

Remerciements

Tout d'abord je remercie Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, je remercie mon encadreur Mr. Sahel Boudjemaa , pour ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Mes vifs remerciements vont également :

Aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

A tous mes enseignants

A toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- + Mon père ; à qui je dois tout ; et qui m'a soutenu tout le long de mes études.*
- + A la mémoire de ma mère ; à celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, mon amour et ma reconnaissance éternelle.*
- + A mes frères*
- + A toute ma famille.*
- + A tous les enseignants ; les étudiants et le personnel du département Sciences de la Terre et de l'Univers*
- + A la mémoire de ceux qui ne sont plus parmi nous ; mais sont toujours présent dans nos cœurs.*

Tables des matières

❖ Introduction générale	1
➤ l'objectif.....	2
➤ méthodologie.....	2
➤ les problème rencontres	4.
❖ Chapitre I : approche théorique.....	5
1. introduction.....	6
2. définition.....	6
3. les inondation dans le milieu urbain.....	10
4. les grands inondation dans l'Algérie.....	12
5. Cadre juridique et réglementaire de prévention.....	19
6. Mesures structurelles et mesures non structurelles.....	20
7. les plans généraux de prévention des risques d'inondation (PGPR).....	21
✓ Aspect Historique.....	22
✓ l'origine du nom.....	22
8- conclusion.....	23
❖ Chapitre II :présentation de la zone	29
1- Introduction	30
2- situation géographique et administrative.....	30
2-1- situation géographique et administrative	30
2-2- situation impluvium	31
3- caractéristique de milieu physique.....	32
3-1- relief.....	33
3-2- pente.....	33
3-3- géologie	34
3-4- la lithologie	35
3-5- le climat.....	37
4- -évapotranspiration potentielle (ETP).....	40
4-1- diagramme ombro_thermique.....	43
4-2- notion de bilan d'eau	45
5- la sécheresse.....	48
6- conclusion.....	52
❖ Chapitre III: Matériel et méthode.....	53
• II -1 introduction.....	54
la télédétection.....	54
1-1 définition.....	54
1-2 image numirique	54
1-3 image satellitaire.....	54

1-4 classification et l'analyse.....	55
1-5 les indice.....	55
1-6 les système de télédétection	57
1-7 les domaine d' application de télédétection	60
• II-2 Google earthengine (GEE).....	61
*les donnée de télédétection	61
*défis du traitement du BIG -DATA	62
• 3-Otsu thresholding méthode	62
• 4-système d'information géographié.....	62
*les fonction d'un SIG	77
• 5-ARC gis 10.4.....	79
*définition	84
*les caractéristiques de bassin versant	85
• conclusion.....	86
❖ Chapitre IV : résultats discussion	87
I- Introduction	88
II -1 les caractéristiques de forme	88
II-2 le relief.....	89
II -3 les caractéristiques des altitude.....	92
II-4 pente de bassin versant	94
II-5 caractéristiques hydrographique de bassin versant	96
II-6 identification des zone inondables	98
III -Conclusion générale	101
❖ liste de figures	102
❖ liste de tableaux	103
❖ liste des cartes	105
❖ liste d'abréviation.....	106
❖ référence bibliographique.....	107

Résumé

La ville connaît un réel développement sur tous les plans (démographique, urbain, économique etc..) et on se demande, jusqu'à quel point cette ville est elle en mesure de risquer les catastrophes naturelles et en particulier les inondations, car elle se situe sur une zone géographique dont les caractéristiques exposent à cela ; l'oued mellah traverse la ville qui se trouve à l'intérieur d'un bassin allongé favorisant l'affluence des eaux.

Dans le présent travail nous avons étudié le bassin de Oued Mellah en essayant de déterminer les zones que le risque peut atteindre à l'intérieur de la ville en s'appuyant pour cela sur plusieurs programmes, comme notre travail consiste à regrouper, superposer plusieurs couches de surfaces qui peuvent provoquer et influencer sur la vulnérabilité: les cartes utilisées (les pentes, la densité de drainage, la perméabilité .) la superposition et la comparaison par analogie nous a permis de dégager la carte qui détermine les zones menacées et de formuler des recommandations ou plutôt des propositions d'aménagement de nature à éviter la catastrophe et limiter l'extension sur ces zones.

Mots clés: Bassin versant, Risque, Aléa, Vulnérabilité, L'Inondation, Crues,

ملخص

تشهد مدينة بوغزول نموا حقيقيا على شتى الأصعدة (ديموغرافي, عمراني, اقتصادي), لكن السؤال المطروح ما مدى قابلية هذه المدينة لتكون عرضة للكوارث الطبيعية وبالضبط الفيضانات, خاصة وهي تتموضع ضمن منطقة جغرافية يكاد أن نقول عنها أنها تساعد على حصول ذلك, فواد ملاح يخترق المدينة من الجنوب إلى الشمال بالإضافة كونها تقع داخل حوض تجميحي متطاول يساعد أيضا على ذلك.

فبعلنا هذا قمنا بدراسة فيضان واد ملاح, بالإضافة إلى تحديد المناطق التي يمكن أن يمسهما الخطر داخل المدينة وهذا هو لب موضوعنا, وقد استعنا في ذلك ببرنامج ArcGis و global Mapper13 والنموذج الرقمي للارتفاعات كأظمة معلومات جغرافية وكان ذلك بمطابقة مجموعة من الطبقات المشكلة للسطح التي من شأنها أن تغير أو تساهم في حدوث الكارثة:

الخرائط المستعملة (الارتفاعات وكثافة التصريف والنفاذية)

وقد نتج لنا من هذه المطابقة خريطة تبين المناطق المهددة, ومن هنا خرجنا بتوصيات أو بالأحرى اقتراحات تهيئة تحول دون حدوث الكارثة بالإضافة إلى منع التوسع العمراني داخل هذه المناطق.

مفتاحالكلمات: حوضالتجميع, خطر,قابلية,خطر الفيضانات, النفاذية.

Abstract

boughezoul witnesses, big growth in different fields (demographic, urban and economic...).however the question is to what extend. is this town exposed to natural disasters and especially floods without forgetting that it is situation in geographic area that helps that to hoppers. as we know that Malleh cross this town from south to north as it is situation, in our work we mentioned the areas under floods .in addition to that we mentioned the areas under floods. in addition to that we mentioned the areas. under this is the principal point in our project, therefore, to do is ,we used to moping , glop mapper10 and mnt .as geographic information systems through .comparing the different classes of the surface which can

Résumé

make or change disasters happenæing the maps used. as a result we had. a map shown the areas and the risks and we gave some proposals and recommendation .to ovoid this disaster and to stop housing in this areas.

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale

L'eau est une richesse naturelle précieuse mais fragile et limitée. Indispensable à la vie et à toute activité économique, les régions du monde les plus déshéritées sont celles qui souffrent d'une insuffisance de cette ressource.

La société, les collectivités et les ménages cherchent à exploiter au mieux les ressources naturelles à leur disposition. Depuis les temps les plus reculés, l'homme s'est installé près des cours d'eaux, (les bordures des fleuves, des rivières, des lacs et des oueds ...), leurs bienfaits sont multiples, ne serait-ce que par la présence de l'eau, l'élément naturel nécessaire pour la vie.

La proximité d'un cours d'eau a toujours été considérée comme un avantage certain pour le développement des activités humaines (pêche, navigation, distribution d'eau potable). Avec le temps, l'homme a appris à composer avec les cours d'eau et leurs caractéristiques hydrauliques. La succession de crues et d'étiages était perçue comme bénéfique. En effet, cette alternance du régime hydraulique permettait de façonner les paysages et de déposer les limons fertiles sur les terrains environnants. Ces limons sont par ailleurs très importants pour l'homme car, filtrant les eaux de pluie, ils lui permettaient de bénéficier d'une eau "propre".

Cependant, avec le développement rapide des zones urbaines et périurbaines, de l'industrie, du commerce, etc., accompagné de fortes pressions d'aménagement, il est aujourd'hui fréquent de trouver des communes installées en zone inondable.

Les inondations associées aux crues sont parfois des phénomènes catastrophiques par leurs ampleurs et leurs rapidités d'apparition, ce qui met des espaces urbains et agricoles en menace. Le continent africain souffre plus de la sécheresse. Mais les fortes pluies dans ces zones sèches entraînent des risques de dommage plus grand par rapport aux zones humides.

Le fait que des habitations spontanées s'installent dans des zones inondables accroît considérablement le nombre de personnes exposées au risque d'inondation, comme se fut le cas dans le township d'Alexandra (Johannesburg), en Afrique du sud lors des inondations de 2000, ou bien les inondations de Bab el Oued 2001 (Alger) et celles de la vallée du Mzab et de Bechar en

Introduction

2008 .en plus les dernières inondations qui ont touché la ville d'El-Bayad en 2011 et qui ont cause des dégâts humains et matériels.

Dans le souci de cerner la problématique du thème de recherche, on peut résumer les constats précédents, dans l'équation suivante : à chaque fois qu'il ya des averses dans la ville comme d'autres villes, on constate un débordement d'eau et parfois des inondations .

Ces dernies restent une perpétuelle préoccupation des autorités locales de la population soumise en période pluvieuse à ce permanent et angoissant risque naturel.

Cette problématique nous incite à poser les questions ci-après :

- 1- Quelles sont les zones les plus vulnérables face au risque d'inondation ?
- 2- Quel est la situation réelle de la nouvelle ville bougezoulpar rapport ses principaux Oueds ?
- 3- La Pentienalité de la télédétection radar pour identifications de zone inondable ?

▪ L'objectif

L'objectif de notre étude, qui est l'évaluation de la vulnérabilité de la nouvelle ville bougezoulau risque d'inondation, a pour but :

- Déterminer les zones inondables dans notre zone d'étude ;
- Diminuer les dégâts ;
- Interdire l'extension urbaine dans les zones inondables ;

▪ Méthodologie

Dans le cadre de la réalisation de cette étude et dans le but d'arriver aux objectifs tracés, nous avons adopté un processus méthodologique fondé sur les étapes suivantes :

- Recherche bibliographique.
- Collecte des données.
- Dépouillement et analyse des données.
- L'organisation du travail.

Introduction

1- Recherche bibliographique

c'est la plus importante dans notre travail. Elle permet de construire une base théorique sur laquelle repose toute l'étude.

Dans cette phase nous avons consulté des ouvrages, des rapports et des travaux de recherche qui traitent le problème du développement urbain et des risques en général, ainsi que tous les documents ayant une relation avec notre thème.

2- Collecte des données

Pour objectif de collecter les données statistiques établies par des divers services de l'administration publique.

Nous nous sommes préoccupés de rassembler le maximum des données au niveau des établissements suivants :

- La wilaya de Media .
- Les services techniques de l'APC de la commune Media .
- DPAT, DRE .
- Le service des eaux.
- La Direction d'Urbanisme et de la Construction (DUC)..
- La protection civile de media .
- L'Office National des Statistiques (ONS).
- La Direction d'Hydraulique de la Wilaya.
- L'Office National d'assainissement (ONA).
- L'ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

3- Analyse des données c'est l'étape durant laquelle nous avons exploité les données recueillies en les représentant sous forme de tableaux, graphes et cartes ; de façon à simplifier leurs lectures

Introduction

Ceux-ci nous ont permis d'illustrer les éléments de la problématique afin d'émettre un certain nombre de proposition.

4- L'organisation du travail : Pour répondre aux questions précédentes, nous avons structuré notre travail en 5 chapitres :

- **CHAPITRE I : APPROCHE THEORIQUE**
- **CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**
- **CHAPITRE III : MATERIALE ET METHODE .**
- **CHAPITRE IV :RESULTATS ET DISCUSSION.**

- **Les problèmes rencontrés**

Plusieurs problèmes ont empêché le déroulement normal de ce travail, parmi les quelles :

- Difficulté d'accès aux quelques organismes pour l'acquisition des informations ;
- L'absence du support cartographique dans les différents organismes ;
- La rareté des informations et des données sur notre cadre d'étude (Inondation) ;

CHAPITRE I

APPROCHE THÉORIQUE

Introduction

Les zones inondables sont soumises à différents types d'inondation, dont les Caractéristiques influencent le déroulement des crises et l'ampleur des impacts humains et économiques. Le risque n'est pas le même sur les différents territoires exposés puisque ni l'aléa ni la vulnérabilité sont les mêmes ; les crues surviennent de manière plutôt lente sur les bassins plats alors qu'elles se produisent de manière extrêmement rapide et brutale sur les bassins pentus. Aussi les inondations ne provoquaient pas de catastrophes susceptibles de marquer les esprits si les zones inondables n'étaient pas ou peu occupées par l'homme. Dans ce chapitre nous présentons certains concepts avec la terminologie indispensable et fondamentale, qu'on doit connaître, pour le thème de cette étude (vulnérabilité, aléa, risque, inondation, bassin versant, Etc.). En plus nous donnons un aperçu historique sur les inondations.

1- Définitions

1-1- Risque

dépend d'un événement ou d'un phénomène soudain résultant de l'activité humaine (inondation, séisme ,,etc.] et qui se manifesté par des pertes potentielles en vie humaines et des dommages sur les propriétés et l'héritage culturel dans une zone exposée à la menace d'un aléa naturel.

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

1-2- Aléa

un événement qui dépend d'un hasard défavorable, il varie selon : l'intensité, la période de retour et la fréquence.

1-3- Vulnérabilité

elle fait référence à l'impact du phénomène sur la société, c'est justement l'accroissement de la vulnérabilité des enjeux qui augmente l'incidence des risques naturels. La vulnérabilité concerne depuis l'aménagement du territoire, jusqu'à la structure des bâtiments, et dépend fortement de la réponse de la population face à la catastrophe.

On peut considérer donc que la vulnérabilité du site à un événement redouté

[aléa] est une estimation de ce que sera la gravité de cet événement s'il se produit. Elle est le produit de la combinaison de ces critères d'évaluation¹.

IL existe plusieurs types de vulnérabilité, citons :

1-3-1- Economique

- constructions,
- infrastructures,
- services
- systèmes de télécommunications

1-3-2- Social

- danger pour la population (enfant, handicapé personnes âgées)

1-3-3- Environnementale

- changement environnementale,
- changement climatique,
- potentiel de pollution.

1-4- L'inondation

Les inondations provoquées par les crues, c'est-à-dire une augmentation du débit du cours d'eau, lorsque ce débit ne peut plus transiter dans le seul lit mineur, lieu des écoulements ordinaires. Une crue se caractérise par son hydrogramme, graphique qui représente les variations de débit en un point en fonction du temps. Plus précisément, c'est la partie montante de cet hydrogramme qui est appelée crue, la partie descendante étant la décrue. Parfois, on désigne par "la crue" l'épisode complet de la crue et de la décrue ce qui semble être en opposition avec la définition même du mot. Une crue se définit par différents critères : sa genèse, sa durée, sa fréquence, son "débit de pointe", son volume.¹

¹Fernin-Haffif Assia, évaluation de la vulnérabilité urbaine face aux risques majeurs naturels, thèse de magistère, USTHB, 2007, page 57.

1-4-1- Typologie des inondations

Différents types d'inondation sont susceptibles d'affecter l'Algérie et sont cités dans les différents ouvrages que nous avons consultés.

1-4-1-1- Inondation dites pluviales

Les zones de stagnation des eaux de pluies, en particulier en zone urbaine, l'état de la capacité du réseau d'évacuation pluviale sont souvent le facteur déterminant des quartiers les plus bas.

Les zones de dépression, qui ne peuvent offrir aux eaux de pluies, d'autre exutoires que l'infiltration dans le sous sol ou l'évaporation, peuvent se trouver inondées sans qu'il existe de relation avec un cours d'eau.

1-4-1-2- Débordement des cours d'eau Un débordement, peut avoir lieu suite à une crue, l'oued sort de son lit mineur pour occuper le lit majeur et envahir des zones à faibles altitudes et pentes : par submersion de berges, Les dégâts peuvent être élevés, avec existence de risque de noyade (notamment en franchissant les gués et arrivée simultanée de la crue). Le débordement indirect d'un cours d'eau, peut être causé aussi par la rupture d'un système d'endiguement (barrage) ou autres, ouvrages de protection.

1-4-1-3- Inondation torrentielle

Ce type de crue se forme par enrichissement du débit d'un Torrent matière solide qui accroît fortement son pouvoir érosif. L'enrichissement en matériaux peut provenir de l'arrachement des berges dû au débit anormal du cours d'eau ou à un ruissellement important sur le bassin versant amenant une importante charge solide. Cette dernière affecte les petits bassins Versants d'une Dizaine de km², ce type est très fréquent en Algérie.

1-4-1-4- Ruptures d'embâcles (barrages)

Le risque de rupture de barrage concerne l'ouvrage comportant à la fois un réservoir d'une capacité d'emménagement, avec une digue d'une hauteur donnée (hm). La rupture est liée à une dégradation de l'état de l'ouvrage, qui peut être alors constatée par les mesures de surveillance, ou bien par un choc sismique très violent, qui se répond avec des accélérations inattendues des ondes sismiques au niveau de la digue (en béton armé).

1 BOUALEM REMINI , La problématique de l'eau en Algérie , office des publication

universitaire, Alger, 2010, page 55

1-5- Crues

correspond à la submersion de terrains à la suite d'épisodes pluvieux importants ou d'accidents comme la rupture accidentelle d'un endiguement protégeant des terrains sous le niveau normal des eaux (rupture de barrage).

Les fortes pluies engendrent une crue, parfois associée à une remontée de la nappe phréatique. On distingue deux grands types de crues :

Les crues océaniques sont provoquées par des précipitations réparties sur plusieurs jours ou semaines, mais d'intensité modeste, et/ou parfois par la fonte des neiges. La montée des eaux et la décrue sont lentes, progressives et donc facilement prévisibles. La durée des hautes eaux varie de plusieurs jours à quelques semaines selon la taille du bassin d'alimentation du cours d'eau et la durée des précipitations.

Les crues torrentielles résultent des précipitations de type orageux. Elles durent entre quelques heures et deux journées, et se produisent très vite après les pluies (moins de 24 h). Ces crues, plus fréquentes dans les zones à relief accidenté et dans les régions à climat méditerranéen ou tropical.

Les facteurs anthropiques accentuant la vulnérabilité aux inondations

La vulnérabilité aux inondations est augmentée par des facteurs anthropiques qui favorisent l'augmentation des débits des cours d'eau, nous citons par exemple :

L'urbanisation et l'implantation d'activités dans les zones inondables.

L'aménagement parfois hasardeux des cours d'eau : les modifications de rivière, les suppressions des méandres, endiguements, etc. Peuvent avoir des conséquences préjudiciables par l'altération du milieu naturel et l'accélération des crues.

L'occupation des sols sur les pentes des bassins versants : le déboisement, la suppression des haies, les pratiques agricoles, l'empêchement de laminage des crues et la pénétration des eaux, il favorise par contre une augmentation du ruissellement, un écoulement plus rapide et une concentration des eaux.

La diminution des champs d'expansion des crues : l'urbanisation, édification des digues ou remblais ont pour conséquence une réduction de l'effet nature d'écèlement des crues.

La défaillance des dispositifs de protection : la mauvaise utilisation et le manque d'entretien des dispositifs de protection (digues, déversoirs), peuvent parfois exposer davantage la plaine alluviale.

2- Les inondations dans le milieu urbain

Selon Weng (2001) au commencement de l'urbanisation d'une zone, lors du déboisement, l'évapotranspiration diminue et la sédimentation des lits augmente, Puis l'imperméabilisation des sols dans la phase de construction diminue l'infiltration, augmentant ainsi la valeur des débits de crue et réduisant les débits de base. Enfin en phase finale d'urbanisation, l'imperméabilisation s'accélère, le temps de concentration de l'eau sur le bassin versant diminue et le pic de crue augmente encore. De plus, la présence du réseau d'assainissement tend à accélérer les écoulements d'eau à travers la ville.¹

3-1- Mécanismes d'écoulement de l'eau dans une ville

3-1-1- Cas de faible précipitation

la pluie tombe sur le bassin versant constitué généralement d'une zone en amont rural ou semi-urbaine et d'une zone urbaine en contrebas.

➤ Sur la zone rurale, une partie de l'eau de pluie s'infiltré et peut rejoindre la nappe. L'autre partie ruisselle, pour rejoindre en surface le réseau hydrographique, lui-même relié à la nappe.

➤ D'autre part, dans la zone urbaine, lorsque la pluie tombe sur une surface imperméable (toiture, parking...), l'eau ruisselle directement vers le réseau d'assainissement ou par l'intermédiaire de canalisations en direction de la voirie pour rejoindre le réseau d'assainissement. L'eau de pluie tombant sur les surfaces perméables est soumise à l'infiltration et le surplus ruisselle en surface pour rejoindre un point bas de la parcelle ou la voirie et donc rejoindre le réseau d'assainissement.

Enfin, lorsque la pluie tombe sur une rue, si le débit est assez faible, l'écoulement rejoint rapidement les caniveaux du fait de la forme bombée de la rue et des trottoirs inclinés .

L'eau ruisselant dans les caniveaux est ensuite interceptée par les avaloirs qui transportent cette eau vers le réseau d'eau pluvial (si la ville a un réseau séparatif) ou vers le réseau d'assainissement unitaire.

¹ Laroussi Beloulou, vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. CAS de la ville de Annaba (Nord-est Algérien), Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB, 2009, page 78.

Les réseaux d'assainissement sont gravitaires, c'est à dire qu'ils s'écoulent d'un point haut vers un point plus bas en utilisant la force de gravité. En certains points, des systèmes de pompage permettent de ramener les débits vers les zones plus hautes. Les réseaux ont naturellement tendance à suivre les talwegs mais sont parfois plus influencés par les contraintes d'urbanisation. Enfin, l'eau est dirigée vers une station d'épuration avant d'être déversée dans les cours d'eau à l'aval de la ville.

3-1-2- Cas de fortes précipitations

Lorsque les précipitations sont importantes, les cours d'eau peuvent déborder en ville et submerger les protections urbaines (berges). Les rivières peuvent de même déborder à l'amont de la zone urbaine et l'eau entre alors dans la ville par les grandes avenues reliant le centre à la périphérie.

Une autre cause d'inondation est le fait que le volume d'eau de pluie qui tombe sur la ville peut être trop important par rapport à la capacité de collecte des avaloirs et le surplus d'eau a alors tendance à rester s'écouler dans les rues. Enfin, le réseau d'assainissement peut aussi déborder au sein de la ville du fait d'un dépassement local de sa capacité et l'eau est ainsi renvoyée du réseau vers la voirie à travers les regards ou les avaloirs. En terme d'impact sur l'écoulement, les rues peuvent jouer le rôle d'obstacles à l'écoulement (type digues) si elles sont orientées perpendiculairement à la pente, obligeant ainsi l'écoulement à contourner les bâtiments qui la bordent et donc regroupant ces écoulements dans les rues qui leur sont perpendiculaires (suivant la pente). Par ailleurs, les rues qui suivent la pente principale peuvent constituer de véritables canaux à faible rugosité, provoquant des vitesses d'écoulement très importantes. Lors des inondations, l'eau a alors tendance à remplir les places et jardins, entrer dans les bâtiments, s'accélérer dans les rues en pente et créer toutes les catastrophes que l'on connaît : noyades, dégradations par remplissage (caves) ou par choc (façades), charriage de voitures et autres objets mobiles.¹

1,* Alli Azouaou Fathfelleh ; Simulation de la crue d'octobre 2008 dans la commune de Ghardaïa, mémoire d'ingénieur, ENP , 2009, page 33.

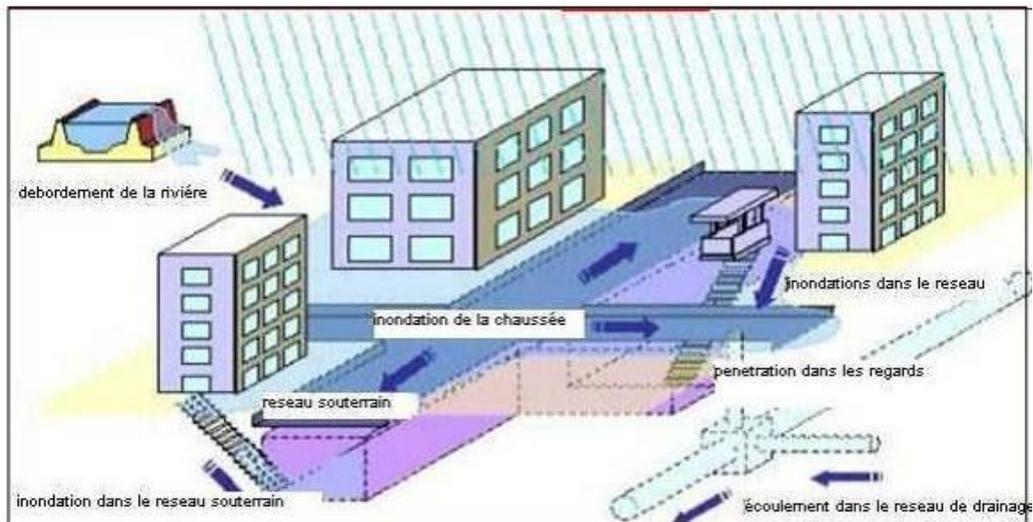


Figure 1: Mécanismes d'écoulement de l'eau dans une ville

3-Les grandes inondations en Algérie

L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et d'inondations qui sont plus fréquents que les séismes et les glissements de terrains. Ces phénomènes provoquent des catastrophes et occasionnent d'importants dégâts humains et matériels. Ces crues, variables dans le temps et dans l'espace, sont violentes, parfois rapides et soudaines (flash flooding) et surtout imprévisibles. Les inondations attribuables aux crues d'oueds et aux tempêtes de pluies se produisent dans toutes les régions du pays.

Tableau 1: Les grandes inondations en Algérie

La ville	La date	Les dégâts
AZAZGA (TIZIOUZOU)	12 octobre 1971	40 morts et des centaines d'habitations détruites
TIZI OUZOU	Du 28 au 31 mars 1974	52 décès dans la wilaya et 18000 sinistres et des dégâts évalués à l'époque à 27 Millions de DA

ELEULMA (SETIF)	1 septembre 1980	44 décès
ANNABA	11 novembre 1982	26 morts et 9500 sinistrés
JIJEL	29 décembre 1984	29 morts et 11000 sinistrés
BORDJ BOU ARRERIDJ	23 septembre 1994	16 décès et dégâts évalués à 10000000 DA

Source : protection civile

➤ Les inondations de Skikda décembre 1984

Qualifiées d'exceptionnelles, les inondations du 28 au 31 Décembre 1984 ont été Parmi les plus graves enregistrées après celles de Novembre 1957 durant Les quelles la plupart des records de pluviosité ont été battus dans le bassin de l'oued SafSaf (172.3 mm en 24 heures à Zardezas, 137.5 mm à Ramdane Djamel et 100 mm à Skikda).

Les inondations de 1984 ont été également engendrées par des pluies abondantes et continues sur plusieurs jours. Les précipitations quotidiennes maximales ont atteint 137 mm à Zardezas, 97.6 mm à El Harrouch et 111.2 mm à Ramdane Djamel (archives de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique-ANRH). Ces pluies exceptionnellement fortes ont été à l'origine de la montée, et par la suite, du débordement des eaux de l'oued SafSaf et ses principaux affluents à l'aval du barrage¹.



Figure 2: inondations Skikda 28/12/1984

Source : El Watan, 2007, "Les plus grandes inondations", édition du 25

¹ Boulghobra N, "Protection de la ville de Skikda contre l'inondation : Essai de PPRI», mémoire de magister en aménagement des milieux physiques, Université de Batna, 2006, page 179 .

➤ Les inondations de Bab el Oued novembre 2001

Les pluies abattues sur Alger (Bab el Oued) entre le 9 et le 11 Novembre 2001 (262 mm dont 204 mm en 24 heures) ont provoqué l'une des inondations les plus dramatiques qu'a connue l'Algérie. Le bilan de la catastrophe de Bab El Oued est effarant et il l'est d'autant plus que les causes de la tragédie ayant fait, selon le dernier bilan rendu public, 757 morts à l'échelle nationale dont 706 pour la seule capitale, sont loin d'être d'origine pluviométrique mais bien plus aggravées par un cumul de déficits et de laisser-faire dans les pratiques anarchiques de la gestion de l'espace urbain.



Figure 3: inondations Bab el Oued 10 /12 / 2001

Les dommages aux biens (effondrement des constructions, coupures des routes et de l'électricité, renversement de voitures, arbres et poteaux électriques arrachés, liaisons ferroviaires interrompues entre Alger et les autres villes) ont été estimés à 30 milliards de dinars algériens (300 millions de dollars) ¹

➤ Les inondations au sud algérien

Des inondations plus isolées ou de grandes envergures ont également marqué le Sud du pays; c'est ce qui s'est produit dans les régions d'Illizi, Adrar et Tamanrasset en Mars 2005, à Tindouf en Février 2006, à Béchar en Octobre 2007 et 2008 et à Ghardaïa en Octobre 2008.

¹ ** El Watan, 2007, "Les plus grandes inondations", édition du 25 Avril,

Chapitre I: Théorique

Des averses torrentielles et brèves engendrent une concentration des eaux ruisselées dans les lits d'oueds et torrents, le plus souvent à sec et peuvent provoquer des débordements particulièrement destructeurs.

A titre d'exemple, il a suffi d'une pluie Quotidienne de 79 mm (soit la quantité enregistrée en deux ans) pour détruire 50 à 60% des infrastructures aux camps des réfugiés sahraouis à Tindouf entre le 9 et 11 février 2006 D'après l'évaluation de l'agence du Haut Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR) à Tindouf, au moins 70% des stocks de la nourriture des familles ont été ruinés.



Figure 4: inondations Tamanrasset 9-10-2006

Source : www.flmovies.com

Suite à de très fortes intempéries qui ont duré plus de 3 jours (oueds Mâadar, Zouzfana et Bechar en crues), la wilaya de Béchar a subi le 18 Octobre 2007 des dommages considérables. En plus des deux victimes emportées par les eaux, les infrastructures de base ont été fortement endommagées (lignes téléphoniques coupées, circulation automobile arrêtée, routes bloquées suite à l'effondrement de plusieurs dalots et ponts, infiltrations des eaux dans Plusieurs habitations).

En moins d'une année, la ville de Bechar a été frappée, encore une fois, par l'inondation du 10 Octobre 2008 causant la mort de 8 personnes et des dommages Importants. Cette dernière a été la plus grande depuis 1959.



Source : www.zishan.com

Figure 5: Les inondations de Béchar 10 Octobre 2008

Dans la majorité des cas, la météorologie est un facteur déterminant dans la genèse des crues. En effet, ces inondations sont, en général, engendrées par des épisodes pluvieux généralisés (pluies orageuses) longs (plusieurs heures, voire plusieurs jours) ou spontanées. vingt minutes seulement ont suffi aux pluies 'diluviennes' du 01-10-2008 pour causer la mort de plus de 34 personnes et transformer en ruines la vallée du M'zab à Ghardaïa, totalement inondée par des eaux boueuses¹

Figure 6: Les inondations de Ghardaia 01-10-2008



Source : *El Watan*, 2008, "Des crues de l'oued M'zab font 33 morts et 48 blessés: Aïd de deuil à Ghardaïa", édition du 4 Octobre,

➤ Les inondation de Béchar octobre 2008

¹***. *El Watan*, 2008, "Des crues de l'oued M'zab font 33 morts et 48 blessés: Aïd de deuil à Ghardaïa", édition du 4 Octobre,

http://www.elwatan.com/IMG/_article_PDF/article_105436.pdf, 26 Janvier 2012

Chapitre I: Théorique

Au moins 8 personnes sont mortes noyées dans ces inondations trente six heures de pluies torrentielles ont suffi pour transformer la ville et sa périphérie en gigantesques torrents de boue .

La furie des eaux de l'oued Béchar (13 Km) a emporté les quelques animaux faméliques du jardin public riverain de l'oued et provoqué l'effondrement d'une école .

D'importants dégâts matériels ont été enregistrés par différents secteurs suite a ces inondations.

S'agissant du secteur des travaux public, 30 ouvrages d'art, tous type confondus, 50 Km de route nationale de Wilaya et communales ont été fortement endommagés par les crues rendant la circulation difficile .

Depuis 1958, jamais les eaux de l'oued de Béchar n'ont entraîné une aussi importante crue (850 m³ de débit a la seconde).

Il est à noter que la quantité d'eau tombée au cours de 2 jours est de 90 mm .

➤ Les inondations deTarf février 2011

la ville d'el taf a connu deux jours de déluge commune mesure, en effet les pluies qui se sont abattues durant plus de 36 heures ont fait 3 morts et plusieurs familles sinistrés.

D'importants dégâts matériaux ont été enregistrés, des milliers d'hectares et de cultures dévastés .

Il a plus abondamment plu en ce mois de février et la wilaya a été le réceptacle de plus de133 mm en l'espace de 3jours seulement, Depuis novembre, la wilaya a enregistré plus 900 mm, ce qui est important comparativement aux précipitations de l'hiver de l'année dernière où l'on a enregistré 730 mm. L'augmentation est de quelque 210 mm, soit 30%. A cela s'est ajouté l'apport en eau des trois barrages que sont Bougous, la Mexa et Cheffia, provenant de la fonte des neiges, c'est ce qui explique le déversement d'un volume incommensurable dans les oueds El Kebir, Bounamoussa et Seybouse, qui ont fini par déborder. Les trois barrages réunis ont évacué en 48 h près de 189 m³.



Source : protection civil

Figure 7:Les inondation de Tarf février 2011

Les inondations d'El –Bayadh octobre 2011

Les pluies diluviennes qui se sont abattues sur la ville d'El –Bayadh ont fait au moins 10 morts, et 150 familles . Les habitations sinistrées sont situées à une trentaine de mètres au Nord et au Sud de Oued deha El –Bayadh .

Le nombre d'habitations endommagées suite à ces inondations a été estimé à 299 bâtisses . Cinq ponts se sont effondrés et de nombreuses canalisations du réseau d'assainissement en eau potable ont été touchées .

Figure 8: Les inondations d'El –Bayadh octobre 2011



Source : protection civil

3- Cadre juridique et réglementaire de la prévention

L'idée de prévention des risques majeurs a émergé suite au séisme du 10 octobre 1980 EL Asnam (Chélif). Les législateurs algériens ont élaboré plusieurs lois qui relèvent de la prévention des risques majeurs, la définition et la mise en œuvre des procédures et des règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens aux aléas naturels.

- La loi n° 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.
- La loi n° 03 -10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

➤ La loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.¹

5- Mesures structurelles et mesures non structurelles

Mesures, moyens, interventions "structurels" et "non structurels" sont des termes d'origine anglo-saxonne sur lesquels on s'appuie pour décrire les modes de gestion du risque d'inondation. Cette distinction repose sur la nature des mesures en question et sur leurs objectifs.

5-1- Les mesures structurelles

Sont des mesures de défense contre les crues qui consistent en travaux ou en constructions d'ouvrages de génie civil dans le lit du cours d'eau (plus généralement dans le lit mineur que dans le lit majeur). Elles visent à modifier les conditions d'écoulement des crues et leur hydrologie pour réduire le risque d'inondation. Il s'agit en particulier de la construction de murs de soutènement ou de levées, de lacs artificiels et de barrages de retenue qui permettent de régulariser et d'écrêter la crue, de l'élargissement ou du redressement du chenal d'écoulement, de l'affectation de terres peu utilisées au stockage temporaire des eaux.

Parmi les travaux nous pouvons citer:

- La restauration et l'entretien du lit d'oueds destinés à améliorer l'écoulement des eaux des grandes crues, favoriser une meilleure répartition du courant entre les bras principaux et bras secondaires, retrouver une évolution favorable du milieu naturel.
- Levées de berges, et renforcement des levées .
- Barrages, Réservoirs et bassins de rétention .
- Mesures d'étanchéité .

5-2- Les mesures non structurelles

Le terme de mesures "non structurelles" est utilisé par opposition au mot "structurel" pour désigner tous les autres types d'actions qui ne relèvent pas de travaux de génie civil. Ces mesures visent à modifier les pratiques (en terme d'utilisation et d'usage du sol), les enjeux exposés (en volume et en

¹Journal officiel de la république algérienne n°84 DU 17 Dhou El-Kaada 1425/ 29 décembres 2004

fragilité) et à répartir les coûts supportés dans le temps ou au sein de la société, ceci dans la plaine alluviale et sur l'ensemble du bassin versant. Ce sont, par exemple:

- La mise en œuvre de normes de construction garantissant que les bâtiments résisteront aux inondations.
- La prévision et l'annonce des crues.
- L'organisation des secours.
- L'assurance et l'indemnisation des victimes pour la remise en état de leurs biens en cas d'inondation.

6- Les Plans Généraux de Prévention des Risques d'Inondation (PGPR)

Ce sont des outils réglementaires institués par la loi n°04-20 du 25 décembre 2004 dans les articles 16 , 18 , 24 ,25, qui entre dans le cadre de renforcement de la politique globale de l'état en matière de prévention des inondations ,cette politique donne la priorité à la sécurité des personnes et à la prescription de mesures collectives ou particulières, notamment dans le domaine de l'urbanisme, de la construction et de la gestion des territoires, tant dans les zones exposées que dans les zones non exposées mais susceptibles de contribuer à l'aggravation ou à la création du risque.

- Les PGPR sont réalisés par bassins de risque, à partir d'une approche globale et qualitative des phénomènes, qui correspondent le plus souvent à une échelle pluri communale et sur la base des atlas des zones inondables.
- Ils couvrent les domaines de l'utilisation du sol, de la construction, de l'exploitation des sols et de la sécurité publique.
- Ils proposent des mesures appropriées à l'importance des risques et proportionnées à l'objectif de prévention recherché.
- Ils doivent être conduits avec une grande transparence, en recherchant la concertation la plus large possible avec l'ensemble des acteurs locaux de la prévention des risques, en particulier les élus communaux.

Aspect Historique

- **Inondation de 1954:** la ville a connu une inondation de l'Oued Mellah (*entretien avec les citoyens*). cf carte n °12
- **Inondation du 29/02/1960:** la plus grande inondation qu'a subie la ville qui a fait 2 morts (sauvetage et intervention par hélicoptère) sa hauteur était de 90cm (*entretien avec les citoyens*). voir l'annexe
- **Inondation du mois de juillet 1969:** oued mellah a débordé sa hauteur était presque 50cm, quartier bel ombrage (*entretien avec les citoyens*).
- **Inondation du mois d'août 1978 :** hauteur de débordement d'Oued Mellah était 60cm , quartier bel ombrage (*entretien avec les citoyens*). cf carte n °13
- **Inondation du 20/10/1982 :** Cette inondation a causé des pertes humaines et des dégâts matériels considérables (source ANRH)
- **Inondation du 23/08/1983 :** De même cette inondation considérée comme la précédente comme les plus grandes connues par la ville, a également causé des pertes humaines et de grandes pertes matérielles (source ANRH).
- **Inondation du 09/09/1994:** Oued Mellah a débordé ayant causé 4 morts et dégâts des habitations de plusieurs quartiers, la hauteur de cette catastrophe a dépassé les 40cm. (*protection civile*).
- **Inondation du 28/07/1998 :** Oued Mellah a débordé ayant causé des dégâts sur des habitations de 3 familles sa hauteur a été presque 60cm. (*protection civile*)
- **Inondation du 05/08/2000 :** Le débordement des Oueds el Hadid et Mellah a fait 27 familles victimes, la hauteur était entre 40cm et 60cm dispersée dans différents quartiers. (*protection civile*)
- **Inondation du 30/07/2004 :** 2 victimes du débordement d'Oued Mellah. (*protection civile*)
- **L'inondation du 27_28 /8/2008 :** Cette inondation a causé la submersion d'un ensemble de maisons réparties sur 19 quartiers et 23 entreprises, 29 personnes ont été sauvées, cette inondation a également causé la coupure de certaines routes, a paralysé l'activité socio-économique de la ville , la hauteur a été estimée à 80cm dans certains quartiers.
- **Inondation du 08-09/09/2009:** Cette inondation a causé des dégâts à savoir submersion de plusieurs maisons et établissements administratifs, paralysie de la circulation routière dans certaines cités, la hauteur a été estimée à 30cm dans certains quartiers. (*protection civile*)

Conclusion

En premier lieu, nous avons précis un certain nombre de concepts et notions fondamentales du risque, de l'aléa et de la vulnérabilité. Puis nous avons en second lieu traité les grandes inondations en Algérie.

Cette partie de l'étude décrit le contexte théorique. Elle rappelle la situation en matière de gestion des risques.

SAR pour la cartographie des inondations

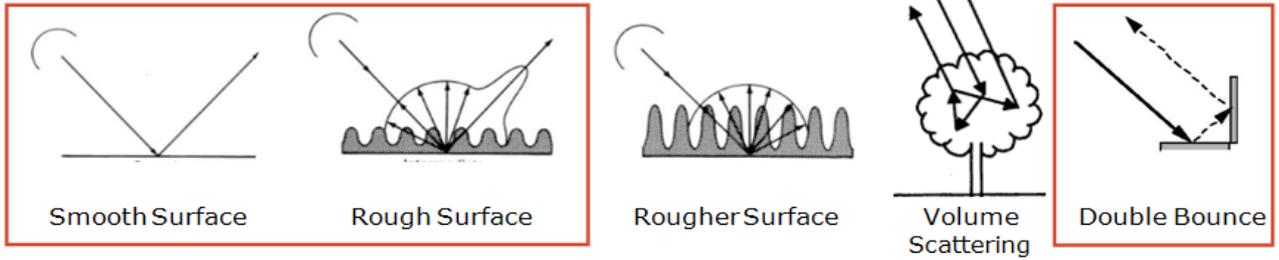
Définition de l'inondation d'un point de vue radar:

L'apparition temporaire ou permanente d'une surface d'eau:

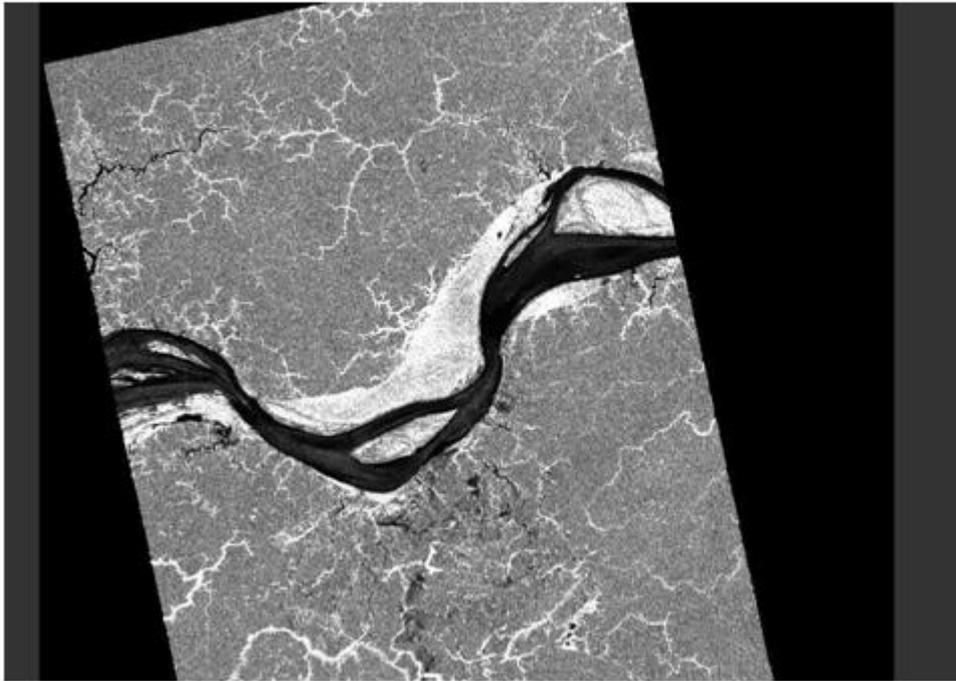
- sous un couvert végétal (végétation haute ou courte)
- sans végétation sur pied (appelée eau libre)



Diffusion du signal SAR sur les régions inondées

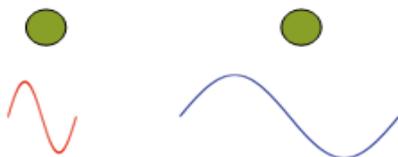


PALSAR Image (L-band) |



Paramètres de surface liés à la structure

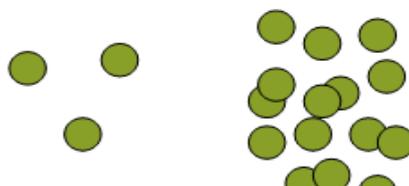
Size Relative to Wavelength



Orientation



Density

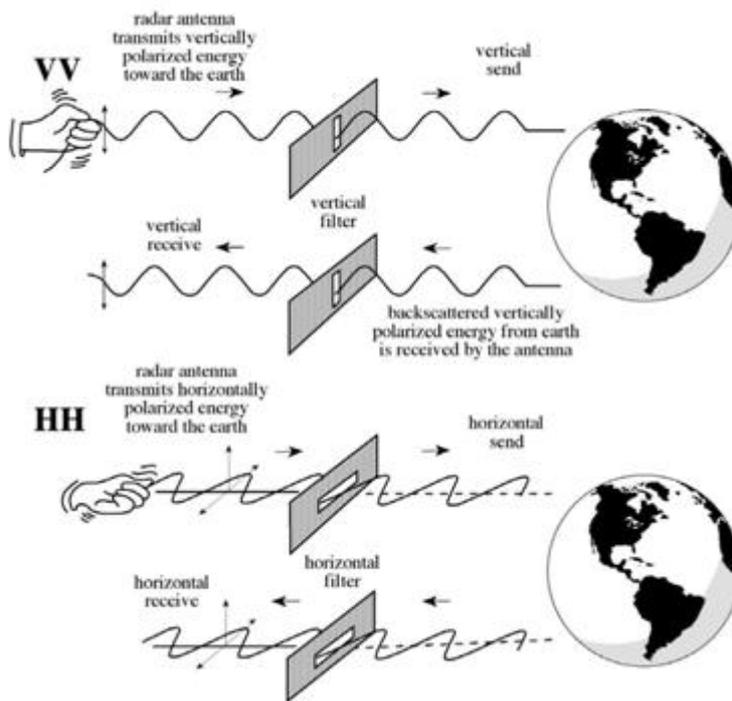


Polarisation

- Le signal radar est polarisé
- Les polarisations sont généralement contrôlées entre H et V:
 - HH: transmission horizontale, horizontale

Recevoir

- HV: transmission horizontale, réception verticale
- VH: transmission verticale, réception horizontale
- VV: transmission verticale, réception verticale
- Mode Quad-Pol: lorsque les quatre polarisations sont mesurées
- Différentes polarisations peuvent déterminer les propriétés physiques de l'objet observé



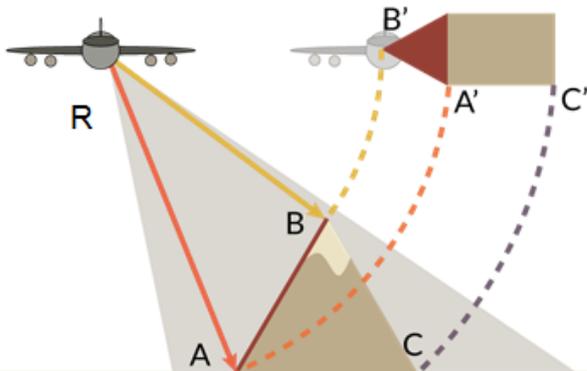
Ouragan Matthew sur la côte est des États-Unis - Inondations côtières



Distorsion géométrique

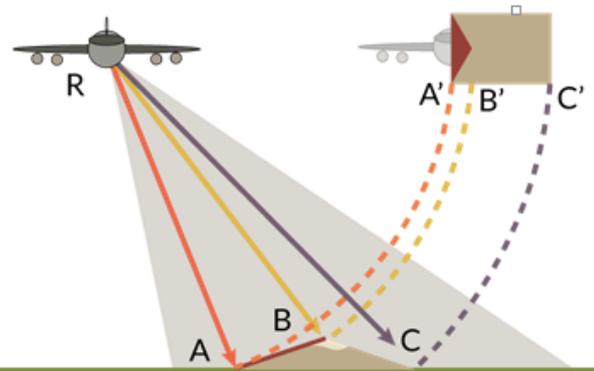
Layover

$$\begin{aligned}
 AB &= BC \\
 A'B' &< B'C' \\
 RA &> RB \\
 RA' &> RB'
 \end{aligned}$$

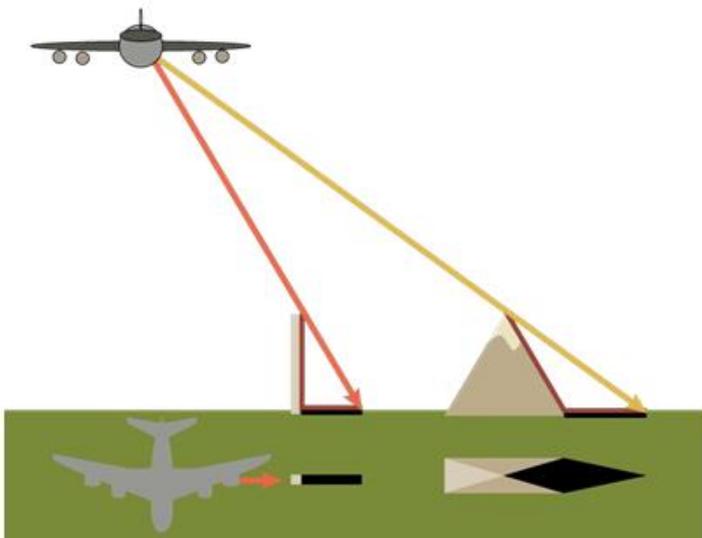


Foreshortening

$$\begin{aligned}
 RA &< RB < RC \\
 AB &= BC \\
 A'B' &< B'C'
 \end{aligned}$$



Ombre



CHAPITRE
II :PRÉSENTATION DE
LA ZONE

1-Introduction

La nouvelle ville boughezoulà l'instar de toutes les communes du pays, est dotée D'instruments d'urbanisme. Ces dernières permettent aux autorités locales de mieux Gérer leur territoire dans l'espace et dans le temps.

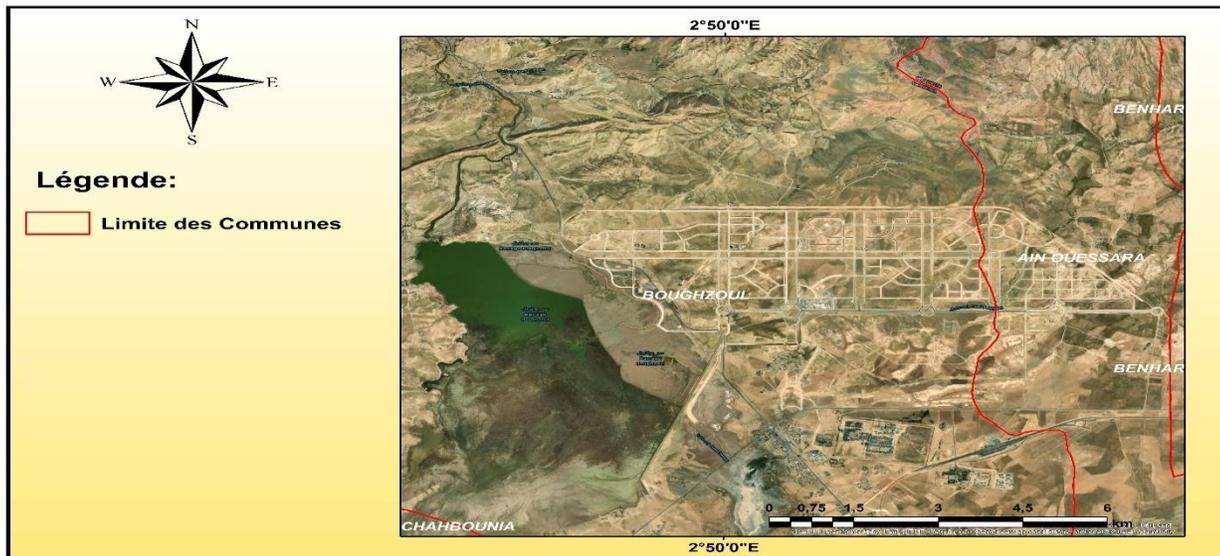
Ce chapitre s'articule autour des éléments qui composent notre zone d'étude, pour cela, nous essayerons tout d'abord de mieux positionner la nouvelle ville boughezouldans un contexte géographique et administratif, puis nous allons établir une étude du cadre physique et une étude démographique.

2-Situation géographique et administrative :

1.1. Situation géographique et Administrative ::

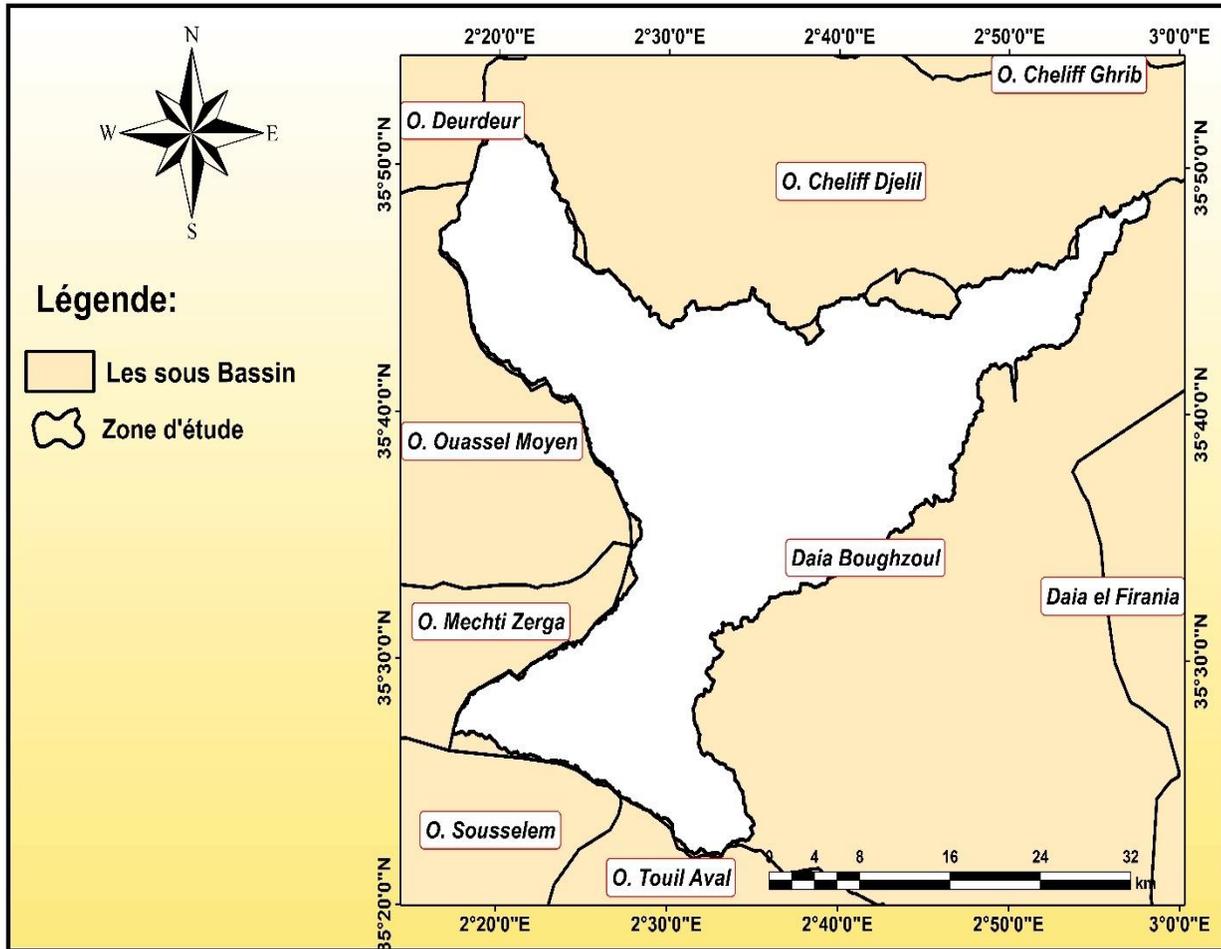
La nouvelle ville boughezoulà été dans le Sud de la Wilaya deMedia et la Partie Nord de la wilaya est située sur un superficie de 4.650 ha entre Deux communes (Boughezoul et Aine Ouessara)

Carte n°1 : la situation géographique de la zone d'étude



2- Situations de Impluvium

la délimitations de l'impluvium de la Nouvelle Ville elle déterminer Depuis le Modèle Numérique de terrain situ dans un le Sous bassin de DaiaBoughzoul sur un superficié de 1170,365284 km²



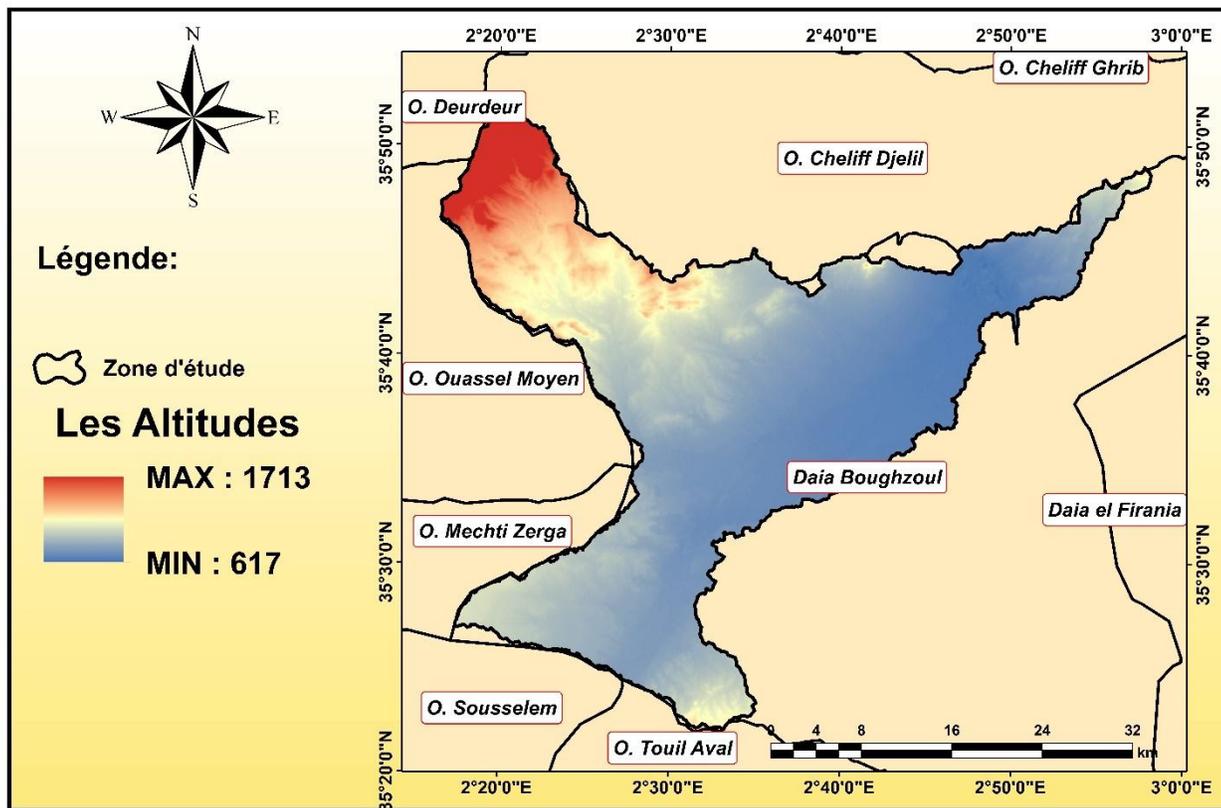
Carte n° 2 : la situation Impluvium de la zone d'étude

3- Caractéristique de milieu physique :

3-1 Le Relief :

Le relief du territoire communal de Impluvium est généralement élevé ses altitudes varient de 617 m (minimale) à 1713 (maximale).

Trois grands ensembles morphologiques caractérisent l'espace communale : les monts, les plateaux, les piémonts.



Carte n °03 : les altitude des relief de la zone d'étude

3-2 Les Pentes:

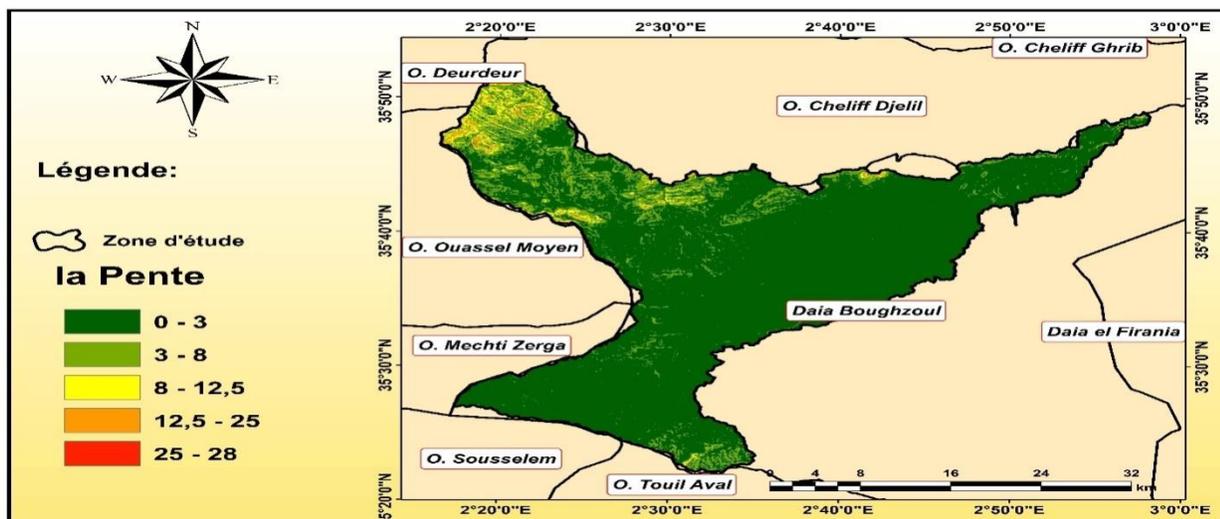
Les pentes ont été classées en 5 classes :

Chapitre II: Représentation de la zone

- 0 – 3% } pentes faibles
- 3 – 8% } pentes faibles
- 8 – 12.5% : pentes faibles à moyennes.
- 12.5 – 25% : pentes moyennes.
- Plus de 25% : pentes fortes.

Les terrains de la commune sont, généralement, faibles variant de 0 à 8% avec une prédominance de la classe (0-3%) qui se trouve au niveau des plateaux au Sud-ouest, à l'Est et Nord-est du territoire communal. Au Nord et Nord-ouest se trouvent les pentes moyennes à fortes.

La classe (12.5-25%) est répandue, surtout au niveau des versants des monts où la couverture végétale est dense par contre, la classe (plus de 25%) est localisée sur tout le long des crêtes



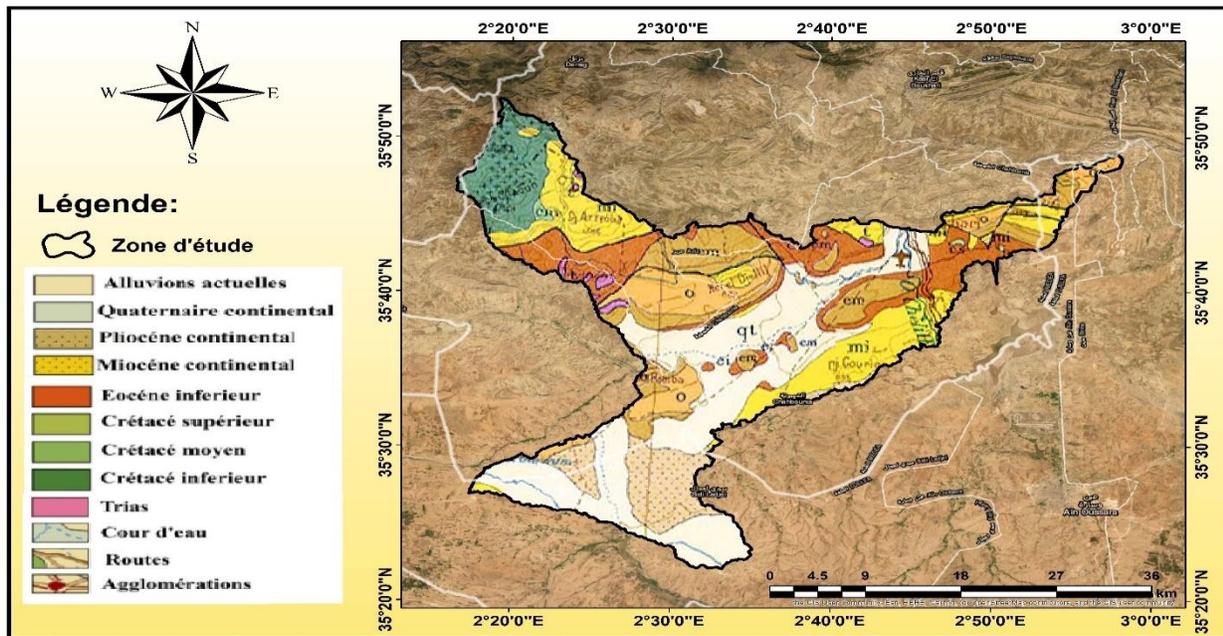
Carte n°04 : la pente de la zone d'étude

3.3. Géologie :

La région se trouve dans la zone de transition de deux grandes unités structurales : les Hauts Plateaux et l'Atlas Saharien.

L'effet de la pression de ces deux unités se manifeste par un mouvement de plissement (mouvement tectonique récent de la terre). Ainsi cette région se situe, du point de vue géologique, dans la période d'ascension. Cette région peut être divisée en deux parties structurales :

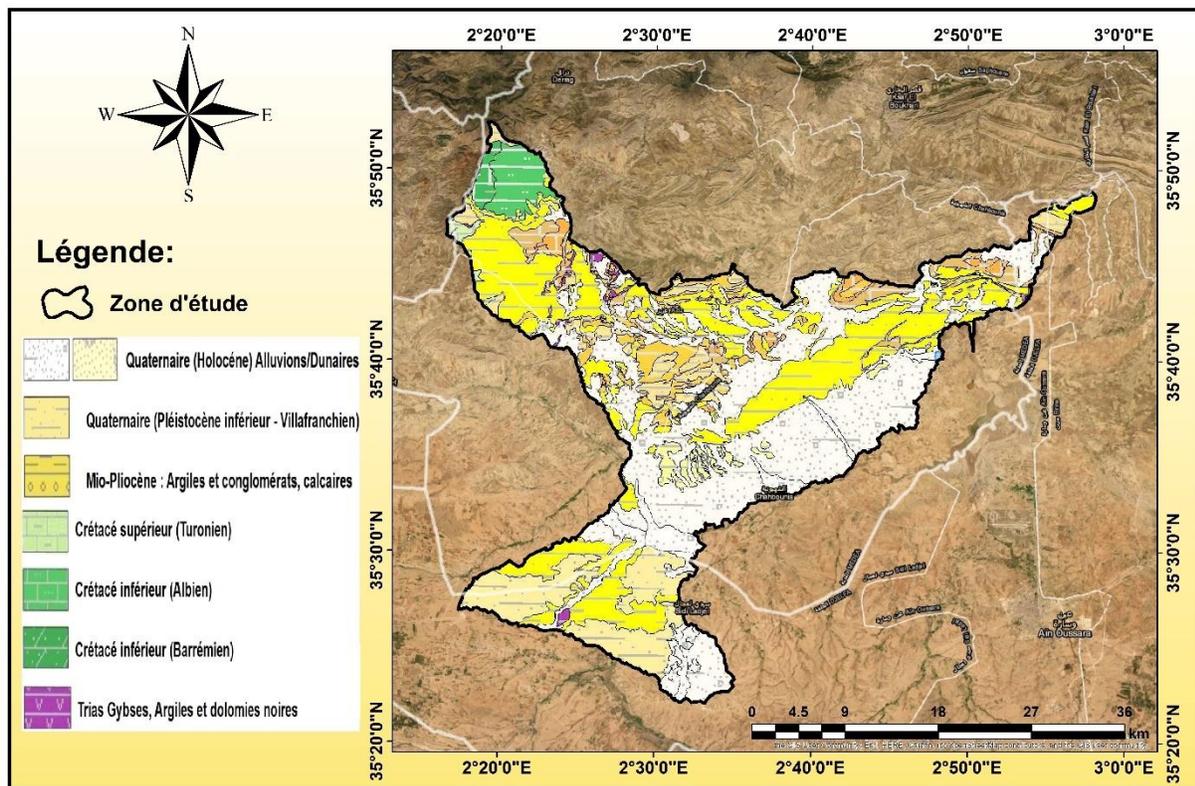
- 1- Le grand synclinal Sud, dont l'axe s'oriente dans le sens Est- Nord-Est et s'incline vers le Nord-Est.
- 3- Le petit synclinal Nord : suivant la même orientation que le précédent, mais caractérisé par ses diapres rapprochés les uns des autres, par l'importance de l'angle d'inclinaison de roches et par le développement de ses fissures dues au plissement.



Carte n°05 : la géologie de la zone d'étude

3-4 La lithologie :

L'influence de la lithologie sur l'évolution géomorphologique et géodynamique des terrains est un élément fondamental concernant les formes d'érosion, la pédogenèse et les formes du relief en général. Il est donc nécessaire de faire le point sur les principaux affleurements de cette zone, en essayant de les examiner sur la base des unités physiques mentionnées.



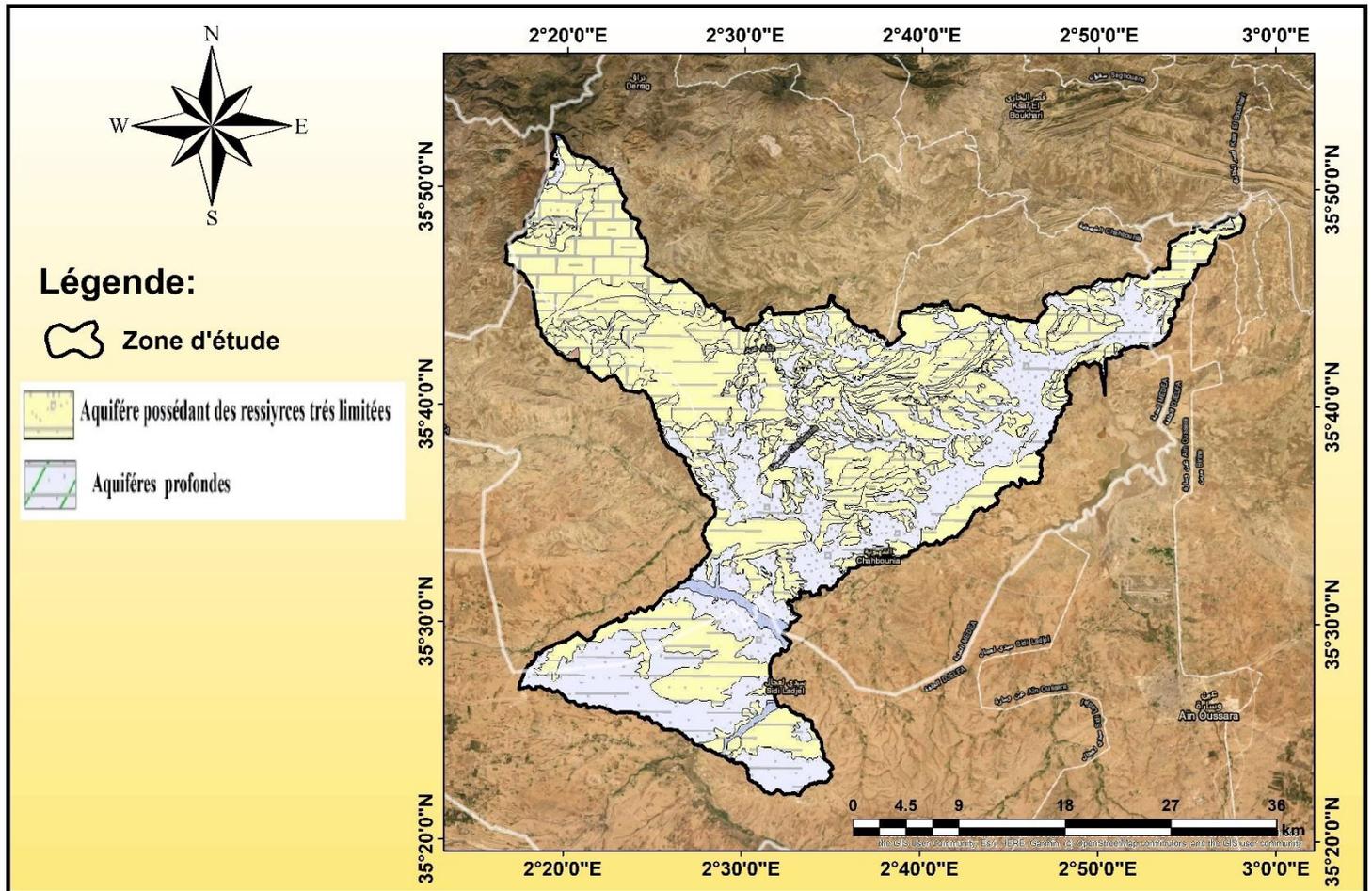
la carte n °06 : la lithologie de la zone d'étude

Aperçu Hydrogéologique

L'étude géologique est fondamentale, Pour la détermination des caractéristiques hydrogéologiques des aquifères, elle peut nous fournir des informations utiles sur l'aquifère telles que sa lithologie, sa structure, son épaisseur et sa localisation. Un réservoir est identifié par la présence de formations poreuses et fissurées qui sont des ensembles

Chapitre II: Représentation de la zone

géologiques susceptibles d'emmagasiner de l'eau, dans notre secteur d'étude les épaisseurs des différents ensembles réservoirs ont été déterminées par l'étude géophysique.



3-5 Climat :

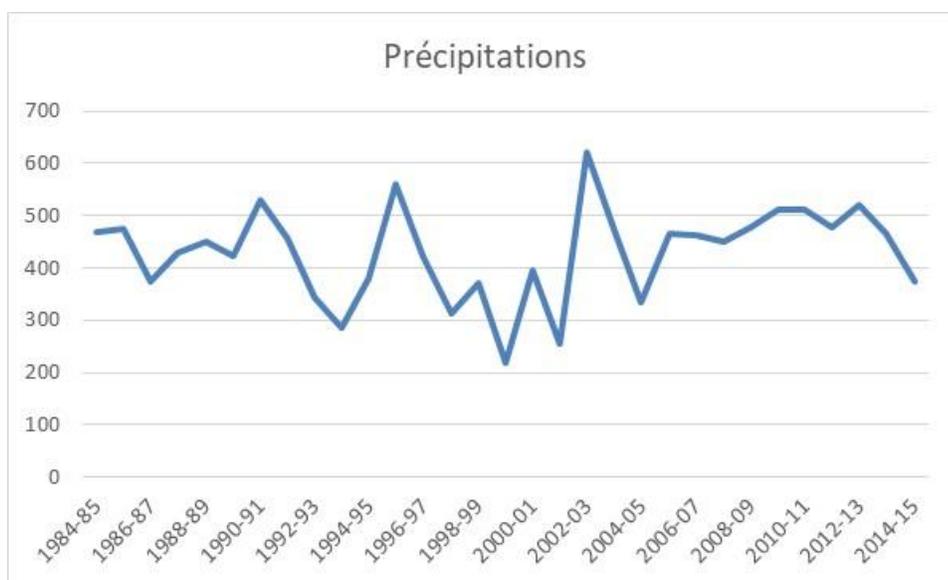
3-5-1 Pluies :

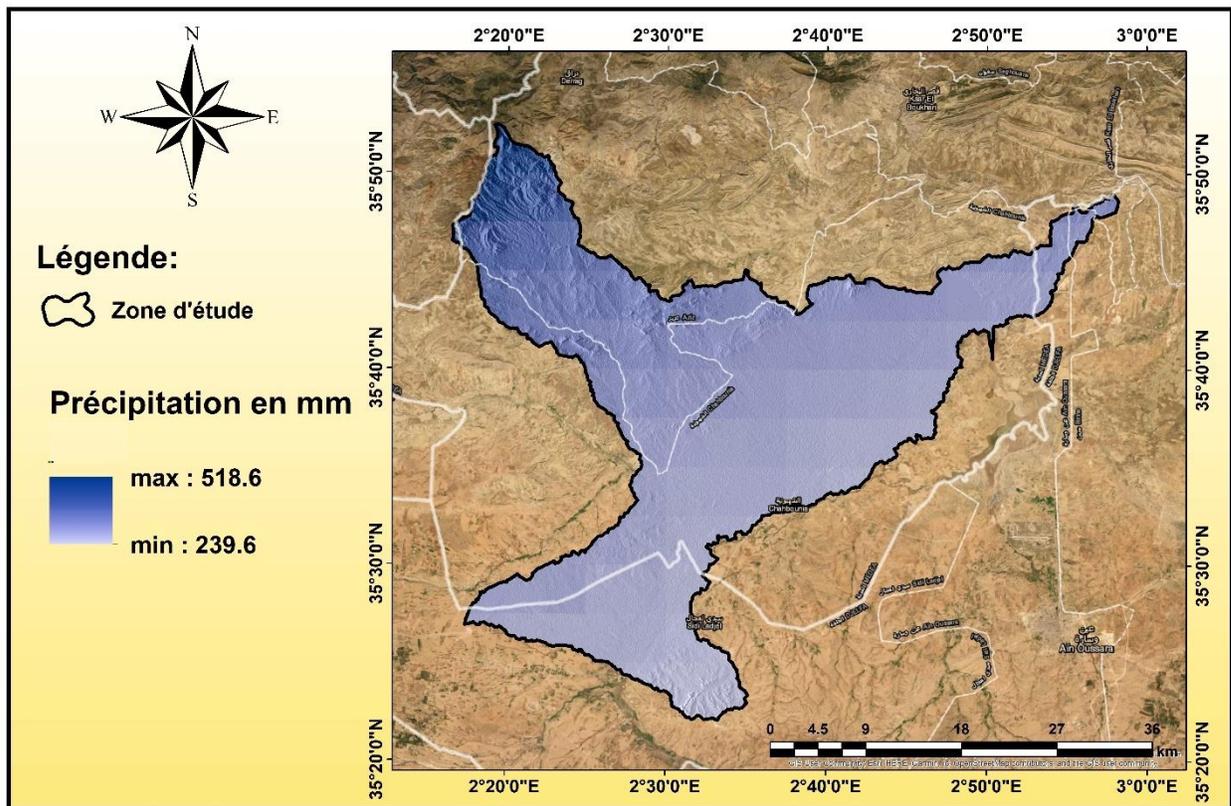
Le climat de la Wilaya de media est nettement semi-aride à sub-humide avec une nuance continentale.

ChapitreII:Représentation de la zone

Tableau 2: les variations mensuelles des pluviomètres entre 1985-2015

Mois	P Moyenne
Octo	40,17675894
Nov	47,03223355
DEC	45,32732532
Jan	43,12517532
Feb	45,50063965
Mar	43,77508119
Apr	49,08307923
May	45,35570574
Jun	25,2189221
Jul	8,161858161
Aug	8,571879258
Sep	27,53744726





Carte n°08: les variations mensuelles des pluviomètres entre 1985-2015

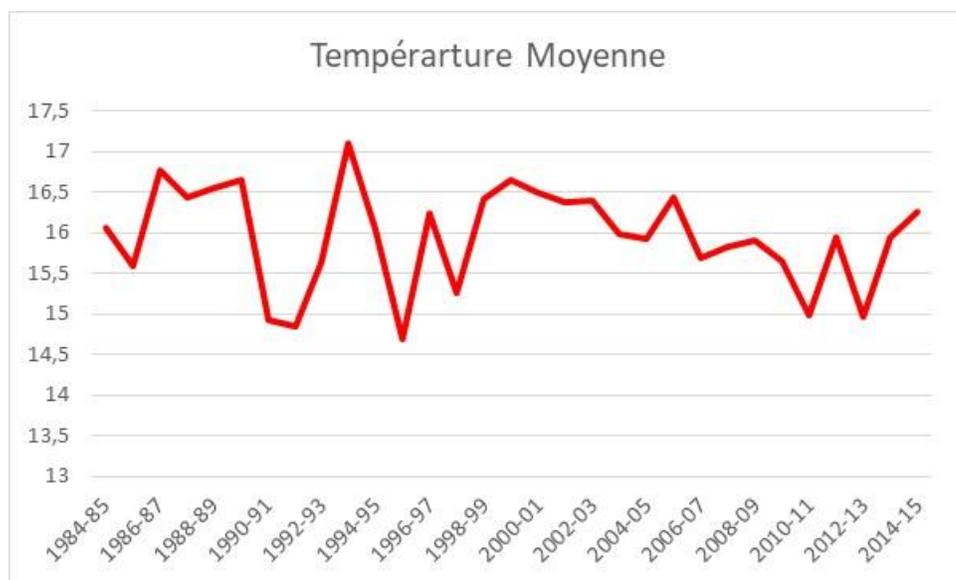
3-5-2 Températures :

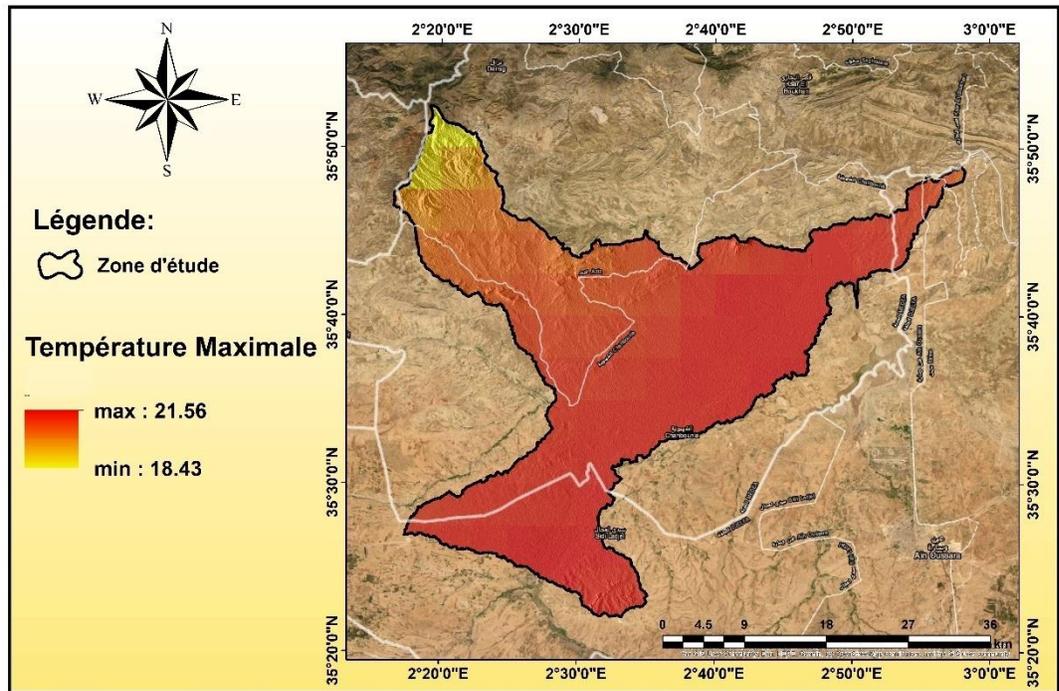
Des écarts importants sont observés entre les températures journalières, saisonnières et interannuelles.

Chapitre II: Représentation de la zone

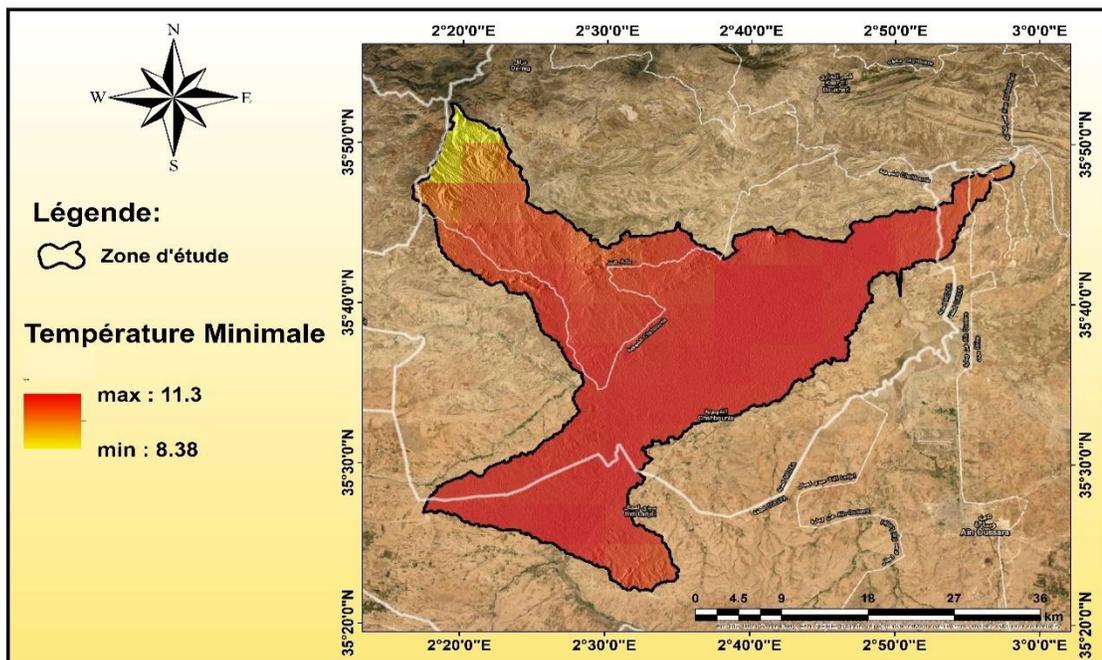
Tableau 3: les variations moyenne mensuelles des températures entre 1985-2015

Mois	T moyenn
Octo	17,3129032
Nov	11,3480645
DEC	7,89580645
Jan	6,62387097
Feb	7,77258065
Mar	10,693871
Apr	13,4232258
May	17,9880645
Jun	22,9193548
Jul	26,8296774
Aug	26,4403226
Sep	22,1987097





Carte n°09 : la température maximale de la zone d'étude



Carte n°10 : la température minimale de la zone d'étude

3-5-3 Vents :

Les vents sont caractérisés par leur intensité et leur fréquence. Cependant, la principale caractéristique des vents dominants dans la région est matérialisée par la fréquence du sirocco, d'origine désertique, chaud et sec, dont la durée peut varier de 20 à 30 jours par an.

3-Evapotranspiration potentielle (ETP) et réelle (ETR)

3-1. Evapotranspiration potentielle (ETP)

En 1944, Thornthwaite a élaboré une formule pour estimer l'évapotranspiration comme suit :

$$ETP(m) = 16 * [(10 * T(m) / I]^a * F(m, \varphi)$$

Tels que :

ETP (m) : L'évapotranspiration potentielle moyenne du mois m (m=1 à 12) en mm

T (m) : Moyenne interannuelle des températures du mois, C°

$$a = 0.016 * I + 0.5$$

F (m,φ) = Facteur correctif fonction du mois m et de la latitude φ

I, l'indicethermique annuel :

$$I = \sum_{m=1}^{12} i(m) ; i(m) = [T(m) / 5]^{1.514}$$

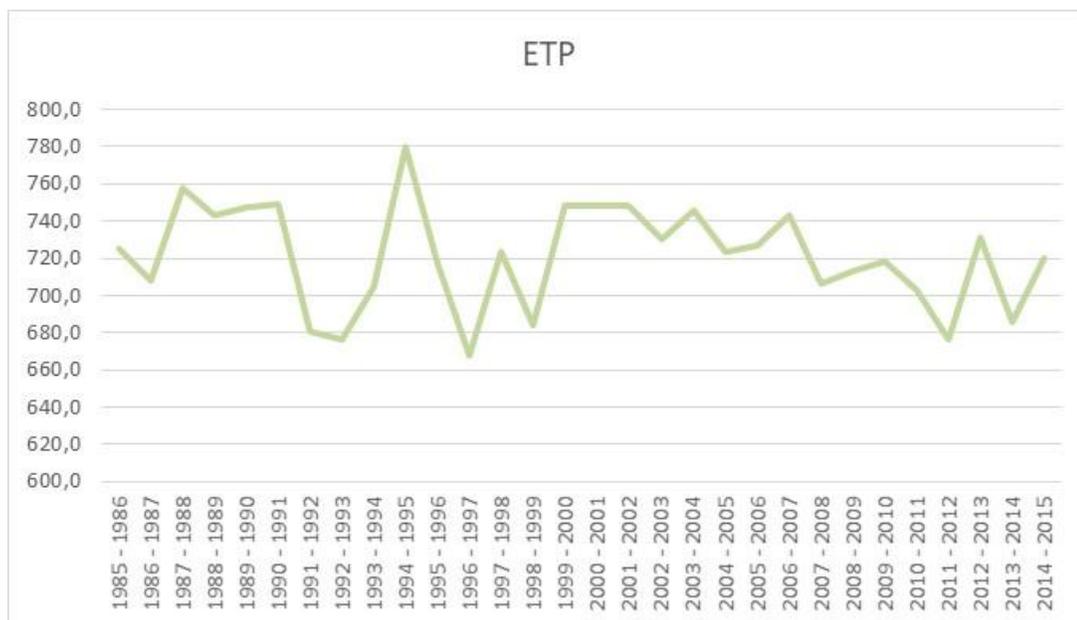
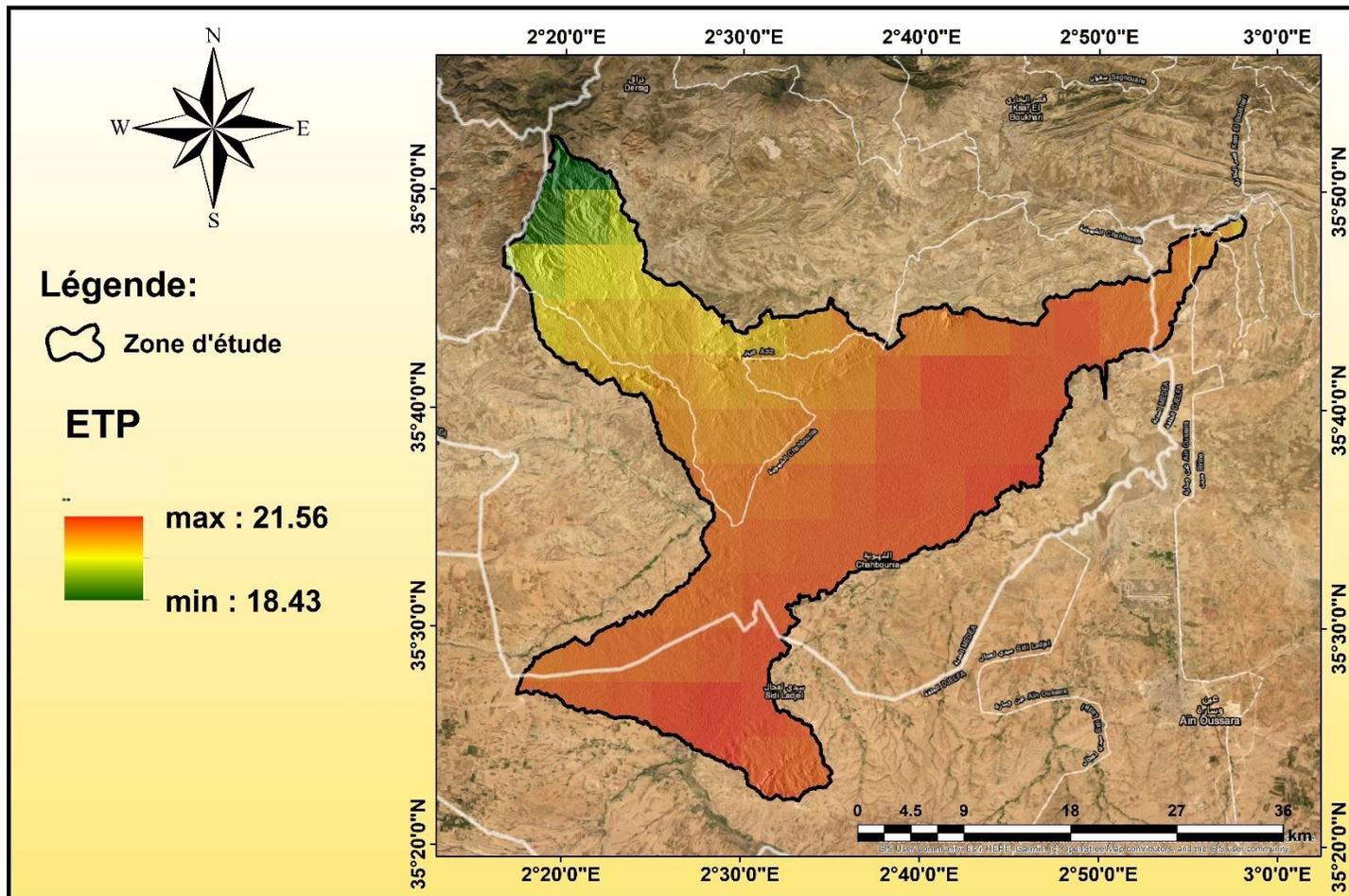


Figure 10 : histogramme de L'ETP moyennepour chaque station



Carte n°11 : la variation de l'ETP de la zone d'étude

✓ *Diagramme Ombro-thermique*

Dans le but de bien préciser et de confirmer la durée des deux saisons humide et sèche, nous avons utilisé le diagramme ombro-thermique de Gaussen et Bagnouls (1953). Il permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il utilise les deux principaux paramètres climatiques la température et les précipitations, représentées en abscisse par les mois de l'année, en ordonnées par les précipitations en mm et les températures moyennes en °C. Avec une échelle de $P=2T$.

L'utilisation des données pluviométriques et thermiques de la zone d'étude permet de

Chapitre II: Représentation de la zone

tracer la courbe Ombro-thermique (Figure 07 , 08 et 10) qui met en évidence la durée et l'intensité de deux périodes, dans notre cas les périodes humides et sèches sont identiques:

- L'autre humide: s'étalant du mois de Septembre au mois de Mai.
- L'une des sécheresses: s'étalant entre le mois de Mai et le mois de Septembre

Mois \ Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Août
T (°C)	22,1987097	17,31	11,35	7,90	6,62	7,77	10,69	13,42	17,99	22,92	26,83	26,44
P (mm)	27,5374473	40,18	47,03	45,33	43,13	45,50	43,78	49,08	45,36	25,22	8,16	8,57

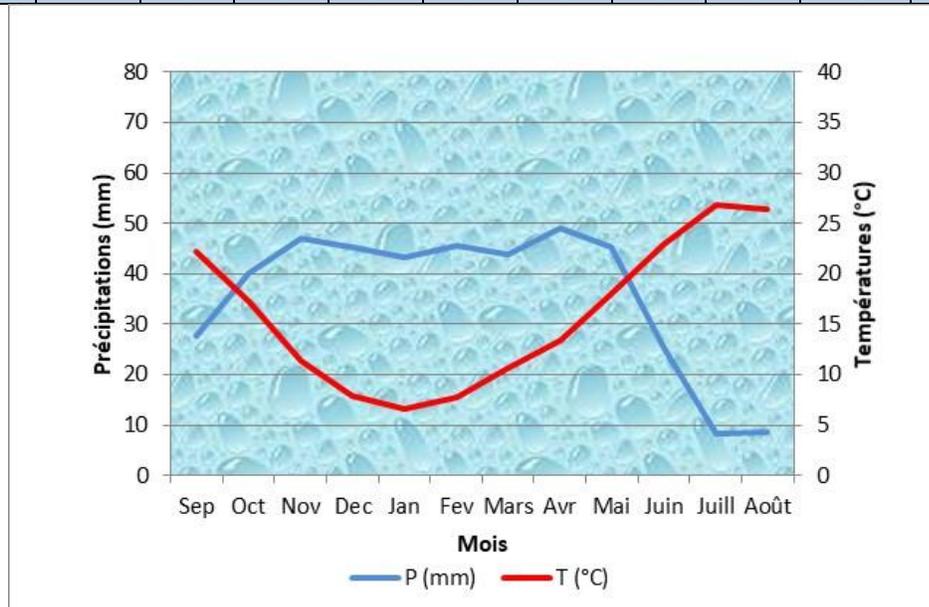


Figure I.13: Diagramme Ombro-thermique

✓ *Notion du bilan d'eau*

Le bilan d'eau global correspond à une équation entre les apports et les pertes qui influent directement sur la variation des réserves. Ainsi pour déterminer le bilan de la région étudiée, il est indispensable d'évaluer ses composantes (infiltration, ruissellement et évapotranspiration). Pour cela, nous nous sommes basées sur les données de 11 stations dans la région des hauts plateaux pour une période d'observation de 20 ans (1985-2015).

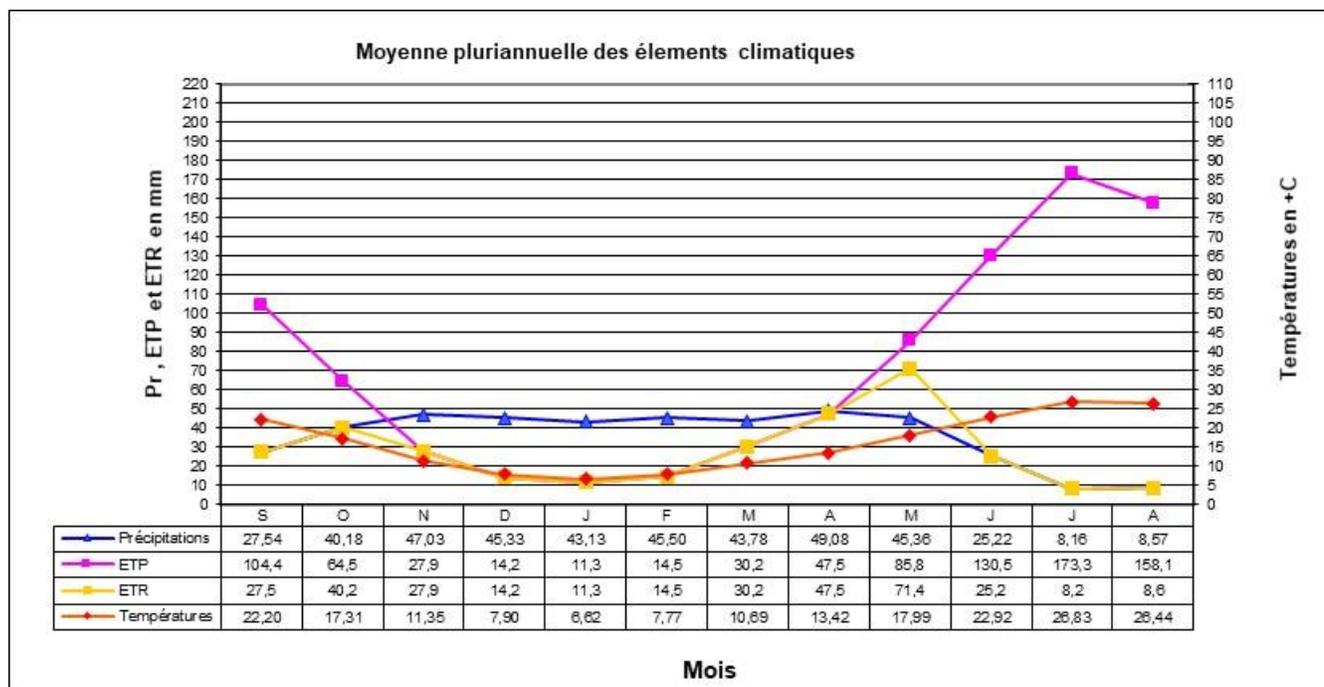
L'excédent des précipitations sur l'évapotranspiration potentielle est emmagasiné dans le sol. Ce qui augmente les réserves (RU) jusqu'à ce que ce dernier soit saturé.

1.3.1.1 Bilan de la Station de la zone d'étude

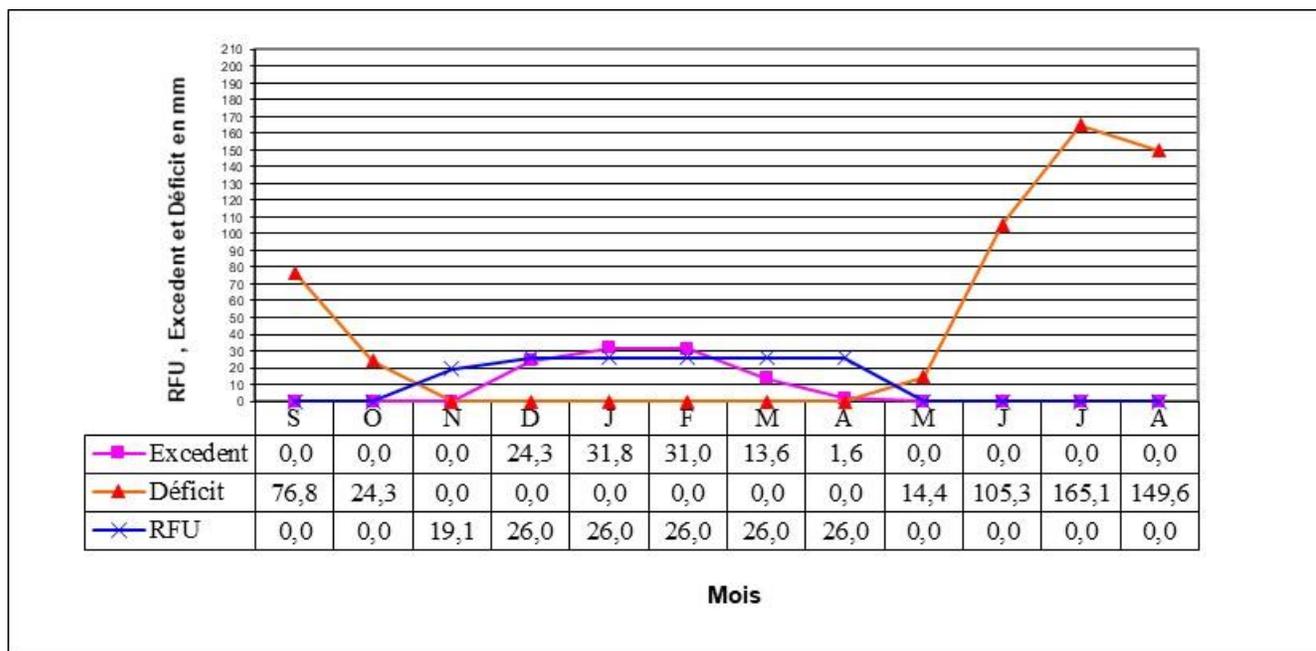
Les graphes de la figure I.15 montrent que la RFU (réserve facilement utilisable) commence à se reconstituer à partir du mois de Novembre pour atteindre une valeur maximale de l'ordre de 26 mm aux mois de Décembre, Janvier, Février et Mars. Elle diminue à partir du mois d'Avril jusqu'à ce qu'elle soit totalement épuisée au mois de Mai, l'apparition du déficit agricole (DA) à partir du mois de Mai jusqu'au mois de Octobre. L'ETP atteint son maximum au mois de juillet (177,7 mm) et son minimum au mois de janvier (10,2 mm). On peut constater que notre bilan hydrique est déficitaire durant toute l'année sauf les mois allant du mois de Novembre jusqu'au mois de Avril (Tableau I.5). Enfin on peut constater que notre bilan hydrique est déficitaire durant toute l'année.

TableauI.5BilanhydriqueselonlaméthodedeTHORNTHWAITE

	Ip	IT	CL	ETPC	Pr	BH	CH	VR	RU	ETPR	Def	Exc
S	22,20	9,6	1,03	104,4	27,54	-76,8	-0,7	0,0	0,0	27,5	76,8	0,0
O	17,31	6,6	0,97	64,5	40,18	-24,3	-0,4	0,0	0,0	40,2	24,3	0,0
N	11,35	3,5	0,86	27,9	47,03	19,1	0,7	19,1	19,1	27,9	0,0	0,0
D	7,90	2,0	0,81	14,2	45,33	31,1	2,2	6,9	26,0	14,2	0,0	24,3
J	6,62	1,5	0,87	11,3	43,13	31,8	2,8	0,0	26,0	11,3	0,0	31,8
F	7,77	2,0	0,85	14,5	45,50	31,0	2,1	0,0	26,0	14,5	0,0	31,0
M	10,69	3,2	1,03	30,2	43,78	13,6	0,4	0,0	26,0	30,2	0,0	13,6
A	13,42	4,5	1,10	47,5	49,08	1,6	0,0	0,0	26,0	47,5	0,0	1,6
M	17,99	6,9	1,21	85,8	45,36	-40,4	-0,5	-26,0	0,0	71,4	14,4	0,0
J	22,92	10,0	1,22	130,5	25,22	-105,3	-0,8	0,0	0,0	25,2	105,3	0,0
J	26,83	12,7	1,24	173,3	8,16	-165,1	-1,0	0,0	0,0	8,2	165,1	0,0
A	26,44	12,4	1,16	158,1	8,57	-149,6	-0,9	0,0	0,0	8,6	149,6	0,0
Annue	16,0	74,8		862,2	428,9	-433,3				326,6	535,5	102,2



FigureI.14Graphe présentelebiland'eau (P,ETP,ETR,T).



FigureI.15grapheprésentelebiland'eau(RFU,DA,EX).

5- La sécheresse

L'indice de sécheresse de Palmer, parfois appelé indice de sévérité de la sécheresse de Palmer et souvent abrégé en PDSI (de l'anglais Palmer Drought Severity Index), est une mesure de la sécheresse fondée sur les précipitations et les températures récentes. (Palmer, 1968)

L'indice de sécheresse de Palmer est fondé sur un modèle de type « Offre et demande » appliqué à l'humidité du sol.

Si « l'offre » est facile et directement calculée, la mesure de la « demande » est plus complexe car dépendant de plusieurs facteurs -, comme la température et l'humidité du sol mais aussi de facteurs plus difficiles à calibrer comme les taux d'évapotranspiration et le taux de recharge.

Palmer a tenté de pallier ces difficultés en développant un algorithme qui les approxime en se fondant sur les données facilement disponibles : températures et précipitations.

Tableau I.6 La classification de Palmer (PDSI)

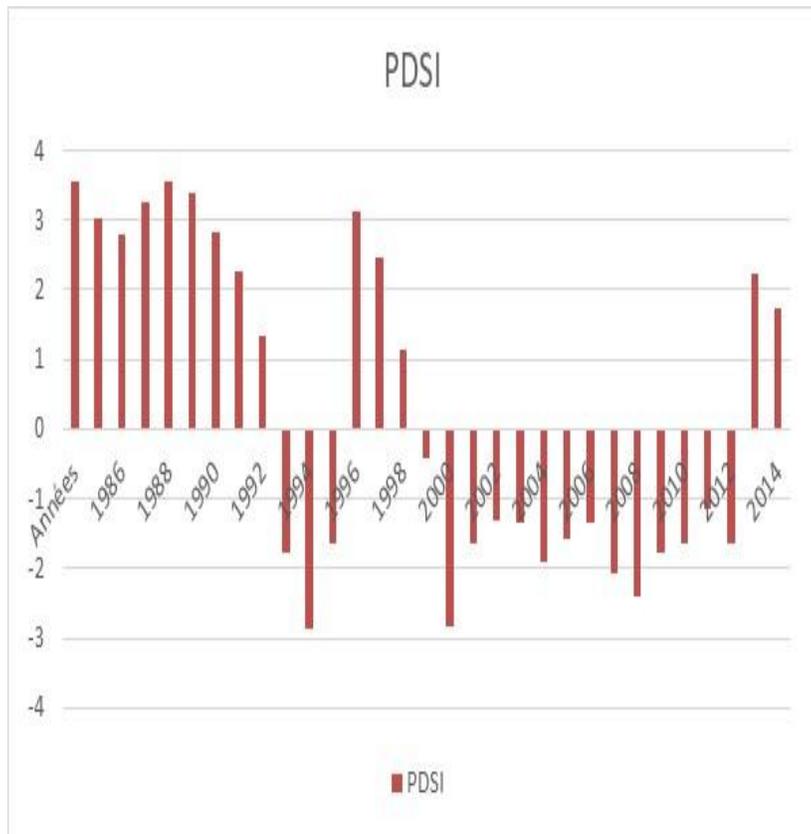
La valeur de PDSI	Classification
4.0 ou plus	Extrêmement humide
3.0 à 3.99	Très humide
2.0 à 2.99	Modérément humide
1.0 à 1.99	Légèrement humide
0.5 à 0.99	Humidité naissante
0.49 à -0.49	Presque normal
-0.5 à -0.99	Sécheresse naissante
-1.0 à -1.99	Sécheresse légère
-2.0 à -2.99	Sécheresse modérée
-3.0 à -3.99	Sécheresse sévère
-4.0 ou moins	Fortes sécheresse

(source: PALMER, 1965)

On a étudié le coefficient de PSDI pendant 20 ans entre l'année (1985–2015),

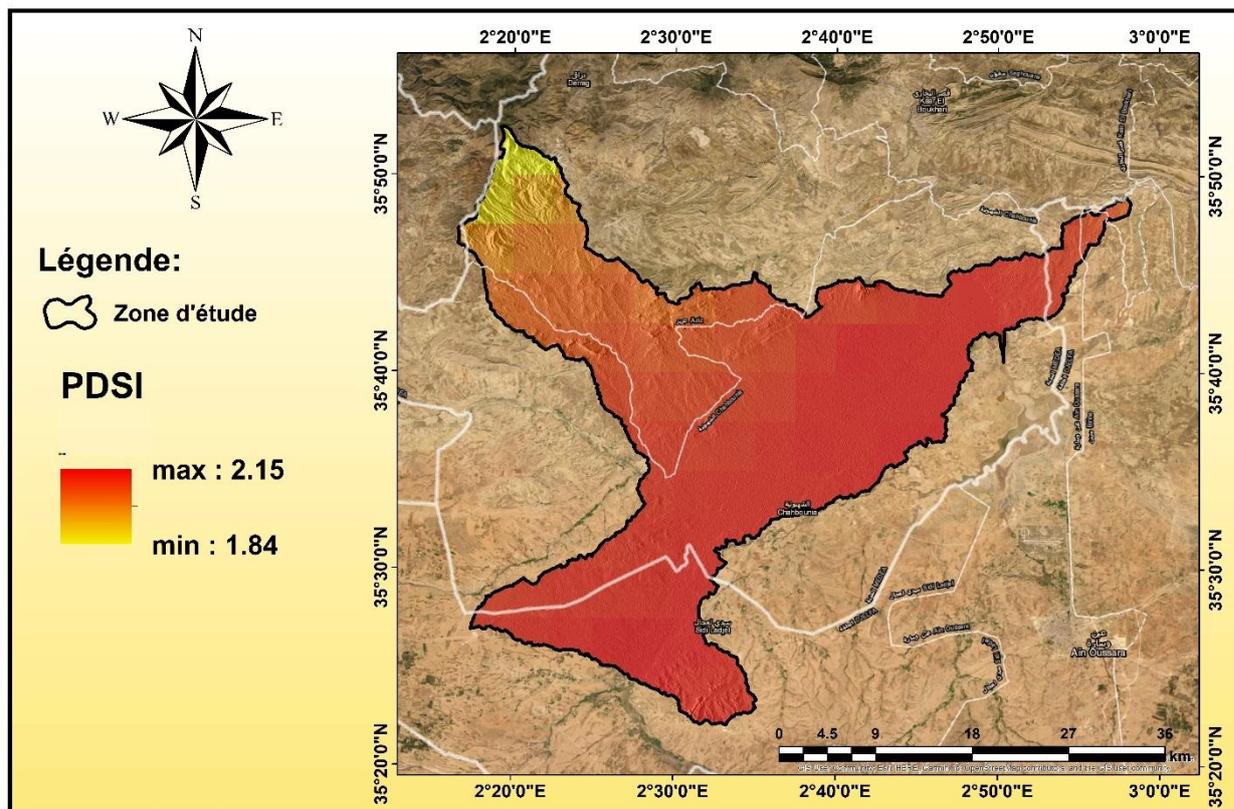
- Les années 2016 et 2017 sont les années les plus sèches avec une valeur variant entre -3.12 et -3.96 (sécheresses sévères).
- Les années 1989, 1994, 1995, 2001, 2002, 2008, 2012, 2013 et 2014 se caractérisent par une sécheresse modérée variant entre -2.0 et -2.99.
- Les années 1993, 1997 et 2000 se caractérisent par une sécheresse légère variant entre -1.0 et -1.99.
- Les années 1999, 2005, 2007, 2015 et 2019 indiquent un taux de PSDI normal qui varie entre 0.49 et 0.49.
- Les années 1991, 1992, 2004, 2009 et 2011 sont légèrement humides (1.0 –1.99) .
- Enfin, l'année 1996 est une année très humide avec une valeur de 3.03 et qui représente la plus humide de cette série.

Tableau I.7 Les valeurs de PDSI annuelles (1985 –2019)



Années	PDSI	Années	PDSI
1985	3,57132	2001	-2,81906
1986	3,03519	2002	-1,63475
1987	2,80533	2003	-1,30562
1988	3,24798	2004	-1,34513
1989	3,55028	2005	-1,8934
1990	3,38794	2006	-1,57664
1991	2,84383	2007	-1,32689
1992	2,24945	2008	-2,07607
1993	1,32608	2009	-2,40214
1994	1,77032	2010	-1,78103
1995	2,87998	2011	-1,63225
1996	1,64722	2012	-1,1322
1997	3,12098	2013	-1,62511
1998	2,46465	2014	2,21628
1999	1,13668	2015	1,73629
2000	0,41823		

Figure I.16 Colonnes graphiques présentent le PDSI en (1989 -2019)



Carte n°12 : le PDSI de la zone d'étude

6-Conclusion :

Notre zone d'étude se trouve entre l'Atlas saharien et l'Atlas Tallien et un sous bassin versant situés entre les deux altitudes 1713 m. Du point de vue hydrologique le régime des oueds, est une conséquence directe du régime pluviométrique, est caractérisé par une alternance de crues courtes et violentes, et d'étiages sévères, dont les débits sont parfois très faibles, voire nuls.

Les niveaux aquifères raisonnablement exploitables sont les formations superficielles ou récentes du Néogène-Quaternaire, d'une part, et les grès du Crétacé inférieur d'autre part (Barrémien et Albien). Les autres formations sont certes des réservoirs potentiels ; mais leur exploration et leur exploitation sont difficiles.

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude

La région d'étude est soumise à une variation climat semi aride à sub-humide, caractérisé par des précipitations moyennes relativement faibles de 401.46 mm au niveau des stations d'étude Ce climat est marqué par une évapotranspiration moyenne de 857.02mm

CHAPITRE III :

MATÉRIEL ET

MÉTHODE

Introduction

Dans cette partie, nous allons présenter les différentes méthodes de traitements des images satellitaires, les formules numériques pour déterminer les caractéristiques morphométriques, la méthode de réalisation de la carte d'occupation de sol par l'utilisation et l'intégration des méthodes de l'intelligence Artificielle, de la cartographie de zone inondable et le traitement des résultats par l'utilisation d'outils informatiques avancés.

II.1 *La télédétection*

II.1.1 Définition

La télédétection représente l'ensemble de techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection utilise les propriétés du rayonnement électromagnétique pour analyser à distance la surface du sol, de l'océan ou l'atmosphère. Une bonne connaissance de la physique élémentaire du rayonnement est indispensable à l'interprétation des résultats de la télédétection (Nouamane, 2020).

II.1.2 Imagerie numérique

Une image est une représentation dans le plan d'un objet réel. Les images sont omniprésentes dans notre société (dessins, peintures, photographies, etc.). Depuis quelques années, on assiste à une invasion d'images numériques, aussi appelées images "digitales" par emprunt à l'anglais ("digit" = nombre). Ces images sont constituées d'un très grand nombre de très petits points dont la couleur (ou l'intensité) est définie par des chiffres. Ces points sont appelés "pixels", dérivé de l'anglais "picture elements" (Royer, 2015).

II.1.3 Images satellitaires

Zone assez vaste de la Terre. La particularité de cette image est qu'elle est prise par un satellite placé en orbite autour de la planète. Contrairement aux images obtenues à l'aide

d'un appareil photo, ou dessinée sur du papier, une image satellitaire est une image numérique, traitée par outil informatique, élaborée à partir de signaux transmis par un satellite (Rimbert, 1984).

II.1.1 Les classifications et analyse

Les opérations de classification et d'analyse d'images sont utilisées pour identifier et classer numériquement des pixels sur une image. Il existe une variété d'approches prises pour faire une classification numérique. Nous allons brièvement décrire deux approches générales qui sont souvent utilisées, la classification supervisée et la classification non supervisée (Tonye et al., 2010).

a- La classification supervisée

La classification supervisée cherche à regrouper dans une même classe des données de type analogue et distinct des autres classes. La reconnaissance est effectuée à partir d'éléments étalons choisis avant le classement (Tonye et al., 2010).

a. La classification non supervisée

La classification non supervisée procède de la façon contraire. Les classes spectrales sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement. Ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des classes d'information utile. L'analyse peut spécifier certains paramètres relatifs à la distance entre les classes et la variance à l'intérieur même d'une classe. Le résultat final de ce processus de classification itératif peut créer des classes que l'analyste voudra combiner, ou des classes qui devraient être séparées de nouveau (Tonye et al., 2010).

II.1.1 Les indices

a- La nature numérique des données et télédétection

Se prête particulièrement bien à des opérations entre canaux. Le principe de ces opérations est d'effectuer, pour chaque pixel, des opérations mathématiques plus ou moins complexes faisant intervenir les valeurs numériques observées pour ce pixel dans les différentes bandes spectrales. Par exemple, on pourrait calculer la somme des valeurs spectrales d'une image à trois

II.1.2 Les systèmes de télédétection

La collecte de données de télédétection est réalisée soit par des avions soit par des satellites. Actuellement, la télédétection évoque surtout l'acquisition de données par les satellites.

Il y a une multitude de satellites en orbite qui observent les états de la surface terrestre et vont à l'espace.

a. Sentinel 1 SAR

La mission Sentinel-1 fournit des données à partir d'un instrument radar à synthèse d'ouverture (SAR) à double polarisation en bande C. Cette collection comprend les scènes S1 Ground Range Detected (GRD), traitées à l'aide de la boîte à outils Sentinel-1 pour générer un produit calibré et ortho-corrigé. La collection est mise à jour quotidiennement. Les nouveaux actifs sont ingérés dans les deux jours suivant leur disponibilité.

Cette collection contient toutes les scènes GRD. Chaque scène a l'une des 3 résolutions (10, 25 ou 40 mètres), 4 combinaisons de bandes (correspondant à la polarisation de la scène) et 3 modes instrumentaux. L'utilisation de la collection dans un contexte de mosaïque nécessitera probablement un filtrage jusqu'à un ensemble homogène de bandes et de paramètres. Consultez cet article pour plus de détails sur l'utilisation et le prétraitement de la collection. Chaque scène contient 1 ou 2 des 4 bandes de polarisation possibles, selon les réglages de polarisation de l'instrument. Les combinaisons possibles sont VV ou HH simple bande, et VV+VH et HH+HV double bande :

VV : simple copolarisation, émission verticale/réception verticale

HH : simple copolarisation, émission horizontale/réception horizontale

VV + VH : polarisation croisée double bande, émission verticale/réception horizontale

HH + HV : polarisation croisée double bande, émission horizontale/réception verticale

Chaque scène comprend également une bande « angle » supplémentaire qui contient l'angle d'incidence approximatif de l'ellipsoïde en degrés à chaque point. Cette bande est générée en interpolant la propriété 'incidenceAngle' du champ quadrillé 'geolocationGridPoint' fourni avec chaque actif.

Chaque scène a été prétraitée avec Sentinel-1 Toolbox en suivant les étapes suivantes :

Suppression du bruit thermique

Étalonnage radiométrique

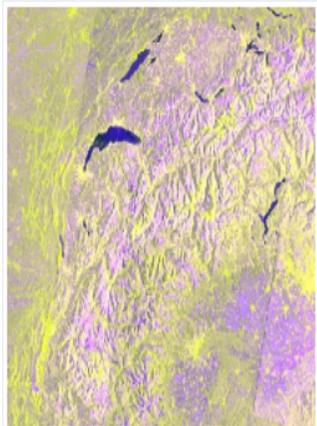
Correction du terrain à l'aide de SRTM 30 ou ASTER DEM pour les zones supérieures à 60 degrés de latitude, où SRTM n'est pas disponible. Les valeurs finales corrigées du terrain sont converties en décibels via une mise à l'échelle $\log(10 \cdot \log_{10}(x))$.

Pour plus d'informations sur ces étapes de pré-traitement, veuillez vous référer à l'article Sentinel-1 Pré-traitement. Pour plus de conseils sur l'utilisation de l'imagerie Sentinel-1, consultez le didacticiel de Guido Lemoine sur les bases du SAR et le didacticiel de Mort Canty sur la détection des changements SAR.

Cette collection est calculée à la volée. Si vous souhaitez utiliser la collection sous-jacente avec des valeurs de

puissance brutes (qui sont mises à jour plus rapidement), consultez COPERNICUS/S1_GRD_FLOAT.

Sentinel-1 SAR GRD: C-band Synthetic Aperture Radar Ground Range Detected, log scaling



Dataset Availability

2014-10-03T00:00:00 - 2021-08-07T00:00:00

Dataset Provider

[European Union/ESA/Copernicus](#)

Earth Engine Snippet

```
ee.ImageCollection("COPERNICUS/S1_GRD") 
```

Tags

radar sar backscattering polarization eu esa
copernicus sentinel

II.1.3 Les domaines d'application de la télédétection

Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière.

a. Cartographie

Les images satellitaires qui ont un très faible rapport "taille de l'image".Distance satellite -Terre" ont de très bonnes caractéristiques géométriques, ce qui justifie leur utilisation pour l'établissement de documents cartographiques à moyenne et petite échelle. Elles sont parfois directement utilisées comme document cartographique de base (Jaziri, 2020).

b. Thématique

Les images spatiales sont utilisées pour reconnaître et caractériser les éléments du paysage, et établir des documents thématiques, sous forme statistique ou cartographique pour la foresterie, l'urbanisme, l'agriculture (e.g., carte d'occupation des sols : carte de la distribution spatiale des éléments du paysage), la pêche (e.g., cartes de températures des surfaces terrestres), la géologie, l'hydrologie, la surveillance des catastrophes naturelles, etc. (Jaziri, 2020)

c. Climatologie et changements globaux

Les satellites dits météorologiques, par opposition aux satellites dits à haute résolution, constituent la principale source d'information pour les études globales telles que le suivi de la nébulosité, la caractérisation des différents constituants de l'atmosphère, la cartographie des températures marines, les échanges biosphère - atmosphère, etc. Ils sont caractérisés par un grand champ de vue, une faible résolution spatiale de l'ordre du kilomètre et plus, et une relativement importante fréquence temporelle (Chalon, 2020)

II.2 Google Earth Engine (GEE)

II.2.1 Données de télédétection

Accumulation de collections massives de données de télédétection depuis lesol, Plates-formes aériennes et satellites.

Aux États-Unis, ces collections comprennent le record de 40 ans de l'USGS Images satellitaires Landsat (comprenant des pétaoctets de données); la Terre de la NASA Système d'observation des données et du système d'information, ayant plusieurs données centres et plus de 7,5 pétaoctets (x 1000 téraoctets) d'images archivées et les systèmes actuels de la NASA qui enregistrent environ 5 To de télédétection données associées par jour. De nouvelles technologies de capture de données telles que LiDAR sont utilisées régulièrement pour produire plusieurs pétaoctets (Begni et al., 2005).

II.2.2 Défis du traitement du Big-Data

- Traiter des problèmes tels que le stockage, le traitement, la gestion, l'archivage, diffusion et analyse de grands volumes d'informations RS.
- Puissance de calcul requise pour traiter ces données massives sources. Traditionnellement, les ordinateurs de bureau avec un ou plusieurs des noyaux ont été utilisés pour traiter les données de télédétection de petites zones. En revanche, les applications de télédétection à grande ou macroscopie peuvent nécessiter des technologies HPC; calcul sur GPU; et parallèle, cluster, et les approches informatiques distribuées sont de plus en plus acceptées. (Puget, 2016)

II.2.3 Qu'est-ce que GEE?

- Plateforme basée sur le cloud pour l'analyse géospatiale
- Accédez à plus de 40 ans d'images satellite
- Téléchargez des produits et des données à intégrer aux données accessibles au public
- Appliquez une gamme d'algorithmes communs aux données
- Exportez des images, des tableaux, des graphiques, des sorties cartographiques (Gorelick et al., 2017)

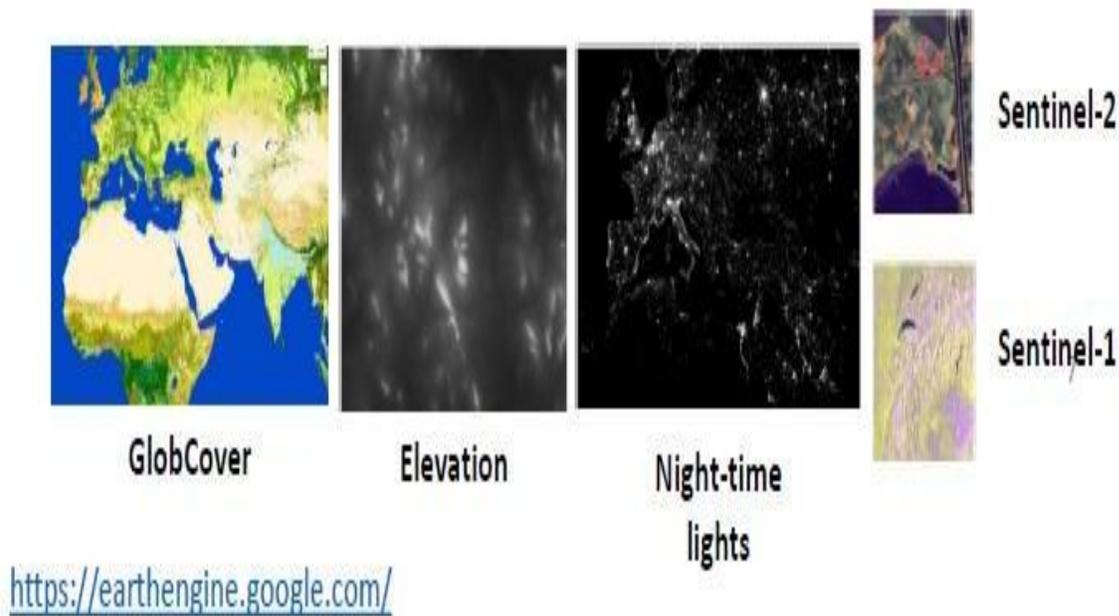
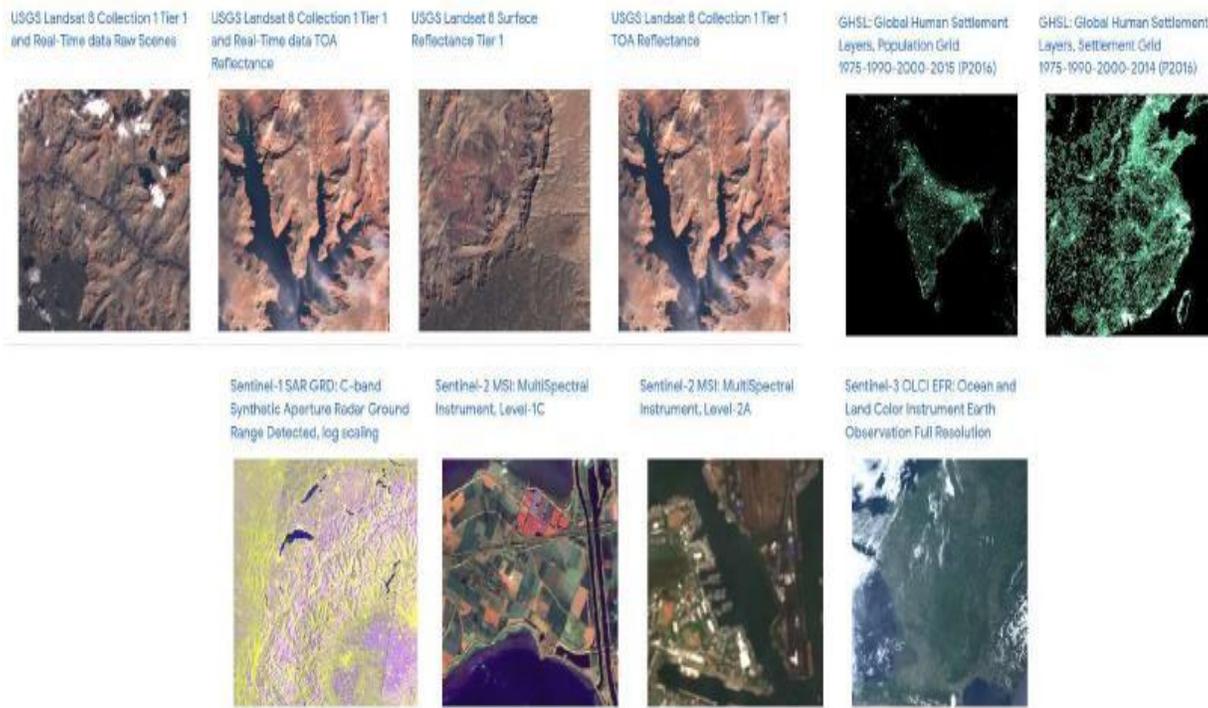


Figure II.2 GEE

II.2.3.1 Collections d'images dans GEE

Une collection d'images fait référence à un ensemble d'images Earth Engine. Par exemple, la collection de toutes les images Landsat 8

Figure II.3 Collections d'images dans le GEE



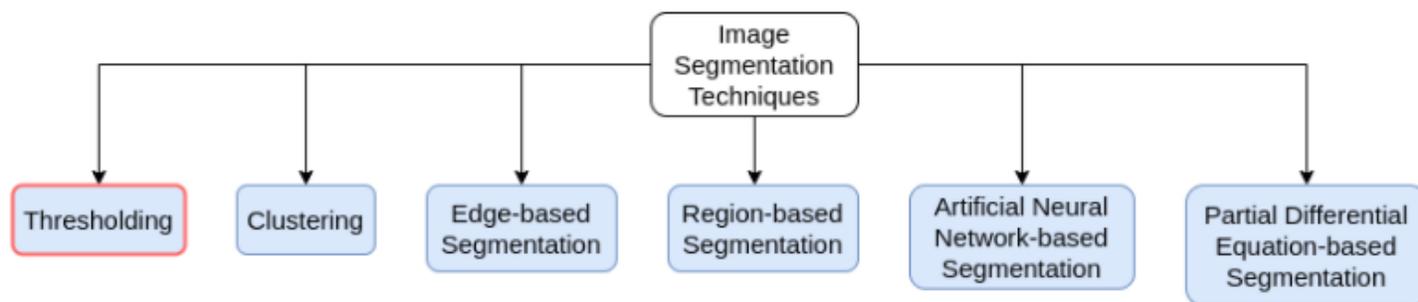
Code Editor



Figure II.4L'interfacedu programme GEE

II.3 Otsu's Thresholding Methode

est utilisé pour binariser l'image en fonction de l'intensité des pixels. L'entrée d'un tel algorithme de seuillage est généralement une image en niveaux de gris et un seuil. La sortie est une image binaire. Si l'intensité d'un pixel dans l'image d'entrée est supérieure à un seuil, le pixel de sortie correspondant est marqué comme blanc (premier plan), et si l'intensité d'intensité du pixel d'entrée est inférieure ou égale au seuil, l'emplacement du pixel de sortie est marqué fond noir). Le seuillage d'image est utilisé dans de nombreuses applications en tant qu'étape de pré-traitement. Par exemple, vous pouvez l'utiliser dans le traitement d'images médicales pour révéler une tumeur dans une mammographie ou localiser une catastrophe naturelle dans des images satellite. Un problème avec le seuillage simple est que vous devez spécifier manuellement la valeur de seuil. Nous pouvons vérifier manuellement la qualité d'un seuil en essayant différentes valeurs, mais c'est fastidieux et il peut tomber en panne dans le monde réel. Nous avons donc besoin d'un moyen de déterminer automatiquement le seuil. La technique d'Otsu du nom de son créateur Nobuyuki Otsu est un bon exemple de seuillage automatique. Avant d'entrer dans les détails de la technique, comprenons comment le seuillage d'image est lié à la segmentation d'image. Seuil d'image vs segmentation d'image La segmentation d'image fait référence à la classe d'algorithmes qui divisent l'image en différents segments ou groupes de pixels. En ce sens, le seuillage d'image est le type de segmentation d'image le plus simple, car il divise l'image en deux groupes de pixels : blanc pour le premier plan et noir pour l'arrière-plan. La figure ci-dessous montre différents types d'algorithmes de segmentation :



Pic. 1: Highlevel classification of image segmentation approaches

Le seuillage d'image sera à l'avenir subdivisé en algorithmes de seuillage d'image local et

global. En seuillage global, un seul seuil est utilisé globalement, pour l'ensemble de l'image. Dans le seuillage local, certaines caractéristiques de certaines zones d'image locales (par exemple le contraste local) peuvent être utilisées pour choisir un seuil différent pour différentes parties de l'image. La méthode d'Otsu est un algorithme global de seuillage d'images. Le concept de seuil d'Otsu Les algorithmes de seuillage global automatique comportent généralement les étapes suivantes. Traiter l'image d'entrée Obtenir l'histogramme de l'image (répartition des pixels) Calculer la valeur seuil T Remplacez les pixels de l'image en blanc dans les régions où la saturation est supérieure à T et en noir dans les cas opposés. Habituellement, différents algorithmes diffèrent à l'étape 3. Comprenons l'idée derrière l'approche d'Otsu. Le procédé traite l'histogramme d'images, segmentant les objets par minimisation de la variance sur chacune des classes. Habituellement, cette technique produit les résultats appropriés pour les images bimodales. L'histogramme d'une telle image contient deux pics clairement exprimés, qui représentent différentes plages de valeurs d'intensité.

L'idée centrale est de séparer l'histogramme de l'image en deux groupes avec un seuil défini comme résultat de la minimisation de la variance pondérée de ces classes notée par

$$\sigma_w^2(t).$$

L'équation de calcul entière peut être décrite comme:

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2(t) + w_2(t)\sigma_2^2(t),$$

où $w_1(t)$, $w_2(t)$ sont les probabilités des deux classes divisées par un seuil t , dont la valeur est comprise entre 0 et 255 inclusivement.

Comme cela a été montré dans l'article d'Otsu, il existe en fait deux options pour trouver le seuil. La première est de minimiser la variance intra-classe définie ci-dessus

$$\sigma_w^2(t),$$

la seconde consiste à maximiser la variance entre les classes en utilisant l'expression ci-

dessous :

$$\sigma_b^2(t) = w_1(t)w_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2,$$

où μ_i est une moyenne de classe i .

La probabilité P est calculée pour chaque valeur de pixel dans deux clusters séparés C_1, C_2 en utilisant les fonctions de probabilité de cluster exprimées comme :

$$w_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i),$$

$$w_2(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i)$$

Il est à noter que l'image peut se présenter sous la forme d'une fonction d'intensité $f(x,y)$, dont les valeurs sont en niveaux de gris. La quantité de pixels avec un niveau de gris spécifié i dénote par n_i . Le nombre général de pixels dans l'image est n .

Ainsi, la probabilité d'occurrence du niveau de gris i est :

$$P(i) = \frac{n_i}{n}.$$

Les valeurs d'intensité de pixel pour C_1 sont en $[1, t]$ et pour C_2 sont en $[t + 1, I]$, où I est la valeur de pixel maximale (255).

La phase suivante consiste à obtenir les moyennes pour C_1, C_2 , qui sont notées $\mu_1(t), \mu_2(t)$ de manière appropriée :

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{w_1(t)},$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^I \frac{iP(i)}{w_2(t)}$$

Rappelons maintenant l'équation ci-dessus de la variance pondérée intra-classe. On va

retrouver le reste de ses composants (σ_1^2, σ_2^2) . mélanger tous les ingrédients obtenus ci-dessus :

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 \frac{P(i)}{w_1(t)},$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)]^2 \frac{P(i)}{w_2(t)}.$$

Ainsi, le pipeline de l'algorithme général pour l'option de maximisation de la variance entre les classes peut être représenté de la manière suivante :

calculer l'histogramme et les probabilités de niveau d'intensité

initialiser

$$: w_i(0), \mu_i(0)$$

itérer sur les seuils possibles

$$t = 0, \dots, \text{max_intensity}$$

mettre à jour les valeurs de w_i, μ_i est une probabilité et $|\mu_i|$ est une moyenne de classe i

calculer la valeur de la variance entre les classes

$$: \sigma_b^2(t)$$

le seuil final est la valeur maximale

$$: \sigma_b^2(t)$$

II.4 Système d'information géographique (SIG)

Le SIG par définition est un système informatique permettant, 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 d'espace. (Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989). Les SIG sont aussi des moyens de représentation et d'interprétation des faits observés à la surface terrestre (Tomlin, 1990) ; le schéma suivant explique bien cette définition. On peut appeler aussi **SIG**, les systèmes capables de stocker, partager, consulter et manipuler les objets représentés sur les cartes et les plans avec leur description géométrique, ainsi que toute l'information qu'ils leur est attachée. (Laurini et al., 1993).

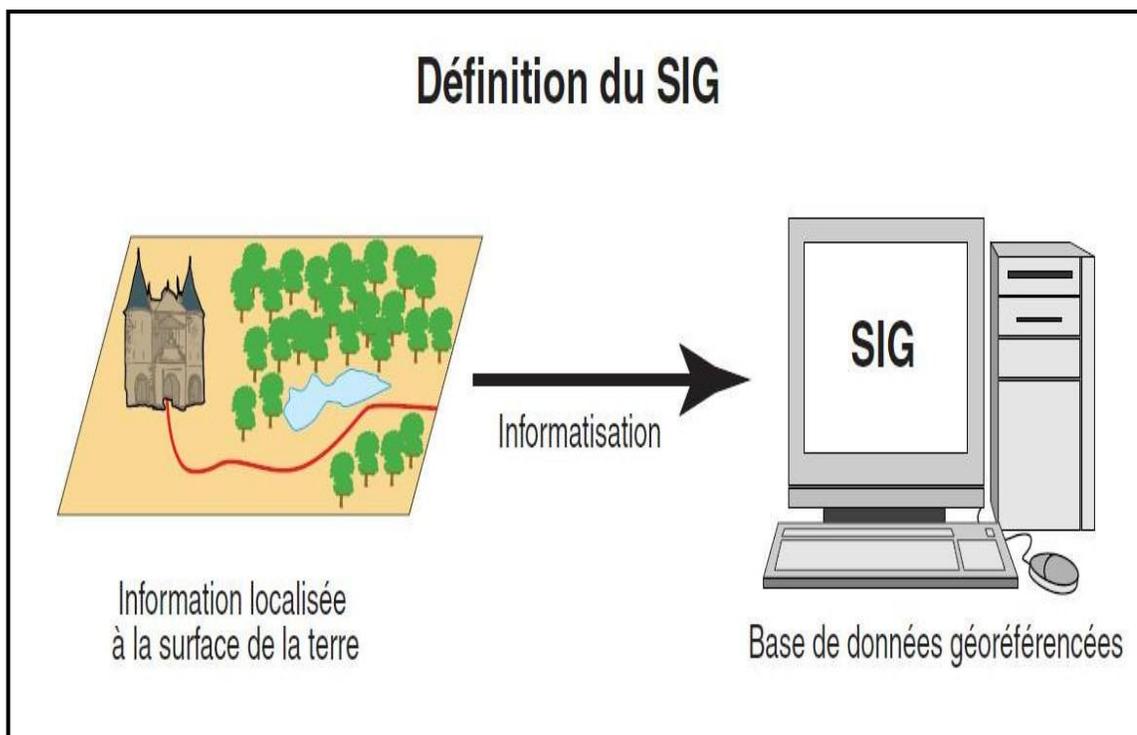


Figure II.11 Définition du SIG (Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth HABERT – IRD, 2000).

II.4.1 Les grandes fonctions d'un SIG

Selon (Jemma, 1993) Les apports essentiels des SIG pour la GIRE sont:

- Le traitement systématique des problèmes.
- La résolution de la complexité du système de ressource à travers un travail multidisciplinaire.
- L'optimisation de la décision sur l'usage de l'eau.

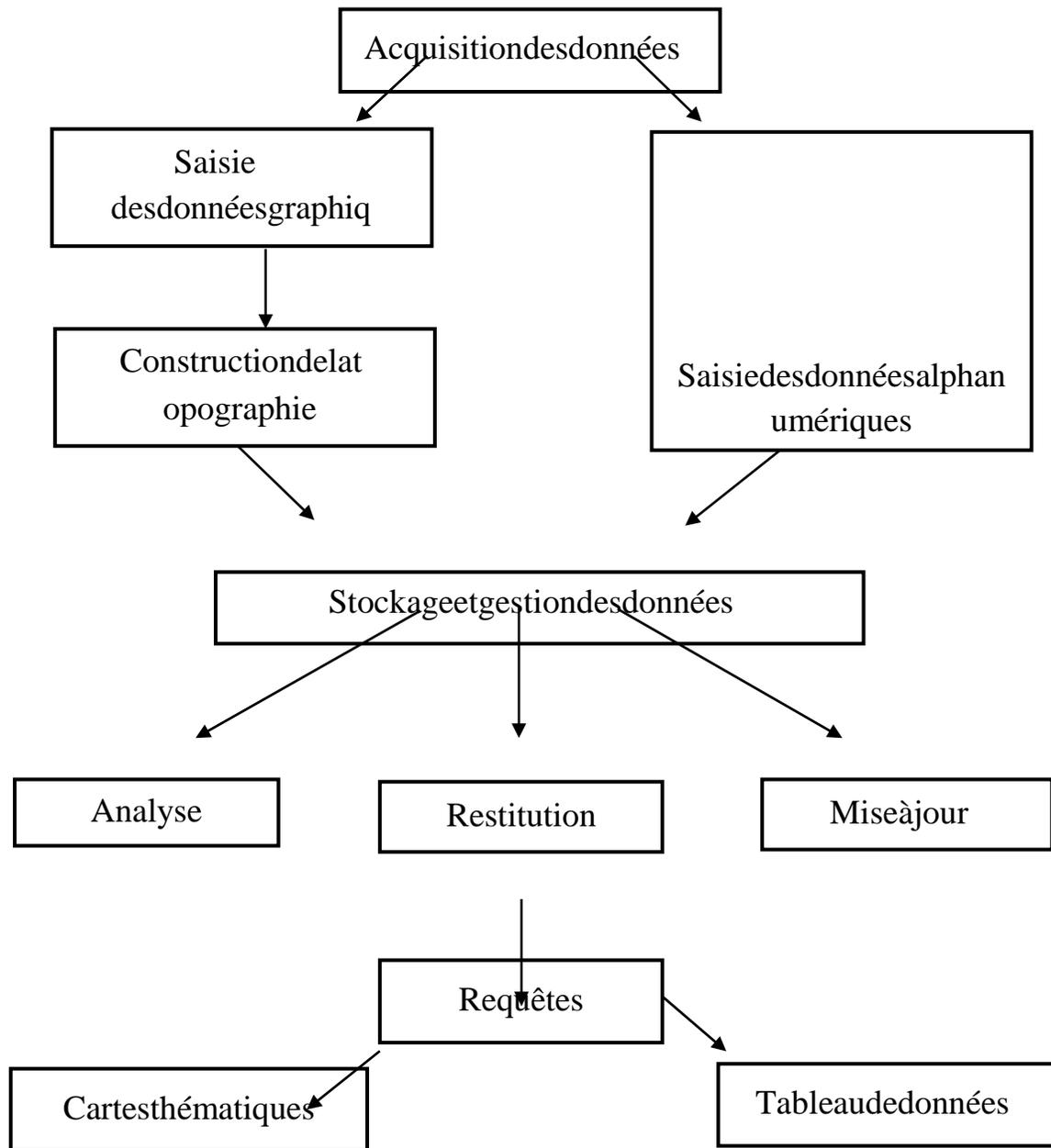


Figure II.12 Les grandes fonctions d'un SIG (François Laurent, 1996).

II.4.2 Coupler un SIG avec un modèle de simulation

Les SIG sont actuellement inadaptés à la modélisation temporelle car ils sont incapables de gérer les temps (Nyerges, 1993).

C'est pour cette raison que les chercheurs ont tenté de coupler un SIG avec des outils de simulation.

Les modèles hydrologiques sont des représentations mathématiques de l'écoulement de l'eau et des éléments dissout sur/sous une partie de la surface terrestre. (Maidment, 1993).

Selon (Elkhadi, 1989) les modèles hydrologiques tentent de représenter l'évaluation dans le temps, et dans l'espace, d'un certain nombre de composantes qui contrôlent l'écoulement, telles que le climat, le sol ou la végétation.

Le choix du logiciel utilisé dans cette étude est basé sur la disponibilité, l'accessibilité et la flexibilité des paramètres qui le composent et qui permettent l'exploitation d'un large éventail de bases de données collectées.

II.5 ArcGIS 10.4

II.5.1 Définition

ArcGIS est un logiciel de la firme ESRI, leader mondial des SIG. La version la plus simple du logiciel « Arc Gis desktop », « Arc View » comprenant les applications « Arc Catalog », « Arc Map », « Arc Toolbox ». Ainsi que l'extension « Spatial Analyst ». A l'aide de ces applications, on peut effectuer toutes les tâches SIG, de la plus simple à la plus avancée, y compris la cartographie, la gestion des données, l'analyse géographique, la mise à jour des données et le géotraitement.

ArcMap représente l'application centrale dans ArcGIS Desktop. Elle se subdivise en deux interfaces : visualisation et traitement des données géographiques dans la fenêtre « data view » et mise en page de carte dans la fenêtre « layout view » (Denis, 2012).

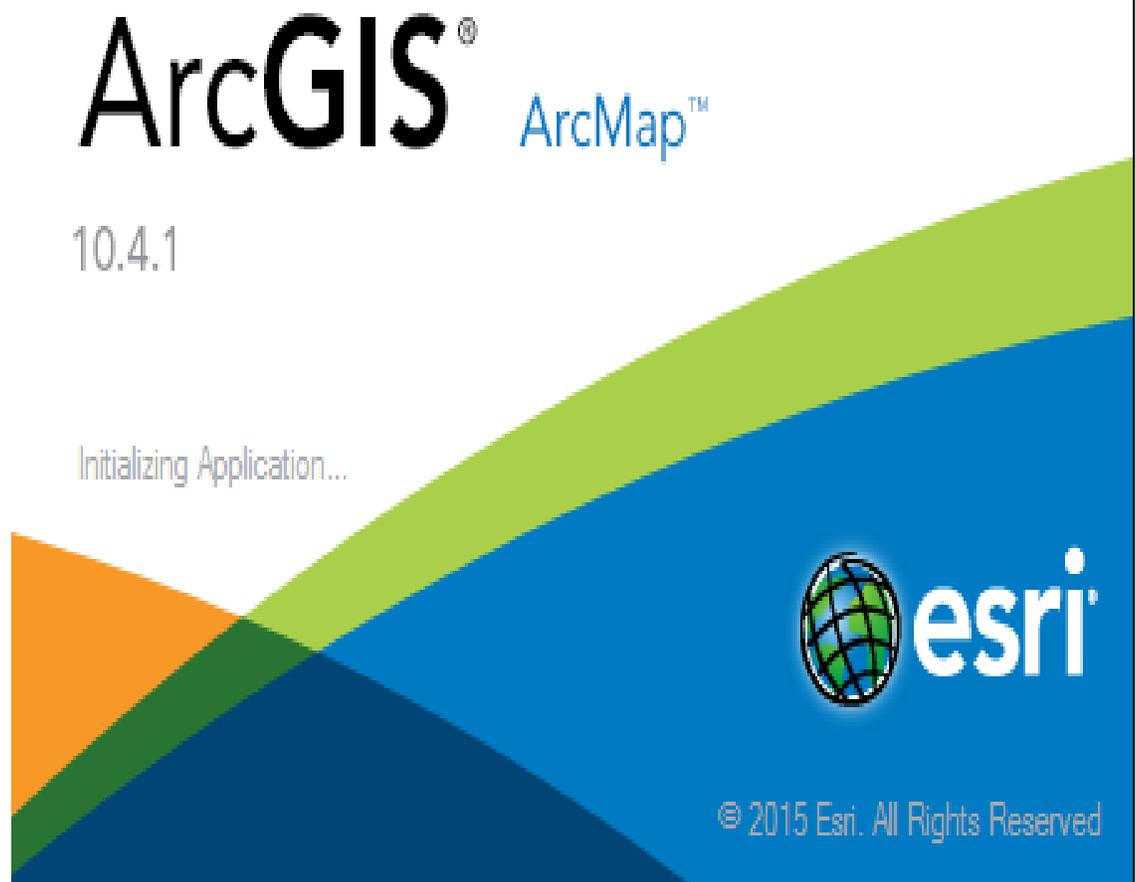


Figure II.13L 'interfacé du programme ArcGIS 10.4.1

II.5.2 Les caractéristiques de bassin versant

Les délimitations manuelles des bassins versants sur les cartes topographiques et les analyses morphométriques classiques ont été les toutes premières mesures quantitatives utilisées pour cerner la géomorphologie des bassins versants. Ces analyses sont le préambule à un nombre usé d'études hydrologiques. Aujourd'hui, l'outil informatique permet d'entreprendre aisément ces différentes manipulations permettant la délimitation des bassins versants, la mesure de la géométrie, de l'hypsométrie, des pentes ou de l'organisation du réseau hydrographique. A cet effet, ArcGis fournit des outils intéressants de calculs et de mesures hydromorphologiques à partir des cartes MNT.

II.5.2.1 La modélisation hydrologique

a. Délimitation du bassin versant

Le bassin versant est défini comme la surface parcourue par un cours d'eau et ses affluents. Un cours d'eau prend généralement naissance dans une zone à relief et draine la surface topographique. Les écoulements convergent vers la section la plus basse du cours d'eau appelée exutoire. C'est pourquoi le contour du plan d'eau est transformé en points espacés, qui correspondent à la résolution du MNT. A chaque point sera associé un « sous bassin versant », l'ensemble des sous bassins formant le bassin versant total du plan d'eau. Pour être délimité, le bassin versant topographique n'a théoriquement besoin que d'un exutoire, à partir duquel les géotraitements permettent de remonter les lignes de plus grande pente et de dessiner les lignes de crêtes (**Figure II.15**). Parallèlement le MNT a subi le traitement de remplissage pour donner un modèle hydrologique correct (outil « Fill »), puis les directions de flux ont été calculées. Le sous-bassin versant est ensuite calculé pour chaque point de contour en utilisant l'outil « Watershed » de la « Toolbox ArcGis/Spatial Analyse/Hydrology ». Ces sous bassins versants sont transformés en polygones puis agrégés avec la surface du plan d'eau pour former un bassin versant global.

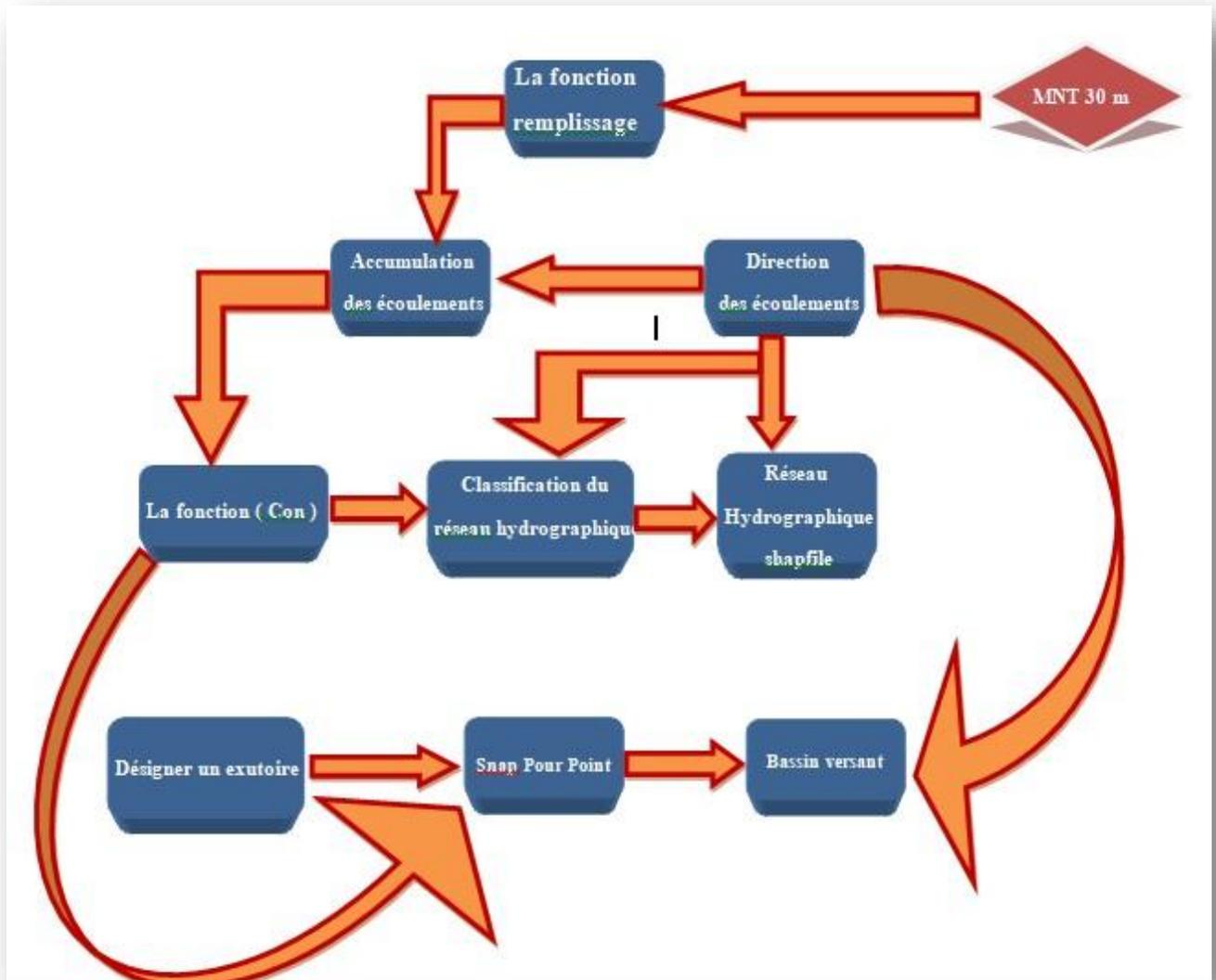


Figure II.15 Organigramme pour la délimitation et l'extraction des bassins versants

II.5.2.2 La réalisation de la carte des pentes

La Carte des pentes quant à elle est dérivée du MNT sous ArcGIS à partir du Modules : Spatial Analyst tools → surface → Slope. Nous obtenons donc une carte des pentes en pourcentage avec une subdivision de 5 classes:

(« < 2% », « 2% - 6% », « 6% - 12% », « 12% - 18% », « > 18% »).

II.5.2.3 Analyse morphométrique

La détermination des caractéristiques morphométriques est nécessaire pour déterminer et analyser le comportement hydrologique du bassin versant (Bendjeddou et Bougoffa, 2018 ; Benzougagh et al., 2017 ; Ould Ahmed, 2018 ; Iratni, 2014 ; Brahmia, 2016 ; Daifallah, 2017). Diverses caractéristiques morphologiques sont à définir : en premier lieu, la taille du bassin (surface), sa forme, son élévation, sa pente, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique. Ces facteurs, d'ordre purement géométrique ou physique, s'estiment aisément à partir de cartes adéquates ou en recourant à des techniques digitales et à des modèles numériques (le cas de notre travail).

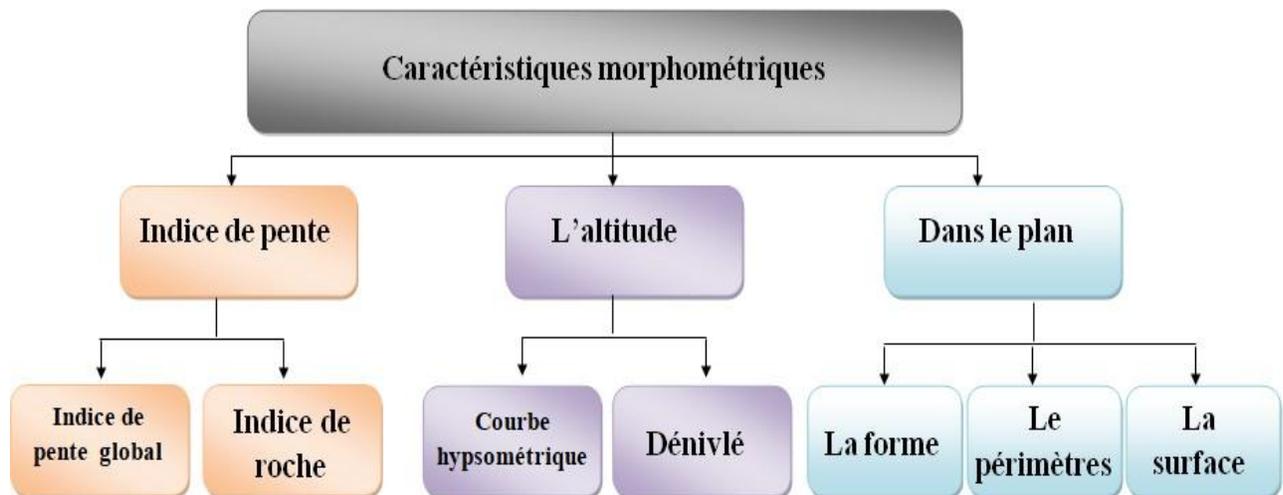


Figure II.16 Organigramme de caractéristiques morphométriques mesurées pour un bassin versant

Les caractères physiques d'un bassin sont très nombreux. On s'est attaché à ne retenir que ceux qui pouvaient s'exprimer par un nombre ; ainsi les courbes hypsométriques et les graphiques de profil en long ont-ils été écartés, certains caractères numériques choisis pouvant prétendre apporter une information équivalente. Dans un bassin versant, on peut retenir 3 caractères morphométriques principaux :

- Dans le plan (la forme, le périmètre et la surface).
- L'altitude.
- L'indice de la pente.

Un caractère secondaire, l'indice de pente global IG, et deux caractères intermédiaires de calcul adéquat de la longueur du rectangle équivalent L.

Ces facteurs s'ajoutent encore les caractéristiques du réseau hydrographique.

a. Surface et périmètre

La détermination de la surface du bassin versant ainsi que son périmètre a été déterminée par le logiciel ArcGIS. Cette technique nous a permis de calculer avec précision la surface de notre bassin.

b. La forme

L'indice de compacité de Gravelius (1914) K_G est défini comme le rapport du périmètre du bassin au périmètre du cercle ayant la même surface :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{A}} \cdot 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

c. Le rectangle équivalent

Cette notion a été introduite pour pouvoir comparer des bassins entre eux du point de vue de l'influence de leurs caractéristiques géométriques sur l'écoulement. Soit L et I la longueur et la largeur du rectangle, et P et A le périmètre et l'aire du bassin versant. On a :

$$I = \frac{K_G \sqrt{A}}{1.12} \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12^2}{K_G} \right)} \right)$$

d. Les caractéristiques des altitudes

Les altitudes maximales et minimales sont obtenues directement à partir de la carte topographique et l'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique. On peut la définir comme suit :

$$H_{moy} = \frac{\sum(h_i \cdot A_i)}{A}$$

Avec,

H_{moy} : altitude moyenne du bassin (m) ;

A_i : aire comprise entre deux courbes de niveau (Km^2)

h_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau (m)

A : superficie totale du bassin versant (Km^2).

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique.

e. Pente moyenne du bassin versant

La pente moyenne du bassin versant est égale au quotient de la différence entre les hauteurs extrêmes par la longueur du rectangle équivalent. On estime la pente moyenne à partir de la courbe hypsométrique du bassin.

$$P_{moy} = \frac{\Delta H}{L}$$

Avec,

P_{moy} : Pente moyenne [m/km ou %] ;

ΔH : Altitude moyenne en (m) ;

L : Longueur de rectangle équivalent en (Km).

f. Indices de pente

Les indices de pente se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente global I_g donné par la relation :

$$I_g = \frac{H_{95} - H_5}{L}$$

Sur la courbe hypsométrique déjà tracée, on prend les points tels que la surface supérieure ou inférieure soit égale à 5% de la surface totale.

H_5 et H_{95} sont les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin. La dénivellation D est donc égale à $H_5 - H_{95}$.

Avec,

D :

dénivellation entre les altitudes ayant 5% et 95% de la surface du bassin versant tirées à partir de la courbe hypsométrique (m);

L : longueur du rectangle équivalent (m).

Tableau II.1 Classification du relief selon I_g par l'ORSTOM

Typologie de relief	Indice de pente globale
Relief très faible	$I_g < 0.002$ m/Km
Relief faible	$0.002 < I_g < 0.005$
Relief assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
Relief modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
Relief assez fort	$0.02 < I_g < 0.05$
Relief fort	$0.05 < I_g < 0.5$
Relief très fort	$I_g > 0.5$ m/km

g. Dénivelé spécifique (D_s)

Elle est calculée par la formule suivante :

$$D_s = I_g \times \sqrt{S} = \frac{H}{L} \times \sqrt{S}$$

À la différence de l'indice global I_g , le dénivelé spécifique D_s est indépendant de la surface et permet alors de comparer des bassins détaillés différentes.

Tableau II.2 Classification du relief selon D_s par l'ORSTOM

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

II.5.2.4 Les caractéristiques du réseau hydrographique

a. Densité de drainage D_d

C'est un paramètre qui permet de caractériser l'organisation du chevelu hydrographique et le degré de drainage du bassin versant, il correspond au rapport entre la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin :

$$D_d = \frac{\sum L_i}{S}$$

□

Avec,

Dd : Densité de drainage (Km/Km²)

Li:Longueur des thalwegs;

A:Surface du bassin versant.

b. Le temps de concentration

Il se calcule par la formule de GIONDOTTI

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

Avec,

Tc:

temps de concentration (heure); S: superficie

du bassin (km²);

L: longueur du talweg principal (km); H_{moy}:

altitude moyenne (m);

H_{min}: altitude minimale (m).

. Conclusion

Plusieurs méthodes d'analyses ont été développées au cours de ce chapitre d'une manière descriptive. Ces méthodes vont nous aider dans l'analyse de risque d'inondation.

Au terme de ce chapitre, nous avons réussi à encadrer notre travail dans son contexte d'analyse en choisissant les méthodes convenables pour mener au prochain chapitre

CHAPITRE IV :

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction

Nous présentons dans ce chapitre les différents résultats obtenus dans ce travail avec la discussion de celle-ci. Soit pour l'analyse morphométrique et l'outil de télédétection et l'intelligence artificiel par la Méthode Otsu's ,avec l'interprétation des résultats, ainsi la cartographie des zones inondables d'étude.

III.1 Les caractéristiques de forme**III.1.1 La Surface et périmètre du bassin versant**

La délimitation du bassin versant de BV représente l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits d'écoulement sont en partie reliés à sa surface.

- La surface de notre bassin versant (A)=1837,60 Km².

- Le périmètre (P)=248,24 Km.

Ces deux indices vont nous aider à calculer les autres paramètres.

III.1.2 La forme

L'indice de compacité de Gravelius caractérise la forme du bassin versant. Lorsque cet indice est proche de 1 le bassin versant est de forme quasiment circulaire, et s'il est supérieur à 1 le bassin est de forme allongé.

Tableau III.1 Caractéristiques de forme du sous-bassin

Caractéristiques	Bv
A(km ²)	1170,365284
P(km)	293,121
KC	2,417

Selon la valeur de Kc on peut dire que notre bassin est de forme allongée. Les valeurs de l'indice de compacité montrent que le sous-bassin (Kc= 2,417) est le plus allongé.

III.1.3 Le rectangle équivalent

C'est une transformation purement géométrique en un rectangle de dimensions (L et l) ayant la même surface que le bassin versant. Il permet de comparer les bassins versants entre eux de points de vue de l'écoulement. Les courbes de niveau sont des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire est l'un des petits côtés.

On a: $L=139,29$ km et $l=8,402$ km Pour les sous bassins de BV

III.2 Le relief

Les altitudes ainsi que la forme du relief influent considérablement sur les différents paramètres hydroclimatiques d'une région donnée. Elles déterminent en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques suivants:

III.2.1 La courbe hypsométrique

La courbe hypsométrique représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude elle fournit une vue synthétique de la pente du bassin.

Tableau III.2 Répartition de la superficie selon l'élévation des courbes de niveau

FROM_	TO	A_en_km ²	A_en %	A cumulé km ²	A % cumulé	%
617	674	385,706037	33,25052	385,706	33,25052	100,0493
674	721	284,4441859	24,52105	670,1502	57,77157	66,79874
721	781	239,4277742	20,64033	909,578	78,4119	42,27769
781	849	106,5204982	9,182802	1016,098	87,5947	21,63736
849	931	73,8850492	6,369401	1089,984	93,9641	12,45456
931	1032	27,92382362	2,407226	1117,907	96,37132	6,085159
1032	1136	24,79307015	2,137334	1142,7	98,50866	3,677933
1136	1301	15,07977624	1,299981	1157,78	99,80864	1,5406
1301	1713	2,791178661	0,240619	1160,571	100,0493	0,240619

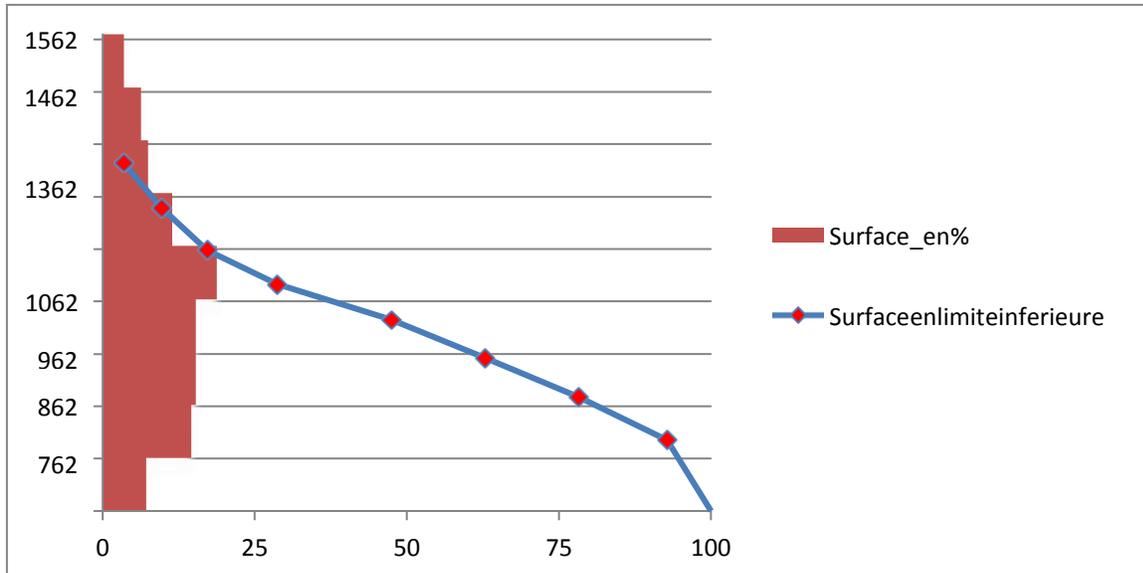
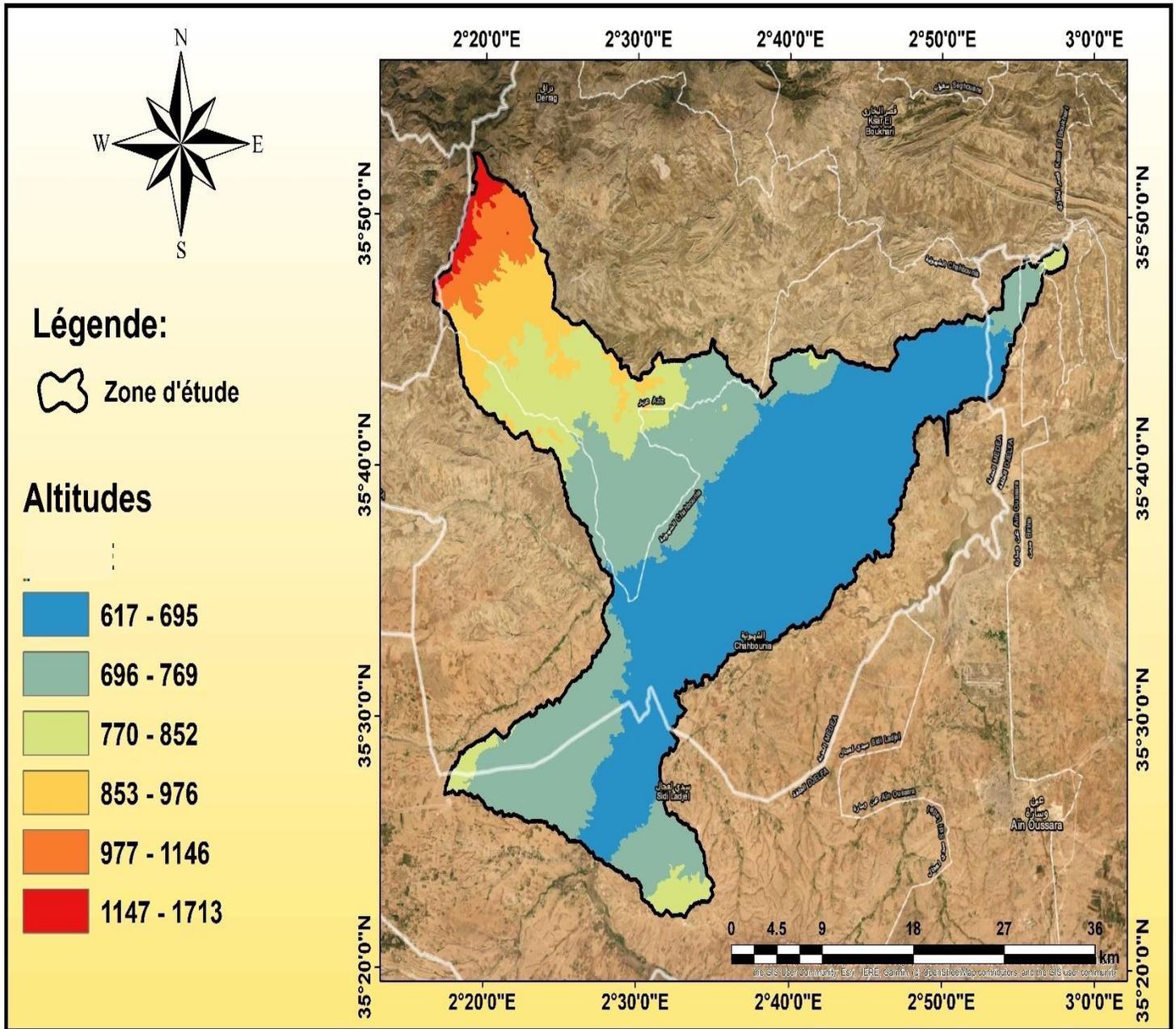


Figure III.1 La courbe hypsométrique du bassin versant de BV

La courbe hypsométrique du bassin de BV montre des pentes fortes à l'amont mais douce à l'aval et elle est représentée sous forme concave elle indique que notre bassin est vieux.

- $H_{5\%} = 1292$
- $H_{50\%} = 1022$
- $H_{95\%} = 762$



Carte III.2 Carte hypsométrique de BV

III.3 Les caractéristiques des altitudes

III.3.1 Les altitudes maximales et minimales

Les altitudes maximales et minimales ces deux données déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente. Pour le cas de notre bassin $H_{max}=1713$ et $H_{min}=617$ m.

III.3.2 L'altitude moyenne

A partir de la courbe hypsométrique on a trouvé que l'altitude moyenne:

$$H_{moy}=1125\text{m.}$$

III.3.3 L'altitude médiane

L'altitude médiane correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin, sur la courbe hypsométrique. Cette grandeur se rapproche de l'altitude moyenne, dans le cas où la courbe hypsométrique du bassin concerné présente une pente régulière. Dans notre bassin d'étude est à partir de la courbe hypsométrique on a trouvé que l'altitude médiane est : $H\text{-médiane}=1022$ m.

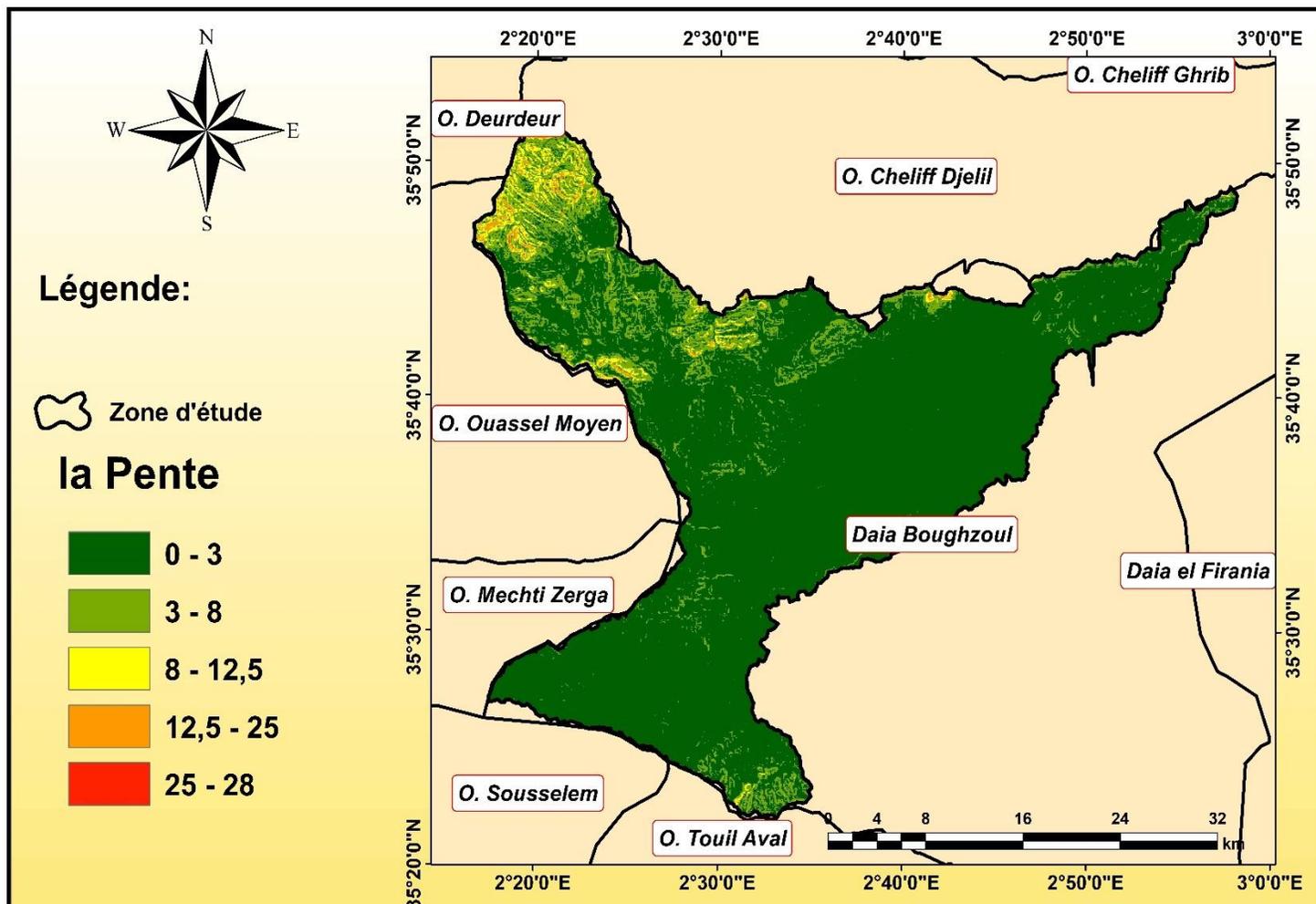
III.4 Pentes du bassin versant

Les pentes conditionnent fortement le ruissellement au niveau d'un bassin versant. L'étude de ce paramètre topographique est primordiale pour aborder la recharge de. Il est nécessaire de commencer d'abord par une classification des pentes.

Tableau III.3 Répartition du relief par classes de pentes

Classes en %	Superficie en km ²	% de la superficie totale	Classes de pentes
0-3%	986,113367	85,0	Pentes très faibles
3-8%	138,713208	11,95	Pentes faibles
8-12.5%	25,950515	2.23	Assez faibles
12.5-25%	9,660263	0.83	Moyennes
>25%	0,065002	0,005	Fortes

Carte III.3 Carte des pentes du bassin versant de la BV



III.4.1 Pente moyenne du bassin versant

La pente moyenne d'un bassin versant est un paramètre important pour la détermination du temps de parcours de ruissellement, c'est à dire le temps de concentration. Dans la zone d'étude : $P_{moy}=5.69\%$.

On constate que la pente moyenne est faible, cette valeur est bonne pour la recharge.

III.4.2 Indices de pente globale

L'objet de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin et de permettre des comparaisons et des classifications. Le relief joue un rôle important, car il commande en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains. Dénivelée D est donc égale à $H_5 - H_{95}$. Donc $H_{5\%} = 1292$ m et $H_{95\%} = 762$ m.

$$I_g = \frac{D}{Lr}$$

Où,

- I_g [m/km] : indice de pente global;
- D [m] : dénivellation totale;
- Lr [km] : longueur du rectangle équivalent.

La dénivellation : $D = H_{5\%} - H_{95\%}$.

Avec : $H_{5\%}$ et $H_{95\%}$ les altitudes entre lesquelles s'inscrivent 90% de la surface du bassin.

$$I_g = \frac{1292 - 762}{108.07} = \boxed{4.9 \text{ m/km}}$$

Cette valeur d' I_g très élevée, le relief du bassin versant de BV est très fort.

III.5 Dénivelée spécifique (D_s)

La dénivelée spécifique ne dépend donc que de l'hypsométrie ($D = H_{5\%} - H_{95\%}$) et de la forme du bassin (l/L). Elle donne lieu à une deuxième classification de l'O.R.S.T.O.M., indépendante des surfaces des bassins : La valeur calculée de (D_s) dans le cas de notre bassin est de 530 m. Suivant le tableau le bassin est caractérisé par un relief très fort, d'où l'influence bien prononcée des massifs montagneux dans notre bassin. Il est aisé de comprendre que le relief de notre aire d'étude, implique un ruissellement superficiel assez rapide, et par conséquent un temps de concentration assez court, et des crues assez importantes.

Tableau III.4 la classification des reliefs selon la méthode de LORSTOM à partir du D_s

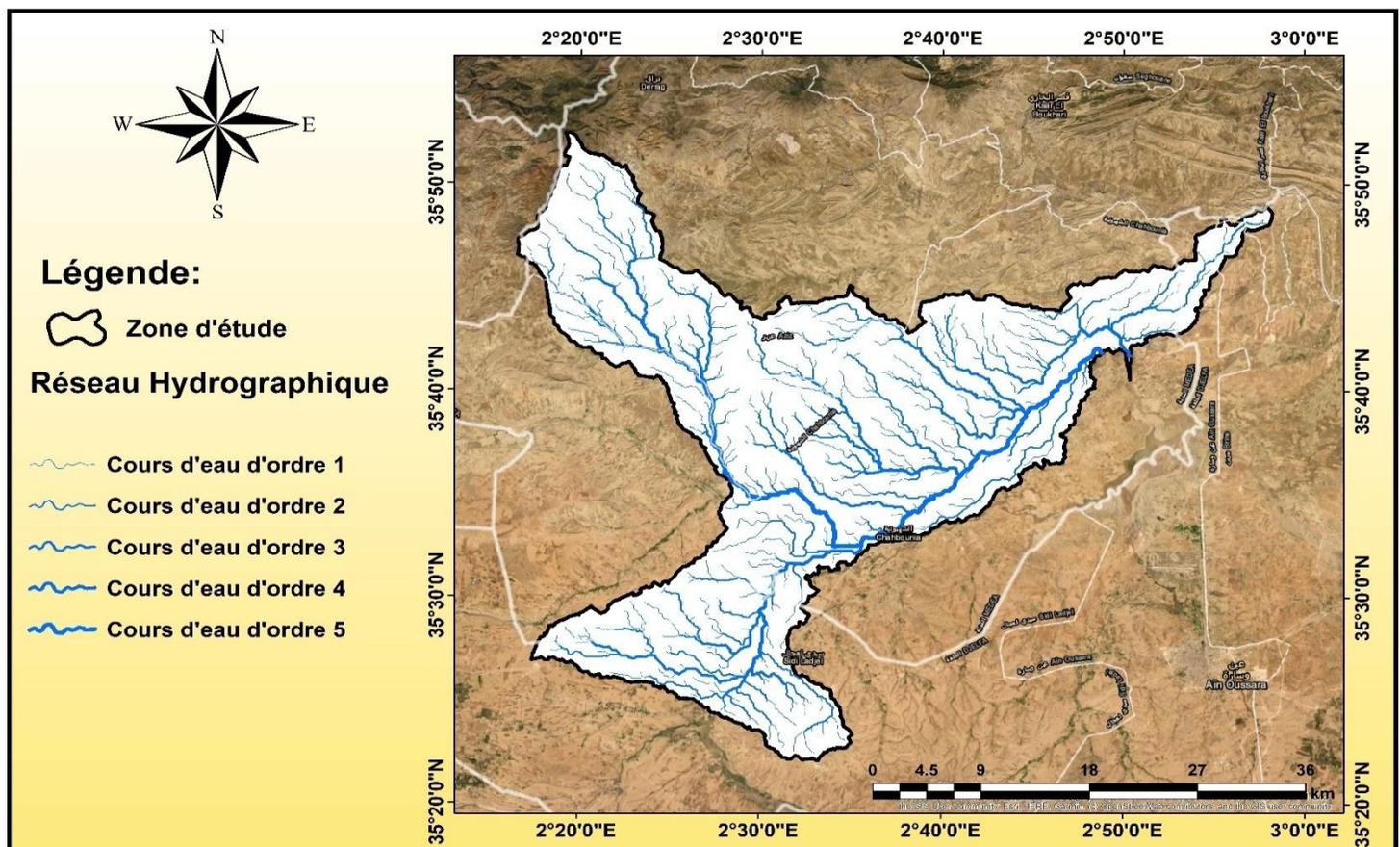
Dénivelée spécifique (D_s)	Type de relief
10	Relief très faible
10–25	Relief faible
25–50	Relief assez faible
50–100	Relief modéré
100–250	Relief assez fort
250–500	Relief fort
+500	Relief très fort

III.6 Caractéristiques hydrographiques du bassin versant

III.6.1 Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels ou artificiels, permanents ou temporaires, qui participent à l'écoulement. Le réseau hydrographique est sans doute une des caractéristiques géographiques et physiques de la plaine et des cours d'eau d'une région donnée.

Divers paramètres sont utilisés pour définir le réseau hydrographique parmi les plus importants nous citons, la densité de drainage (Dd), la fréquence des cours d'eau (Fs) et le temps de concentration (Tc). Le bassin versant de la BV (Figure III.9) est caractérisé par un réseau hydrographique de type dendritique.



Carte III.4 Carte du réseau hydrographique du bassin versant de BV.

Tableau III.5 Les longueurs d'ordres des cours d'eau dans le bassin versant de BV.

Ordre	Longueur(km)
1	482,79
2	216,14
3	63,70
4	65,34

La longueur du cours d'eau principale est: 129,05km

III.6.2 Latopologie: structure du réseau et ordre des cours d'eau

La topologie du réseau hydrographique sera révélée dans la description du réseau hydrographique en proposant une classification, ainsi qu'un ordonnancement. Le réseau hydrographique de ce bassin versant est généralement dendritique (Figure III.4), mais avec des variations locales.

III.6.3 les caractéristiques du réseau

a. Longueur caractéristique

La longueur du cours d'eau principale (L), est la distance curviligne, depuis la ligne de partage des eaux jusqu'à l'exutoire, en suivant toujours le segment d'ordre le plus élevé lorsqu'il y a un embranchement, et par extension de dernier jusqu'à la limite topographique du bassin versant. Si les deux segments à l'embranchement sont de même ordre, on suit celui qui draine la plus grande surface. Pour le cours d'eau principal du bassin versant de BV (Figure III.4), la longueur caractéristique calculée est $L = 129.05 \text{ km}$

b. Densité de drainage D_d

C'est le paramètre le plus important qui caractérise le chevelu hydrographique, Elle nous renseigne sur l'efficacité de drainage de la région donnée. Elle dépend de la géologie, des caractéristiques topographiques du bassin versant et même de certaines mesures des conditions climatiques

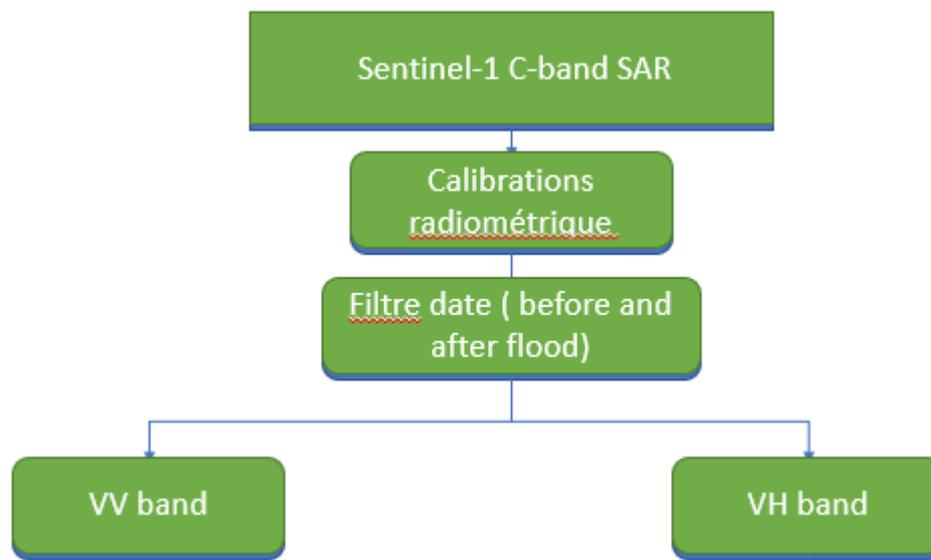
$$D_d = 0.45 \text{ Km/Km}^2$$

Cette faible densité de drainage du bassin versant, s'expliquerait par la perméabilité du substratum et par le relief qui est accidenté.

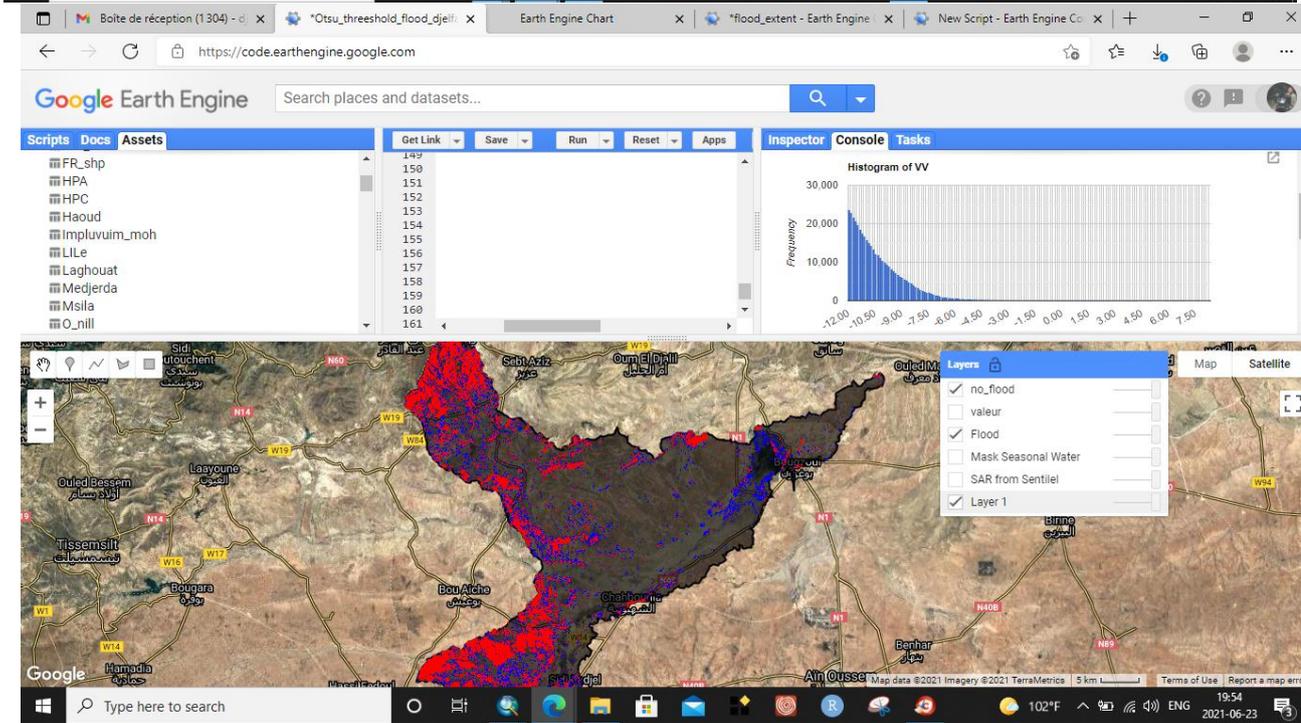
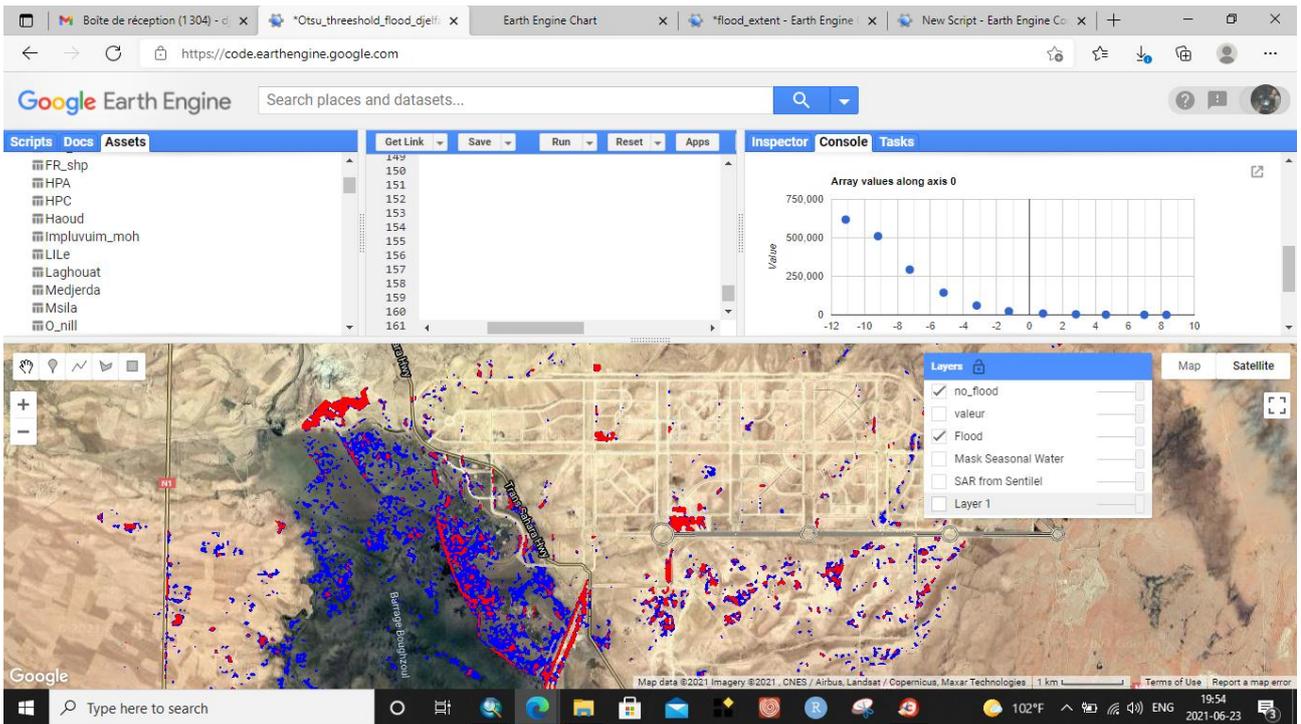
c. Le temps de concentration

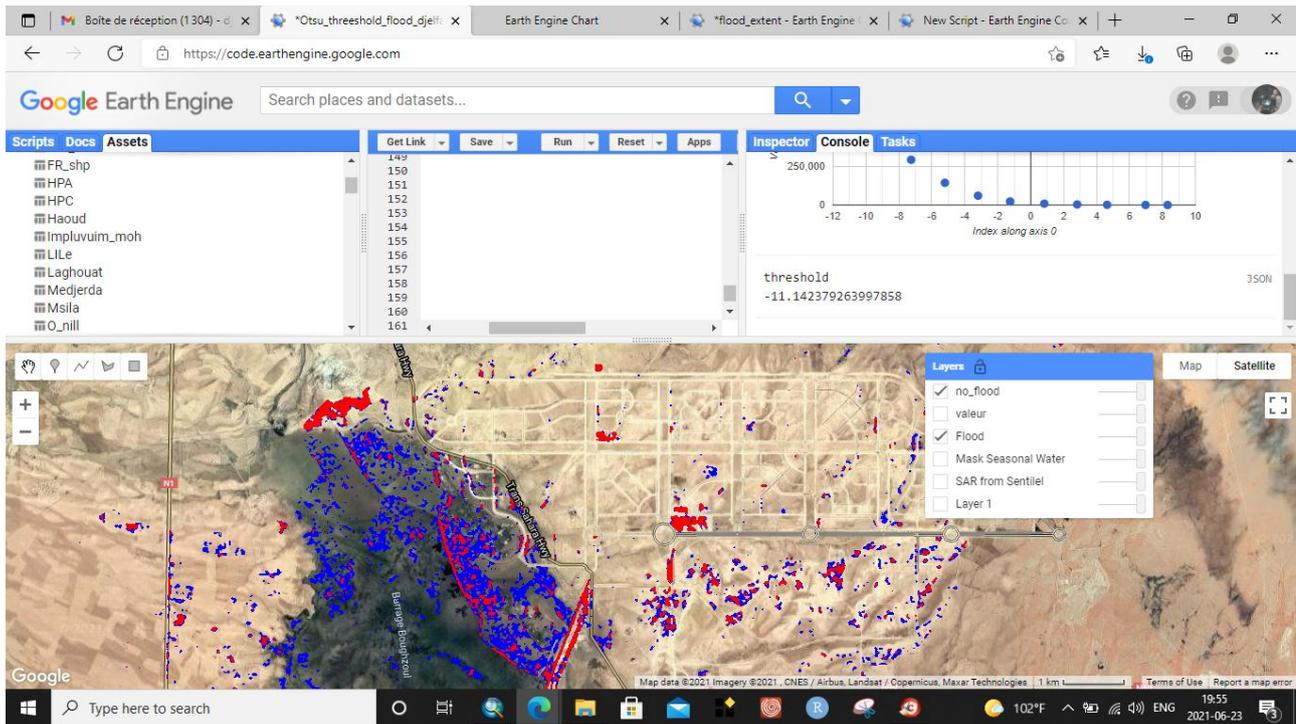
C'est le temps que met la particule d'eau provenant de la partie du bassin la plus éloignée pour arriver à l'exutoire, $TC = 22.13h$

III.7 Identifications des zones inondables

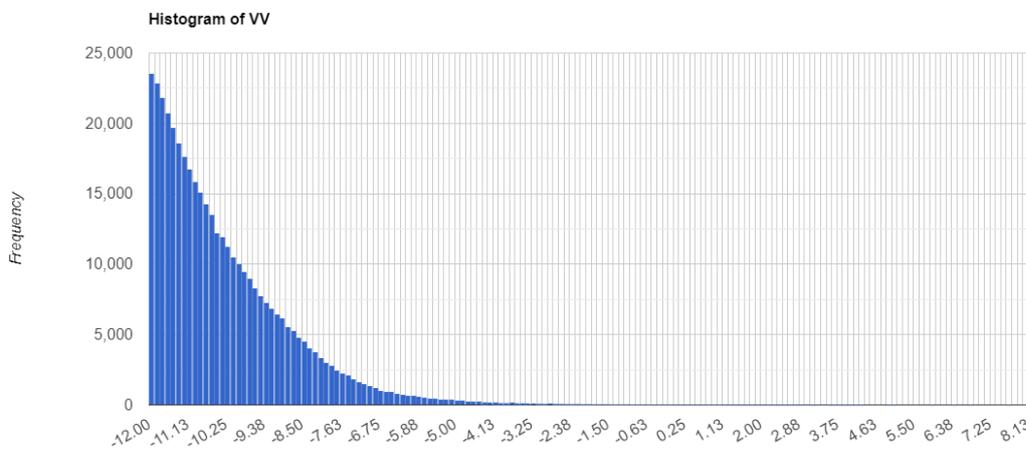


- 1- Sélectionné les image de sentinel 1
- 2- Sélectionné les dates
- 3- Sélectionnée les bands VV et VH
- 4- Tracé histogramme des VV
- 5- Tracé la matrice de valeurs Thresholding



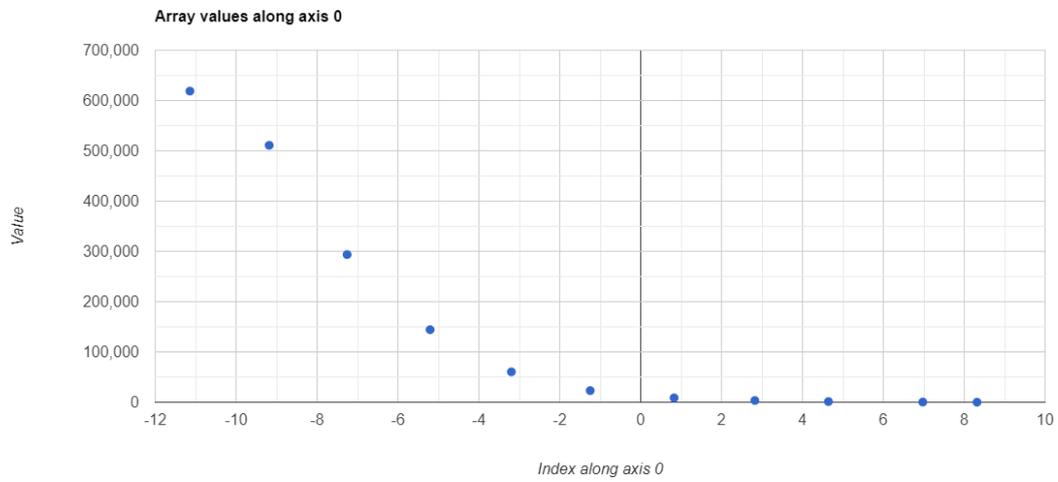


Tracé Histogramme de VV

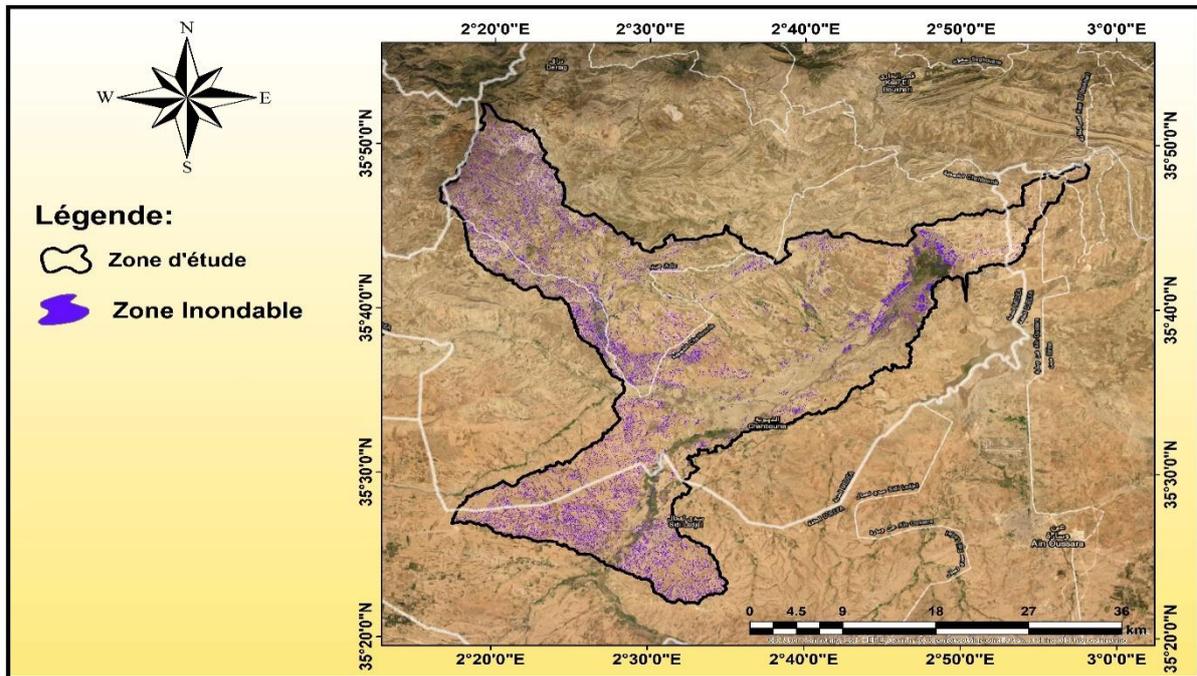


Déterminer la valeur de threeshode

Depuis le graphe suivant on résumé que la valeur de threeshold c'est -11.14



Le résultats final



Carte II-5. Carte d'exposition de risque d'inondation

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

En Algérie les inondations sont les plus fréquentes parmi les catastrophes naturelles qui s'y produisent et la nécessité d'entreprendre une lutte efficace contre ce risque, se fait sentir de plus en plus.

Dans la zone, les inondations sont dues à l'interaction complexe de plusieurs facteurs naturels : intensité des précipitations, topographie, nature lithologique et hydrologie.

L'étude morpho métrique a permis de mettre en évidence les caractéristiques du bassin versant. Celui-ci est de forme allongée, et possède une morphologie caractérisée par des fortes pentes dans les zones montagneuses et faible pente dans les plaines, un réseau hydrographique plus au moins dense, un temps de concentration lent et un coefficient de torrencialité faible.

Ces éléments morphométriques répondent à une crue torrentielle des oueds, lorsqu'ils sont associés à une précipitation intense.

L'aspect hydro-climatologie de la zone d'étude, marque un climat semi-aride à aride et l'analyse des crues a montré, que notre bassin versant peut être confronté aux phénomènes d'inondation. Ces dernières se manifestent par des crues catastrophiques de période de retour de l'ordre de 10ans et plus.

A partir de la carte finale ,ou la carte résultante du croisement des cartes des pentes et de la densité de drainage et de la perméabilité, nous pouvons dire que nous sommes arrivés à déterminer d'une manière globale les zones de risque aux inondations dans la zone d'étude.

Finalement, on peut dire qu'on a étudié la possibilité d'inondations et déterminer exactement les zones à risque d'une manière automatique, on a présenté quelques suggestions pour éviter les catastrophes .

Conclusion

Après l'analyse des résultats obtenus lors de l'étude que nous avons réalisée Les paramètres morpho-métriques du bassin versant avec l'étude des précipitations et des crues et du croisement des cartes (pentes, perméabilité, densité de drainage...etc) et l'aspect historique des inondations dans la zone d'étude , on propose quelques suggestions de nature à aider pour éviter la catastrophe sinon limiter ses dégâts , la nécessité de procéder à la correction torrentielle et le renforcement du réseau de l'évacuation des eaux et d'assainissement dans ces zones (à pente faible) par la multiplication des avaloirs et leur entretien périodique, car la stagnation des eaux augmente le dépôt de boue et impose un entretien plus fréquent sinon les avaloirs deviennent en très peu de temps sans aucune utilité. Notre proposition, en ce point, peut concerner que les sites d'urbanisation futures où il faudrait adopter le tracé des rues et des passages dans le sens des écoulements des eaux parallèlement aux réseaux hydrographiques.

Pour se débarrasser du problème de perméabilité le mieux serait d'augmenter " les périmètres perméables métrisables" en soutenant l'urbanisation par l'augmentation, en parallèle, des espaces verts qui sont des espaces ouverts permettant l'infiltration des eaux vers les couches inférieures du sol complétant ainsi le cycle naturel de l'eau; contrairement aux surfaces couvertes de pavés ou de goudron qui elle participent à son accumulation et accélère son mouvement . En plus de son esthétique, l'espace vert fixe les sols et empêche donc l'érosion surtout sur les berges des oueds; on peut lui reconnaître deux rôles aussi importants l'un que l'autre: il empêche les écoulements boueux en minimisant l'érosion et réduit l'eau en surface par sa perméabilité.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des figures

Figure 1:Mécanismes d'écoulement de l'eau dans une ville	12
Figure 2:inondations skikda 28/12/1984	13
Figure 3:inondations Bab el Oued 10 /12 / 2001	14
Figure 4:inondations Tamanrasset 9-10-2006	15
Figure 5:Les inondations de Béchar 10 Octobre 2008	16
Figure 6:Les inondations de Ghardaia 01-10-2008.....	16
Figure 7:Les inondation de Tarf février 2011	17
Figure 8:Les inondations d'El –Bayadh octobre 2011	18
Figure 9:les variations mensuelles des pluviomètres entre 1991-2018.....	35
Figure 10:Évolution de la population	Erreur ! Signet non défini.
Figure 11:Evolution de la population de la ville (1966-2008).....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12:La croissance de la population de la ville entre (1994-2011) .	Erreur ! Signet non défini.
Figure 13:Répartition géographique de la population totale de la commune (2008) ..	Erreur ! Signet non défini.
Figure 14: Modèle Numérique du terrain	Erreur ! Signet non défini.
Figure 15:Profil d'une crête et cuvette avant et après un remplissage	Erreur ! Signet non défini.
Figure 16:Fonctionnement de l'outil Direction de flux	Erreur ! Signet non défini.
Figure 17:Direction de la cellule (flux)	Erreur ! Signet non défini.
Figure 18:Fonctionnement de l'outil Accumulation de flux	Erreur ! Signet non défini.
Figure 19:Comparaison des méthodes de vectorisation de réseaux hydrographiques .	Erreur ! Signet non défini.
Figure 20:Sous bassin versant.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 21:Les types d'algorithmes standardisation.....	Erreur ! Signet non défini.

- Figure 22: Standardisation des facteurs qualitatifs **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 23 :Extraction de l'ordre d'écoulement d'impluvium de la ville . **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 24:Profil au long..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 25:courbe hypsométrie. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 26 : Répartition de la surface en fonction de l'altitude. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 27:Rectangle équivalent..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 28:La répartition des surfaces par classement des pentes..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 29:La répartition des surfaces par classement des TMI. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 30:La répartition des surfaces par classement d'occupation du sol. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 31:La répartition des surfaces par classe de lithologie..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 32:Le degré de risque d'inondation dans les milieux urbain **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des tableaux

Tableau 1:Les grandes inondations en Algérie	12
Tableau 2: les variations mensuelles des pluviomètres entre 1991-2018.....	34
Tableau 3:les variations mensuelles des températures entre 1991-2018	36
Tableau 4:les variations mensuelles des neiges entre 1991-2018.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 5:Évolution de la population.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 6:Evolution de la population de la ville (1966-2008).	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7:La croissance de la population de la ville entre (1994-2011).	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 8:affectation manuelle du degré d’aptitude pour d’occupation du sol...	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 9:affectation manuelle du degré d’aptitude pour lithologie	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 10:Les altitudes caractéristiques.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 11:La classification de l'ORSTOM.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 12:Largeur équivalent.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 13:les caractéristiques morphométriques de l'impluvium.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 14:La répartition des surfaces par classement des pentes	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 15:La répartition des surfaces par classement des TMI	Erreur ! Signet non défini.

Tableau 16:La répartition des surfaces par classement d'occupation des sols. ... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 17:La répartition des surfaces par classe de lithologie..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau 18:La répartition des surfaces selon la synthèse d'un scénario. . **Erreur ! Signet non défini.**

Listes des cartes

Carte n°01:Situation géographique de la zone d'étude (Région synclinale Djelfa).

Carte n°02 :situation impluvium de la zone d'étude (Région synclinale Djelfa).

Carte n°03:les altitude du relief de la zone d'étude (Région synclinale Djelfa).

Carte n° 04:Pente de la zone d'étude (Région synclinale Djelfa).

Carte n°05 : la géologie de la zone d'étude (Région synclinale Djelfa).

Carte n°06 : la lithologie de la zone d'étude

Carte n°07:Risque des inondations selon le scénario étude (Région synclinale Djelfa).

Carte n°08 : les variations mensuelles des pluviomètres entre 1985-2015

Carte n°09:la températuremaximalde la zone d'étude

Carte n°10:la température minimale de la zone d'étude

Carte n°11:la variation l'ETPde la zone d'étude

Carte n°12 :le PDSIde la zone d'étude

Carte III.2CartehypsométriquedeBV

Carte III.3CartedespentesdubassinversantdelaBV

Carte III.4CartederéseauhydrographiquedubassindeBV.

Carte III-5.Carte d'exposition de risque d'inondation

Liste des abréviations :

A.E.P : Alimentation en Eau Potable ;

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources en Hydraulique ;

C.C : CheminCommunal ;

C.G.S : Centrede recherche appliquée en Génie parasismique.

D.E.M : Digital d'Elevation Model (Modèle d'Elévation digitale) ;

E.M.C : Evaluation Multi-Critère ;

M.N.T : Modèle Numérique de Terrain ;

O.N.A : Office Nationale d' Assainissement ;

O.N.S : Office Nationale d' Assainissement ;

O.R.S.T.O.M : Office de Recherche Scientifique de Territoire D'outre-Mer,

P : Précipitation ;

R.N : Route Nationale ;

R.G.P.H : Recensement Général de la Population et de l' Habitat ;

T : Température ;

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Ouvrage

- **KOUAOUCI Ali, 1994 - Elément d'analyse démographique, OPU.**
- **REMINI BOUALEM, 2010- La problématique de l'eau en Algérie, office des publications universitaires, Alger, 55 p.**
- **RAHMANI CHERIF, 1982 - La croissance urbaine en Algérie, OPU.**
- **DAUPHINE A, 2005 - Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer. Edition Armand.Colin, Paris.**
- **LAGNIER Richard, « territoire, inondation et figures du risque : la prevention du prisme**
- **LABORDE PIERRE, 1995 - Les espaces urbains dans le monde, Ed. Armand Colin (2ème édition).**
- **MERLIN PIERRE, 1988 - Le dictionnaire d'urbanisme et d'aménagement. PUF. Paris.**
- **SARI Hmida, 2002 - Initiation à l'hydrologie de surface. Edition houma, Alger.**

Rapports

- **Document d'étude sur les inondations en Algérie, Direction Générale De La Protection Civile : Direction de prévention Sous-direction des risques majeurs Bureau des risques naturels 21p.**

Mémoires :

Mémoires de magistère

- **BOUBCHIR Abdellah, 2007 - Risques d'inondation et occupation des sols dans le THORE (région de Labruguière et de Mazamet). Mémoire présenté pour l'obtention de Master I, Géographie et Aménagement, Mivers) Toulouse le Mirail, 11 p.**
- **FERNIN-HAFFIF Assia, 2007 - Evaluation de la vulnérabilité urbaine aux risques majeurs naturels, aménagement du territoire, USTHB. <**
- **TAHAR Samira, 2013 — Impact des inondations sur l'habitat urbain. Mémoire de magister, Géographie et aménagement à LSLIN**

Mémoires des ingénieurs

- **HANICHI Allal et YAGOUBI Ahmed, 2012 - La gestion des déchets ménagers et assimilés de la ville de Ain Oussera. Mémoire de fin d'étude pour obtenir le diplôme de l'ingénierie en aménagement du territoire, Université Ziane Achour.**
- **GHEZALI et IBRARI Rais, 2010 - Risque d'inondation dans le bassin versant des sources maitre-Bou Saada, aménagement du territoire, USTHB.**

Sites internet:

- www.actu-environnement.com
- www.eau-seine-normandie.fr

- **WwW.prim.net**
- **Www.notre-plante.info**
- **www.norois.revues.org**
- **www.futura-sciences.com**