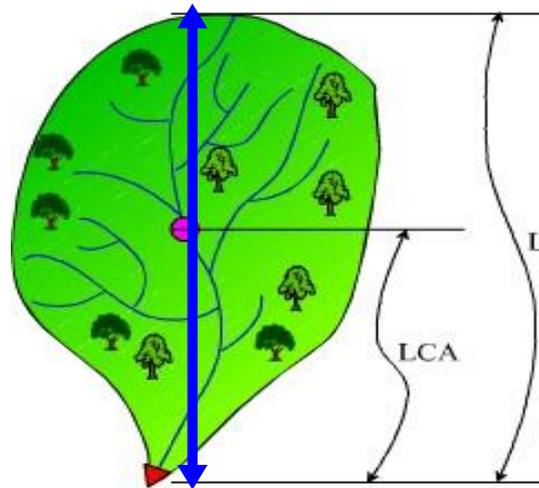


Figure I.14 : Le cours d'eau principale

- **La longueur(LCA)** : est une distance curviligne mesurée le long du cours d'eau principal depuis l'exutoire jusqu'à un point représentant la projection du centre de gravité du bassin.
- **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 les deux segments à l'embranchement sont de même ordre, on suit ce qui draine la plus grande surface.

#### I.10. La pente moyenne du cours d'eau :

Détermine la vitesse avec laquelle l'eau se rend à l'exutoire du bassin donc le temps de concentration.

Le calcul des pentes moyennes et partielles de cours d'eau s'effectue à partir du profil longitudinal du cours d'eau principal et de ses affluents.

La méthode la plus fréquemment utilisée pour calculer la pente longitudinale du cours d'eau consiste à diviser la différence d'altitude entre les points extrêmes du profil par la longueur totale du cours d'eau.

Avec : 
$$P_{moy} = \frac{\Delta H_{max}}{L}$$

**P<sub>moy</sub>**: pente moyenne du cours d'eau [m/km];

**ΔH<sub>max</sub>**: dénivellation maximale de la rivière [m] (différence d'altitude entre le point le plus éloigné et l'émissaire);

**L**: longueur du cours d'eau principal [km].

**I.11.La densité de drainage :**

Dépend de la géologie, des caractéristiques topographiques du bassin versant et des conditions climatologiques et anthropiques.

**I.11.1.La densité de drainage :**

Introduite par **Horton**, est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant:

$$\text{Avec : } D_d = \frac{\sum L_i}{A}$$

**D<sub>d</sub>**: densité de drainage [km/km<sup>2</sup>] ;

**L<sub>i</sub>**: longueur de cours d'eau [km];

**A**: surface du bassin versant [km<sup>2</sup>].

**Conclusion:**

Le bassin versant est une entité topographique et hydrologique. Le bassin versant est constitué d'une rivière principale qui prend sa source sur les hauteurs en amont (la tête d'un bassin). Cette rivière s'écoule dans le fond de la vallée pour se jeter dans un fleuve ou rejoindre la mer en aval, à l'exutoire du bassin versant.

Durant son parcours, la rivière collecte l'eau qui vient de tous les points du bassin versant : affluents, pluie, glaciers, eau souterraine.

En amont du bassin, la pente étant plus forte, la force de l'eau emporte de petites particules de terre : c'est le phénomène d'érosion. En aval, dans les zones plus calmes, avec une pente et un courant plus faibles, les particules de terre se déposent : c'est la sédimentation.

Chaque bassin versant est unique : par sa taille, sa forme, son orientation, la densité du réseau hydrographique, le relief, la géologie, le paysage de cultures, haies, forêts ou plans d'eau..., climat, urbanisation et activités humaines. Tout cela va influencer la qualité des cours d'eau qui le traversent.

# **Chapitre II**

## **LES BARRAGES**

**Introduction:**

L'homme, de tout temps et de toute civilisation, a cherché à domestiquer l'eau par des dérivations, des canaux pour la conserver, l'utiliserons en protéger en période de crue.

La principale raison qui conduit à réaliser des barrages est le stockage d'un grand volume d'eau pour qu'il soit disponible en cas de besoin.

**II.1. Définition et Historique:****II.1.1. Définition :**

Le barrage est un ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à assurer la régulation soit à pou voir à l'alimentation des villes ou bien à produire de l'énergie.

**II.1.2. Historique:**

Les barrages existent probablement depuis la préhistorique .Notamment en EGYPTE(réserve d'eau potable, d'irrigation).

1) vers 3000av-j-c: dans la vallée de GARAWI en EGYPTE.

2) en 560ap-j-c: l'historien byzantin Procope de Césarée mentionne un barrage voute en amont en maçonnerie (DARAS).

3) les romains en construisirent notamment en Espagne, dans la région Merida.

4) au moyen Age, qu'ils se sont fortement développé en Europe, notamment pour alimenter des moulins à eau.

5) en 1667 et 1675, en France le barrage de Saint-Ferréol.

6) au cours du XXe siècle, 800000 barrages ont été construit, 52000 considère comme des grands barrages.

**II.2. Les éléments techniques composant un barrage:****II.2.1. Le lit:**

Le lit d'un cours d'eau (fig01), est en général, la partie la plus profonde de la vallée dans laquelle s'écoule gravitairement un courant d'eau.

Lit mineur (lit apparent) : le Channel ou l'eau s'écoule avant débit Lit majeur

(lit d'inondation) : la partie adjacente.

**II.2.2. La cuvette:**

C'est la cour d'eau (fig02).

**II.2.3. Amont:**

Dans une rivière ou un canal de dérivation, coté d'où vient l'eau, c'est-à-dire la partie d'un cours d'eau comprise entre un point considéré et la source. (fig03).

**II.2.4. Aval :**

Dans une rivière ou un canal de dérivation, partie de cours d'eau comprise entre le point considéré et l'embouchure ou le confluent (fig03).

**II.2.5. Evacuateurs de crues:**

Le déversoir est une partie du barrage destinée à évacuer un débit depuis le réservoir amont vers un canal de décharge (fig02).

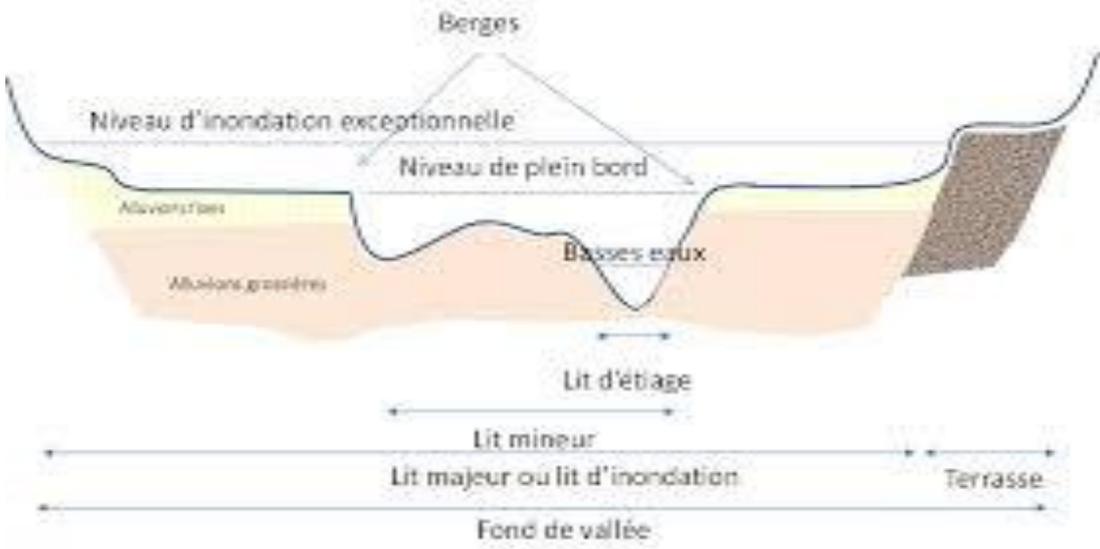


Figure II.1 : Schéma du lit d'un barrage



Figure II.2 : Vue partielle d'une cuvette

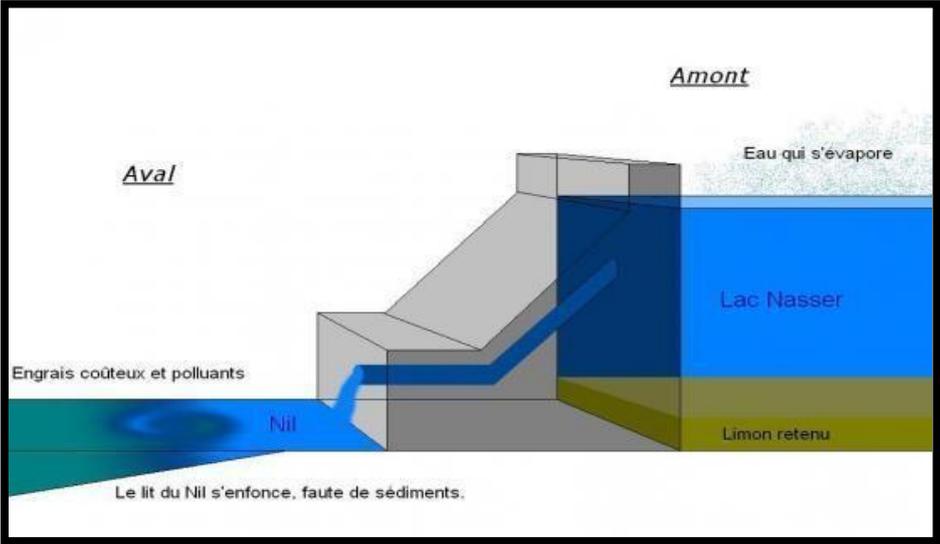


Figure II.3 : Amont et aval d'un barrage



Figure II.4 : Evacuateurs de crues d'un barrage

**II.3.Construction et Structure des barrages:**

Un barrage est soumis à plusieurs forces. Les plus significatives sont:

La pression hydrostatique exercée par l'eau sur son parement exposé à la retenue d'eau.

Les sous-pressions (poussée d'Archimède), exercées par l'eau percolant dans le corps du barrage ou la fondation.

Les éventuelles forces causées par l'accélération. sismique Pour résister à ces forces, deux stratégies sont utilisées :

Construire un ouvrage suffisamment massif pour résister par son simple poids, qu'il soit rigide (barrage-poids en béton) ou souple (barrage en remblai), Construire un barrage capable de reporter ces efforts vers des rives ou une fondation rocheuse résistante (barrage-voûte, barrage à voûtes multiples...).

**II.3.1.La fondation rocheuse:**

La fondation rocheuse convient pour presque n'importe quelle édification du barrage.

Plus souvent barrage poids.

L'aspect important à conserver le régime des fractures (failles, joint).

**II.3.2.La fondation glaveuse :**

Elles conviennent le plus généralement au barrage en terre ou en enrochement.

Le contrôle des fuites doit être assuré par un dispositif d'étanchéité et de drainage approprié.

**II.3.3.Les fondations argileuses :**

Implique presque automatiquement le choix de barrage en remblai.

**II.3.4. La fondation sablo-silteuse:**

Des fondations de site (limon) ou de sable fin peuvent convenir à l'édification de barrage en terre, voir exceptionnellement a des très petits barrages en béton moyenne des sérieuses précautions.

**II.4. Les Fonctions des barrages :**

- Approvisionnement en eau (consommation, agriculture).
- Production hydroélectrique
- Navigation.
- Contrôle d'inondation et soutien d'étiage
- Contrôle le lit du cours d'eau.
- Tourisme aquatique.

**II.5. Typologie des barrages:****II.5.1. Barrages voute:**

La forme générale peut être d'un cylindre ou d'une surface a doublé courbures, sorte de dôme ou de coupole (fig05).

Pour les vallées relativement étroites et de forme régulière.

Barrage poids :

Construit en maçonnerie ou en béton (fig06).

Sont souvent utiliser pour les vallées large ayant des fondations rocheuse et sont très épais.

Très sensible au séisme.



**Figure II.5 :** Image d'un barrage voûte



**Figure II.6 :** Image d'un barrage Poids

### **II.5.2. Barrages à contrefort :**

Sont, pour la plupart, des murs plats ou en multi voûte en béton qui s'appuie sur des contreforts en béton armé eux même encastrés dans la fondation (fig07).

### **II.5.3. Barrage en remblais :**

On appelle barrages en remblais, (fig08), tous les barrages constitués d'un matériau meuble, qu'il soit très fin ou très grossier (enrochements).

Le barrage homogène est un barrage en remblai construit avec un matériau suffisamment étanche (argile, limon). C'est la technique la plus ancienne pour les barrages en remblais.

### **II.5.4. Barrages mobiles à aiguilles:**

Il est généralement édifié en aval du cours des rivières, de préférence à l'endroit où la pente est la plus faible. On utilise généralement ce type de barrage dans l'aménagement des estuaires et des deltas.



FigureII.7 : Image d'un Barrage à contrefort



FigureII.8 : Image d'un Barrage en remblais



**Figure II.9 :**Image Barrages mobiles à aiguilles

### **II.6. Les barrages en Algérie :**

Le secteur hydrique en Algérie compte 94 barrages répartis sur tout le territoire national, qui relèvent du Ministère des Ressources en Eau (MRE).

Ces barrages, sont des retenues d'eau qui dépendent des 58 Directions de Wilayas des Ressources en Eau et de l'Hydraulique en Algérie, et qui sont gérées par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT).

L'exploitation de l'eau potable de ces barrages est effectuée par l'Algérienne Des Eaux (ADE).

Annuellement, le pays bénéficie de 12 milliards de m<sup>3</sup> d'eau de précipitations soit, un remplissage de près de 9 milliards de m<sup>3</sup> par an grâce à ces infrastructures qui permettent aussi de fournir 3,5 milliards de m<sup>3</sup> d'eau potable.

**II.7.situation et historique :**

Le bassin du oued djrad est situé dans la wilaya de Tiaret à 30km au sud-ouest de la ville de Sidi Abderrahmane et a 3km de la R.N.111 vers l'Est.

Une superficie de 7.7km<sup>2</sup>

X = 1.7015 m

Y = 34.6275m

Z = 918.226 m

**II.8.accessibilité :**

La zone du Oued djrad est accessible depuis plusieurs points, l'accès principal c'est à partir de la route nationale RN111, et plusieurs accès secondaire entre la route qui relie Sidi Abedrahmane et la limite de wilaya Tiaret avec wilaya de el bayadh.

**II.9.Etude et calcul d'un Barrage en terre :****II.9.1.Détermination de la hauteur du barrage et dimensionnement du réservoir****-Faisabilité d'un barrage**

Etapas de l'étude de faisabilité.

**II.9.2.Etude Topographique et géomorphologique :**

-Situation géographique.

-Choix de l'axe de la digue.

-Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant.

-Caractéristiques de forme

-Indice de compacité de Gravellius , Rectangle équivalent.

-Hypsométrie,

- Hydrographie.

-Morphométrie.

**II.9.3. Etude géologique et géotechnique:****3.1. Etude géologique et Hydrogéologique**

- Géologie du site et de la cuvette.
- Aperçu sur l'hydrogéologie.
- Sismicité du site.
- Matériaux de construction, - Fondation de la digue.

**3. 2. Etude géotechnique :**

- Travaux de reconnaissance .
- Site du barrage.
- Zones d'emprunt.
- Site d'approvisionnement du sol de la digue et carrière d'enrochement.
- Etude des caractéristiques du sol de la fondation et du remblai (Laboratoire).

**II.9.4. Etude hydrologique :**

L'étude hydrologique d'un projet de barrage a pour but l'estimation de tous les paramètres hydrologiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages.

Il est donc nécessaire de se préoccuper des conditions de remplissage de la réserve d'une part et de faire en sorte que le barrage ne soit pas un obstacle au passage des crues qui risqueraient de le submerger. A cet effet, il faut étudier:

- Les apports mensuels et annuels.
- Les débits instantanés pour définir les crues maximales pouvant entrer dans la retenue.

Pour cette étude il est nécessaire d'avoir toutes les données:

- Climatiques (Températures, Précipitations).
- Apports liquides (Estimation de l'apport liquide).

- Etudes des débits ( $P_{jmax}$ , Pluies courte durée, Détermination des débits de crue, Volumes et hydrogrammes de crue).
- Etudes des apports solides.
- Etude de la régularisation.
- Laminage des crues.

**II.9.5. Etude Technique :**

C'est la réalisation des calculs et les mesures nécessaires pendant l'élaboration du projet en respectant les conditions économiques (minimisé le coût).

Cette étude consiste à la conception du barrage et étudier les problèmes suivants:

- Eviter tous danger de submersion.
- La ligne de saturation ne doit pas passer le niveau du massif de drainage (Cas B. remblai).
- Les pentes des talus amont et aval doivent assurer la stabilité du barrage.
- L'inexistence dans le corps ou dans l'assise d'aucun passage préférentiel permettant aux eaux de cheminer de l'amont à l'aval.
- Etanchement contre les fuites et l'eau qui arrive à passer à travers le corps du barrage ou les terrains d'assise doit ressortir à l'aval avec des vitesses faibles que possible a fin d'éviter que les matériaux fins ne soit pas emportés.
- Le parement amont doit être protégé contre l'action des vagues et des corps flottants, et le parement aval contre l'érosion provoquée par l'eau de pluie et le vent

**II.5.1. Conception du barrage:**

Le type et la conception du barrage (profil général du barrage) est choisie selon les conditions locales du site.

**II.5.2. Dimensionnement du barrage :****II.5.2.1. Détermination de la revanche :**

La revanche (R) c'est la tranche comprise entre la côte des plus hautes eaux et la crête de la digue. Elle a pour fonction d'assurer une protection contre les effets des vagues. Elle est estimée par la formule de DAVIS suivante:

$$R = 0.75H_v + \frac{V^2}{2g}$$

Où V est la vitesse de propagation des vagues en (m/s), évaluée par la formule de GAILLARD suivante:

$$V = 1.5 + 2HV$$

La hauteur des vagues  $H_v$  en (m) est calculée par la formule de STEVENSON, qui permet d'évaluer la hauteur des vagues en fonction de la longueur du plan d'eau (FETCH, mesurée graphiquement sur plan topographique):

$$H_v = 0.34 + 0.34\sqrt{L} - 0.26\sqrt[4]{L} \quad \text{Pour } L < 18 \text{ km.}$$

$$H_v = 0.34L \quad \dots\dots\dots \text{Pour } L > 18 \text{ km.}$$

La revanche peut être évaluée par la formule suivante:

$$R = 1 + 0.3\sqrt{L} \text{ , Avec } L : \text{longueur rectiligne du plan d'eau (FETCH).}$$

Comme on peut l'évaluer par la formule de MALLET & PACQUANT:

$$R = 0.75H_v + \frac{V^2}{2g} \text{ Où } H = \frac{1}{2} + \frac{1}{3}\sqrt{LV} = \frac{2}{3} + \frac{2}{3}H_v$$

**II.5.2.2. Détermination de la hauteur du barrage ( $H_b$ ) :**

La hauteur du barrage est égale à la hauteur normale de la retenue (NNR), majorée de la charge maximale au-dessus de seuil du déversoir de crue ( $hd$ ) et la revanche (R).

$$H_b = (CCB - CCA) + T$$

**A) Le niveau des plus hautes eaux(PHE)**

Le niveau des plus hautes eaux est égal au niveau normal de la retenue majoré de la charge sur le déversoir de crue.

$$PHE=NNR+hd$$

**B) Côte de la crête du barrage(CCB)**

La côte de la crête du barrage est arasée à la côte correspondante au niveau des plus hautes eaux (PHE), majorée de la revanche (R).

$$CCB=PHE+R$$

**c) Tassement du corps du barrage (T)**

Pour des ouvrages conçus et réalisés dans de bonnes conditions, ces tassements sont estimés à environ 1% de la hauteur du barrage après sa construction.

$$T= 1\%(CCB-CCA) \text{ Avec: } T: \text{le tassement du barrage en(m);}$$

CCB: côte de la crête du barrage, CCA: côte de la crête du barrage à l'exutoire

**II.5.2.3. Détermination de la largeur en crête :**

On peut évaluer cette largeur par les formules empiriques suivantes:

- Formule de T. KNAPPEN:  $b = 1.65\sqrt{H_b} \dots \dots \dots >3m$  ( $H_b=3m$ )

- Formule de E.F.PREECE:  $b = 1.1\sqrt{H_b} + 1$

-Autres formules :  $b = 3.6\sqrt[3]{H_b} - 3$  ou  $b = \frac{H_b}{5} + 3$

- On prendre la grande valeur donnée par ces formules.

**II.5.2.4.-Détermination de la longueur en crête du barrage (Lc)**

Elle est obtenue par la mesure directe sur le levé topographique suivant l'axe de la digue.

**II.5.2.5. Les risbermes**

Quand  $H_b > 10m$  → réaliser le barrage avec variation de pente des talus pour assurer la stabilité.

**-La pente des talus :**

Pour déterminer la pente des parements amont et aval, on donne en général des pentes, qui paraissent optimales, compte tenu de la nature des matériaux de construction et la hauteur du barrage.

Le tableau suivant nous donne quelques valeurs, qui doivent être confirmées par l'étude de stabilité.

**Tableau II.1 :** Tableau donne la pente des talus en fonction de la nature des matériaux (THERZAGUI).

Hauteur de la digue en(m)	Type de la digue	Pente des talus	
		Amont	Aval
<5m	- Homogène	1/2.5	1/2
	- à zones	1/2	1/2
5à10m	- homogène, granularité en due	1/2	1/2.5
	- homogène, à fort pourcentage d'argile	1/2.5	1/2.5
	- à zones	1/2	1/2.5
10à20m	- homogène, granularité en due	1/2.5	1/2.5
	- homogène, à fort pourcentage d'argile	1/3	1/2.5
	- à zones	1/2.5	1/3

**II.5.2.6. Protection de l'ouvrage :****-Protection des talus :**

Lors de la construction du barrage en terre, il y'a lieu de protéger les talus amont et aval contre le phénomène d'érosion, qui est dû aux vents et aux pluies.

Il est également impératif de protéger la digue contre le phénomène de renard et la résurgence (retour) qui est néfaste à la stabilité du barrage.

**a) Talus aval :**

Le talus aval est protégé par une couche de 15cm d'épaisseur de terre végétale. Ce pendant les eaux d'infiltrations peuvent être considérées aussi comme un danger sur la stabilité de l'ouvrage, d'où la nécessité de disposer d'un drain aux pieds de la digue.

**b) Talus amont :**

Ce talus protégé contre l'effet des vagues par une couche d'enrochement (protection des pierres) ou par un revêtement imperméable (béton bitumineux).

Dans le cas d'un terrain perméable ou de forte hétérogénéité hydraulique (digue ou sol de fondation), l'écran peut être disposé en parement du talus amont et prolongé éventuellement verticalement à travers la fondation jusqu'au centre de la digue.

Les dimensions de l'enrochement peuvent être déterminées théoriquement en fonction de la hauteur des vague  $HV$  et leur vitesse  $V$ , par la formule suivante:

$$e = C.V^2$$

Où  $e$ : épaisseur de l'enrochement.

$V$ : est la vitesse de propagation des vagues en (m/s).

La valeur de  $C$ 'est donnée par le tableau suivant:

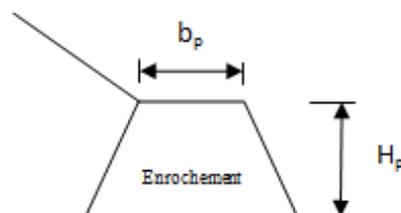
**Tableau II.2 :** Tableau donne la pente des talus en fonction de la Valeurs de C

Pente du talus	Valeurs de C pour différents poids spécifiques		
	$\theta=2.5$	$\theta=2.65$	$\theta=2.8$
1/4	0.027	0.024	0.022
1/3	0.028	0.025	0.023
1/2	0.031	0.028	0.026
1/1.5	0.036	0.032	0.030
1/1	0.047	0.041	0.038

**c)-Détermination des différentes couches de transition:**

Etude granulométrique (a partir d'une analyse granulométrique au laboratoire- courbes) des :

- Des matériaux de remblai de la digue.
- Des matériaux des filtres et drains.
- Calcul des filtres et couches (Zones) de transition.
- Vérification de l'absence du phénomène de renard.

**Prisme de drainage**

**II.5.2.7. Etude des infiltrations :****Dimensionnement du prisme de drainage :**

$$HP = (15 \text{ à } 20)\% H_b$$

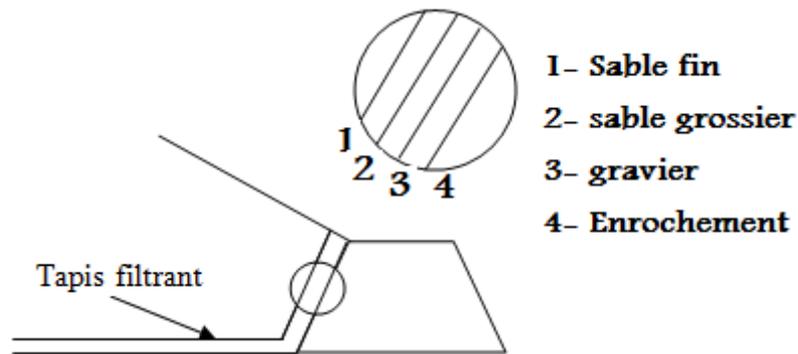
$$b_p = (2 \text{ à } 2,5) m.$$

**Dimensionnement du tapis filtrant :****Longueur:**

$$L_{\text{tapis}} = (1/3)L$$

$L_{\text{tapis}}$ : longueur du drain tapis filtrant (m).

$L$  : l'emprise du barrage.

**Epaisseur:****Infiltrations dans le corps du barrage :**

Les infiltrations dans les barrages en terre doivent être abordées sous trois angles différents où on devait aboutir à:

- La détermination de la ligne de saturation;
- La détermination des pressions interstitielles;
- Le calcul du débit de fuite;

II.5.2.8. Equation de la ligne de saturation :

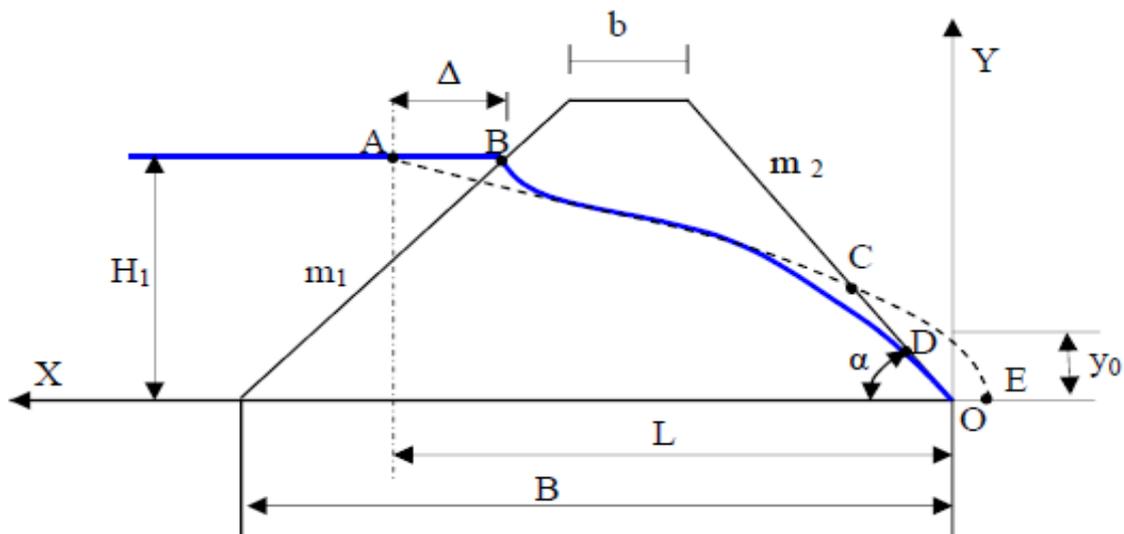
La ligne de saturation dans une coupe transversale en réalité c'est une surface suivant la quelle la pression est égale à la pression atmosphérique.

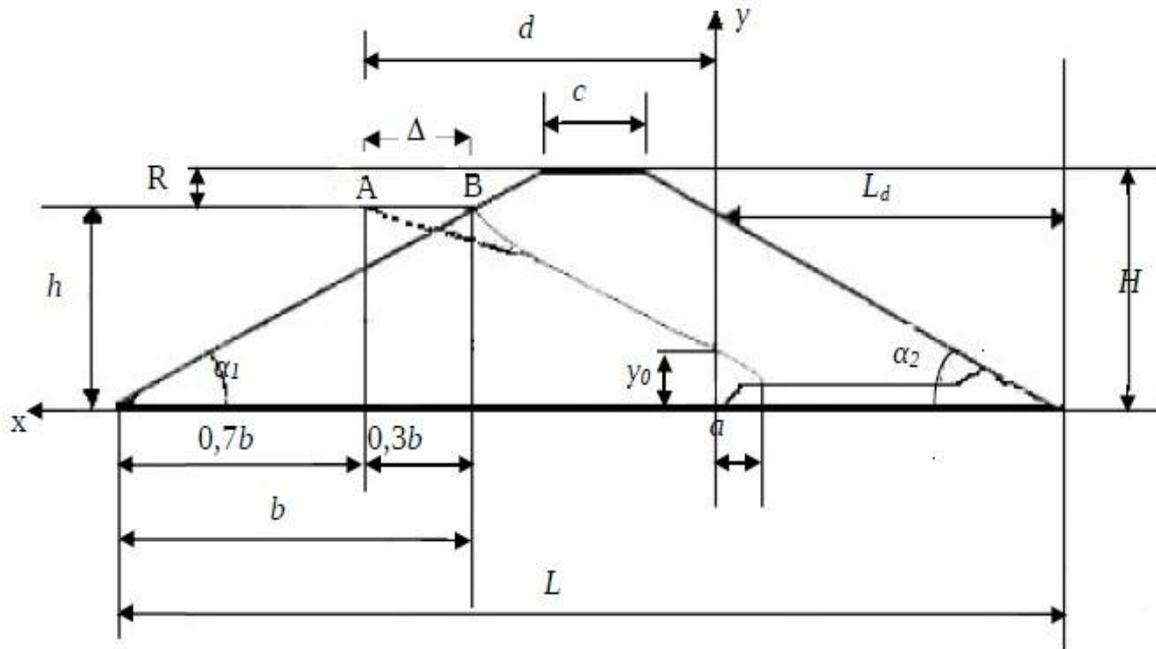
La méthode pour tracer de cette ligne a été proposée par KOZNEY qui a montré que pour un barrage en terre homogène, la ligne de saturation est assimilable à une parabole dans sa partie médiane (Voir Figures ci-dessous). L'équation de la ligne de saturation s'écrit de la manière suivante :

$$y^2 - y_0^2 - 2xy_0$$

Ladistanceentrelesdeuxpointsd'intersectiondupland'eauaveclaparabolethéoriqueetletal usamont( $\Delta$ )

En traçant la parabole de Kozney celle-ci coupe le plan d'eau à une distance qui ne coïncide pas avec le passage réelle. Elle doit être corrigée par une courbe normale au talus amont et tangente à la parabole théorique à l'aval. Pour calculer la distance séparant les deux points nous disposons de deux méthodes (VoirFigureci-dessous).





Ligne de Saturation dans un barrage en terre avec tapis filtrant. Pour tracer la ligne de saturation en calcul  $y=f(x)$  par l'équation

$$y = \sqrt{h^2 - (h^2 - h'^2) \frac{x}{L'}}$$

$h$  : hauteur du niveau normal de la retenue,

$L$ : l'emprise du barrage.

$L_t$  ( $L_d$ ): longueur du tapis filtrant.

$d$ : distance horizontale entre l'axe qui passe par la limite du tapis et la verticale qui passe par le point  $(0.7b)$ .

$b$ : la projection horizontale de la partie mouillée du talus amont.

$L' = L - b - L_t$ : distance horizontale entre le point B et l'axe qui passe par la limite du tapis  $a = h'/3$ .

Dans l'équation on donne des valeurs à  $x$  et on détermine la valeur de  $y$ , puis à partir de ces coordonnées on trace la ligne de saturation.

Calcul du débit de fuite à travers le barrage :

$$Q=q_1+q_2$$

où:  $q_1$ : débit de fuite qui traverse le massif.

$Q_2$ : débit de fuite qui traverse la fondation.

$$q_1 = \frac{1}{2} K \frac{(h^2 - h'^2)}{L}$$

débit de fuite qui traverse le massif :

**K** : coefficient de filtration du massif du barrage

**h**:hNNR

débit de fuite qui traverse la fondation:

$$q_2 = \frac{(h - h')}{L_c} * (T * K_f + \frac{h + h'}{2} * K_m)$$

**T**:épaisseurdelacoucheperméable.

**Kf** : coefficient de filtration du sol de fondation.

**Km**: coefficient de filtration du sol du massif.

$\frac{(h - h')}{L_c}$  : Gradient de filtration du massif du barrage.

# **Chapitre III**

**PRESENTATION ET CHANGEMENT  
CLIMATIQUE DE NOTRE ZONE D'ETUDE**

### III.1. Situation géographique de Tiaret:

La wilaya de Tiaret, située au Nord-Ouest de pays et couvre une superficie de 20 050.05Km<sup>2</sup> et compte de 988.129 habitants en 2022. Elle s'étend sur une partie de l'Atlas tellien au Nord et sur les hauts plateaux au centre et au Sud .Elle se caractérise par les coordonnées géographiques suivante 1°34'59Ede longitude et34°55'0Ndelatitute (DSA, 2021)

Selon sa situation géographique, la wilaya de Tiaret est considérée comme une zone de contact entre le Nord et le Sud, elle est constituée de trois grandes zones qui sont comme suit [1] :

- Une zone montagneuse au Nord,
- Les hautes plaines au centre.
- les steppes au Sud.

#### III.1.1.Limites géographiques:

La wilaya de Tiaret est limitée:

- Au nord, par les wilayas de Tissemsilt et de Relizane;
- Au sud, par les wilayas de Laghouat et d'El Bayadh;
- A l'ouest, par les wilayas de Mascara et de Saïda;
- A l'est, parla wilaya de Djelfa.

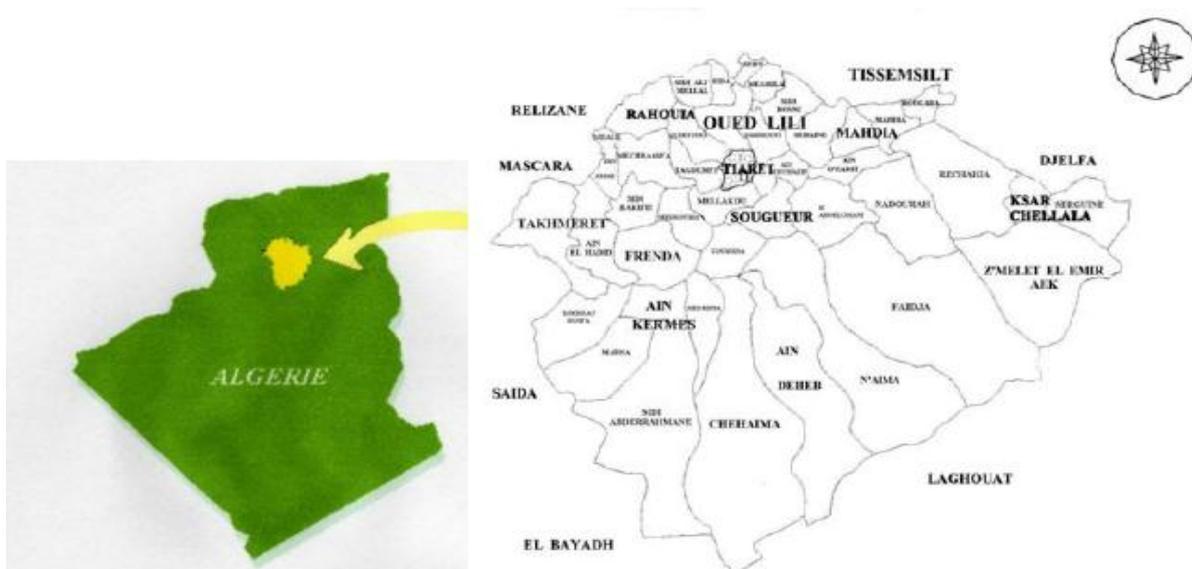


Figure III.1:Situation géographique de la zone d'étude.

**III.1.2. Dairas et Communes:**

Selon (DSA, 2021), Elle est administrativement formée de 14 dairas et 42 communes se répartissent comme suit:

<b>Dairas</b>	<b>Communes</b>
Tiaret	Tiaret
Dahmouni	Dahmouni-AinBouchekif
Rahouia	Rahouia-Guerttoufa
Frenda	Frenda-Ainhadid-Takhmaret
Hamadia	Hamadia-bougara-Rechaiga
KsarChellala	KsarChellala-Serghine-Zmalet ElEmirAbdelkader
Meghila	Meghila-Sebt-SidiHosni
OuedLilli	OuedLilli-SidiAliMellal-Tidda
Medroussa	Medroussa-SidiBakhti-Mellakou
MechraaSafa	MechraaSafa-DjillaliBenAmar-Tagdempt
AinDeheb	Aindeheb-Chehaima-Naima
Mahdia	Mahdia-AinZarit-Nadorah-Sebaine
Sougueur	Sougueur-Faidja-SiAbdelghani-Tousnina
Ainkermes	Ainkermes-Madna-Medrissa-DjebiletRosfa-SidiAbderrahmane

**III.2. Géologie :**

Du point de vue géologique le territoire de la wilaya est subdivisé en deux domaines : le domaine tellien et le domaine pré-atlassique (P.A.W.T, 1988).

Contrairement au domaine pré-Atlassique qui couvre particulièrement les zones steppiques, notre zone d'étude appartient au domaine Tellien, ce dernier caractérisé par les formations qui correspondent aux placages Plio-Quaternaire abritant la zone du Sersou; le Miocène supérieur et moyen relatif à l'ensemble de MechraaSfa Tagdempt et Djebel Guezoul; le Miocène inférieur s'étend de Tiaret à Dahmouni; l'Oligo - Miocène correspond aux Tiaret et enfin, l'Eocène calcaire se trouve au Nord-Ouest de la wilaya s'étalant de Rahouia à Djillali Ben Amar (P.A.W.T, 1988).

### III.3.Géologie locale

#### ➤ **Monts de Tiaret**

Ils font partie de la limite méridionale Ouest du massif de l'Ouarsenis. Ces monts sont formés entre autres par les djebels Mahamou, Sidi Maarouf, Bechtout, Ghezoul qui appartiennent déjà à la bordure Sud tellienne, qu'entaillent des oueds tels le Rhiau, le Tiguiest et le Tamda. Sur ces montagnes apparaissent le Barrage Bekhadda formations de miocène, de l'oligocène et du Jurassique (**Oued raogo et Arraria ,2018**).

#### ➤ **Plateau de Sersou**

Le Plateau du Sersou se présente comme une « vaste dépression allongée Ouest- Est, comblée à la fin du Miocène et pendant le Plio quaternaire par des dépôts fluviolacustres arrachés aux massifs de l'Ouarsenis et du Djebel Nador » (**Oued raogo et Arraria ,2018**).

#### ➤ **Monts du Nador**

A environ 40 km au Sud –Est de Tiaret, les monts du Nador forment un alignement des reliefs orientés SW-NE qui culmine à 1508 m au Djebel Chemeur. Ils s'étendent sur 45km environ depuis le Djebel En Nador à l'Ouest jusqu'au Djebel Goudjila à l'Est. Ils se développent dans une zone de transition située entre les Hautes Plaines oranaises au sud et le plateau du Sersou au Nord. Ces monts appartiennent aux domaines pré atlasique. La chaîne du Nador est constituée de terrains jurassiques et laisse apparaitre un anticlinal du Trias (argile bariolée, gypse et calcaire) et du Jurassique (calcaire, dolomie et marne) (**DRE Tiaret, 2007**).

#### ➤ **Chott Chergui**

Cette région se trouve à la lisière méridionale des hauts plateaux. La cuvette de Chott Chergui correspond à un vaste synclinal formé de dépôts Jurassico-crétacé, orienté N50°E, s'élève lentement vers le Nord en direction des monts de Saida. Des failles et plis locaux de petite taille sont observés au niveau d'Ain Skhoua et soulignent le passage à la chaîne Pré-Atlasienne.

Le flanc Sud est traversé par une grande fracture qui met en contact le domaine Atlassien et le domaine Pré-Atlasien (accident Nord-Atlasique). Un épais remblai Miocène Pliocène, peu déformé, est observé dans la plaine du Chott Chergui. Les séries Quaternaires sont de nature lagunaire avec des dépôts argileux, travertins, des encroutements calcaires et gypseux. Le Crétacé inférieur continental au Cénomaniens et Turonien sont observés à l'Est du Chott Chergui (présence de sédiments) (**Oued raogo et Arraria ,2018**).

➤ **Plateau d'Ain Deheb**

Le plateau d'Ain Deheb occupe la partie méridionale des hauts plateaux steppiques qui descendent vers Chott Chergui et la vallée de l'Oued Touil. Cette région est constituée d'un vaste bassin continental établi sur d'amples structures à plis très doux, comme le synclinal du Chott Chergui, qui marquent le passage de la chaîne du Nador et des Monts de Saida. Au N-E, le plateau est délimité par des bas reliefs calcaires très disséqués, essentiellement Jurassico-crétacés, et par de vastes ondulations, de Medrissa à Ain Kermes avec l'interposition superficielle des dépôts continentaux Pliocène, unissent le Djebel Nador aux Monts de Saida ; le flanc septentrional du Chott remonte vers les Monts de Saida avec les reliefs des Djebels Hameria, El Chebka et Ain Toual. La limite septentrionale et Nord-orientale du plateau est constituée par la chaîne des Djebels Nador, Rechaiga et Ben Hammed qui, en s'étendant vers le Sud dans le vaste monoclinale des Djebels EzZoubiat et Faïd es Sennak (Ouedraogo et Arraria, 2018)

➤ **Pied mont Méridional**

Situé au niveau du passage de la chaîne de l'Ouarsenis aux plateaux ; il est constitué des terrains identifiés comme bordure Sud-Tellien. Le long de l'axe Laayoune, Khemisti, Tissemsilt, Dahmouni et Tiaret, le passage du piedmont au plateau du Sersou est représenté par le cours de Nahr Ouassel, tandis que Mina constitue la limite entre le piedmont Méridional et les Monts de Saida, entre Tiaret et Mechraa Sfa. Le piedmont Méridional constitue un raccordement morphologique entre l'Ouarsenis et les Hauts Plateaux ; tandis que, dans la partie centrale orientale, les vallées de Tiguiquest, Temda et de Rahouia interrompent le raccordement morphologique et que l'escarpement du Djebel El Guezoul pose comme bordure Sud-Tellienne. Le socle autochtone des rhyolites du Djebel Bechtout, délimite au Nord le piedmont Méridional (Ouedraogo et Arraria, 2018).

➤ **Le domaine Pré-Atlasique**

Couvre particulièrement les zones steppiques. La partie méridionale du territoire repose sur les plis de l'Atlas Saharien, constituée de formations marines et continentales attribuées crétacé. Entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien s'enclavent des dépressions fermées (Chott Zahrez, Chott Chergui et des Dayas), de formations souvent détritiques Tertiaire et Quaternaire qui reposent sur les séries du secondaire (Ouedraogo et Arraria, 2018).

### III.4.Lithologie des formations géologiques :

D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs géologues et en particulier par Ficheur, 1970, la région d'étude est représentée par la succession de terrains allant du Jurassique au Quaternaire. Le terrain constituant la structure du Djebel Guezoul est une superposition de bancs de grès tendres du Miocène surmontant en concordance une assise argileuse de la même formation (figI.6).

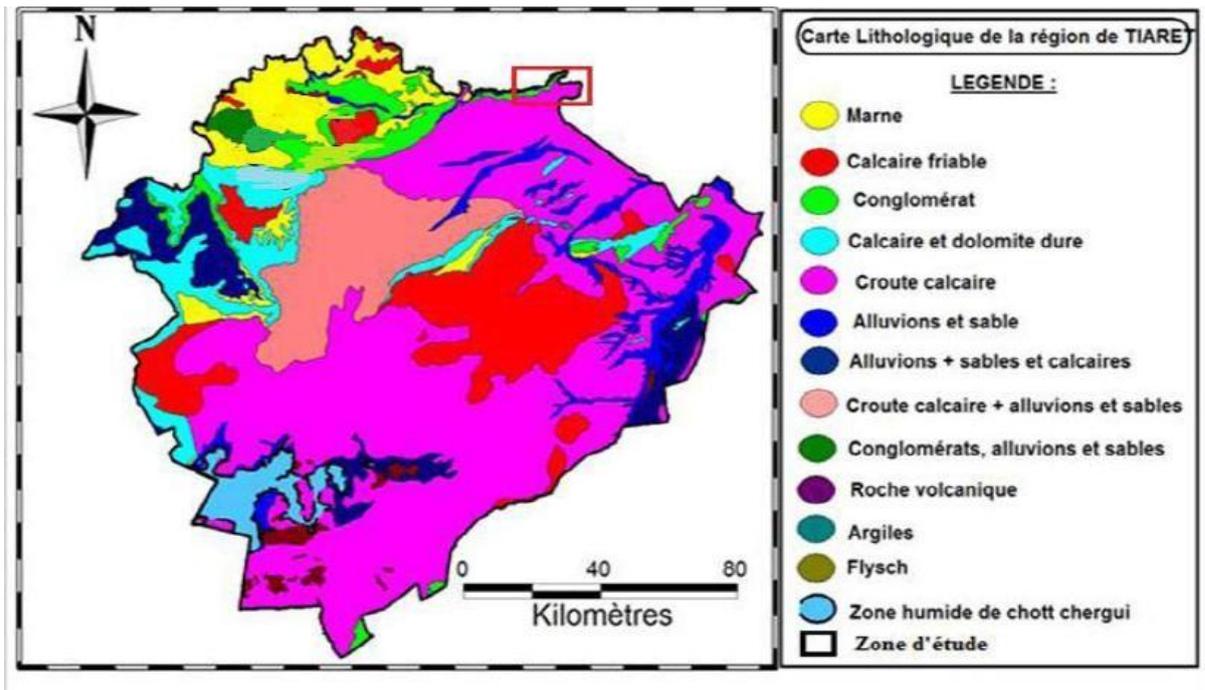


Figure III.2: La carte lithologique de la région de Tiaret (DRE Tiaret, 2014).

### III.5. Géomorphologie (Relief) :

L'analyse des photographies aériennes (1/100.000), permet d'identifier quatre unités géomorphologiques distinctes et plus ou moins homogènes. (Duvignaud, 1992). Il s'agit de : l'unité des bas piémonts l'Ouarsenis, l'unité des collines de Tiaret, l'unité du plateau du Sersou et les parcours steppiques

D'une manière globale le relief est caractérisé par le versant méridional du chaînon de l'Atlas tellien (Ouarsenis) qui constitue sa limite septentrionale, au Sud-Ouest par les monts de Frenda.

La caractérisation des différentes zones a été synthétisée à partir d'une étude récente portant rapport sur les ressources naturelles et évaluation des terres établie en 1995 par

l'Institut Technique des Grandes Cultures, Algérie (ITGC) et l'Institut Agronomico per l'Oltremare, Italie (IAO).

Le relief qui est hétérogène, est matérialisé par : une zone de montage au Nord ; des hautes plaines au

Centre ; des espaces semi-arides au Sud (68,44%). La wilaya recèle d'importantes potentialités naturelles et notamment 1.609.900 Ha de terres agricoles, 142. 966 Ha de zones steppiques et d'une zone forestière de 142.422 Ha. La superficie agricole totale est répartie à raison de 704.596 Ha agricoles utiles dont 14.561 Ha en irrigué et un million d'hectares en steppe, parcours, alfa et forêts. Elle est dominée par le système « céréales-élevage » dont l'intégration constitue l'essentiel de la production agricole et de la croissance économique.

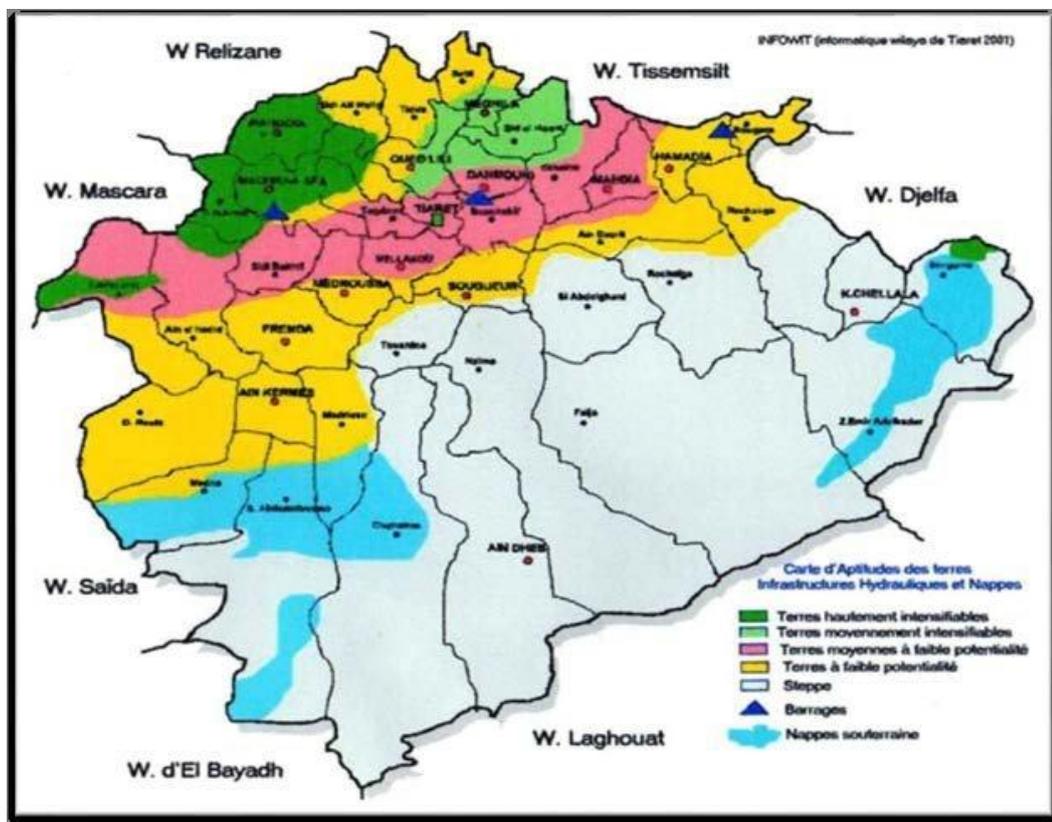


Figure III.3 : carte géographique de la wilaya de Tiaret (mise en ligne par [Hellal Benchaben](#)).

### III.6.Climat:

Carte géographique de la wilaya de Tiaret (Algérie occidentale) Elle se trouve à 1150 m d'altitude, son climat se caractérise par 02 périodes à savoir : un hiver rigoureux et un été chaud et sec avec une température moyenne de 37,2°C. Un été chaud et sec avec une température moyenne de 24°C. En période normale, la wilaya de Tiaret reçoit 300 à 400 mm

de pluies par an, avec une fluctuation saisonnière de la pluviométrie allant de 157 mm en hiver à 31 mm en été. Elle appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais où le climat est du type méditerranéen.

Le climat de Tiaret est méditerranéen de transition, avec quelques caractéristiques continentales, et semi-aride. L'hiver est assez froid, tandis que l'été est très chaud. De plus, en hiver, la ville est exposée aux vagues de froid et aux chutes de neige. La ville est située dans le nord de l'Algérie, à 1 000 mètres d'altitude.

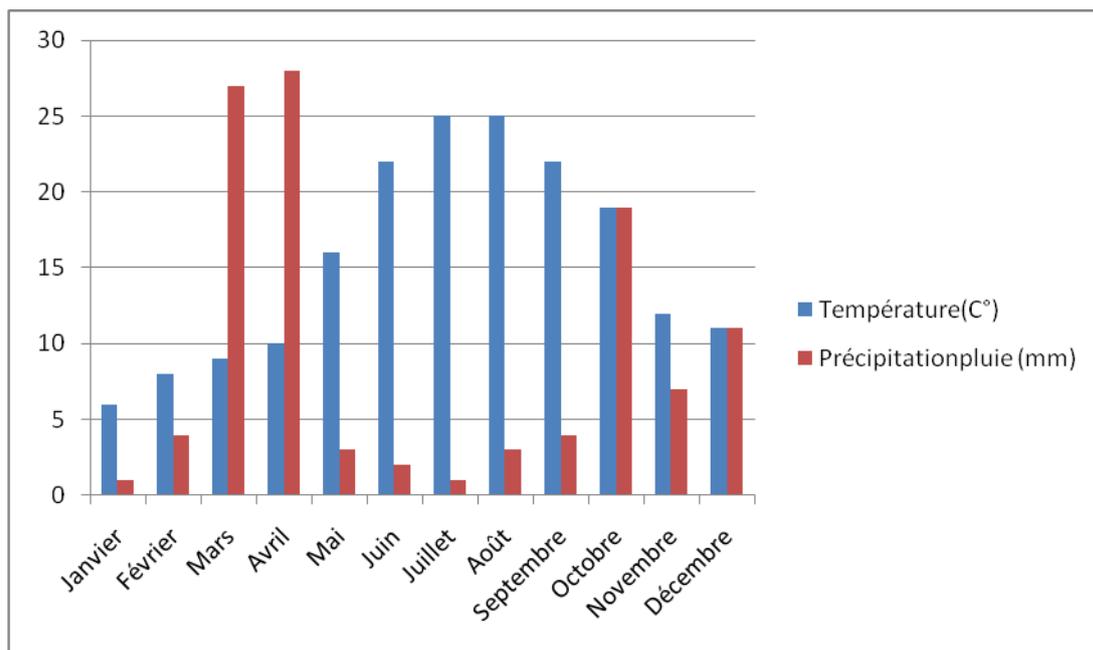


Figure III.4: Le diagramme Ombrothermique de BAGNOUL Set GAUSSEN

*Tableau III.1: Données climatiques (Année 2022).*

Mois	Température(C°)	Précipitation pluie (mm)	Humidité (%)	Vents (m/s)
Janvier	6,0	1	65	15
Février	8	4	70	16
Mars	9	27	74	30
Avril	10	28	81	26
Mai	16	3	60	18
Juin	22	2	44	21
Juillet	25	1	41	20
Août	25	3	39	22
Septembre	22	4	56	24
Octobre	19	19	53	19
Novembre	12	07	70	22
Décembre	11	11	68	22
Total ou moyen	<b>185</b>	<b>111</b>	<b>721</b>	<b>255</b>

<https://www.historique-meteo.net/afrique/algerie/tiaret/2022>

### III.7.Quotient Climagramme d'EMBERGER:

Cet indice climatique est le plus fréquemment utilisé pour caractériser le bioclimat d'une région méditerranéenne, et notamment en Afrique du nord. Le quotient pluviométrique (Q<sub>2</sub>) est déterminé par la formule établie par EMBERGER.

$Q_2 = 2000P / (M^2 - m^2)$  Dont:

P: moyenne des précipitations annuelles.

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m: moyenne des minima du le plus froid.

## a. Précipitation annuelle:

**Tableau n°02:** Evolution des précipitations moyenne annuelles (mm) dans wilaya de Tiaret durant la période (2009-2022).(DSA,2022)

Niveau	Années	Total précipitation (mm)
Niveau1	2009	471
Niveau2	2010	357
Niveau3	2011	310
Niveau4	2012	520
Niveau5	2013	318
Niveau6	2014	368
Niveau7	2015	379
Niveau8	2016	302
Niveau9	2017	501.5
Niveau10	2018	368.6
Niveau11	2019	299.2
Niveau12	2020	332
Niveau13	2021	204
Niveau14	2022	110

D'après le tableau ci-dessus ; on remarque que la pluviosité est marquée par une grande variabilité, les années les plus pluvieuses sont celles de (2009-2010), (2012- 2013) et (2017- 2018) avec un cumul annuel moyen de 438,5 mm, de 419 mm et 444,3 mm respectivement, l'année la plus sèche est de (2021- 2022) avec un cumul annuel moyen de 157 mm.

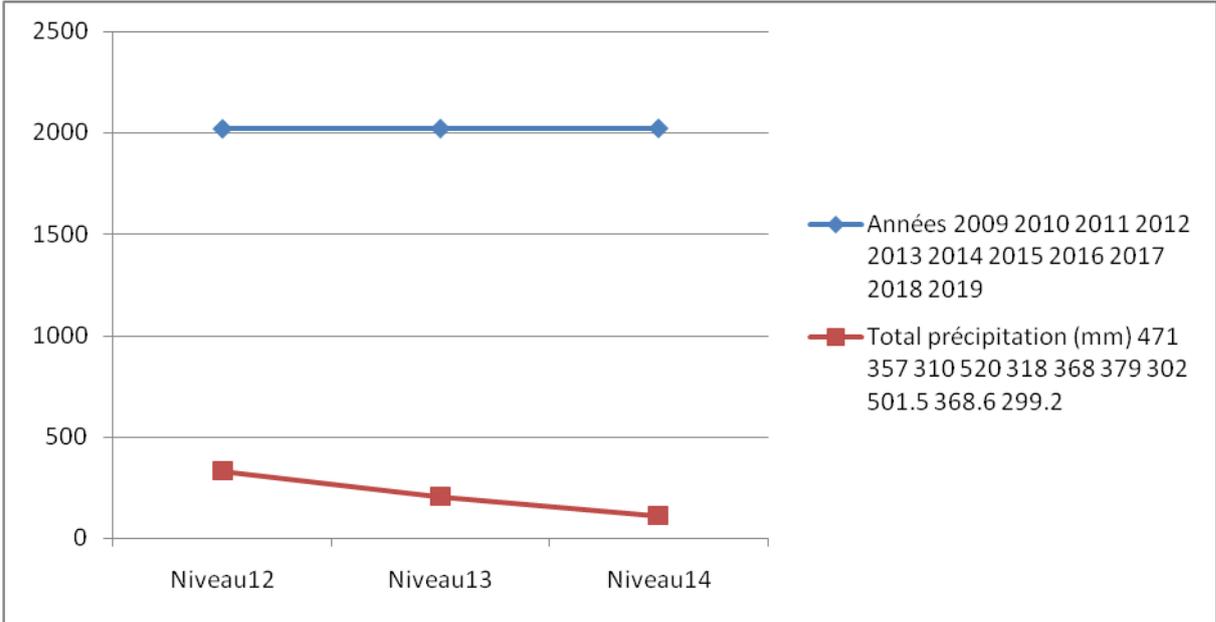


Figure III.5 : Diagramme Précipitation

**Relief de la wilaya :**

Le nord qui coïncide en gros avec l'ensemble tellien, regroupe la vallée de la Mina et les monts de Tiaret. Ces monts constituent une zone collinaire et montagneuse dont le plus important est le Djebel Guezoul qui culmine à plus de 1200 m et s'oriente suivant la direction Sud-ouest Nord-est. Le relief est accidenté, avec des versants raides et fortement entaillés par de profonds ravins ; A cela s'ajoute à l'est, le plateau de Sersou qui est une bande étroite plus ou moins tabulaire marquant une transition vers le domaine steppique. L'altitude moyenne est de 950m, et il se caractérise par une succession de cônes de déjection, de pentes moyennes à faibles. Le sud correspond aux zones steppiques avec des sous espaces : le massif du Nador, le secteur oued Soussalem, Rechaiga, la vallée d'oued Mina avec ses affluents, la zone des expérimentations d'aménagement de la steppe, la sous zone périphérique du Chott Chergui abritant le périmètre aménagé d'Ain Skhoua et les sebkhas (Ouedraogo et Arraria ,2018).

**III.8.Hydrologie et Hydrogéologie :****Les ressources en eaux :****Les eaux superficielles :**

D'après le site officiel de la Direction de l'Hydraulique ([www.wilaya-tiaret.dz/dhw.html](http://www.wilaya-tiaret.dz/dhw.html), 2014), les nappes aquifères reconnues à travers le territoire de la Wilaya recèlent d'importantes ressources hydriques dont 53% sont utilisées au profit de l'alimentation en eau potable, à l'irrigation et l'alimentation des unités industrielles. Ces nappes sont mal délimitées et mal quantifiées. Elles nécessitent un bilan hydrogéologique et un suivi rigoureux. Notre zone d'étude est appartenante au bassin versant de l'Oued Mina, Le bassin versant de l'Oued Mina est le plus important, et le plus intéressant des sous bassins versants de cette Wilaya. Il contribue à l'alimentation de la prise de Sidi Ouadhah et du barrage Bakhadda.

Ce bassin versant dont la superficie est de 2056 Km<sup>2</sup>, repose sur des roches calcaires le plus souvent occupe la partie occidentale du bassin du Chelef ; la Haute Mina ne représentant qu'un tiers de ce grand cours d'eau (Bouchentouf, 1994). L'Oued Mina occupe un domaine assez particulier de part son aspect structural et tectonique.

En effet, on peut situer d'une façon très grossière l'Oued Mina entre la plaine de Relzaine au Nord -Ouest et le parallèle de Tiaret à l'Est. Cet Oued recoupe en fait la partie des

piéments occidentaux du massif de l'Ouarsenis et la partie septentrionale des hauts plateaux Oranais.

Sur le plan hydrographique, Oued Mina et Oued Tlilate sont les principales cours d'eau permanentes qui traversent les monts de Tiaret. La région est aussi contienne d'autres cours d'eau sont temporaires. (Carte. 06).

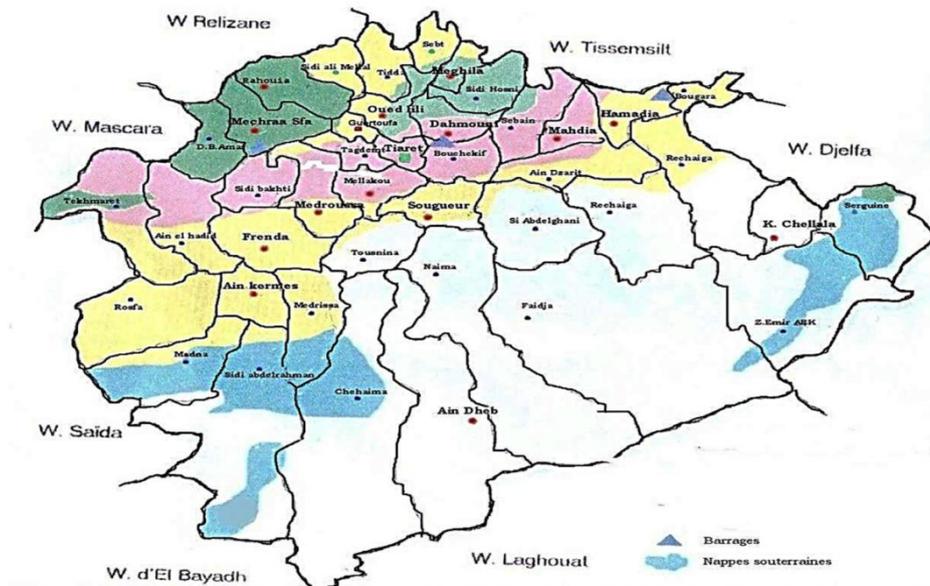
**Tableau III.3:**Les principaux oueds mina de la wilaya de Tiaret (CF Tiaret).

Cours d'eau	Pluviométrie (mm)	Bassin versant (Km <sup>2</sup> )	Apports annuels moyens(Hm <sup>3</sup> )
OuedMina	582	4900	50–80
Nahr Ouasel	70	425	52

➤ **Oueds :**

Le réseau hydrographique est constitué de nombreux oueds, dont les plus importants sont: Oued Mina et Oued ouasel.

La carte suivante (figure III.6) représente l'eau superficielle de la wilaya de Tiaret.



**Figure III.6 ;** les ressources hydriques dans la wilaya de Tiaret (DSA,2021)

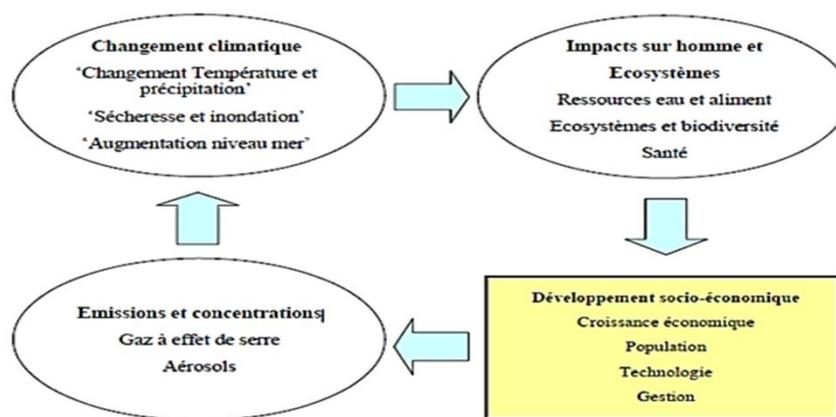
### III.9. Notion de climat :

Le climat est défini comme étant une description statistique de l'état moyen de l'atmosphère et des variations spatiales et temporelles des variables climatiques telle que la température, la pluviométrie, l'humidité, le vent et la pression sur une période allant de quelques mois à plusieurs millions d'années (**Alexandre et al.2009**).

Selon le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), le climat désigne généralement le « temps moyen »; il s'agit plus précisément d'une description statistique du temps en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes de plusieurs années.

Le climat de la terre dépend de nombreux facteurs tels que la teneur en gaz à effet de serre (GES) de l'atmosphère, la quantité d'énergie provenant du soleil, aussi bien les propriétés de la surface de la terre. Quand il y a une modification de ces facteurs, ceux-ci provoquent un réchauffement ou un refroidissement de la planète.

Le changement climatique est le résultat, en grande partie, de l'activité humaine et en particulier de la production industrielle, et de l'évolution de l'usage de la couverture des sols. Ces types d'activités contribuent à une augmentation des concentrations de dioxyde de carbone, de méthane et d'autre gaz à effet de serre ainsi que d'aérosols dans l'atmosphère, perturbant ainsi le bilan énergétique de l'enveloppe superficielle terrestre (IPCC,2007). Pour autant, les activités humaines sont sensibles à l'état du système climatique, et l'impact de l'évolution de ce dernier entraîne une boucle de rétroaction décrite dans la figure suivante.



**Figure III.7:** Descriptif du changement climatique (IPCC,2007).

### III.10. Définition du changement climatique:

Le terme "changement climatique" se réfère à tout changement du climat, qu'il soit d'origine naturelle ou dû aux activités humaines (GIEC,2001).

D'après la Convention Cadre de Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), les changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables.

Durant le dernier siècle, le changement climatique correspond à des variations de l'état du climat que l'on peut déceler par des modifications des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité).ce changement climatique peut être dû à des modifications de la composition de l'atmosphère par les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines GIEC (2007).

Les changements climatiques, du fait de l'augmentation prononcée de température, de la baisse significative des précipitations et des sécheresses plus fréquentes et intenses, ne

permettent pas la régénération du couvert végétal et constitueront une menace grave pour le secteur agricole. Le processus de changement climatique se traduirait également par une chute des rendements agricoles. Les différentes études affirment que l'augmentation des températures et de leur variabilité implique un décalage et une réduction des périodes de croissance, ainsi qu'une accélération de la dégradation des sols et de la perte de terres productives. De ce fait, la production agricole accusera des réductions moyennes des rendements des céréales de 5,7 % à près de 14. (FAO, 2015)

Selon les prévisions, le changement climatique s'accélérera encore à l'avenir: en fonction des émissions de gaz à effet de serre, il faut s'attendre à une poursuite de la hausse des températures de 0.8 -2.4°C d'ici 2050, et de 1.4 -5.8 °C d'ici la fin du XXI siècle (GEIC, 1990).

Durant les dernières années, le changement climatique s'est traduit par une augmentation de la température, une irrégularité de la pluviométrie et une augmentation de l'occurrence de conditions extrêmes telles que les inondations, les sécheresses, les cyclones, les tsunamis...etc (GIEC,2007)

Parmi les facteurs qui influencent directement l'équilibre de la planète on peut citer:

### **III.11. Les facteurs agissants sur l'équilibre planétaire:**

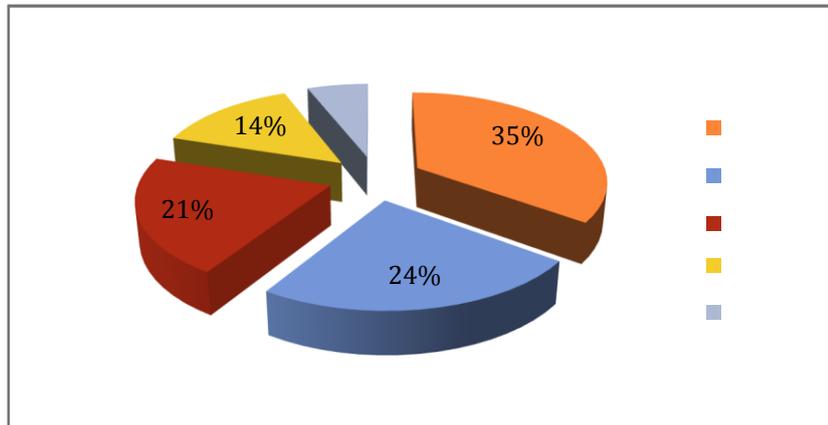
- La composition chimique de l'atmosphère.
- Le rayonnement solaire total, qui dépend de la distance du soleil et de l'activité solaire.
- Le reflet des rayons du soleil renvoyés depuis la terre vers l'espace.

### **III.12. Les gaz à effet de serre(GES):**

L'effet de serre est un phénomène naturel, qui résulte de la présence dans l'atmosphère de gaz absorbant le rayonnement infrarouge thermique émis par les surfaces terrestres, et sans le quel la température moyenne du globe s'établirait aux alentours de - 18°C au lieu de +15°C.(B.Seguin,J.F.Soussana,mars,2006)

La vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O), le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>) sont les principaux gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère terrestre. Ses concentrations atmosphériques ont crû de façon notable depuis le début de la révolution industrielle. (GIEC, 2007)

Ce phénomène est principalement dû aux activités humaines, notamment de la consommation et la production de l'énergie, et qu'en conséquence, les températures devraient sensiblement augmenter au cours de prochaines années. La méditerranée, en particulier, devrait être plus touchée par le changement climatique que la plupart des autres régions du monde au cours du 21<sup>ème</sup> siècle. (GIEC,2007)



**Figure III.8:** Sources d'émission de gaz à effet de serre (GIEC,2014)

### III.13. Le rayonnement solaire:

Le rayonnement émis par le soleil est le « fournisseur » quasi-unique d'énergie naturelle de la Terre. Il a une influence primordiale sur de très nombreux

phénomènes, naturels ou non, et différents aspects de la vie et de la société

humaine. (Lucienwald, collection sciences de la terre et de l'environnement)

#### III.13.1. Aérosol:

Est un ensemble de particules microscopiques, solides ou liquides, en suspension dans l'air, dont la taille varie généralement de 0,01 à 10µm et qui séjournent dans l'atmosphère plusieurs heures au moins. D'origine naturelle ou humaine (anthropique), les aérosols peuvent influencer sur le climat de deux façons:

Directement, par diffusion ou absorption du rayonnement.

Indirectement, en constituant des noyaux de condensation pour la formation des nuages ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages (GIEC,2007).

#### III.13.2. Le réchauffement climatique:

Selon (GIEC,2007), le réchauffement climatique est une augmentation de la température moyenne à la surface de la terre. Ce réchauffement global de la planète est lié au renforcement

de l'effet de serre naturel par l'ajout de quantités massives de gaz à effet de serre ( $\text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2\text{O} \dots$ ), d'origine anthropique dans l'atmosphère. Ces émissions sont notamment produites par la consommation des énergies fossiles, comme le pétrole ou le charbon.

Les impacts sur les systèmes biologiques seront très nombreux (rythme phénologique, variabilité et niveau de production, localisation, lutte contre adventices et maladies, impact des phénomènes climatiques extrêmes...).



Figure III.9: Le réchauffement climatique(GIEC, 2007)

### III.13.3. Evolution du climat :

#### Dans le monde:

Au cours des trente dernières années, l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère a fait augmenter la température moyenne à l'échelle du globe terrestre d'environ  $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$  par décennie (e.g, Hansen et al. 2006 ; Christensen et al. 2007).

La température moyenne du globe a connu une augmentation au cours du XXI<sup>e</sup> siècle et cela est dû à l'émission de gaz à effet de serre. Cette hausse de la température continuera dans le futur et tous les modèles de circulation générale de l'atmosphère (MCGA) prévoient une augmentation de la température moyenne du globe de  $2$  à  $6 \text{ }^\circ\text{C}$  d'ici la fin du 21<sup>ème</sup> siècle et une forte variabilité interannuelle du climat sera constatée (Giorgi, 2006).

Dans l'Algérie :

Selon Mostefa-Kara (2008), l'Algérie se trouve dans une région aride à semi aride avec un climat méditerranéen dans la partie Nord du fait qu'elle soit située dans le bassin

méditerranéen et saharienne dans la partie Sud. Cette situation géographique le rend particulièrement vulnérable aux changements climatiques (Mariotti, 2015) donc, ce pays est exposé aux effets négatifs des changements climatiques et des émissions des gaz à effet de serre, notamment les inondations, la sécheresse et les températures élevées. (Farah, 2014).

Selon (Giorgi, 2006), l'Algérie est définie comme une région dont le climat est particulièrement sensible au changement global tant qu'elle connaît déjà des taux élevés de sécheresse et de déficits hydriques.

Selon (Nedjraoui 2007), l'Algérie n'est pas épargnée par l'impact des changements climatiques, elle a connu durant les 25 dernières années, des périodes de sécheresse intenses et persistantes caractérisées par un déficit pluviométrique important évalué à près de 30% sur l'ensemble du pays.

#### **III.13.4.Impact du changement climatique sur les ressources en eau :**

Les changements hydrologiques causés ou provoqués par les changements climatiques rendront plus difficile la gestion durable des ressources en eau, qui subissent déjà des pressions sévères dans de nombreuses régions du monde. Ils aggraveront la situation de stress hydrique des régions déjà touchées et généreront un stress hydrique dans les régions où les ressources en eau sont pour l'instant abondantes. La pénurie physique en eau est souvent un phénomène saisonnier et non un phénomène chronique, mais les changements climatiques sont susceptibles d'altérer la disponibilité de l'eau tout au long de l'année dans plusieurs régions.

Les changements climatiques se manifestent, entre autres, par le biais de la fréquence et l'ampleur accrues d'événements climatiques extrêmes comme les vagues de chaleur, les pluies sans précédent, les orages et les ondes de tempêtes. (MichelaMiletto, l'UNESCO (2019– 2020)

Les changements hydrologiques provenant des changements climatiques posent des risques majeurs pour la société, non seulement directement, à cause de l'altération des processus hydro météorologiques qui régissent le cycle de l'eau, mais aussi indirectement, en raison des risques pour la production d'énergie, la sécurité alimentaire, le développement économique. (Bruce Stewart, OMM ,2020)

**III.14.Pédologie**

Le sol reste l'élément principal de l'environnement, qui règle la répartition des espèces végétales.

La mise en place du climat, de la végétation et des sols méditerranéens est très ancienne et très complexe. Elle commença au début du quaternaire et s'affirme à partir de l'holocène. Il s'agit dans ce contexte de sols anciens selon le concept de (Duchaufour, 1983) c'est-à-dire des sols ayant évolué pendant plus de dix milles ans, avec des phases d'accélération et de ralentissement, mais dont le processus fondamental est resté pratiquement le même pendant toute la durée de l'évolution.

Les sols les plus répandus sur les monts de Tiaret sont (CFT, 2014):

- Les sols marneux.
- Les sols calcaires et dolomites dures.
- Les sols calcaires friables.
- Conglomérat, alluvions et sables.

Conclusion:

La zone d'étude fait partie de la wilaya Tiaret apparait comme était un centre de liaison important entre plusieurs wilaya et zone de contact entre le sud et le nord.

La population totale est estimée à 1006246 habitant soit une densité 50 habitants par Km<sup>2</sup>.

# **Chapitre IV**

**PRESENTATION SYSTEME**

**D'INFORMATION**

**GEOGRAPHIQUE SIG**

### IV.1 Le Système d'Information Géographique

#### IV.1.1. Généralité

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

Une bonne gestion de l'environnement passe par une exploitation poussée des systèmes d'information modernes. Aujourd'hui il n'est plus nécessaire de présenter l'utilisation de l'informatique standard dans la gestion de base de données alpha numériques 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 (**BROSSOETHAURIE, A.(1996)**).

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

#### IV. 1.2. Pour quoi 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) (BORD,J., Pierre-Robert BADUEL. (2004).

### IV.1.3.Géomatique:

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

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

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

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

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



Figure IV.1: La géomatique.

#### IV.1.4. L'information géographique

##### Définition:

L'information géographique est composée d'informations géométrique, descriptive et topologique. Elle constitue une interprétation, ou plutôt, comme le dirait **(BORDIN, P. (2006))**, une schématisation du monde réel. L'information géographique donne une description des objets et phénomènes localisés par rapport à un référentiel sur la terre. L'information géographique est définie comme une information relative à un objet ou à un phénomène du monde terrestre, décrit plus ou moins complètement par **(FRANÇOIS, D. (2004))**:

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

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

Représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné **(ROCHE, S, (2000))**, L'information géographique est caractérisée par une composante purement spatiale et une composante sémantique **(FRANÇOIS, D. (2004))**.

### IV1.4.2.Les composants de L'information géographique:

L'information géographique a une double composante:

- ✓ 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).

### IV.1.4.3.La représentation de l'information géographique:

#### IV.1.4.3.1.Classification des informations géographiques:

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

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

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

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

-Les informations dites « images », comme les ortho-photos numériques, les données satellitaires fournies par « Land sat» ou « Spot » par exemple. Dans un environnement informatique graphique, l'unité formelle de ces quatre pôles prend un format bipolaire dite la «Dualité Raster-Vecteur».-Le domaine vectoriel recouvre les informations «topographique », « thématique » et « modèles numériques » ; Le domaine Raster (image numérique) recouvre les informations « topographiques », « thématiques » et « image ». Il comprend à la fois des données à traiter qualitativement (photos, pour certaines applications) et quantitativement (images classées, cartes thématiques).

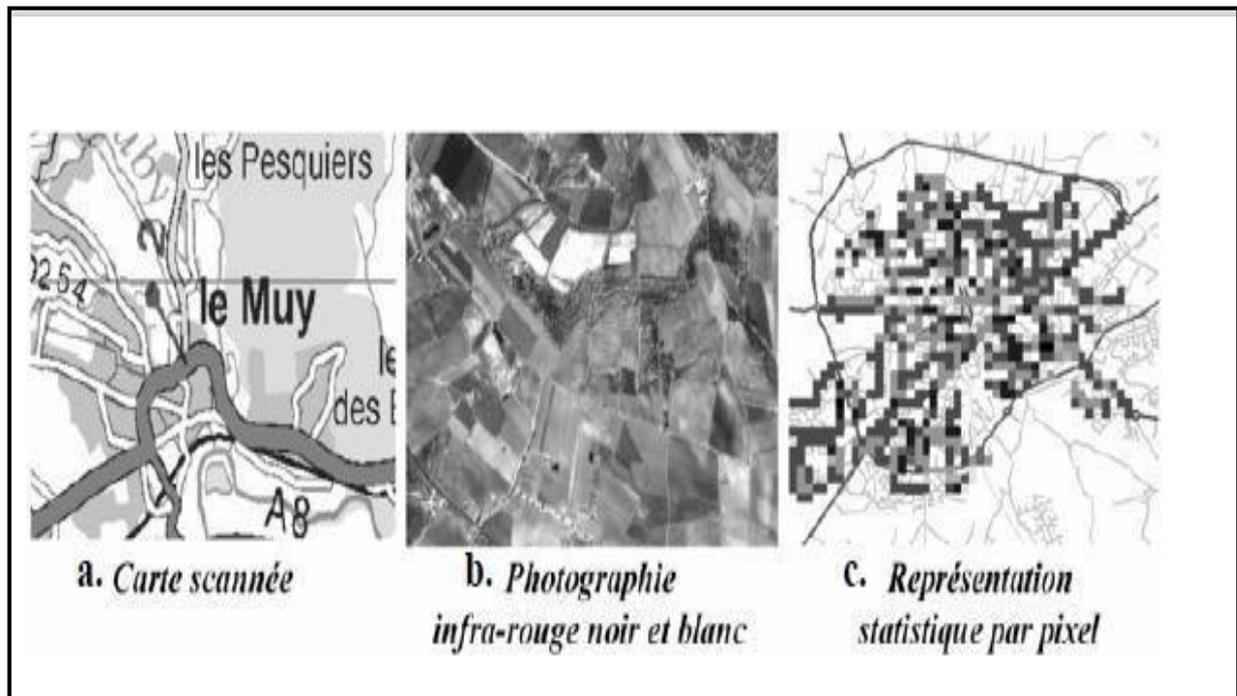
#### IV. 1.4.3.2.Dualité Raster:

##### ➤ Vecteur:

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

### ➤ Mode raster :

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



**Figure IV.2:** Exemples d'images raster (**COLLET, C. (1992)**).

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

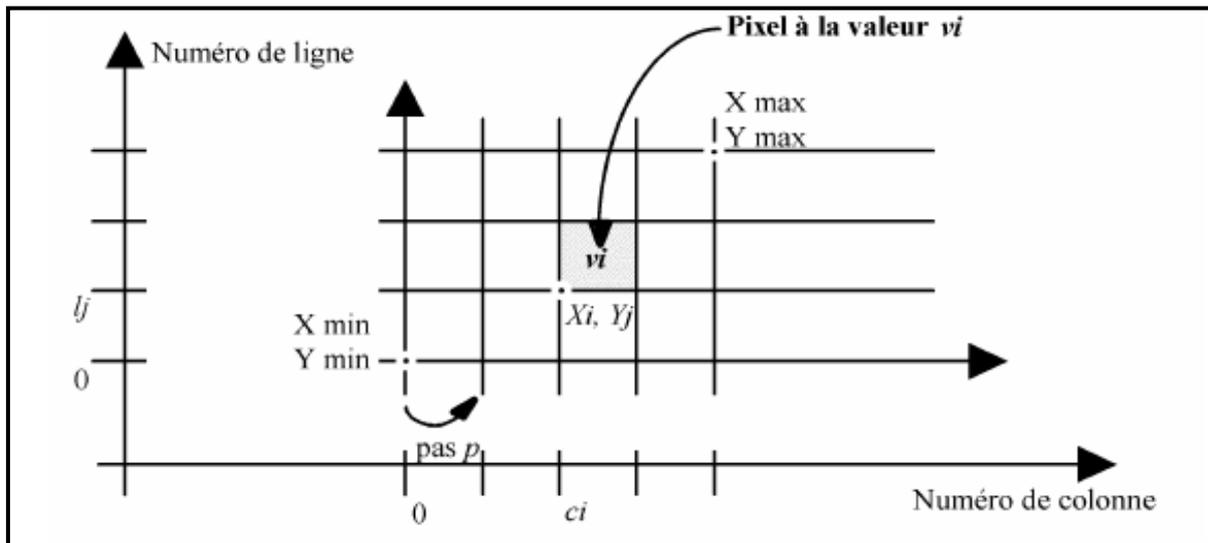


Figure IV.3: Principe d'une image raster (FRANÇOIS, D. (2004)).

**Mode vecteur :**

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

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

Figure IV.4 : Les primitives géométriques du mode vecteur. (COLLET, C. 1992).

\*Il Comme le souligne certains auteurs (O, BONIN. (2002), (COUCLELISH. (1992):

Existe des rapprochements possibles entre les modèles de structuration de l'information géographique d'une part et leurs modes de représentation en données d'autre.

\*Le mode vecteur qui associe à chaque information géographique une composante géométrique géoréférencée et une composante sémantique est proche du modèle objet.

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

Les deux modes de représentation des données géographiques sont complémentaires. Ils ont des qualités et des utilisations différentes. Certaines sont résumées dans la (**figure I.5**):

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

**Figure IV.5** : Avantages respectifs de chaque mode de représentation  
(FRANÇOIS,D.(2004).

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

(QUODVERTE. (1994) On peut citer les moyens suivants:

❖ **En vectoriel:**

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

❖ **En matriciel:**

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

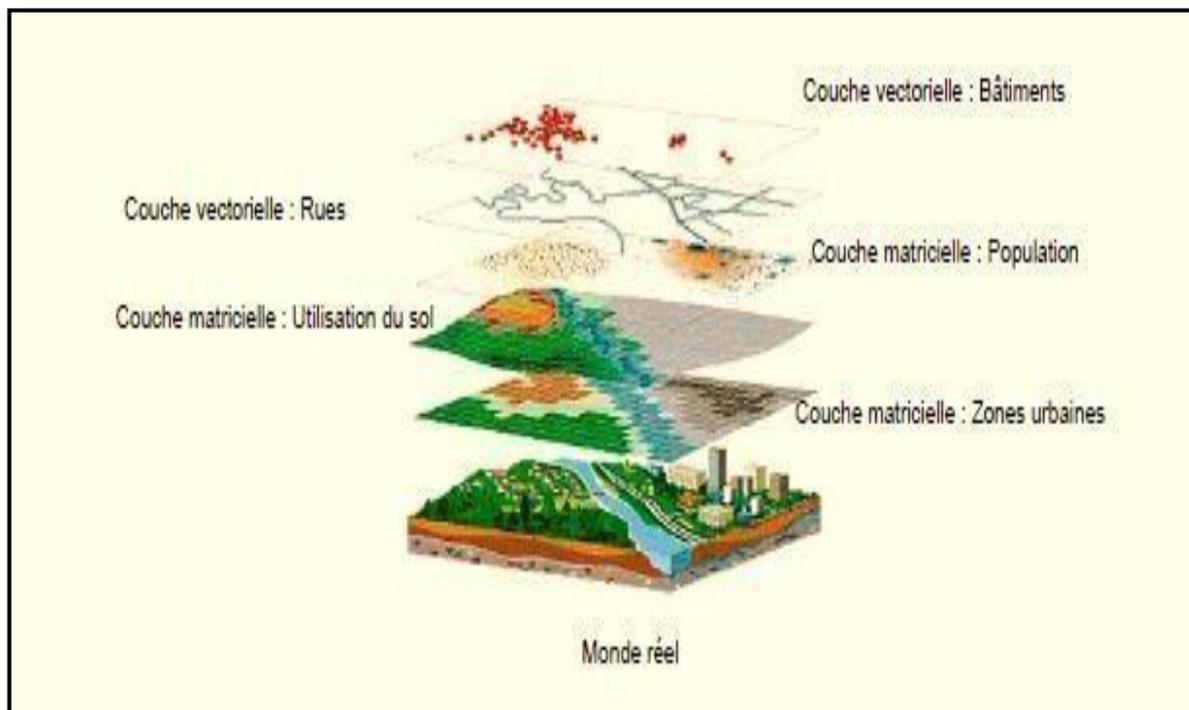
\*La dualité Raster –vecteur modifie considérablement le paysage de l'information géographique en créant un système fermé. Cette possibilité est un élément essentiel à une cartogénèse car il permet de reproduire, par des algorithmes précis, différents documents intermédiaires évitant ainsi la création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

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

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

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

Cette structuration rend ces informations superposables, compatibles, combinables et par conséquent analysables (BIMONTE, S. (2007).



**FigureIV.6:** La superposition de données de couches différentes (REGIS,CALOZ. (2011).

Les deux démarches sont complémentaires, offrant une plus grande souplesse de traitement, et mieux adaptées à la recherche d'une solution bien spécifique. Le croisement doit être considéré comme une technique générale incluant:

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

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

### IV.1.4.3.3. Caractéristiques de l'information géographique:

Il ya plusieurs types d'objets géographiques. Pour **(BAILLY, A., ET AL. (1991) et HERVEGUMUCHIAN, C.M. (2000)** l'individu statistique en géographie peut être : Une unité spatiale provenant du découpage d'un espace continu. Ce découpage spatial peut être administratif, politique ou correspondre à une réalité physique (bassin versant, vallée, plaine, etc).

- Une entité ou un objet dans l'espace : ce la peut être un ménage, une entreprise.
- Ou une exploitation agricole ou, à une autre échelle géographique, l'îlot, le quartier, la ville, etc.
- Un flux ou un échange entre deux lieux géographiques. Ce flux peut être migratoire, des flux de marchandises, d'informations, etc. Géométriquement, cette information peut être.
- Ponctuelle: un sujet ou un objet localisé dans l'espace.
- Linéaire: un flux, un réseau entre deux ou plusieurs points.

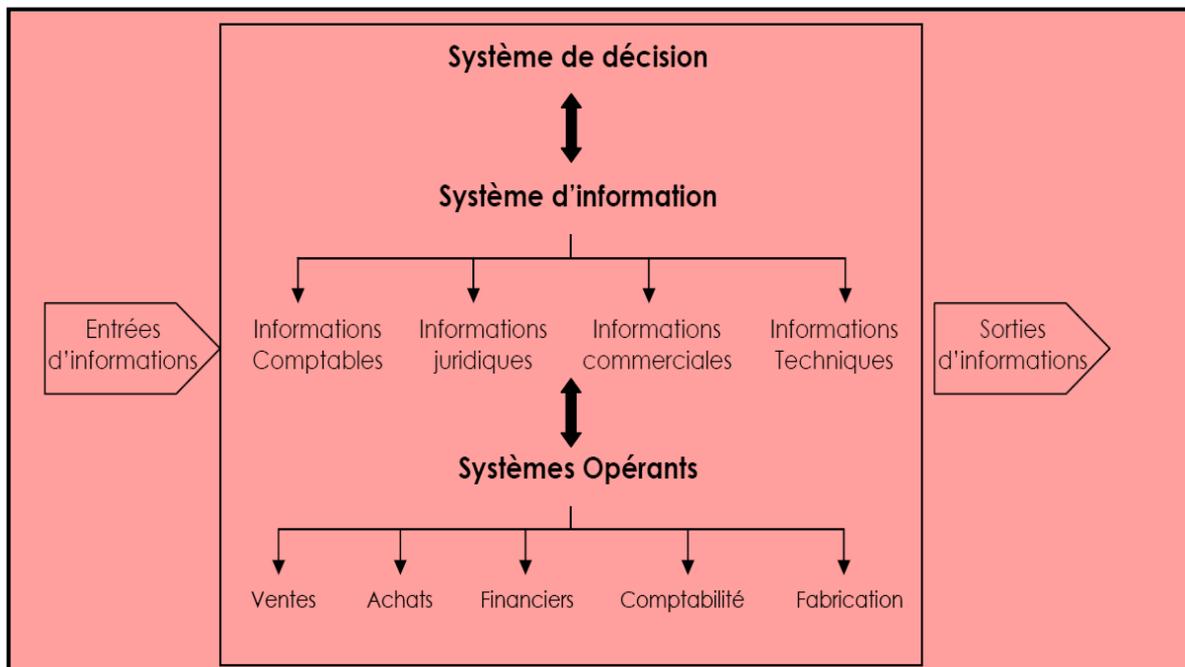
### IV. 1.5. Notion du système d'information:

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

Le système d'information servira à recueillir et à préserver les données, à effectuer des traitements sur celles-ci, et à diffuser les résultats aux systèmes de pilotage et opérant **(BIGAND, M., CAMUS, H., BOUREY, J., CORBEEL, D. (2006)**.

Nous pourrions schématiser la place du système d'information de la manière suivante: (Figure I.7) Tout système d'information, quel que soit son objet, peut s'analyser comme une réponse spécifique à quelques questions essentielles, à savoir:

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



**Figure IV.7** : Schéma de la mise en place du système d'information.

### IV.1.6. Système d'information géographique :

**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 ».

**(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 ».

**1) 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 ».

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

### **IV.1.7. Historique du S.I.G :**

#### **A. Période des précurseurs (années 60) :**

-Développement "aléatoire".

Travaux pionniers des laboratoires de calcul (USA principalement) (BELTRAN et GRISET, 2007).

Applications pilotes (USA Bureau of the Census, militaires).

#### **B. Expérimentation (années 70) :**

- Arrivée des unités graphiques, informatique des spécialistes.

- Apparition des premières compagnies de logiciels de S.I.G.

-ESRI 1969, Intergraph, Computer Vision, Synercom.

#### **C. Mise en œuvre (années 80) :**

-Développement des applications.

-Diffusion des outils (Ex : ArcInfo 1982).

-Essor de la recherche, mise en place des programmes d'enseignement.

-Emergence d'une communauté d'utilisateurs.

### ***D. Maturité (années 90) :***

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

### ***E. Diffusion (années 2000) :***

- S.I.G Mobile (Geolocation based services).
- Interopérabilité (RIEDO et CHETELAT, 2001).

### **IV.1.8. Les composantes d'un SIG :**

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

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

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

Les principaux composants d'un logiciel SIG sont :

- ✓ -Outils de saisie et de manipulation des informations géographiques Système de Gestion de Base de Données.
- ✓ Outils géographiques de requête, d'analyse et de visualisation.
- ✓ Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

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

**D. Personnel formé** Un SIG étant avant tout un outil, donc c'est l'utilisateur « expert en SIG » de l'exploiter. Il faut signaler que les SIG sont élaborés d'une manière qui

leurs permettent d'être manipulés par plusieurs types d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux utilisateurs de logiciel pour le traitement de l'information géographique. Actuellement, grâce à l'accession des SIG sur Internet, le

nombre d'utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante.



*Figure I.8 : Schéma des composantes d'un SIG.*

### IV.1.9. Les fonctionnalités du S.I.G :

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

- Abstraire : Concevoir un modèle qui arrange les données par constituants géométriques et par attributs descriptifs, et qui permet aussi d'établir des relations entre les objets.
- Acquérir : Le logiciel doit posséder des fonctionnalités de digitalisation et d'importation de données.
- Archiver : Le logiciel doit avoir une grande capacité de stockage des données.
- Analyser : Capacité d'analyser les données géographiques (méthodes

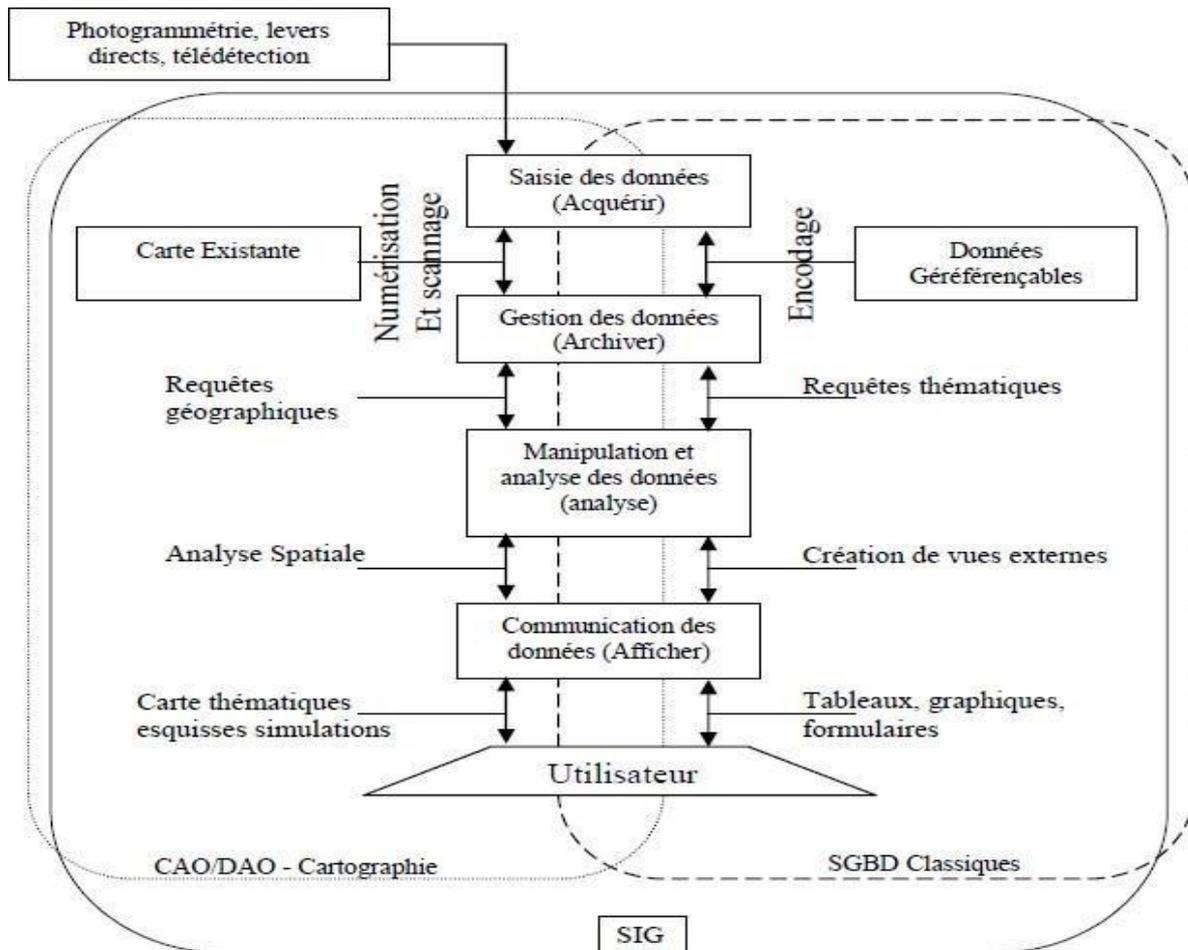


Figure I.9: Les fonctionnalités du S.I.G. (NOTTET, 2002).

- quantitatives et statistiques, opérateurs topologiques, etc.).
- Afficher : Capacité d'affichage de l'information géographique sous forme de Cartes, tables, graphes, etc.).
- Anticipation prospective.

#### IV. 1.10. Le rôle des SIG :

Le rôle du système d'information est de proposer une représentation plus ou moins réaliste de l'environnement spatial en se basant sur des primitives graphiques (vecteur) ou des maillages

(raster). À ces primitives sont associées des informations qualitatives telles que la nature (route, voie ferrée, forêt, etc.) ou toute autre information contextuelle (HAMENNI, N. (2011).

\*Acquisition, archivage, analyse, affichage, abstraction.

\*Organisation des données descriptives et des données géométriques (I.A.A.T(2003) :

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

\*Archiver consiste à transférer les données de l'espace de travail vers l'espace d'archivage (disquedur). 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.

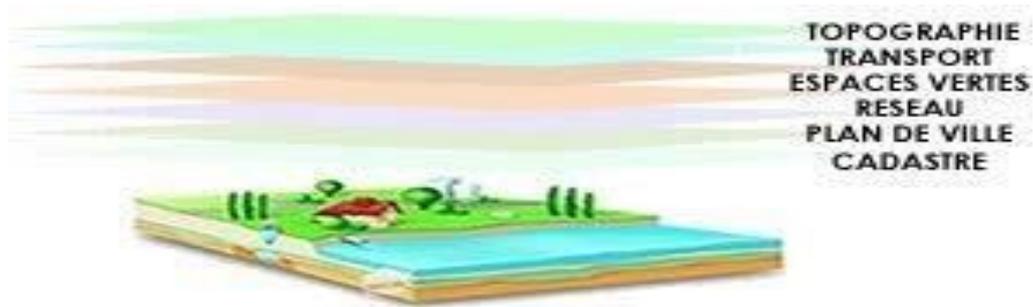
\*Afficher pour produire des cartes de façon automatique, pour percevoir les relations spatiales entre les objets, pour visualiser les données sur les écrans des ordinateurs.

\*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.

### IV.1.11. Domaines d'application :

Les domaines d'application des SIG concernent l'ensemble des activités où interviennent des données localisées : la protection de l'environnement, la gestion des ressources, l'aménagement du territoire, les études d'impact, le suivi de phénomènes dynamiques (MAGUIRE D.J., GOODCHILD M.F., R. D. (1991). En plus des domaines suivants :

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



#### IV. 1.12. Présentation des principaux logiciels de S.I. G :

##### IV.1.12.1. Logiciels en mode vectoriel :

###### ❖ Arc GIS :

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

- Arc GIS Desktop : suite intégrée d'applications S.I.G professionnelles.
- Arc GIS Engine : composants pouvant être incorporés par des développeurs afin de personnaliser des applications S.I.G.
- Applications S.I.G pour serveur : ArcSDE®, ArcIMS® et ArcGIS Server.
- Applications S.I.G nomades : ArcPad®, ainsi qu'ArcGIS Desktop et ArcGIS Engine pour les tablettes PC.

ArcGIS Desktop comprend une suite d'applications intégrées :

- ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox ainsi que ModelBuilder. Il est vendu sous trois niveaux incluant plus ou moins de fonctionnalités : ArcView, ArcEditor et ArcInfo.

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

- ArcCatalog : organisation et gestion des données.
- ArcToolBox et Model Builder : géo traitement.
- ArcGlobe : visualisation 3D dynamique.

L'une des suites logicielles les plus complètes du marché, ArcGIS propose également de nombreuses Extensions tels que Spatial Analyst (module raster) et 3D Analyst.

### ❖ **MapInfo :**

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

### ❖ **Géoconcept :**

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

### ❖ **APIC :**

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

### ❖ **Géomedia :**

La suite logicielle Geomedia comprend une gamme importante de logiciels :

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

### ❖ **Star GIS:**

La société belge « STAR Informatic » propose une gamme variée de logiciels SIG : - STAR GIS est une plate-forme S.I.G bureautique conçue pour interroger et mettre à jour des bases de données, produire des rapports, réaliser des analyses thématiques etc.

-STAR Net est une plate-forme S.I.G par Internet.

-Win STAR est un S.I.G professionnel.

### ❖ **Manifold :**

Il est proche de MapInfo, ce logiciel est d'une diffusion actuellement anecdotique en France.

### ❖ **Savane :**

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

### ❖ **Jump :**

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

### **IV.1.12.2. Logiciels en mode RASTER :**

#### ❖ **IDRIS :**

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

#### ❖ **SAGA :**

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

#### ❖ **Grass :**

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

#### ❖ **Visualiseur :**

Il est gratuit et il permet de lire un nombre très important de formats S.I.G propriétaire.

### **Politique de gestion des ressources en eau :**

#### **Stratégie de gestion des ressources en eau en Algérie :**

Cours de la dernière décennie, les politiques algériennes de gestion de l'eau se sont davantage concentrées sur la mobilisation de nouvelles ressources que sur la recherche d'une meilleure utilisation des ressources existantes (**Benb.lidia M., 2011**).

Nous gérons directement dans ce modèle, l'Etat gère seul l'eau, là où la gestion de l'eau est confiée à des sociétés étrangères : Société d'Eau et d'Assainissement d'Alger (SEAAL), Société d'Eau et d'Assainissement de Constantine (SEACO), Eau d'Oran et La Société d'Assainissement (SEOR) et la El Taf and Annaba Water and Sanitation Corporation (SEATA) gèrent les installations d'eau potable et d'assainissement dans les principales villes du pays. La gestion confiée en Algérie a été réussie, surtout SEAAL, car cette société est une société française, d'une part elle a des compétences et une expertise en gestion de l'eau, d'autre part les aspects historiques entre eux Pays : connaissance française du territoire de l'Algérie. L'Algérie a récemment adopté une nouvelle approche de la gestion de l'eau : la gestion intégrée des ressources en eau. Atteindre la gestion intégrée des ressources en eau : Du zonage à l'unification sous une agence unique (Agence de Gestion Intégrée des Ressources en Eau : AGIRE) ; ce passage d'une gestion régionale à une gestion collaborative représente une logique de décision basée sur la collecte d'informations globales et un traitement intelligent... qui contribue à des options stratégiques pour assurer la durabilité et la sécurité de l'approvisionnement en eau des différents utilisateurs.

A ce point-là nous posons les questions suivantes : C'est quoi l'AGIRE ? et quelles sont les tâches principales de cette nouvelle agence ? et qu'est-ce qu'elle a ajouté pour l'efficacité de gestion de l'eau ? Selon le Partenariat mondial pour l'eau (2000), la GIRE est un processus qui promeut le développement et la gestion coordonnés de l'eau, des terres et des ressources connexes dans le but de maximiser équitablement le bien-être économique et social. Écosystème important. Une approche de gestion intégrée des ressources en eau contribue à la gestion et au développement durable et appropriés des ressources en eau, en tenant compte des divers intérêts sociaux, économiques et environnementaux. Elle reconnaît les besoins de nombreux groupes d'intérêts différents, des secteurs économiques et de l'environnement qui utilisent et polluent l'eau. Aujourd'hui, la GIRE est une doctrine de gestion de l'eau qui a été définie en 1992 lors de la Conférence internationale sur l'eau et l'environnement à Dublin (Djaffar S., Kettab., 2018).

### **Les acteurs de l'eau en Algérie :**

Parmi les acteurs de l'eau en Algérie on distingue :

- Unicité de la ressource : l'eau doit être gérée à l'échelle d'une même unité hydrologique.
- Conseil : tous les utilisateurs participent à la prise de décision.
- Economie : restauration permanente des ressources.

- Ecologie : protection continue des ressources.
- Universel : L'eau est l'affaire de tous (**Hamlat A., 2014.**).

### **IV.2.2.1 Les acteurs de l'eau à compétence national et régionale :**

Depuis que l'Algérie a promulgué la loi nationale sur l'eau en 1996, le gouvernement a mis en place de nouvelles structures visant à promouvoir une gestion intégrée, décentralisée et participative de l'eau. Concernant la loi sur l'eau, telle que modifiée par le décret n° 96-13 du 15 juin 1996, la nouvelle politique de l'eau comporte cinq principes fondamentaux, à savoir (loi n° 83-17 du 1er juillet 1983) :

#### **Direction générale.**

- la gestion économique.
- Gestion décentralisée, coordonnée et unifiée au sein du bassin versant.
- Gestion de la participation des utilisateurs Principes de compatibilité de la gestion des ressources en eau avec les politiques d'aménagement du territoire et de protection de l'environnement.

Le fondement de la nouvelle politique algérienne de l'eau issue de la Conférence nationale de l'eau organisée en 1995 repose sur cinq principes mondialement acceptés et universellement applicables (loi n° 96-13 du 15 juin 1996 ; Dris 2005) :

Les MRE comptent six agences publiques impliquées dans la gestion de l'eau. Ces institutions qui assurent la gestion de l'eau sont de nature administrative ou industrielle et commerciale.

#### **Il existe trois organes administratifs :**

L'Agence Nationale des Ressources en Eau (ANRH), créée par décret n° 81-167 du 25 juillet 1981, est un établissement public à caractère administratif, à professions scientifiques et techniques, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, dont la mission est Réaliser un inventaire des ressources en eau et des sols irrigables du pays conformément aux objectifs du Plan National de Développement et aux conditions fixées par l'organisme de réglementation.

L'Autorité Nationale des Barrages et des Transports par Eaux (ANBT), créée par le décret n° 85-163 du 11 juin 1985, est un établissement public à caractère administratif et technique, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il est chargé de

mobiliser les ressources par la mise en œuvre des plans de construction des barrages et des différents réseaux interconnectés (canalisations, stations de pompage, stations de traitement).

Les Agences de bassins hydrographiques (ABH), sont des établissements publics à caractère industriel et commercial, créées conformément au décret exécutif n° 96-279 du 26 Août 1996. Leurs missions principales portent sur l'évaluation des ressources, la surveillance de l'état de pollution des eaux, l'élaboration des plans directeurs d'aménagement et d'affectation des ressources, ainsi que l'information et la sensibilisation des usagers à l'utilisation rationnelle de l'eau.

Le territoire national est découpé en cinq unités hydrographiques naturelles correspondant à des régions de planification hydraulique :

- L'Agence de bassin hydrographique Algérois-Hodna-Soummam.
- L'Agence de bassin hydrographique Chélif-Zahrez.
- L'Agence de bassin hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue.
- L'Agence de bassin hydrographique Sahara.
- L'Agence de bassin hydrographique Oranie-Chott Chergui.

➤ ***Les Agences à caractère industriel et commercial sont au nombre de trois :***

❖ L'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID), créé par le décret exécutif n° 05-183 du 18 mai 2005 qui gère les projets d'irrigation et les opérations de drainage.

❖ L'Office national de l'assainissement (ONA), créé en même temps que l'Algérienne des eaux (ADE), est l'organe public compétent en matière de gestion et d'aménagement des réseaux d'assainissement et de gestion des stations d'épuration et d'assainissement.

❖ L'ADE, créée par décret exécutif n° 01-101 du 21 Avril 2001 et sous tutelle du MRE, exerce une autorité directe sur 26 entreprises publiques appelées EPE, Entreprise publique de l'eau (EPEAL pour Alger, EPEOR pour Oran), qui constituent les véritables opérateurs de la distribution pour les grandes.

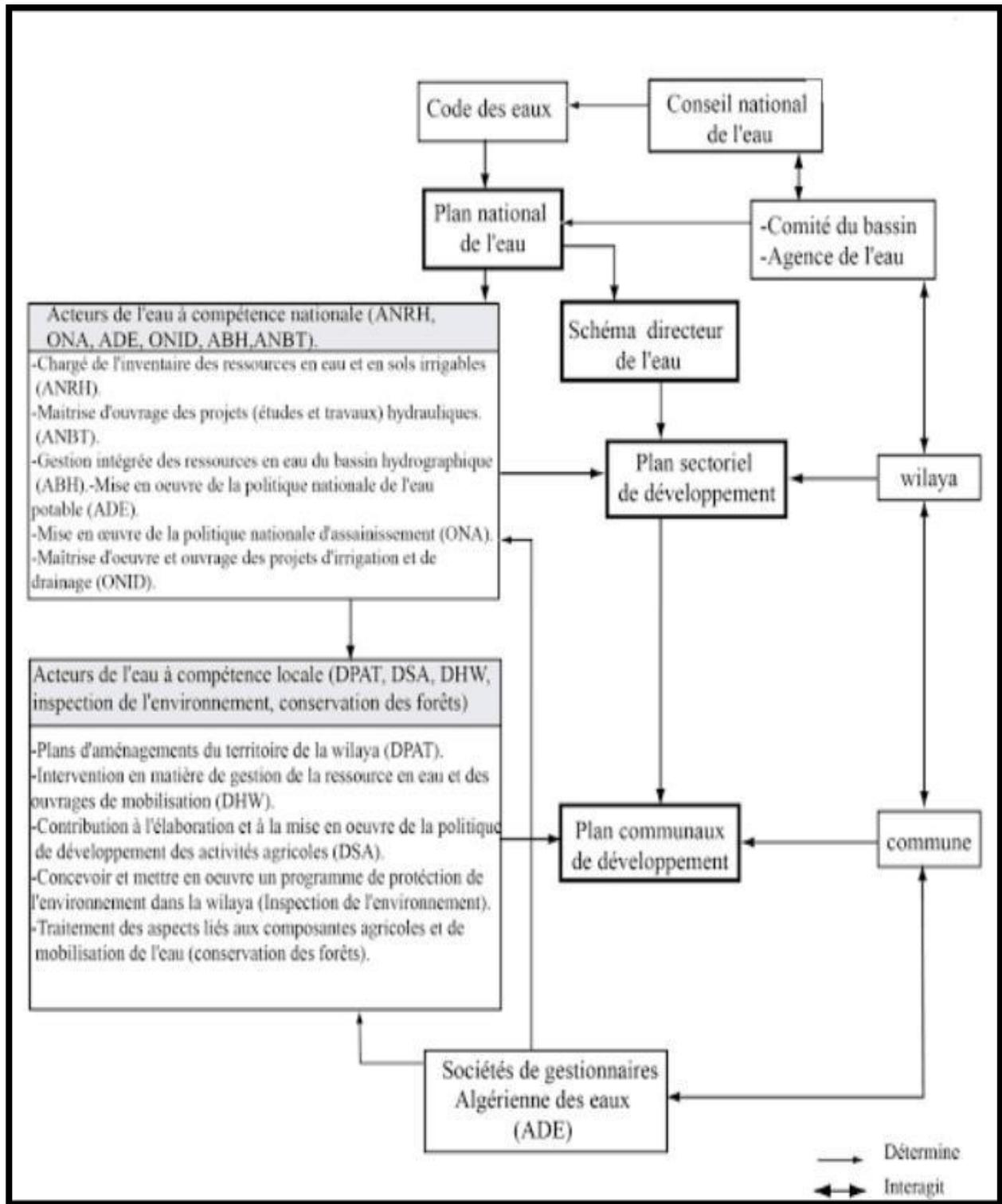


Figure 1.11 : Le sous-système de gestion de l'eau en Algérie.

# Chapitre V

**LOCALISATION DES BASSINS**

**VERSANTS AUTOMATIQUE**

**AVEC QGIS**

### Introduction:

L'une des utilisations les plus courantes du SIG en hydrologie est la délimitation des bassins versants et des cours d'eau. Cette Méthode présente un flux de travail générique pour la délimitation des cours d'eau et des bassins versants pour les zones où il n'existe que des données ouvertes. Le MNT de 1 seconde d'arc SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) sera utilisé. Le flux de travail sera appliqué à notre zone d'étude wilaya de Tiaret.

### V.1. Etude hydrologique:

#### V.1.1. Les outils des traitements des données:

Le système d'information géographique (SIG) aide à manipuler les données de l'ordinateur pour simuler des solutions de recharge et de prendre les décisions les plus efficaces (Narayan,1999).

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

- Le transfert des données collectées de notre zone d'étude vers le logiciel QGIS
- Une base de données crée à travers ce logiciel pour regrouper
- Les diverses Informations concernant l'hydrologie de la wilaya Tiaret.
- Utilisation de logiciel QGIS 3.4 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.

#### V.1.2.Théorie :

à partir d'un MNT et en utilisant l'environnement SIG :

La procédure en générale de la délimitation des bassins versants et des cours d'eau qui consiste en premièrement : le téléchargement des tuiles du MNT mosaïque et fusion des tuiles si la zone s'étend sur plusieurs tuiles ensuite leurs projections des MNT ; ensuite la subdivision du MNT puis interpolation des vides si cela s'avère nécessaire puis remplir les puis éliminer les pics ; brûlés ou forcé le réseau de cours d'eau si vous le jugez nécessaire et si vous disposez bien sûr d'un réseau de cours de prêts existants calcul de la carte de liaison d'écoulement ; puis dérivation des cours d'eau ; définition par la suite de l'exutoire ; ensuite délimitations du bassin versant à la fin alimentation de votre modèle est donc ces données doivent être convertis en format que votre modèle utilise.

### V.2. Délimitation des cours d'eau et des bassins versants :

Pour la zone d'étude, nous téléchargerons les tuiles MNT à partir du jeu de données mondiales SRTM de 1 seconde d'arc., un modèle numérique d'élévation global de 1 seconde d'arc (environ 30 mètres à l'équateur) a été publié en tant que données en libre accès.

Nous devons maintenant indiquer la zone de recherche. Dans **EarthExplorer**, cela peut se faire de différentes manières : (1) Rechercher le nom de la localisation, (2) Zoomer sur la carte et utiliser les coordonnées de la zone de zoom, (3) Télécharger un fichier KML ou un shapefile zippé. Pour ce cas, nous avons préparé un shapefile avec une limite encadrée.

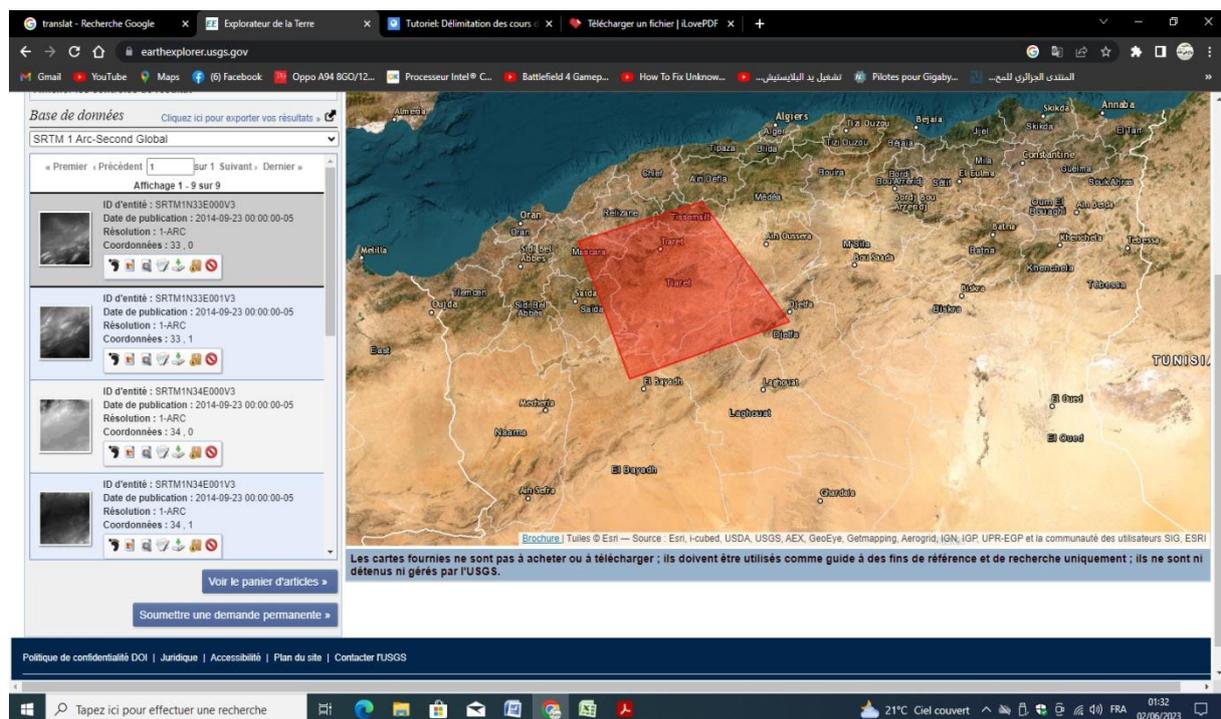


Figure V.1 : Image Portail Earth Explorer

Choisissez *Data Sets* pour passer à l'écran suivant où nous pouvons sélectionner l'ensemble de données.

Cliquez sur les signes plus (+) pour sélectionner **Digital Elevation | SRTM | SRTM 1-Arc Second Global**.

Ces tuiles peuvent maintenant être ajoutées à votre projet **QGIS**.

Tout d'abord inspecter les données que nous avons téléchargé à partir de la plate forme ; nous avons **six fichiers TIFF** qui contiennent les tuiles MNT et un fichier **Shapefile (SHP)** de la limite de la zone d'étude.

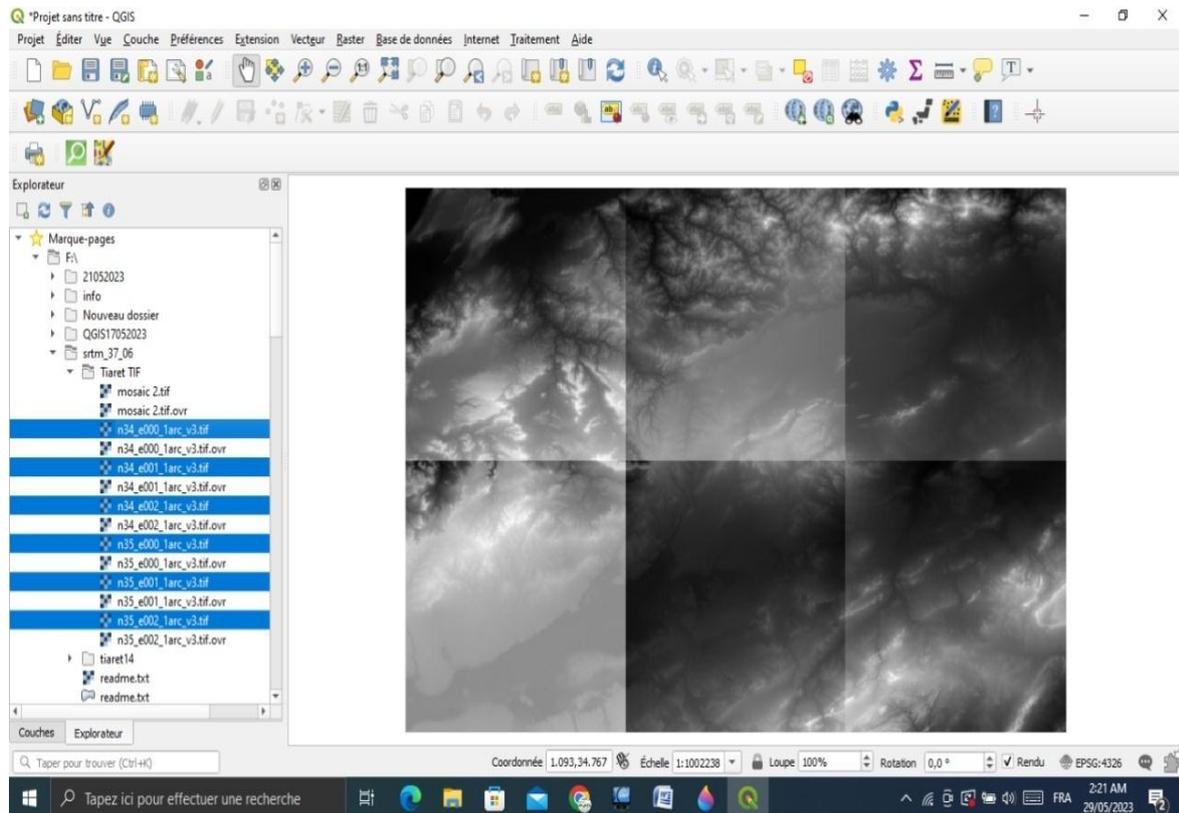


Figure V.2 : Fichiers TIFF sur QGIS

Nous allons commencer maintenant la partie de traitement des données : Allez vers l'explorateur dans **QGIS**, il faut favoriser le répertoire des tuiles MNT dans l'explorateur.

Et ouvrons ce répertoire pour inspecter maintenant les métadonnées des couches MNT donc vous verrez le type de système.

Le système de coordonnées dans ce cas c'est un système coordonné géographique dont on **EPSG:4326 - WGS 84** les unités **en degrés**.

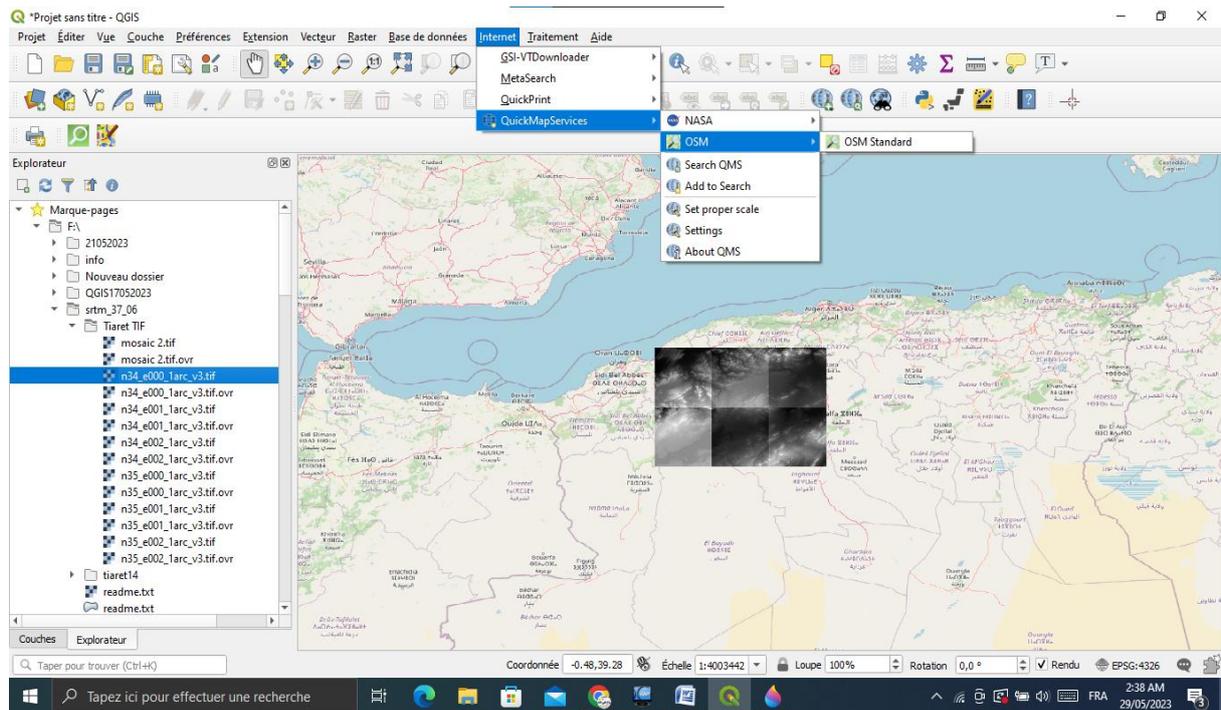
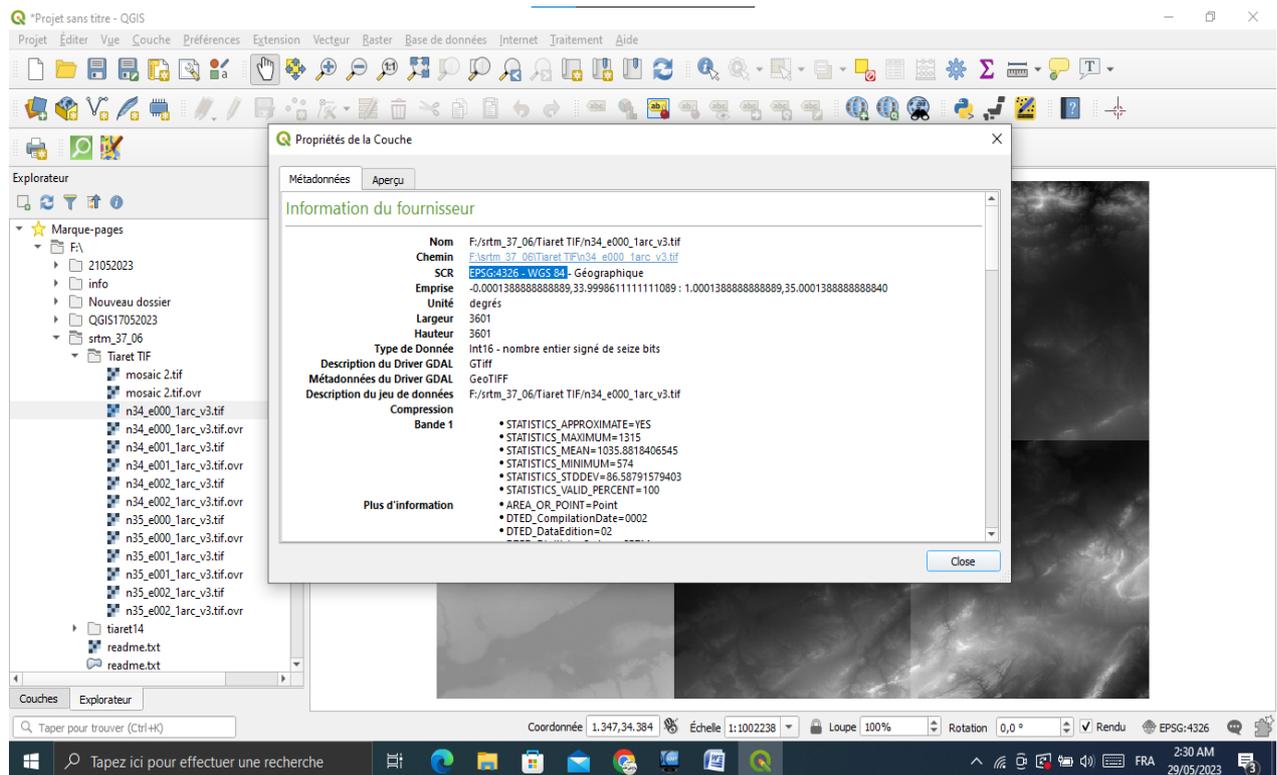


Figure V.3 : la carte OSM

### V.3. Mosaïque des tuiles MNT

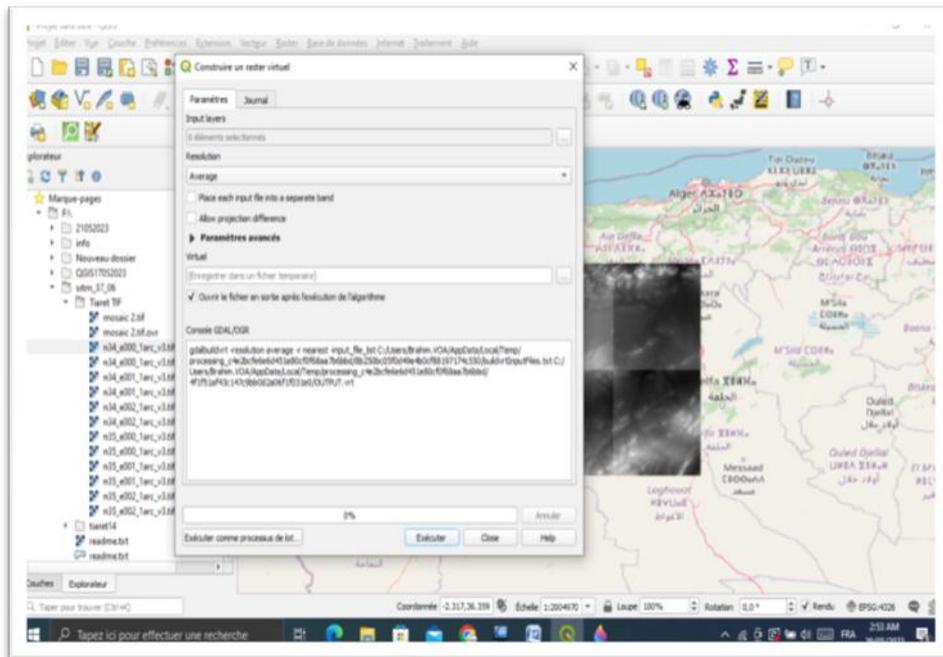
La première étape dans le flux de travail de délimitation des bassins versants et de mosaïquer ses tuiles en les fusionnant une seule couche ; nous créons un **Raster virtuel** afin que la couche fusionnée n'occupera pas un grand espace dans le disque dur. donc nous allons vers **Raster d'hiver** puis créer un Raster virtuel choisissez toutes les couches mise à part celle de **OSM** gardez une résolution moyenne puis décochez placer chaque fichier on entrera dans une couche séparer mais ici nous voulons fusionner toutes les couches ou en entrée vers une seule couche de sortie puis on sauvegarde la couche en sortie vers un fichier qui s'appelle **MNT mosaïque**.



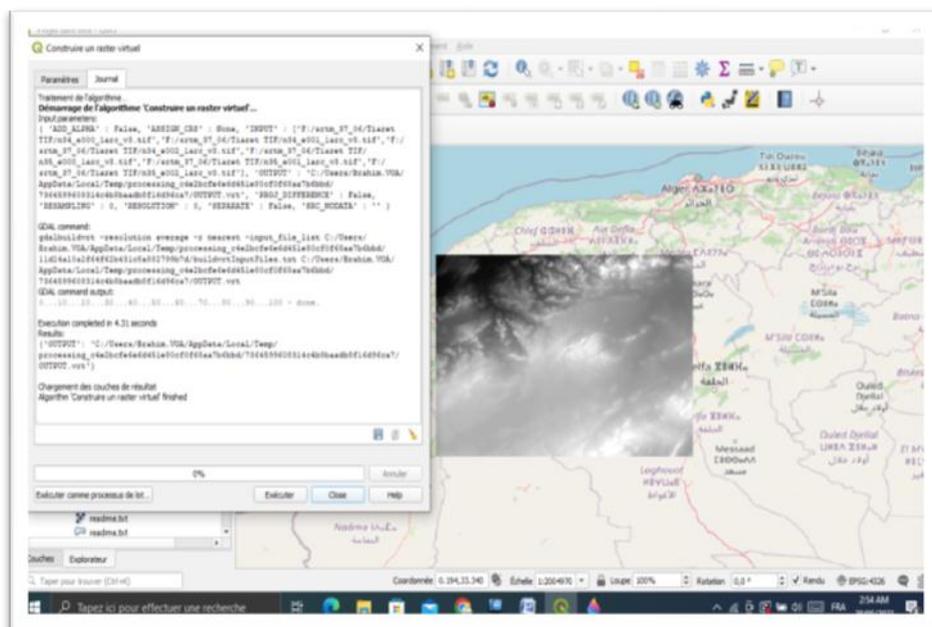
**Figure V.4 :** coordonnées géographiques dont on **EPSG:4326 - WGS 84**

En sélectionner :

Toutes les couches MNT donc toutes les couches **Raster** et ajoutez les au projet ; nous verrons que nous avons six couches donc six tuiles séparé on arrive même à voir la séparation de manière visuelle ; ajouter une carte défend donc une carte **OSM** donc open **streetmap** afin de voir que ces tuiles se situent bien où ils sont ce sont ces êtres.



FigureV.5: fusionnement de la couche



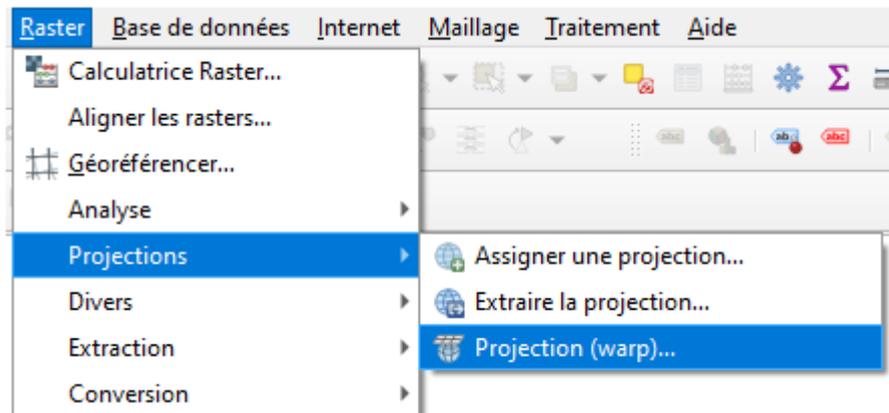
FigureV.6 : La couche fusionner

Après l'exécution de l'algorithme les différentes tuiles ont été combinées en une seule couche.

## V.4. Reprojecter le MNT :

L'étape suivante et de Reprojecter le MNT de cette nouvelle couche et faire une autre projection mais pour savoir vers quelles projections les utilisons nous allons ajouter le **Shapefile** qui contient les limites de notre étude.

l'une des méthodes que nous avons utilisé c'est la projection **WARP**.



**Figure V.7 : la projection WARP**

Dans la fenêtre Projection (warp), cliquez pour choisir le SCR cible.

Dans le dialogue qui s'ouvre, tapez 4326 dans Filtre et sélectionnez WGS EPSG : 4326 au milieu de la fenêtre de dialogue et cliquez sur OK.

En doit changer format pour que le fichier en sortie soit en format TIFF et en exécuter.

Cette nouvelle couche à une projection qui correspond bien la projection du Shapefile des limites de la zone d'étude.

Subdiviser le MNT : dont le flux de travail serait de subdiviser l'autre couche inventé afin de selon les limites de la zone d'étude bien sûr afin de réduire le ton des calculs lors de l'utilisation de cette couche dont les algorithmes d'analysé de traitement donc pour faire cela nous allons partir au menu Raster vers extraction et choisir la fonction qui s'appelle découper une couche selon une couche de masques ; donc nous allons utilisé le fichier Shape file limite comme couche de masquage nous allons laisser le reste des paramètres inchangés dans cet algorithme enregistré la couche en sortie dans une nouvelle couche qui s'appelle **MNT - subdiviser** en sauvegarde puis exécuté l'algorithme.

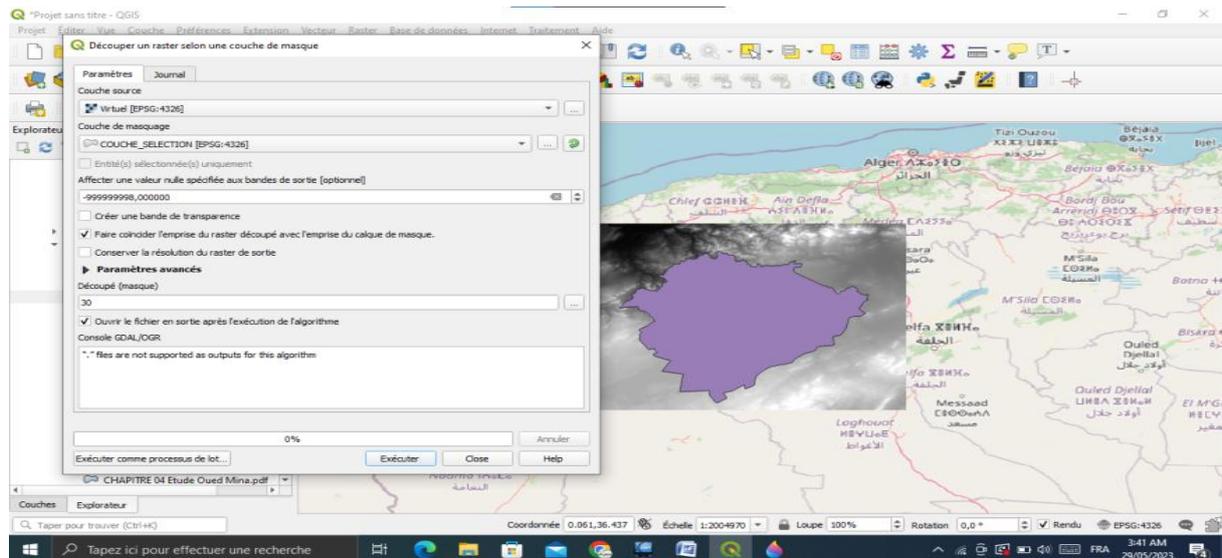


Figure V.8: Shape file limite comme couche de masquage



Figure V.9: découpée selon les limites de la zone d'étude

L'étape suivante et de corriger ou hydrologiquement notre **MNT** en remplissons les dépressions qui piègent l'eau à ne pas s'écouler vers l'exutoire ; avec un outil qui s'appelle **fill-Sinks (wang and Lui)** ou bien remplir les puits que nous pouvons trouver à partir de la boîte à outils de traitement ; en ouvre l'algorithme dans la boîte de dialogue spécifique c'est le **MNT subdivise** dont la couche on entre et décocher les sorties de flou directionnel les bassins versants et enregistrer la couche en sortie dans un fichier de type S-DATE qui est un type un format des données Raster est Enna nommé le MNT rempli.

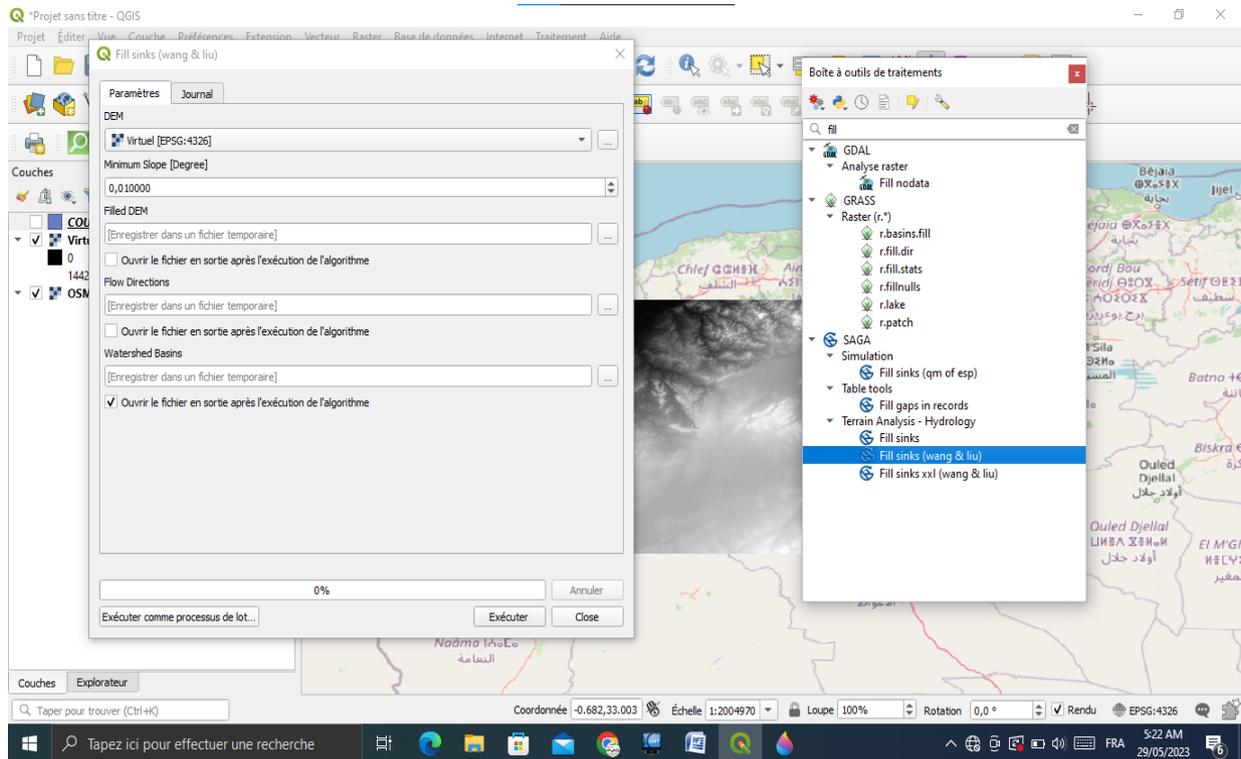


Figure V.10 : lancé la commande fill-Sinks (wang and Lui)

Maintenant nous allons attribuer un style à cette nouvelle couche **MNT rempli** en clique sur activer le panneau de style de couches choisissez un mode plus de couleurs à brand unique une palette de couleurs est automatique - choisie elle va du rouge vers le vert.

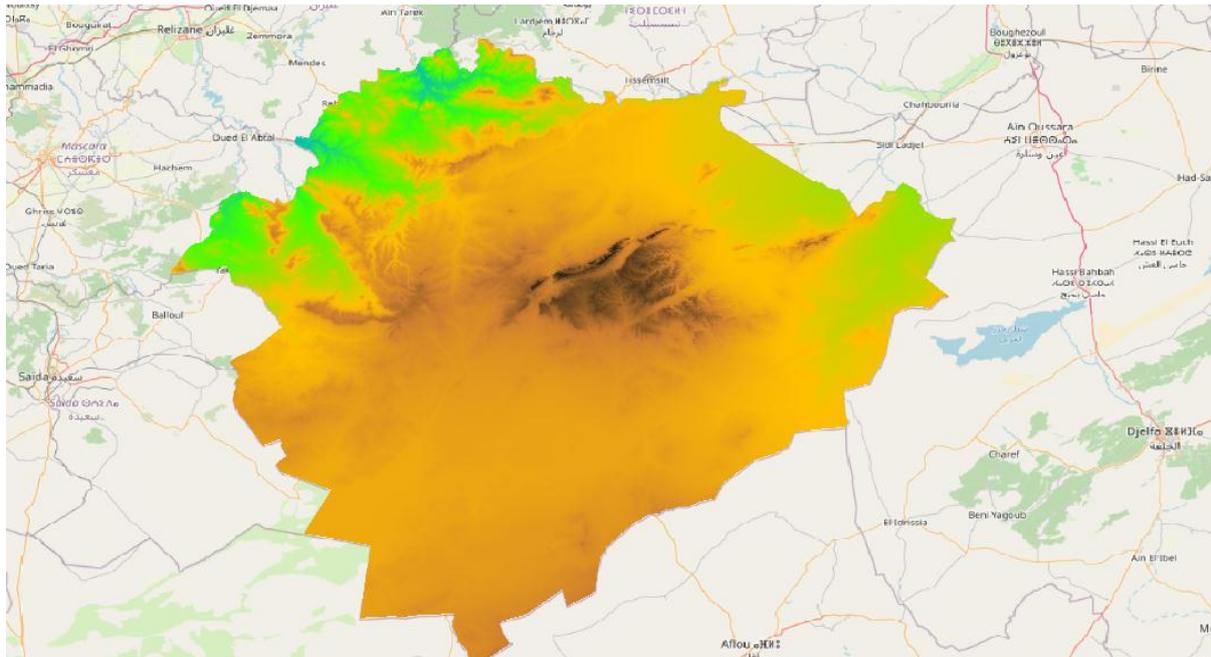


Figure V.11: MNT rempli

V.5. Style du MNT :

Dans ce cas là choisissez la palette de couleurs élévation pour améliorer la visualisation du MNT nous allons ajouter un effet du relief donc un effet d’ombrage dupliquer la couche MNT remplis renommée cette couche vers ombrage afin de la distinguer de l’autre couche.

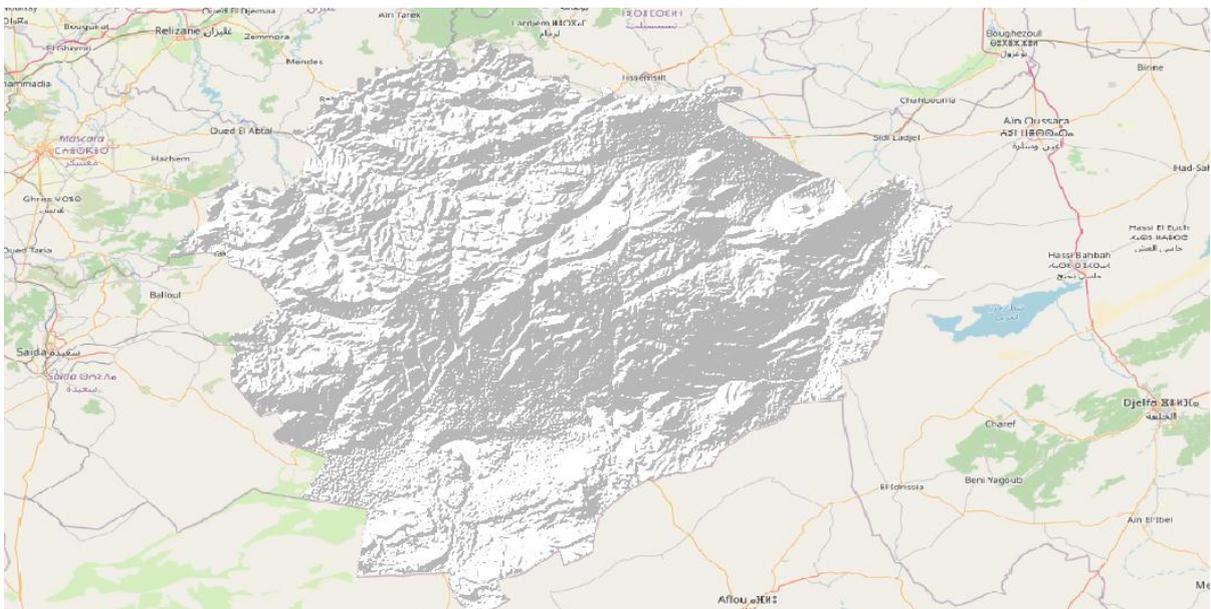


Figure V.12 : Ombrage de la couche

en effet d'ombrage dont le mode de rendu automatiquement, l'effet ombrage et sélectionnées elles nous arrivons à voir le relief le changement du relief dans cette couche l'idée c'est de combiner les deux couches donc MNT rempli avec l'ombrage donc comme on le fait soit avec la transparence soit avec le mode de fusion puisque **QGIS** le permet nous allons utiliser un mode de fusion de multiplication qui va combiner les deux couches et accentuer l'effet du relief dur de l'ombre à travers la couche MNT.

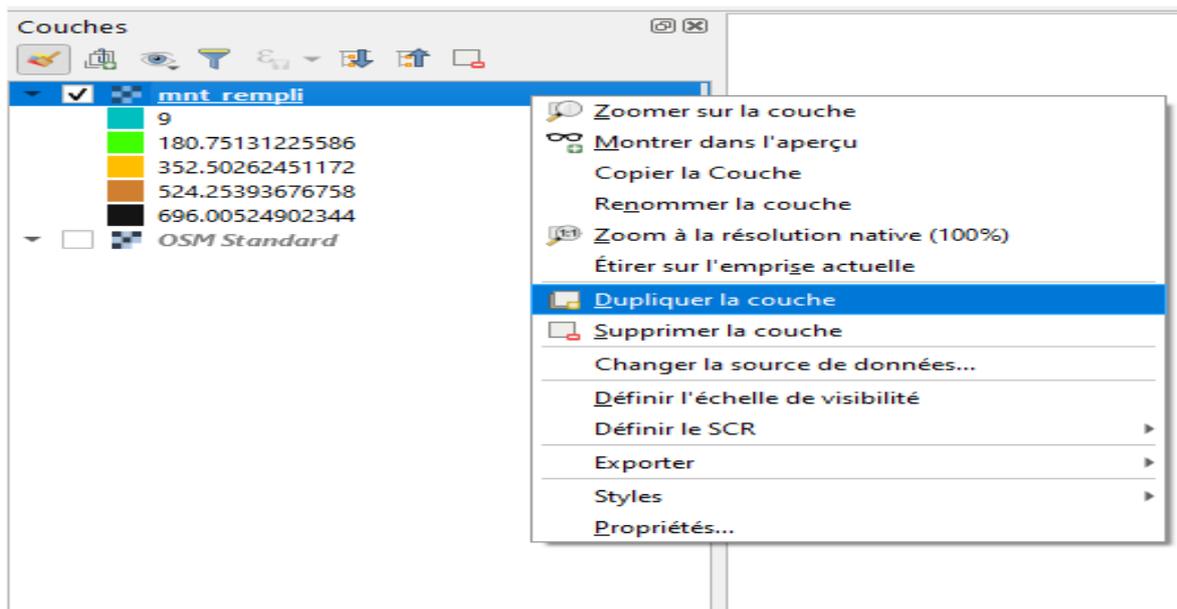


Figure V.13 : Dupliqué la couche

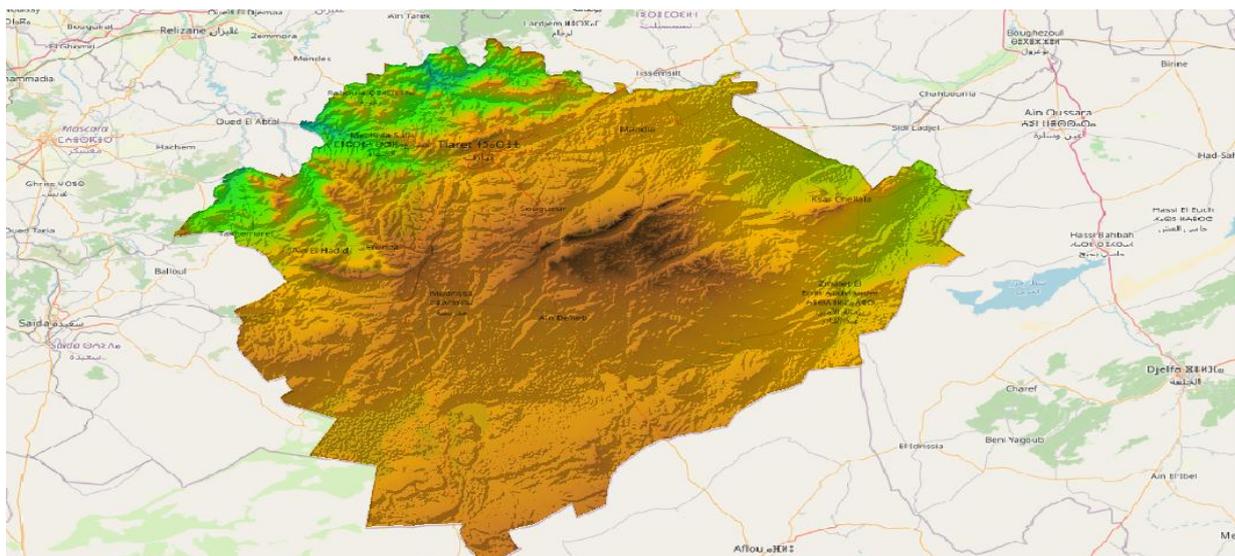


Figure V.14 : les deux couches combiner

### V.6.Délimitation des cours d'eau

Ce qui reste maintenant à faire c'est de calculer l'ordre d'écoulement de ce Strahler afin de délimiter les cours d'eau pour faire cela nous revenons vers la boîte à outils de traitement nous cherchons un algorithme qui s'appelle strahler ; lance l'algorithme pour ouvrir la boîte de dialogue est ici en spécifiez la couche en sortie et a l'appel **strahler** dont le format **S-Date** a exécuté l'algorithme puis la couche en sortie sera automatiquement ajoutées dans le panneau de couches ; la couche résultante est un Raster discret donc nous voyez que les valeurs sont de 1 à 6.

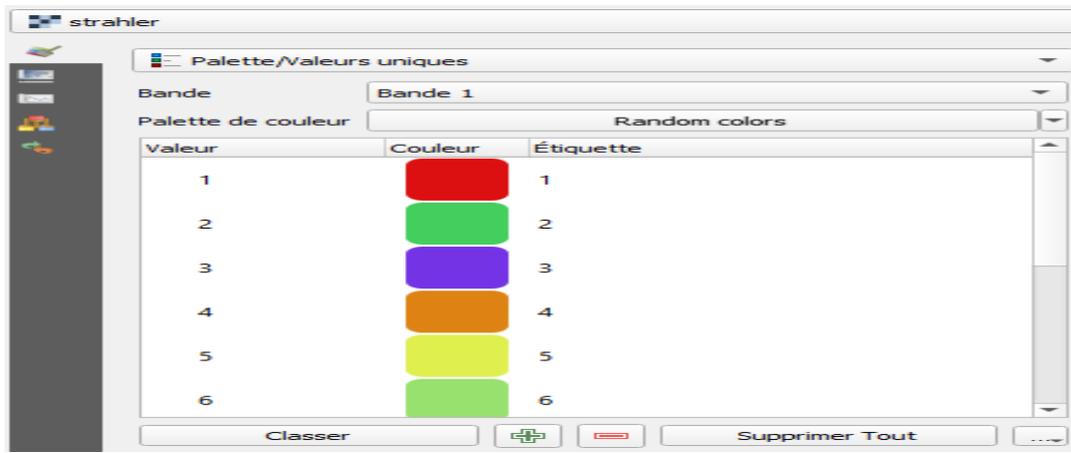


Figure V.15 : boîte de dialogue strahler

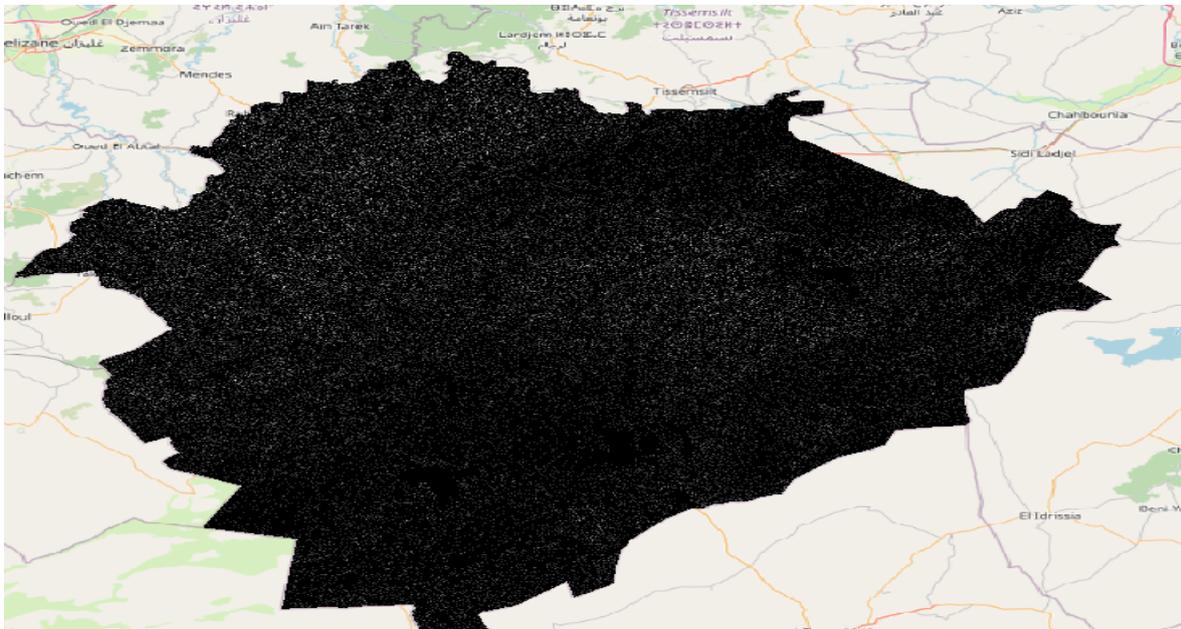
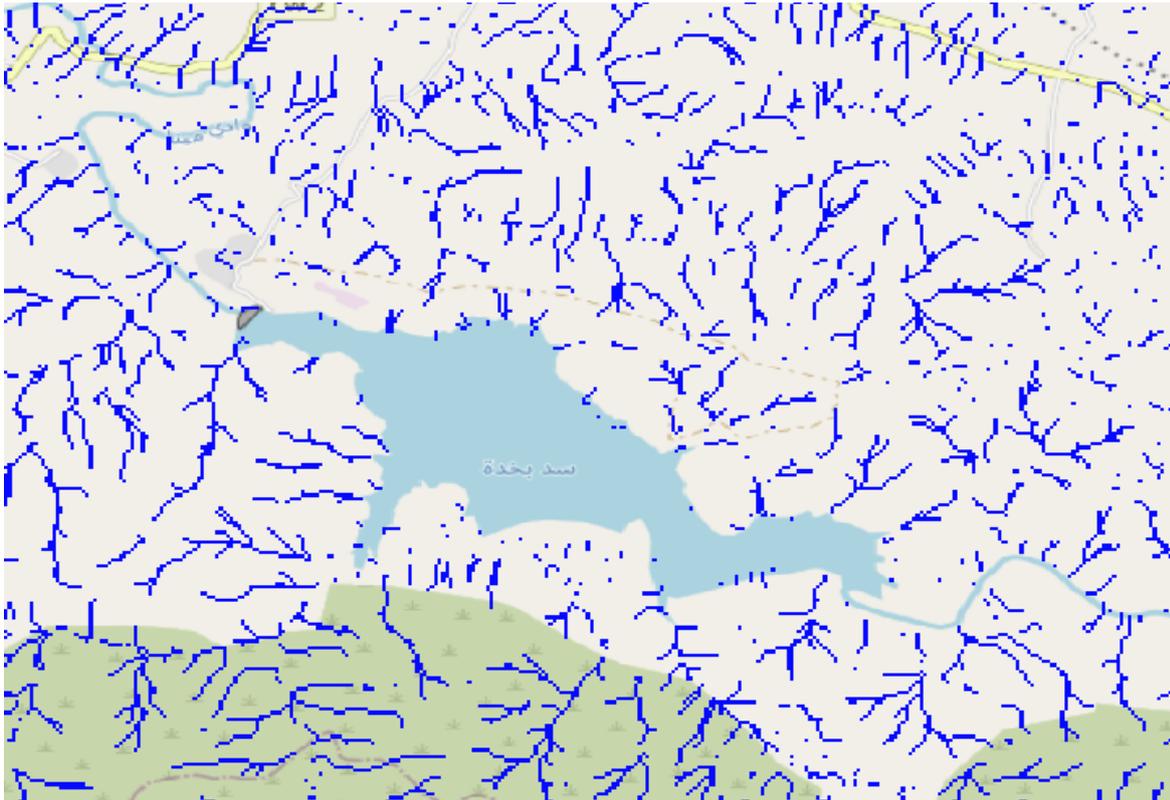


Figure V.16 : Résultat de Strahler





**Figure V.18 :** strahler 5

### **V.8. Calibrer le seuil de Strahler pour déterminer les cours d'eau**

L'étape suivante consiste à appliquer une procédure de calibration pour déterminer quels ordres Strahler nous considérons comme des cours d'eau. Nous allons créer des couches booléennes pour les ordres Strahler supérieurs ou égaux à une valeur seuil. Chaque couche booléenne sera comparée à une couche de référence. Ici, nous comparerons les ordres Strahler avec les rivières.

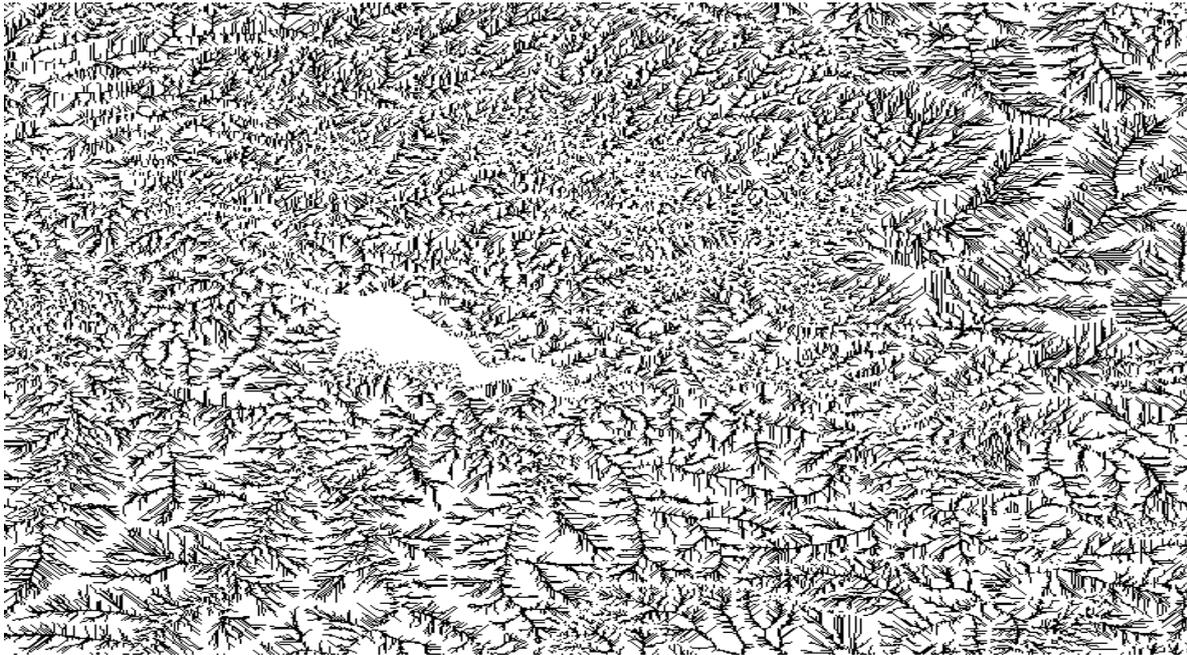


Figure V.19 : strahler 4

Et cliquer sur ok le résultat couche booléenne qui contient soit 1 soit 0,2 là où il y a le 1 ça veut dire que c'est un pixel dont qui a satisfait à l'expression et donc la valeur d'ordre d'écoulement de strahler était supérieure à 4 et le reste il ne l'est pas donc l'idée maintenant c'est deux styles et cette couche avec un rendu de palettes valeur unique attribuer une couleur bleue aux valeurs vraies donc 1 et donc échanger l'étiquette cours d'eau donc ça correspond à un cours d'eau ne vous occupez pas de la couleur de des valeurs zéro parce que nous allons échanger faire une couleur transparent.

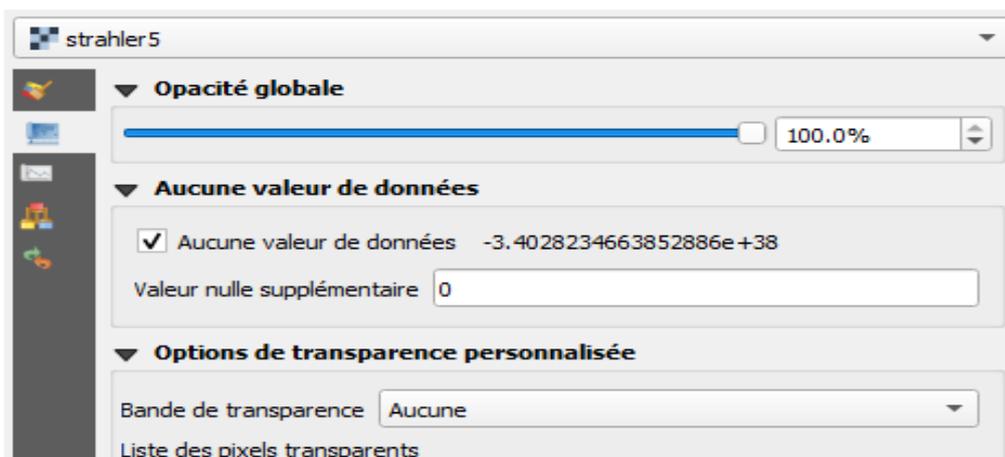
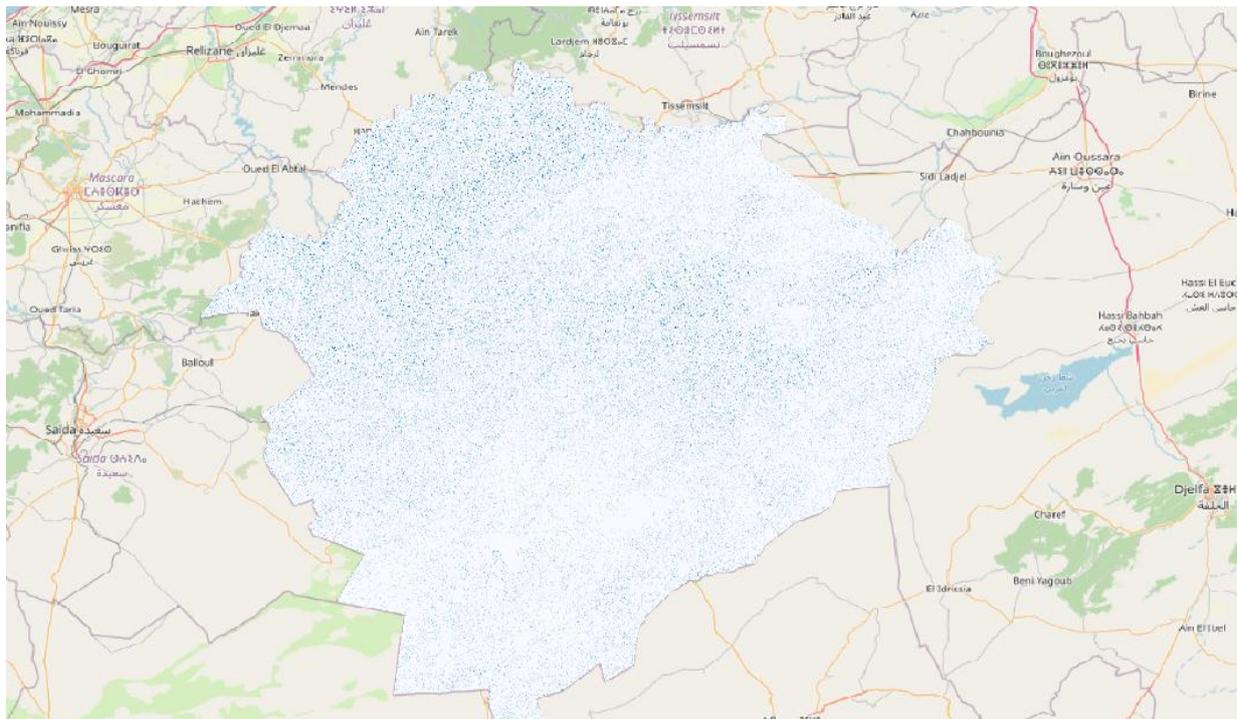


Figure V.20 : boîte de dialogue strahler 5

passer maintenant à l'onglet transparence est attribuée comme valeur nulle supplémentaire la valeur zéro et donc ce qui fait que n'importe quel pixels qui ont la valeur

zéro va être transparent et voici le réseau hydrographique avec le seuil d'ordre d'écoulement égale à 4 nous allons maintenant comparer ce seuil ou bien ce réseau des cours d'eau avec le seuil égale à 5 avec le un réseau préexistant qu'on observe à partir de open streetmap nous voyons en fait que le réseau avec ce seuil il est un peu détaillé et donc il ya pas mal de cours d'eau qui ne sont pas importants mais qu'on arrive quand même à qu'on trouve dans notre couche cela veut dire que le seuil n'est pas assez élevé et donc il faudrait peut-être changer ça donc le calibrage n'est pas bien fait ; nous allons refaire la même étape mais cette fois ci au lieu de choisir un seul 4 nous allons augmenter le seuil ; donc choisissez un seul égale à 5



**Figure V.21 : cours d'eau**

Enregistré la couche dans une couche qui s'appelle strahler 5 et cliquez sur sauvegarder exécuter l'opération encore une fois nous aurons une couche booléenne qui contient le réseau des cours d'eau cette fois ci avec un seuil élevé de cinq styles et cette nouvelle couche on confond le style à partir de la couche du seuil quatre et colles là dans la nouvelle couche lorsque vous collez un style la valeur nulle n'est pas copier donc il faudrait l'art préciser encore une fois inspectée maintenant ce nouveau cours d'eau et remarquez si les si correspond bien aux cours d'eau principale observée dans la couche **open streetmap** on peut alors comparer les deux cours d'eau établis par deux différentiels nous voyons que celui qui a été établi avec le second 5 donc un seuil élevé.

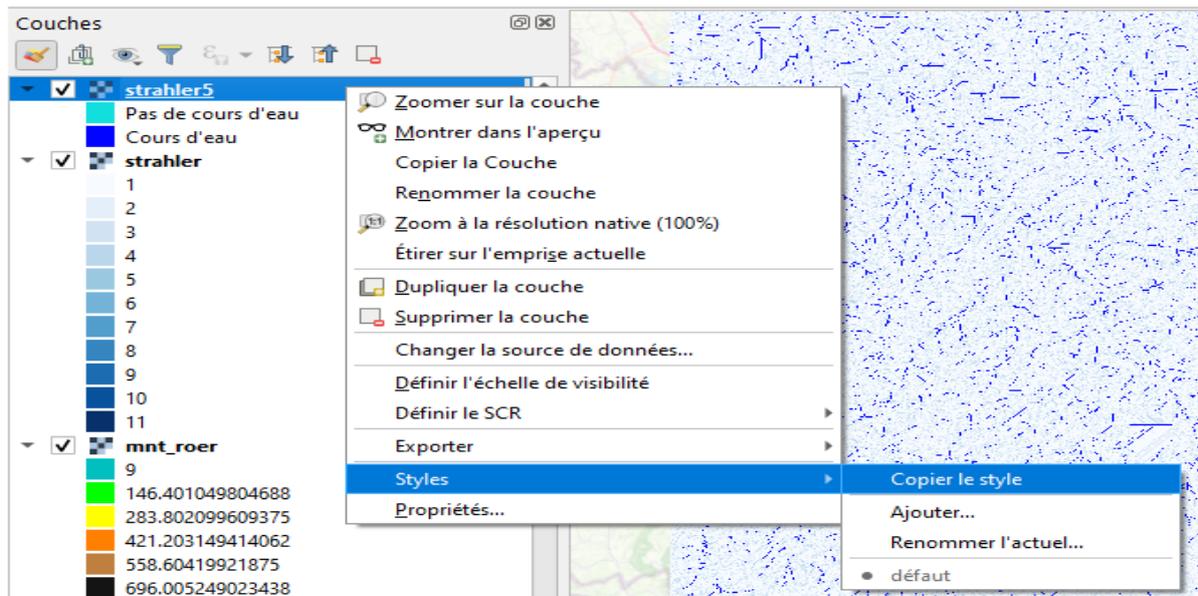


Figure V.22 : boîte de dialogue copier le style

Il contient moins de détails et il correspond bien aux cours d'eau qu'on voit dans la carte de référence open streetmap sauf que cette correspondance n'est pas si bonne dans les régions urbaines bien sûr parce qu'il y a une intervention humaine qui change sa nous remarquons aussi le cas de la mine à ciel ouvert qui a été comblé par l'algorithme de remplissage des puits et bien sûr la sortie ne correspond pas exactement à la sortie en réalité qui a été modifiée par l'intervention humaine.

### V.9. Calculer le réseau des cours d'eau, la direction de l'écoulement et la délimitation des bassins versants :

Après avoir calibré le seuil des cours d'eau nous allons maintenant extraire ces cours d'eau nous allons partir la boîte d'outils et chercher les fonctions qu'ils commencent par le nom channel dont on choisit **channel network and drainage basins** qui veut dire les cours d'eau et les bassins versants ;

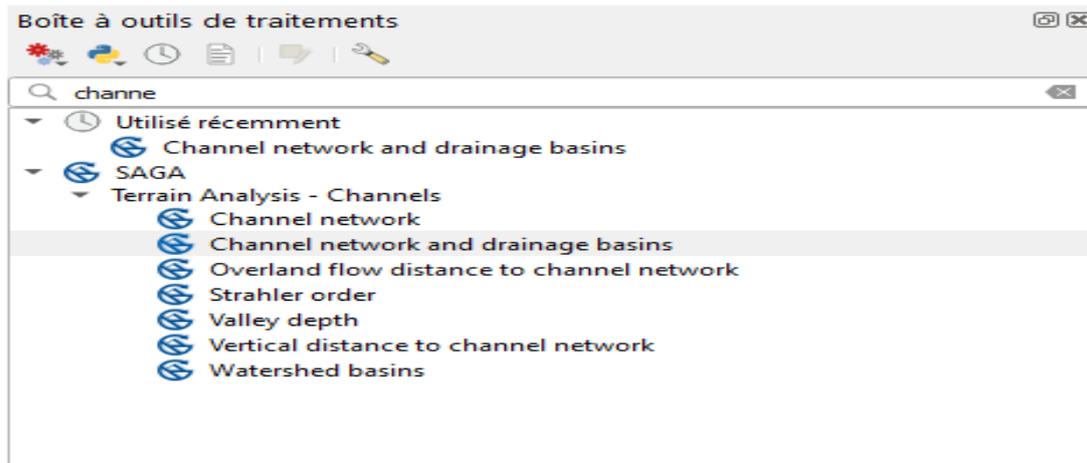


Figure V.23 : boîte de dialogue Channel N.D.B

nous avons spécifié le **MNT rempli** dont la couche d'élévation nous modifions le seuil pour 5. Donc c'est le ce qu'on a établi à partir de l'ordre de strahler et nous définissons la **direction d'écoulement** comme couche qui s'appelle direct écoulement, je n'ai pas besoin des restes des couches donc je décoche mais j'enregistre les **cours d'eau** dans un format **shape-file** est aussi enregistrer les **bassins versant** dans un format shape-file ; je décoche une fonction parce que je n'en ai pas besoin et j'exécute l'algorithme ;

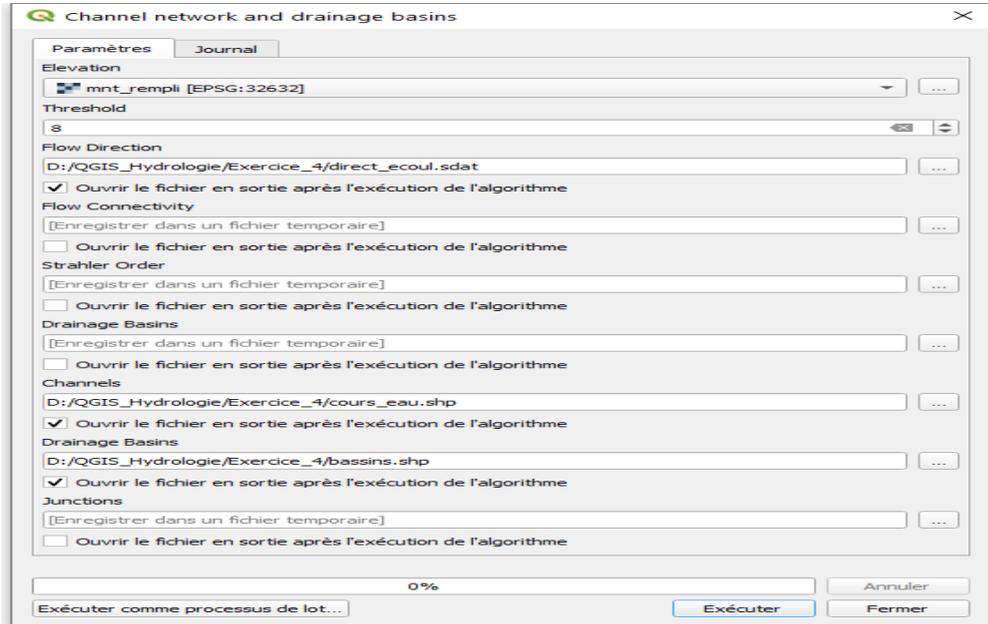


Figure V.24 : Boîte de dialogue algorithme Channel N.D.B

Lorsque la tâche est terminée nous verrons le résultat c'est une couche qui contient des valeurs discrètes donc mais elle est tout en noir.

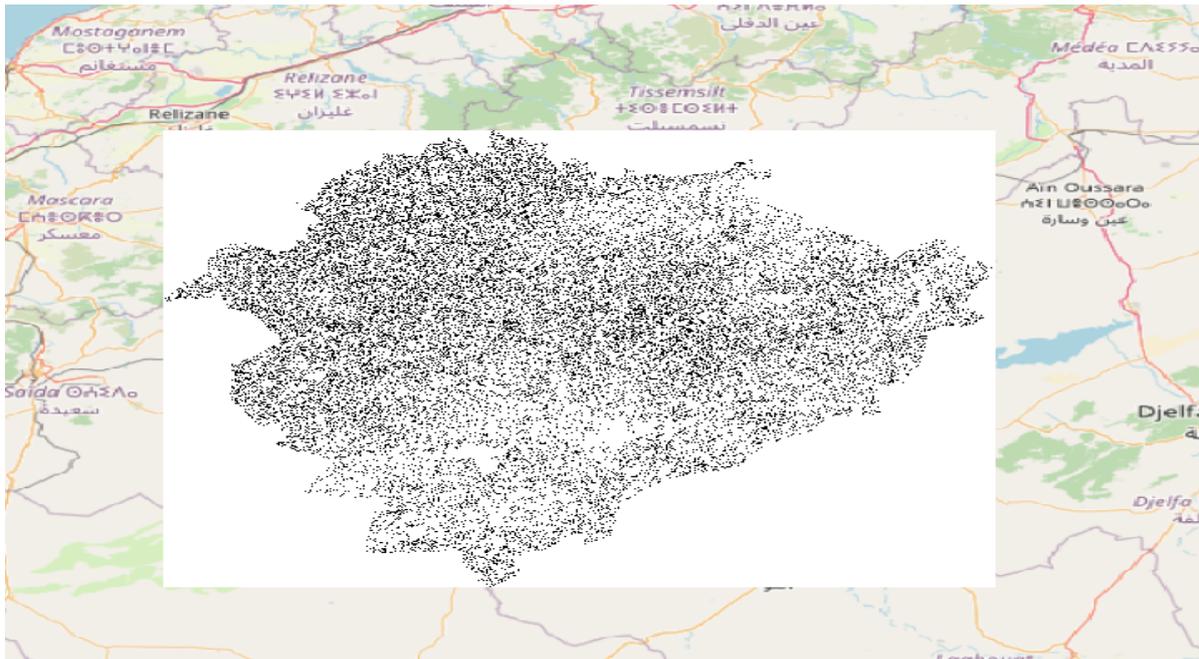


Figure V25 : Channel N.D.B

#### V.10.Délimiter le bassin versant :

Pour la visualisation, il est plus agréable de découper les couches sur la limite du bassin versant lorsque la tâche est terminée nous verrons le résultat :

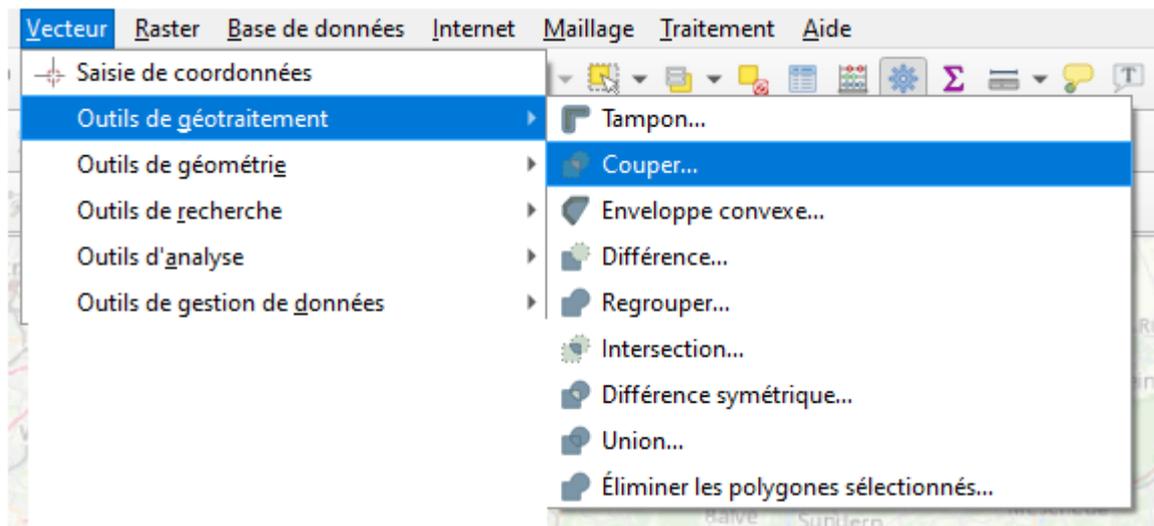


Figure V.26 : Boite de dialogue découpage

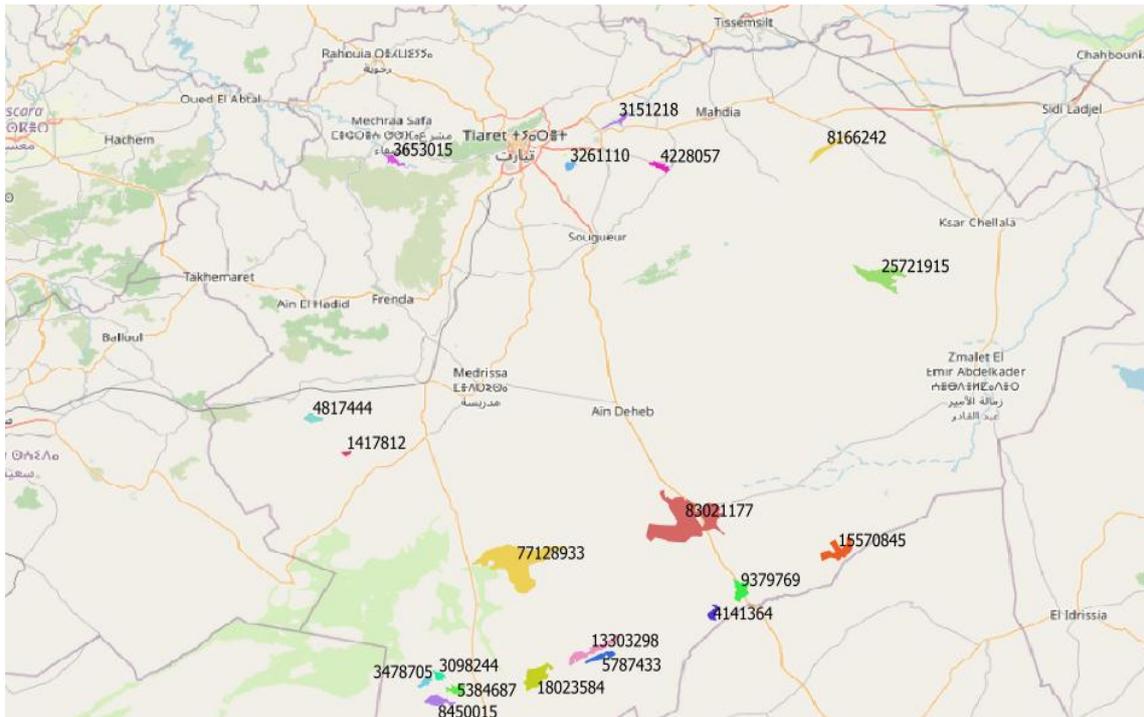


Figure V.27 : bassin versant localisée

### Stocker les données dans un GeoPackage :

Enregistrer le projet dans le GeoPackage. De cette façon, toutes les données et les paramètres sont stockés dans un seul fichier qui peut être partagé avec les autres de façon beaucoup plus facile que des **shapefile** et fichiers de style séparés.

### Styler le bassin versant résultant :

Pour montrer les résultats de notre analyse, en utiliser une technique appelée les Polygones Inversé avec un Dégradé suivant la forme pour focaliser l'attention sur le bassin versant.

Tableau V.1 : Le Tableau représente les résultats des bassins versants localisées:

Wkt_géomet	bassin	Sup (M <sup>2</sup> )	Cordo (N.E)
Polygon(1.43683)	Ain Dheb	83021177	1.7015 ; 34.6275
Polygon(0.94528)	Oued Djarad	77128933	1.3320 ; 34.5416
Polygon(1.98130)	ZMLT.EMIR.AEK	25721915	2.1056 ; 35.1085
Polygon(1.34358)	Chehaima	18023584	1.3664 ; 34.3250
Polygon (2.04601)	Naima2	15570845	2.0210 ; 34.5703
Polygon (1.14346)	Chehaima2	13303298	1.4959 ; 34.3809
Polygon (1.50544)	NAIMA.F	9379769	1.8069 ; 34.4922
Polygon (1.4285)	S.Abderahmane4	8450015	1.14959 ; 34.2801
Polygon (1.10913)	Rechaiga	8166242	1.8930 ; 35.3603
Polygon (1.03408)	Chehaima4	5787433	1.5063 ; 34.3666
Polygon (1.74278)	S.Abderrahmen3	5384687	1.1949 ; 34.2998
Polygon (1.61574)	Rosfa	4817444	0.8837 ; 34.8304
Polygon(0.86449)	Ain Dzarit	4228057	1.6313 ; 35.3236
Polygon (1.16973)	Chehaima3	4141364	1.7438 ; 34.4486
Polygon (1.47111)	B,Bakhada	3653015	1.0560 ; 35.3375
Polygon(1.43071)	S.Abderahman1	3478705	1.1272 ; 34.3155
Polygon (1.94990)	Bouchakif	3261110	1.4406 ; 35.3232
Polygon (1.60666)	Dahmouni	3151218	1.5468 ; 35.4131
Polygon (1.12329)	S.Abderahman2	3098244	1.1566 ; 34.3271
Polygon (1.78959)	Madna	1417812	0.9580 ; 34.7612



Figure V.28: Carte des eaux superfielle dans la région de Tiaret

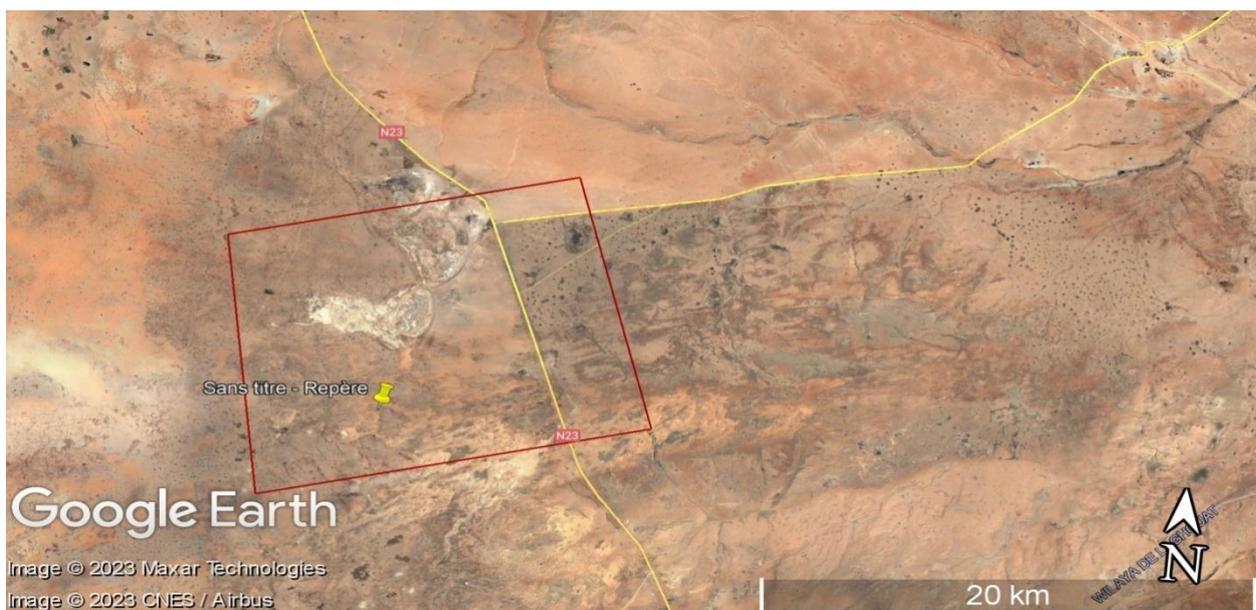
# **CONCLUSION**

## **GENERALE**

A l'issue de l'exécution de ce travail qui nous a permis d'apprendre de nouvelles connaissances quant à l'application de ce système d'information (SIG) et ses différents domaines d'application en matière découverte et localisation des bassins versants dans notre région en vue de leur exploitation ceci d'une part.

D'autre part les résultats obtenus de ce travail nous a ramené a la rencontre d'un problème qu'on ne peut ignorer qui est celui lié au grand bassin versant traversant la **RN23** , sur le tronçon situé dans la région entre Ain Dheb et Gueltat sidi Saad reconnu par le nom de **Hissien Dib** qui a chaque période hivernale et pendant les périodes caractérisés par des pluie torrentielles ce dernier serait à la base d'une catastrophe naturelle (**inondation**) d'une gravité importante créant pas mal de contraintes dont la rupture de circulation sur un axe routier important (**RN23**) reliant le sud du nord du pays dans cette région pour plusieurs jours.

Et dans la perspective de trouver une solution à ce problème on propose d'entamer une étude détaillée sur la possibilité de dévier cet axe routier dans cette partie ou sa surélévation.



**Figure V.28:** image de la zone touchée par l'inondation RN23



**Ain dheb :la zone touché**



**Ain dheb :la zone touché**



**Ain dheb :la zone touché**



**Ain dheb :la zone touché**

Dans ce projet de fine d'étude, nous avons fait une étude de recherche ayant pour objet comment délimité les bassins versants de la région de Tiaret ainsi que les ressources en eau existant dans notre Wilaya, et pour réaliser ce travail l'application du **système d'information géographique S.I.G** nous a été très utile comme outil de travail rapide et précis dans les résultats.

Ça nous avons aide aussi dans la construction d'une base de données importante et nous a permis de développer nos connaissances dans la gestion des ressources hydrologique et de les maitrisé.

Un logiciel de système d'information géographique (**SIG**) traite l'information, corrige les erreurs et permet son analyse et sa modification. La création d'un Modèle de base de

données Géographique (**MBDG**) permet de récupérer des bases de données (**BD**) et de créer des gabarits et des fiches thématiques relatifs aux ressources en eau de la région de la willaya et l'aménagement urbain.

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

Notre contribution consiste à introduire le **SIG** comme un nouvel outil de gestion moderne et pertinent dans l'environnement de l'évaluation hydrologique dans le bassin versant.

En fin les points bénéfiques que peut apporter le **SIG**:

- Les informations sont stockées de façon claire et définitive.
- Gérer une multiplicité d'information attributaire sur des objets.
- Comprendre les phénomènes relatifs à ces réseaux.
- Etablir des cartographies rapides.

La réalisation d'un tel projet nous permet d'explorer les capacités du **SIG** autant qu'un outil d'aide à la décision. Ainsi son exploitation par n'importe quelle étude concernant la région de willaya.

Comme perspectives, il serait souhaitable de :

- ✓ Créer un organisme comité dont les missions seraient de surveiller et de contrôler ces ressources.
- ✓ Développer les recherches sur les ressources hydrologiques et de conclure des conventions, avec les autres parties (**ANRH, DRE**) pour avoir une meilleure qualité d'informations Pour que ces dernières bénéficient du travail établi et mettre à jour leur données.
- ✓ Créer un système d'alerte précoce basé sur les données climatiques sur toute la pluviométrie pour pouvoir faire des prévisions de l'évaluation des stockages d'eau dans les années à venir.
- ✓ Mener des enquêtes approfondies sur la potentialité des eaux.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALDOSA,N.,BIHAN,M.,MONIN, M.(2003) .Information, communication, organisation,2emeéd. Algérie Presse Service. Algérie presse service, article2019.
- Bassins Versants Dr.LAKEHAL Rida Département Sciences et Techniques Faculté de Technologie UB2 – BATNA- P1/23
- Mémoire : Aménagement d'un parc de loisire au niveau du barrage de GARGAR ;université de abdelhamid ibn badiss mostaganem.(2017.2018)-P13.17 Wékipidia .com Unvarsalise .fr
- Etude et calcul d'un barrage en terre :www.GeniecivilPDF.com
- BAILLY, A., ET AL. (1991). Les concepts de la géographie humaine.(Masson, Éd.) (2eme éd.).Paris.
- Benb.lidiaM.,(2011). L'efficien ce d'utilisation de l'eau et approche économique, plaw. bleu.juin.
- BIGAND,M.,CAMUS,H.,BOUREY,J.,CORBEEL,D.(2006).Conceptiondes systèmes de l'information, modélisation des données, études de cas.
- BIMONTE,S.(2007). Intégration de l'information géographique dans les entrepôts de données et l'analyse en ligne.
- P.(2006). Méthode d'observation multi-niveaux pour le suivi de phénomènes géographiques avec un SIG.14
- Brocard, M., Mallet, P., Leveque, L., Bessineton, C. (1996). Atlas del'estuaire de la Seine.RouenetduHavre.
- BROSSOE THAURIE,A .(1996).Gestion de l'environnement et l'entreprise. Presse polytechnique et universitaire romandes.139p.
- BORD,J.,Pierre-RobertBADUEL. (2004). Les cartes de la connaissance. Karthala. 47pBORDIN André,L,G.,(1975).Dictionnaire de l'informatique Reliurein connue.
- REGIS,CALOZ.,(2011).Analyse spatiale de l'information géographique.
- RIGAUX,P.,(2001).Spatial data bases with applicationto GIS. Éd2nd. San Francisco.

**ROCHE, S., (2000). Les enjeux sociaux des systèmes d'information géographique revue géographique sociale. le Harmattan.**

**PROVENCHER, L., Jean-Marie., Maurice DUBOIS (2007). Précis de télédétection méthode photo interprétation et de l'interprétation d'image, volume 4,33p. Régions urbanisées.**

**GUEGAN, j.,CHOISY,M.(2009).Introduction à l'épidémiologie intégrative .de Boeck université.43p.**

**GWP.,2009.Global water partner ship manuel de gestion intégrée des ressources en eau par bassin par tenariat mondial de l'eau, stockholm suède stratégie .2009\_2013**

**GWP.,2005. Global water partner ship plan de gestion intégrée des ressources en eau manuel de formation et guide opérationnel United nations développement programme (UNDP) global water partner ship107p**

**FRANÇOIS, D. (2004). Les systèmes d'information géographique. P. U. de France, Éd. 2nd éd.Paris.29**

**COLLET,C.(1992).Système d'information géographique en mode image. (P.poly techniques et universitaires Romandes, Éd.). Lausanne.**

**COUCLELISH. (1992). People manipulate Objects: beyond the raster-vector debate GIS (Theorisa) .Frank,A.U.23**

**DjaffarS.,Kettab. 2018. La gestion de l'eau en algérie. Quelles stratégies algériennes j.ENV.sc .technology 4:1 (2018).642p,643p**

**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 nationale supérieure d'agronomie.153p**

**Hamlat A.,2014. Contribution à la gestion des ressources en eau des bassins versants de l'eau est algérien à l'aide d'un système informatique.Thèse de doctorat25p,27**

**I.A.A.T(2003).Cahier méthodologiques sur la mise en œuvre d'un SIG,33p.**

**NOVA,N.,(2009).Les médias géolocalisés,comprendre les niveaux espaces numériques .17p**

**O,BONIN.,(2002)Modèle d'erreur dans une base de données géographiques et grandes Déviations pour des sommes pondérées; application à l'estimation d'erreurs sur un temps de parcours. Paris**

**Philipetal(2008). PhilipR, Bonjean M., BromleyJ., CoxD., SmitsS., Sullivan C.A,Vn NiekerkK., chonguiçaE., MonggaeF., NyagwamboL., PuleR. et Berraondo Lopez M., 2008. Government local et gestion intégrée des ressources en eau (GIRE) partie III s'engager en faveur de la GIRE.ICLEL local governments for sustainability africa secretai at .cape town southeafrika.**

**VISUDA '89.QUODVERTE.(1994).Cartographie numérique et information géographique . D'Orléans.**

**Situation géographique de wilaya de Tiaret(DSA.2021)**

**Tableau daira et commune de wilaya de Tiaret (DSA.2021)**

**Géologie :(P.A.W.T, 1988)**

**Géologie local :(Ouedraogo, et arraria .2018)**

**Monts du nador :(DRE.2007)**

**Geomorphologie relief :(DRE.Tiaret.2014)**

**Données climatiques 2022.[www.meteo.net/algérie/tiaret/2022](http://www.meteo.net/algérie/tiaret/2022)**

**Relief de la wilaya :(Ouedraogo,et arraria.201**

**Les principaux oueds de la wilaya :(C.F Tiaret)**

**Notion climatique (Alexandre et al .2009)**

**Définition du changement climatique (GIEC.2001)**

**Les Gaz effet de serre « GES » (B.seguin.J.F.Soussana,mars.2006)**

**Le réchauffement climatique(GIEC.2006)**

**Evaluation du climat (Hansen et al.2006-Christensen et al.2007)**

**Changement climatique (Michela miletto, l'UNESCO 2019-2020)**

**Changement Hydrologiques (Bruce Stewart, OMM-2020)**

**Changement Hydrologiques (Bruce Stewart, OMM-2020)**