

Popular Democratic Republic of Algeria
Ministry Of High Education and Scientific Research
Abbes Laghrou University, Khenchela
Faculty of Natural and Life Sciences
Department Of Ecology and Environment



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة عباس لغرور خنشلة
كلية علوم الطبيعة والحياة
قسم البيئة والمحيط

Mémoire MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Écologie Et Environnement

Spécialité : Écologie Fondamentale et Appliquée

Présenté par : GHOUAIZI KHADIDJA, HAMIDI MARWA ET KADRI NABILA

Thème :

**Analyse morphométriques et influence sur l'écoulement du sous-
bassin de Merdjazana(07-02)**

(Hauts Plateaux Constantinois, Algérie)

Devant le jury

Président : Dr ZIOCH OMAR RAMZI. (MCA, Université de khenchela)

Encadreur : Dr DAIFALLAH TAREK (MCA, Université de khenchela)

Examineur : Dr DALI NAOUEL. (MCA, Université de khenchela)

Année 2021/2022

Remerciement

Merci tout d'abord à Dieu, Tout puissant qui nous a donné la santé pour
Entreprendre ce modeste travail.

Nous remercions très sincèrement toute notre famille de son soutien combien
très

Important durant la préparation de ce travail.

Nous exprimons notre immense gratitude et notre grand respect à Dr
Daifallah Tarek

Notre Directeur de mémoire qui a bien voulu nous encadrer, Correcteur
infatigable, rigoureux dans le travail, toujours disponible et conseillé avisé, je
N'aurais guère assez de

Mots pour lui transmettre toute ma reconnaissance.

Nous remercions également les membres des jury Messieurs :

Président : Dr Ziouche

Examineur : Dr Dali Naouel

Enfin, nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos collègues de promotion
master 2 : Écologie et environnement option : Écologie Fondamentale et appliquée



Dédicace :

Avec l'aide de Dieu, nous avons pu réaliser cette humble action à laquelle nous nous consacrons : Nos mères ont été notre soutien dans tous les domaines, durant nos vies, vous avez été la vie, l'espoir et la

l'aide de Dieu, nous avons pu réaliser cette humble action à laquelle nous nous consacrons :

Nos mères ont été notre soutien dans tous les domaines, durant nos vies, vous avez été la vie, l'espoir et la persévérance.

A nos parents, les mots nous manquent pour exprimer notre gratitude.

Nous avons toujours trouvé auprès de vous compréhension, soutien et patience infatigable. Grâce à leur amour et leur aide nous avons atteint ce stade d'étude et de vie, ils sont la source de notre vie et de notre bonheur.

A mon mari Houssine qui m'aide toujours et me donne beaucoup d'amour, de force et de courage.

A nos sœurs : Safaa, Reham , Inas et Mellisa, Farida. A nos amis : Fatima, chahinez, Imen, Roufaïda. Et au final, merci à tous ceux qui nous ont prêté main forte, optimisme et espoir...

Résumé

L'eau constituée de loin, l'élément le plus abondant de notre planète et l'essentiel matière pour les être vivants. L'étude des processus pluviométrique dans les régions arides et semi arides n'est plus à démontrer vue que l'eau y constitué le facteur limitent de premier. Ainsi, une bonne connaissance de la distribution pluviométrique à la fois dans le temps et dans l'espace, est indispensable pour dégager d'une part les périodes critique des inondations

À défaut de manque des données sur l'écoulement dans le bassin versant de Merdjazana et pour estimer les apports liquides et solides et calculer les débits de crue correspondants aux période de retour 5,10,20,50 et 100 ans, une analyse morpho métrique et hydro climatiques à l'aide du système d'information géographique est des modèles empiriques est effectuée. Il résulte de cette analyse, que le sous bassin versant de MERDJAZANA a une forme allongée avec un relief très fort, le réseau hydrographique ne présente pas des ramifications nombreuses, La surface(1034.26km^2),Périmètre (17.016km), les apports liquides sont de l'ordre de 11 Mm^3 et 58.95 Mm^3 , les débits de crues dixinales et centennales peuvent atteindre 1666.96 et $5354\text{ m}^3/\text{s}$ successivement.

Mots clés : Merdjazana; paramètres morphométriques; Arc Gis; modèle empirique; Apport liquide; crue.

Abstract:

Water is by far the most abundant element on our planet and the essential material for living beings. The study of rainfall processes in arid and semi-arid regions no longer needs to be demonstrated, given that water is the primary limiting factor there. Thus, a good knowledge of the rainfall distribution both in time and in space, is essential to identify on the one hand the critical periods of floods.

In the absence of data on the flow in the MERDJAZANA watershed and to estimate the liquid and solid contributions and calculate the flood flows corresponding to the return periods of 5,10,20,50 and 100 years, a morphometric analysis and hydroclimatic using the geographic information system are empirical models is performed. It results from this analysis, that the MERDJAZANA sub-watershed has an elongated shape with a very strong relief, the hydrographic network does not present numerous ramifications, The surface (1034.26km²), Perimeter (17.016km), the liquid contributions are around 11 Mm³ and 58.95 Mm³, ten-year and hundred-year flood flows can reach 1666.96 and 5354 m³/s successively.

Keywords: MERDJAZANA; morph metric parameters; Arc Gis; empirical model; Liquid intake; flood.

ملخص

الماء هو إلى حد بعيد العنصر الأكثر وفرة على كوكبنا والمادة الأساسية للكائنات الحية. لم تعد هناك حاجة إلى إثبات دراسة عمليات قياس الرطوبة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة نظرا لأن الماء هو العامل المحدد الأساسي هناك. وبالتالي، فإن المعرفة الجيدة بتوزيع هطول الأمطار في كل من الزمان والمكان، أمر ضروري لتحديد الفترات الحرجة للفيضانات من ناحية.

في حالة عدم وجود بيانات تعنا لتدفق في متجمعات مياه مرجة الزانة ولتقدير الكميات السائلة والصلبة وحساب تدفقات الفيضانات المقابلة لفترات العودة البالغة 5،10،20،50 و 100 عام، قمنا بالتحليل المورفومتري والمناخي و الهيدرولوجي باستخدام نظام المعلومات الجغرافي بواسطة نماذج تجريبية يتم تنفيذها. ينتج من هذا التحليل أن مستجمعات المياه الفرعية لمردجانا لها شكل ممدود مع تضاريس قوية للغاية، ولا تقدم الشبكة الهيدروغرافية العديد من التشعبات، مساحة الحوض (1034.26 كم 2) ، المحيط (17.016 كم) ، المساهمات السائلة حوالي 11 مليون متر مكعب إلى 58.95 مليون متر مكعب سنويا، يمكن أن تصل تدفقات الفيضانات لمدة عشر سنوات ومائة عام إلى 1666.96 و 5354 متر مكعب / ثانية على التوالي.

كلمات مفتاحية: لمردجانا؛ المعلمات المورفومترية ؛ نموذج تجريبي؛ الفيضان

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE :	1
I. MATERIEL ET METHODES.....	
1. Définition de sous bassin versant.....	3
2. Situation géographique	3
3. Géologie :	4
4. Climatologie :.....	5
5. hydro chimique	5
6. végétation	5
II. Caractéristiques morfo métriques du sous bassin versant	6
1 .Etude morfo métrique	6
1.1. La surface	6
1.2. Périmètre.....	6
2. Indice de compacité de GRAVELUS.....	6
3. Le rectangle équivalent	7
4. Le relief	7
5 .les altitudes caractéristiques	7
5.1. Les altitudes maximales et minimale	7
5.2. L'altitude moyenne.....	8
5.3. L'altitude médiane.....	8
6. Les pentes.....	8
6.1. L'indice de pente global I_g	9
6.2. L'indice de pente moyenne	9
7. Dénivelée spécifique DS	9
8. Caractéristiques du réseau hydrographique	10
9. Densité de drainage (Dd).....	10

10. Le temps de concentration (Tc).....	11
II. Etude de climatologie.....	11
1. Données et Méthodes	11
1.1. Données.....	11
1.2. Station retenue.....	11
2. Les Paramètres climatiques	12
2.1. Précipitations.....	12
2.2 Températures.....	12
3. Indice climatique	12
3.1 Indice d'aridité de MARTONE.....	12
4. L'évaporation	13
4.1. L'Evapotranspiration	13
L'évapotranspiration potentielle (ETP)	13
L'évapotranspiration réelle (ETR).....	13
5. Le vent	13
VI. Etude d'écoulement de sous bassin versant.....	14
1. Etude des apports liquides.....	14
1.1. Apport moyen annuel	14
1.2. Formule de COUTAGNE.....	14
1.3. Formule de DERY II.....	15
1.4. Formule de l'ANRH	15
1.5. Formule de MEDINGER	15
1.6. Formule de TURC.....	15
2. Coefficient de variation	15
2.1. Formule de SOKOLVSKY	15
2.2. Formule d'OURKGUIPROVODKHOZ	16
2.3. Formule d'ANTONOV	16

2.4. Formula de KRISTEKLY MENKEL	16
2.5. Formule de Algérienne de N.N PADOUN	16
2. Caractéristiques de l'écoulement	16
2.1. Distribution mensuelle des apports liquides.....	16
2.2. Etude des apports solides	16
3. Etude de crue	17
3.1. Formule de TURRAZA	17
3.2. Formule de GIANDOTTI	17
Hydro gramme de crue.....	17
Pour le temps de montée.....	18
Pour le temps la décrue.....	18
PARTIE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION	Error! Bookmark not defined.
I. Etude morphométriques du sous bassin versant.....	19
1. la surface et périmètre	19
2. Indice de compacité de GRAVELUS	19
3. Le rectangle équivalent	19
4. les altitudes	19
6. Les pentes.....	22
L'indice de pente de roche I_p	22
L'indice de pente moyenne	23
L'indice de pente global I_g	23
Le temps de concentration (T_c) :	27
II. Etude de Climatologie	27
1.1 Précipitations	27
1.2. Températures	28
2. Relation précipitation – température (Courbe OMBRO-thermique) :	30
2.1. Interprétation de courbe.....	31

2.2. La formule du quotient d'EMBERGER (EMBERGER, 1955).....	31
3. Indice climatique	32
3.1. Indice d'aridité de MARTONE.....	32
4.L'évapotranspiration	33
5. Le vent	35
III. Etude de l'écoulement de sous bassin versant	36
Etude des apports liquides	36
1. Apport moyen annuel	36
2.Coefficient de variation.....	37
3. Estimation fréquentielle des apports	37
4. Etude des apports solides	37
4.1. Formule de TIXERANT 1960	37
4.2. Formule de SOGREAH.....	37
6. Etude de crue.....	38
6.1. Calcule de l'intensité pour les différentes fréquences	38
6.2. Débit de crue fréquentiel	39
7. Hydro gramme de crue	39
Conclusion.....	
Références Bibliographie	

Liste des tableaux :

Tableau 1 : la station climatique de Batna.....	12
Tableau 2 : Les altitudes et les surfaces de sous bassin MERDJAZANA.....	20
Tableau 3: <i>Indice de pente de Roche Ip</i>	23
Tableau 4: Relation entre précipitations-températures Batna (1986-2021).....	30
Tableau 5 : valeur de l'indice d'aridités de la wilaya de Batna.....	33
Tableau 6: Valeur de l'Evaporation mensuelle	33
Tableau 7: Bilan hydrique calculé à partir de la méthode de Thornthwaite (1986-2021).....	34
Tableau 8 : Fréquence moyenne annuelle	35
Tableau 9: formules et apport moyen annuel	36
Tableau 10 : Pluies de courte durée en mm.....	38
Tableau 11 : L'intensité de pluies fréquentielles.....	38
Tableau 12: Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode de TURRAZA	39

Liste de Figure :

Figure 1 : Carte de Situation géographique de MERDJAZANA	4
Figure 2 : Carte hypsométrique du sous bassin versant de MERDJAZANA.....	21
Figure 3: courbe hypsométrique de sous bassin versant de MERDJAZANA.....	22
Figure 4: la carte de pente le sous bassin versant du MERDJAZANA.....	25
Figure 5: carte de réseau hydrographique du sous bassin versant MERDJAZANA.....	26
Figure 6: Précipitation moyenne mensuelle de la wilaya de Batna.....	27
Figure 7: Précipitation annuelle moyenne a la station de Batna.....	28
Figure 8 : température moyennes mensuelles	29
Figure 9: Température annuelle moyenne.....	30
Figure 10 : Diagramme OMBRO-THEMIQUE.....	31
Figure 11 : Représentation de l'étage climatique de Batna selon le climat graphe d'EMBERGER....	32
Figure 12 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle de Batna (1986-2021).....	33
Figure 13 : Variations mensuelles des résultats du bilan hydrique.....	35
Figure 14: Vitesse moyenne des vents durant la période (1986 -2021)	36
Figure 15 : Hydro gramme de crues d'un de sous bassin versant Merdjazana.....	40

Liste des abréviations :

BV : Bassin versant.

MNT : modèle numérique de terrain.

SIG : Systèmes d'Informations Géographiques.

SBV : Sous Bassin Versant.

N : Nord.

E : Est.

Pmoy : Précipitation moyenne.

Pjmax: Précipitation

Tmax : Température moyenne mensuelle maximale.

Tmin : Température moyenne mensuelle minimale.

Tmoy : Température moyenne.

ETR : évapotranspiration.

P : précipitation.

Q2 : Quotient d'Emberger.

IM: indice d'aridité annuelle.

m : mètre.

m³ : mètre cube.

Km : kilomètre.



INTRODUCTION GENERALE :

Introduction :

L'eau recouvre les trois quarts de la surface de notre planète. On la trouve par tout, et sous de multiples formes : pluie, cours d'eau, mers, océan, lacs, nappe souterraine, vapeur, nuages, glaces... sans oublier toute l'eau contenue dans Le sol et la végétation. Elle est essentielle à la vie, c'est pourquoi nous nous devons de la conserver (OLIVIER A.2005 (**Lachkhab & Kabouche, 2008**))

Les principales sources de cette eau sont les précipitations météorologiques, cependant ces phénomènes par fois forment des risques majeurs sur la population (les inondations). Le problème des inondations n'est pas une nouveauté. Les inondations ont permis les catastrophes naturelles les plus fréquentes. Elles constituent un phénomène courant et recouvrent dans l'histoire de l'humanité. Les inondations touchent d'une manière étatique la majorité des pays et révèlent un risque majeur sur la plupart des territoires à travers le monde. (**Abdeddaim, 2018**)

La maîtrise et la prévention contre ce phénomène nécessite l'analyse de longues séries des débits des cours d'eau, ces débits sont généralement obtenus à partir des annuaires portants des débits instantanés en un point donné de la rivière dit l'exutoire lorsque ce dernier est équipé d'une station de jaugeage.

Malheureusement, un grand nombre de bassin n'est pas doté de ce type de station, ce qui pose un problème sérieux pour les hydrologues, et pour combler ce manque d'information plusieurs méthodes sont proposées, parmi, on cite des méthodes analogiques ou des modèles pluie-débit. (**Abdeddaim, 2018**)

Ces derniers sont nombreux, est permettent d'estimer les débits d'un cours d'eau à l'aide des données pluviométriques existantes dans le bassin et de ses caractéristiques physiques.

L'objectif principale de ce travail est d'appliquer les différents modèles capables de nous rendre compte du régime des crues de sous bassins de Merdjazana, ce type d'information est utile dans le cadre de la prévention des risques liés aux inondations. (**Abdeddaim, 2018**)

Pour ce faire nous avons suivi le plan de travail suivant :

Étape 1 : détermination des caractéristiques morphométriques du sous bassin,

Étape2 : étude du climat de notre sous bassin

Étape3 : estimation des apports liquides et solides et détermination du régime de crue par des méthodes empiriques basant sur les relations pluies débits.

Notre étude se termine par une conclusion générale.

I. MATERIEL ET METHODES

1. Définition de sous bassin versant

Un sous bassin hydrographique définit une zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent, à travers un réseau de rivières, fleuves et éventuellement de lacs, vers un point particulier d'un cours d'eau (normalement un lac ou un confluent). Un sous bassin versant est n'importe laquelle de plusieurs parties d'un bassin versant qui s'écoule vers un emplacement spécifique. **(Athamena, 2018)**

2. Situation géographique

Sous bassin versant de MERDJAZANA est situé dans la municipalité de Zana El Beida, province de Batna, à 50 km de la capitale de l'État de Batna et à 15 km de Serina. Où la commune de Zana El Beida est bordée au nord-est par la commune de BireShehada, au nord par la commune d'OuledKhalouf dans la Wilayat de Mila, au sud par la commune d'Oued Alma, à l'est par la commune de Seriana, et à l'ouest par la commune d'Ain Jacir.

Le sous bassin versant de la MerdjaZana fait partie du bassin versant des hauts plateaux de Constantine, délimité par les longitudes $6.18^{\circ}E$, L'Altitude $35.55^{\circ}N$, Altitude (m) 1052, et délimité par la topographie suivante :

- au nord par DjabalAzrouat,
- au à l'est par DjabalMarzjine, et
- à l'ouest par Djabal Corner et Zanna et a
- Au sud la montagne Mstawa. **(Ali, 2018)**

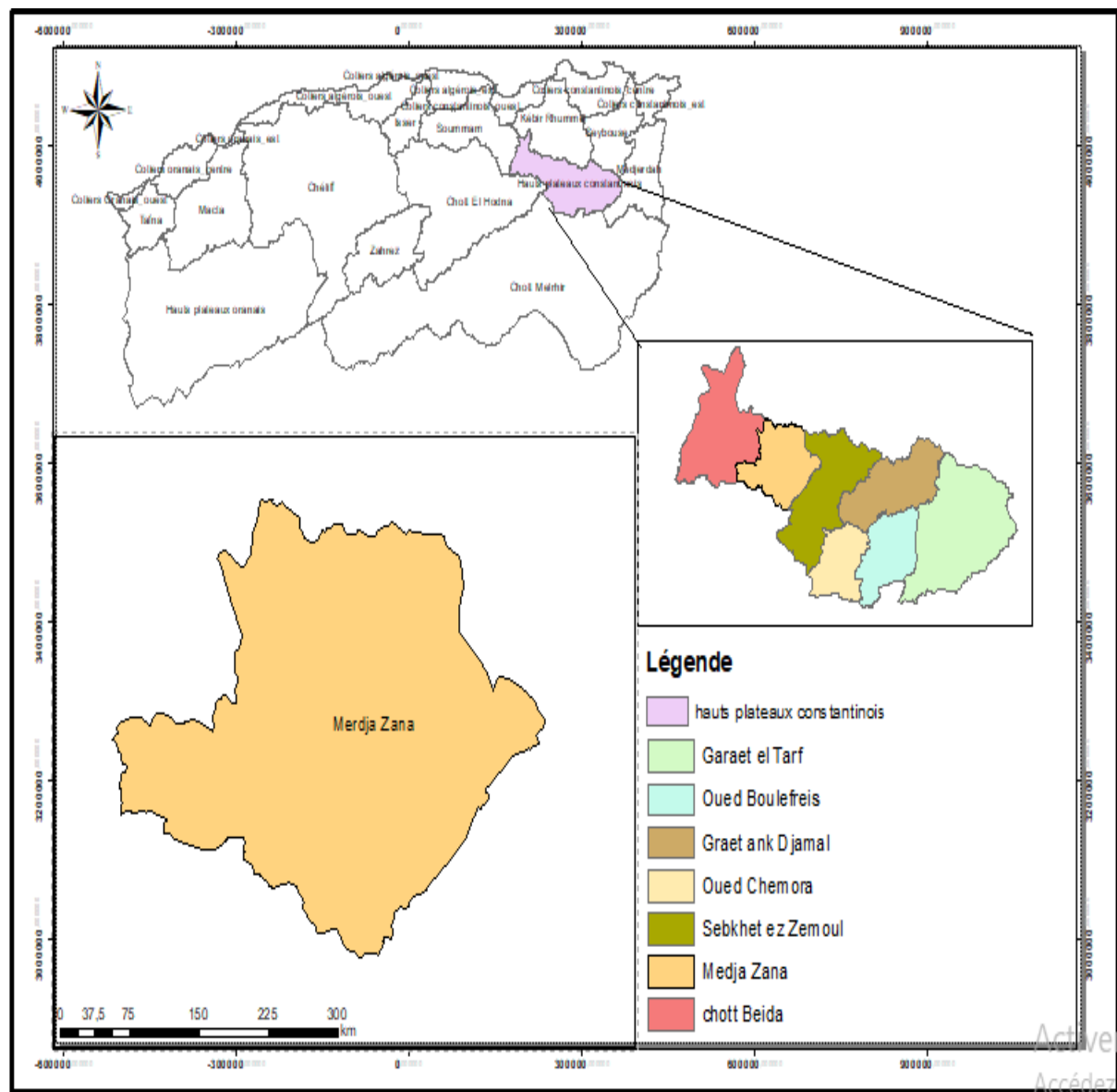


Figure 1 : Carte de Situation géographique de MERDJAZANA

3. Géologie :

L'étude géologique en corrélation avec les données de la prospection géophysique met en évidence l'existence de deux formations. La première de surface d'âge Moi-Plio-Quaternaire est formée par des niveaux sableux, de graviers, de calcaire lacustre et des intercalations argileuses. La deuxième formation est carbonatée et formée essentiellement par des calcaires du Crétacé inférieur et du Jurassique supérieur. Le recouvrement de surface atteint dans certains endroits les 200 m d'épaisseur notamment au milieu de la plaine et une faible épaisseur en bordures de la plaine et au voisinage des massifs. **(Athamena, 2018)**

4. Climatologie :

L'étude climatologique a montré que la région de Zana à un climat semi-aride, caractérisé par une abondance pluviale relative automnale, hivernale et printanière, d'une part et par une saison sèche fortement prononcée favorisant l'agressivité climatique. (**Athamena, 2018**)

5. hydro chimique

L'étude hydro-chimique a permis d'attribuer l'origine évaporitique aux éléments Na⁺, Mg²⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, quant à l'élément HCO₃⁻, il est issu des formations carbonatées. Par ailleurs, la caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines en utilisant une combinaison de méthodes géochimiques et statistiques montre que la distribution spatiale de la minéralisation évolue dans le sens d'écoulements convergent des eaux, ce qui confirme le contrôle des conditions hydrogéologiques sur le chimisme de l'eau.

La qualité chimique de l'eau est médiocre, résultant d'une forte salinité influencée par la lithologie de la nappe, les facteurs climatiques (précipitations et températures) et par la présence des nitrates, tirant leurs origines des activités agricoles principalement. (**Athamena, 2018**)

6. végétation

Présente une rare couverture végétale steppique et halophyte. La couverture forestière est la dominante et occupe une surface d'environ 6193 Ha qui se répartie entre genévriers, chêne vert et de pin d'Alep. Les glacis sont recouverts d'une maigre steppe à armoise (Chih et halophyte), de Roknia triplex, touffes des salsolacées et alfa, tandis que la plaine est cultivée en majorité. Ce couvert végétal est dû à la présence du Chott, à la salinité et à la faible pluviométrie. (**Athamena, 2018**)

II. Caractéristiques morpho métriques du sous bassin versant

1 .Etude morpho métrique

La forme du bassin versant influence fortement l'écoulement global et notamment le Temps de réponse du bassin versant. C'est la configuration géométrique projetée sur Un plan horizontal. Un bassin versant allonger ne réagira pas de la même manière qu'un bassin ramassé s'ils sont placés dans les mêmes conditions météorologiques. **(Kerboub)**

1.1. La surface

La surface topographique est le paramètre le plus important, elle permet de contrôler plusieurs phénomènes hydrologiques (apport, volume de précipitations ou infiltration...). **(Kerboub)**

1.2. Périmètre

La première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y a tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologie. Différentes caractéristiques de longueur ; la première est une des plus utilisées est le Périmètre P du bassin versants. (Slimani, Fatma, & Ayadi. 2017)

2. Indice de compacité de GRAVELUS

L'indice de compacité de GRAVELUS permet de caractériser la morphologie des bassins versants. Celle-ci ayant un rôle notoire dans l'écoulement des eaux et à ce titre, dans l'allure des hydro grammes . Ce coefficient est égal à 1 lorsque le bassin est parfaitement circulaire car le cercle est l'élément le plus compact. Cette valeur croîtra au fur et à mesure que la compacité du système diminue et peut aller à 3 pour les bassins très allongés. Cette morphologie du bassin a une influence sur l'écoulement des eaux. (Brahim & Abdallah. 2019)

Cet indice est donné par l'expression suivante :

$$K_G = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

K_G : indice de compacité de GRAVELUS

A : surface du bassin versant (km²) ;

P : Périmètre du bassin versant (km) ;

3. Le rectangle équivalent

Il permet de comparer l'influence des caractéristiques géométriques des bassins versants sur l'écoulement. Cette Notion de rectangle équivalent renvoi à une transformation géométrique dans laquelle les droites parallèles aux Largeurs du rectangle et l'exutoire sont le petit côté ou largeur du rectangle). En d'autres termes, il s'agit de la Transformation géométrique du bassin versant réel dans laquelle on conserve la même superficie, le même périmètre Et donc la même répartition hypsométrique. Les courbes de niveau devenant des droites parallèles au petit côté du Rectangle. **(Eskenzi. 1991)**

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

On a :

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

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

4. Le relief

Le phénomène de l'érosion hydrique sur le plan spatial d'une région donnée varie d'un Secteur à un autre. Comme nous l'avons dit, cette variabilité spatiale est liée beaucoup plus au Facteur relief. L'influence de l'orientation des versants est déterminée par l'intermédiaire des facteurs tels Que la durée d'ensoleillement, l'état hydrique du sol et la direction des vents (notamment ceux Qui sont dominants). **(Belkalem.2017)**

5 .les altitudes caractéristiques

5.1. Les altitudes maximales et minimale

Elles sont obtenues directement à partir de cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale considère le point le plus bas, généralement à l'exutoire. Ces deux données deviennent surtout importantes lors du développement de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température, la précipitation et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente. **(Benlarbi)**

5.2. L'altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit directement de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique.

On peut la définir comme suit :

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

Avec :

H_{moy} : Altitude moyenne du bassin [m] ;

A_i : Aire comprise entre deux courbes de niveau [km²] ;

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

A : Superficie totale du bassin versant [km²] ;

L'altitude moyenne est peu représentative de la réalité. Toutefois, elle est parfois utilisée dans l'évaluation de certains paramètres hydrométéorologiques ou dans la mise en œuvre de modèles hydrologiques. (Athamena, 2018)

5.3. 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. (le bassin versant et son complexe) (Athamena, 2018)

6. Les pentes

Le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin et de permettre des Comparaisons et des classifications. Les indices de pente se déterminaient à partir de La courbe hypsométrique du bassin.

6.1. L'indice de pente global I_g

est déterminé, à partir de la courbe hypsométrique né Limitant les valeurs extrêmes, de manière à Ne garder que 90 % de l'aire du sous Bassin. Pour cela on utilise la formule Suivante :

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

D : l'étant la dénivelée simple (m) : $h_{5\%} - h_{95\%}$, définie sur la courbe hypsométrique

L : l'étant la longueur du rectangle équivalent

6.2. L'indice de pente moyenne

La pente moyenne est une caractéristique Importante du bassin, elle donne une Bonne indication sur le temps de 9 Ruissellement des eaux.

$$I_m = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$$

H max : L'altitude maximale du bassin Versant (m)

H min : L'altitude minimale Du bassin versant (m) ;

L : Longueur du Rectangle équivalent (km).

6.3. L'indice de pente de roche I_p

Ce paramètre est estimé à l'aide de la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{l} \sum} \sqrt{b_i (a_i - a_{i-1} - 1)}$$

L : Longueur du rectangle équivalent (m) ;

b_i : Fraction de surface comprise entre les cotes a_i et a_{i-1} (%) ;

a_i et a_{i-1} : Différence entre les courbes de niveaux i et $i-1$ (km).

7. Dénivelée spécifique DS

L'indice I_g décroît pour un même bassin, lorsque la surface augmente, il est donc Difficile de comparer des bassins de taille différente, d'où la nécessité de L'introduction de la

dénivelée spécifique (DS). Ce paramètre est définie comme étant Le produit de l'indice de pente globale par la racine carrée de la surface du bassin Versant.

Cet indice indique l'état de relief et il est donné par la formule suivante :

$$D_s = I_g \cdot \sqrt{s}$$

Avec

I_g : indice de pente globale

s : Surface du bassin versant

8. Caractéristiques du 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 les plus importantes du bassin. Il peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux : la structure géologique qui prédomine dans le bassin ; le climat qui règne sur la région ; la pente des terrains et l'influence de l'action humaine sur le tracé du réseau par l'implantation des différents aménagements hydrauliques. (Sidhmed)

9. Densité de drainage (Dd)

Elle permet de caractériser l'organisation du chevelu hydrographique et le degré de drainage du bassin versant.

Les faibles densités de drainage traduisent une texture grossière tandis qu'une valeur élevée traduit une texture fine du drainage (Idris. 2020/2021)

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

Avec :

D_d : Densité de drainage [km/km²] ;

L_i : Longueur de cours d'eau [km] ;

A : Surface du bassin versant [km²].

- La densité de drainage dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin versant et, dans une certaine mesure, des conditions climatologiques et anthropiques.

En pratique, les valeurs de densité de drainage varient de 3 à 4 pour des régions où l'écoulement n'a atteint qu'un développement très limité et se trouve centralisé

- Elles dépassent 1000 pour certaines zones où l'écoulement est très ramifié avec peu d'infiltration.

10. Le temps de concentration (Tc)

La durée qui met une goutte d'eau lorsqu'elle tombe dans les points les plus éloignés du Bassin versant, pour atteindre l'exutoire. Il est exprimé par la formule de CRANDOTTI sous la forme suivante : (Beyragued & Aiacha. 2016/2017)

$$T_c = \frac{4\sqrt{A+1.5L_p}}{0.8\sqrt{H_m}}$$

L_p: Longueur du cours d'eau principal (km) ;

H_m : Altitude moyenne (m)

II. Etude de climatologie

1. Données et Méthodes

1.1. Données

Le travail est basé principalement sur les données climatiques et hydrologiques de la période (1986-2021) station de l'office national de météorologie (ONM) de Batna

1.2. Station retenue

On a choisi la station la plus proche du site celle de Batna

Tableau 1 : la station climatique de Batna

Dénomination	L'altitude	Longitude	Altitude (m)	Période d'observation
Batna	35.55°N	6,18°E	1052	1986-2021

2 .Les Paramètres climatiques

2.1. Précipitations

Les précipitations représentent la source principale d'eau pour la production agricole. Elles

Présentent un intérêt considérable en hydro lame d'eau tombée sur l'ensemble du bassin Versant et son impact sur la variation du niveau d'eau de surface et souterraine. (Habiba.2014)

2.2 Températures

Le traitement des caractéristiques thermiques est essentiel dans telle étude hydro climatique car la température de l'air est un élément très important pour établir le bilan Hydrique. (Cheddad. 2009)

3. Indice climatique

3.1 Indice d'aridité de MARTONE

Cet indice proposé par De Martonne en 1923 est fondé sur le régime des précipitations et sur les températures, il est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{IM} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{t+10}}$$

IM : Indice d'aridité annuel de Martonne ;

P : Précipitations moyennes annuelles (mm);

T : Température moyenne annuelle (°C).

4. L'évaporation

Passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique

4.1. L'Évapotranspiration

L'évapotranspiration est l'une des plus importantes composantes du bilan hydrologique. Cette dernière conditionne l'abondance où le déficit en eau pour la végétation, et par conséquent, sa connaissance est fondamentale pour toute action d'aménagement et de lutte contre les crues et les transports solides. (Cheddad. 2009)

L'évapotranspiration est un paramètre difficile à mesurer, il dépend de plusieurs paramètres facteurs variant dans le temps et dans l'espace. Les principaux paramètres qui conditionnent l'évapotranspiration sont : la température, les précipitations, l'état du sol et la végétation.

L'évapotranspiration est la combinaison de deux phénomènes :

L'évapotranspiration potentielle (ETP)

Qui représente la quantité d'eau maximale qui pourrait s'évaporer au niveau d'un sol saturé c.-à-d. l'évapotranspiration potentielle est employée lorsque la surface évaporant est convenablement alimentée en eau.

L'évapotranspiration réelle (ETR)

Qui désigne la quantité d'eau effectivement évaporée et transpirée ; ce Qui signifie que l'ETR désigne l'évaporation sans tenir compte de l'abondance de l'eau à la surface. Il est Facilement accessible grâce à des formules empiriques qui utilisent les données faciles à quantifier comme La température et les précipitations. (Habchi, Prévission des débits dans un milieu semi-aride par réseau de neurone artificiel et neuera flou (cas d'un bassin versant). 2019)

5. Le vent

Le vent est l'un des éléments caractéristiques du climat régissant l'évaporation à la surface du sol et de La végétation. Les résultats des moyennes mensuelles de la vitesse du vent enregistrée au niveau de la station de Batna. (Habchi, Prévission des débits dans un milieu semi-aride par réseau de neurone artificiel et nuera flou (cas d'un bassin versant) .2019) (Cheddad. 2009)

VI. Etude d'écoulement de sous bassin versant

1. Etude des apports liquides

1.1. Apport moyen annuel

La détermination de ces apports est orientée de préférence aux observations hydrométriques, quand elles existent sur le bassin versant propre du site étudié ou par analogie avec un bassin voisin. A défaut de ces dernières, des modèles et des formules empiriques basés sur la pluviométrie devront être appliqués, ces modèles dépendent de la précipitation et du déficit.

$$Q = f(P-D)$$

Avec :

Q : Débit annuel d'écoulement (apport);

P : Précipitation moyenne annuelle ;

D : Déficit qui englobe toutes les pertes du bilan hydrologique.

Puisque les données hydrométriques ne sont pas disponibles au niveau de notre talweg principal, les apports seront estimés à l'aide des formules empiriques.

1.1. Formule de SAMIE

$$Le = P_0^2(293-2.2)$$

$$A_0 = Le * S$$

P₀ : la précipitation moyenne annuelle (mm) ;

S : surface du bassin versant en (Km²).

1.2. Formule de COUTAGNE

$$D = P^2 - \lambda P^2 \quad \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$$

$$Le = P - D$$

$$A_0 = Le \cdot S$$

D : Déficit de l'écoulement (mm);

1.3. Formule de DERY II

L'apport est donné par la relation suivante :

$$A_0 = 0.513 \cdot P_{\text{moy}}^{2.683} \cdot D_d^{0.5} \cdot S^{0.842}$$

P : la précipitation moyenne annuelle en (m) ;

S : surface du bassin versant en (Km²).

Da : Densité de drainage (Km/Km²).

1.4. Formule de l'ANRH

On a :

$$A_0 = 0.915 \cdot P_{\text{moy}}^{2.684} \cdot S^{0.842}$$

P : la précipitation moyenne annuelle (mm) ;

S : Superficie du bassin versant (Km²)

1.5. Formule de MEDINGER

$$L_e = 1.024 (P_{\text{moy}} - 0.26)^2$$

1.6. Formule de TURC

$$L_e = P_{\text{moy}} - D$$

Avec :

P_{moy} : Pluie moyenne annuelle (mm);

D : Déficit de l'écoulement (mm);

L : Variable théorique ; $L = 300 + 25 T_{\text{moy}} + 0.05 (T_{\text{moy}})^3$

T_{moy} : Température moyenne annuelle.

2. Coefficient de variation

2.1. Formule de SOKOLVSKY

$$C_v = 0.78 - 0.29 \log q - 0.063 \log (S + 1)$$

$$C_v = 0.78 - 0.29 \log_{10} M_0 - 0.063 \log_{10} (S + 1)$$

Avec :

q : Module de l'écoulement relatif ;

S : Superficie du bassin (Km²).

2.2. Formule d'OURKGUIPROVODKHOZ

$$C_v = 0.7 / (M_0)^{0.125}$$

2.3. Formule d'ANTONOV

$$C_v = 0.7 / (S + 1000)^{0.097}$$

2.4. Formula de KRISTEKLY MENKEL

$$C_v = 0.83 / (S^{0.06} \cdot M_0^{0.2})$$

2.5. Formule de Algérienne de N.N PADOUN

$$C_v = 0.93 K / M_0^{0.23}$$

K : Coefficient de réduction

$$K = (0.25 - 1.00) \text{ on prend}$$

$$K = 0.60$$

2. Caractéristiques de l'écoulement

2.1. Distribution mensuelle des apports liquides

L'expérience confirme pleinement la règle qui stipule que la distribution des ruissellements dans un bassin soumis à un régime unique méditerranéen, s'ordonne suivant les mêmes lois statistiques que les distributions des précipitations du bassin correspondant.

(Benaini. 2011)

2.2. Etude des apports solides

L'estimation des apports solides en suspension a été faite à partir des débits liquides moyens journaliers, du débit total d'une crue et de la dissociation de la crue (montée et descente). **(H, Bouchelkia.2010)**

3. Etude de crue

Définie comme une ou plusieurs augmentation rapide et exceptionnelle du débit de cours d'eau pendant une durée déterminée durant laquelle le débit dépasse un certain multiple du débit moyen annuel, suivie d'une décrue jusqu'à un niveau de débit voisin de celui de départ. La crue est simple si elle présente une seule pointe et complexe si elle présente plusieurs pointes. La crue doit être distinguée de l'inondation. (Hachemi. 2017)

3.1. Formule de TURRAZA

Cette formule est un peu plus élaborée que les autres formules utilisant les précipitations car Elle fait appel également au temps de concentration (t_c) du bassin, i.e. le temps requis pour Qu'une goutte d'eau tombée au point le plus en amont du bassin arrive jusqu'à l'exutoire. (B, M,j, Ouarda.2001)

$$Q_{max} p\% = C_e \cdot I_{tc} \cdot S/3.6$$

3.2. Formule de GIANDOTTI

La méthode de GIANDOTTI s'inspire des lois de ruissellement basées sur les caractéristiques Morpho métriques du bassin versant ainsi que le temps de concentration. Cette formule Donnée de résultats satisfaisants, particulièrement pour les bassins typiquement montagneux.

$$Q_{max} = \frac{C_r \times S \times P_{Tc} \sqrt{(H_{moy} - H_{min})}}{4\sqrt{S} + 1,5L_p}$$

P_{tc} : Pluie de courte durée en mm

C_r : Coefficient de ruissellement lié à la probabilité d'occurrence

S : La superficie

L_p : Longueur du Cours d'eau

Hydro gramme de crue

L'hydro gramme est la courbe qui indique la variation du débit en fonction du temps en un Point donné du cours d'eau.

La forme générale de l'Hydro gramme des crues présente une courbe en cloche Dissymétrique La courbe de l'Hydro gramme des crues se compose de :

Courbe de concentration : C'est la courbe de la montée de la crue

Débit de Pointe : C'est la crête de l'Hydro gramme des crues

Courbe de décrue Courbe de tarissement. (Née. 2007)

Pour le temps de montée

Correspond à la durée de la partie montante (courbe de crue) ou le temps que prend le débit depuis le début du ruissellement de surface pour atteindre son maximum. Ce temps , qui représente une caractéristique de l'hydro gramme ,peut être mesuré lors de précipitations de relativement courte durée provoquant un hydro gramme stiple typique. (Rocha N, R. 2014)

$$Q_{\text{montée}} = Q_{\text{max}} \cdot (T/T_m)^2$$

Qi : Débit de la crue à un instant donné (m³/s)

Qmax : Débit maximal fréquentiel de la crue (m³/s)

Tm : Temps de montée $T_m = T_c$

T : Intervalle de temps.

Pour le temps la décrue

Représente l'apport des zones d'emménagement suivant la fin de la pluie excédentaire. cette partie de l'hydro gramme décrit la dilution naturelle du débit, produite par le drainage de surface. (Rocha N, R. 2014)

$$Q_{\text{descentes}} = Q_{\text{max}} \cdot (T_d - T/T_d)^3$$

Td : le temps de décrue.



PARTIE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Etude morphométriques du sous bassin versant

1. la surface et périmètre

La Surface du sous bassin versant $1034,26\text{km}^2$

Le périmètre du sous bassin versant $170,13\text{km}$

2. Indice de compacité de GRAVELUS

Cet indice est donné par l'expression suivante :

$$K_G = 0,28 \frac{p}{\sqrt{A}}$$

$$K_G = 1.48$$

Le sous bassin versant est donc de **forme allongée**, cette forme induit de faibles débits de pointe de crue.

3. Le rectangle équivalent

La longueur équivalente **L** est égale à **60,77 km** et la largeur équivalente **I** a été déduite **I=24,22km**

4. les altitudes

Le tableau suivant présente les surfaces partielles et cumulées en Km^2 et en % en fonction des tranches d'altitude.

Tableau 2 : Les altitudes et les surfaces de sous bassin MERDJAZANA

Classe	Tranches d'altitude	Superficies km ²	Superficies%	Sudficies cumules (km ²)	Sudficies cumules %
1	1646-1500	3,66	0,35	3,66	0,35
2	1500-1400	9,34	0,90	13,00	1,26
3	1400-1300	17	1,64	30,00	2,90
4	1300-1200	36,23	3,50	66,23	6,40
5	1200-1100	56,62	5,48	122,85	11,88
6	1100-1000	95,42	9,23	218,27	21,11
7	1000-900	337,62	32,65	555,89	53,76
8	900-788	478,2	46,24	1034,09	98,00
9	788	0,00056	0,00005	1034,09	100

L'altitude moyenne d'un bassin versant est donnée par l'équation suivante :

$$\mathbf{H\ moy} = \frac{\sum hi \cdot Ai}{A}$$

$$\mathbf{H\ moy} = 944,97\ \text{m}$$

Altitude max 1646 m

Altitude min 788 m

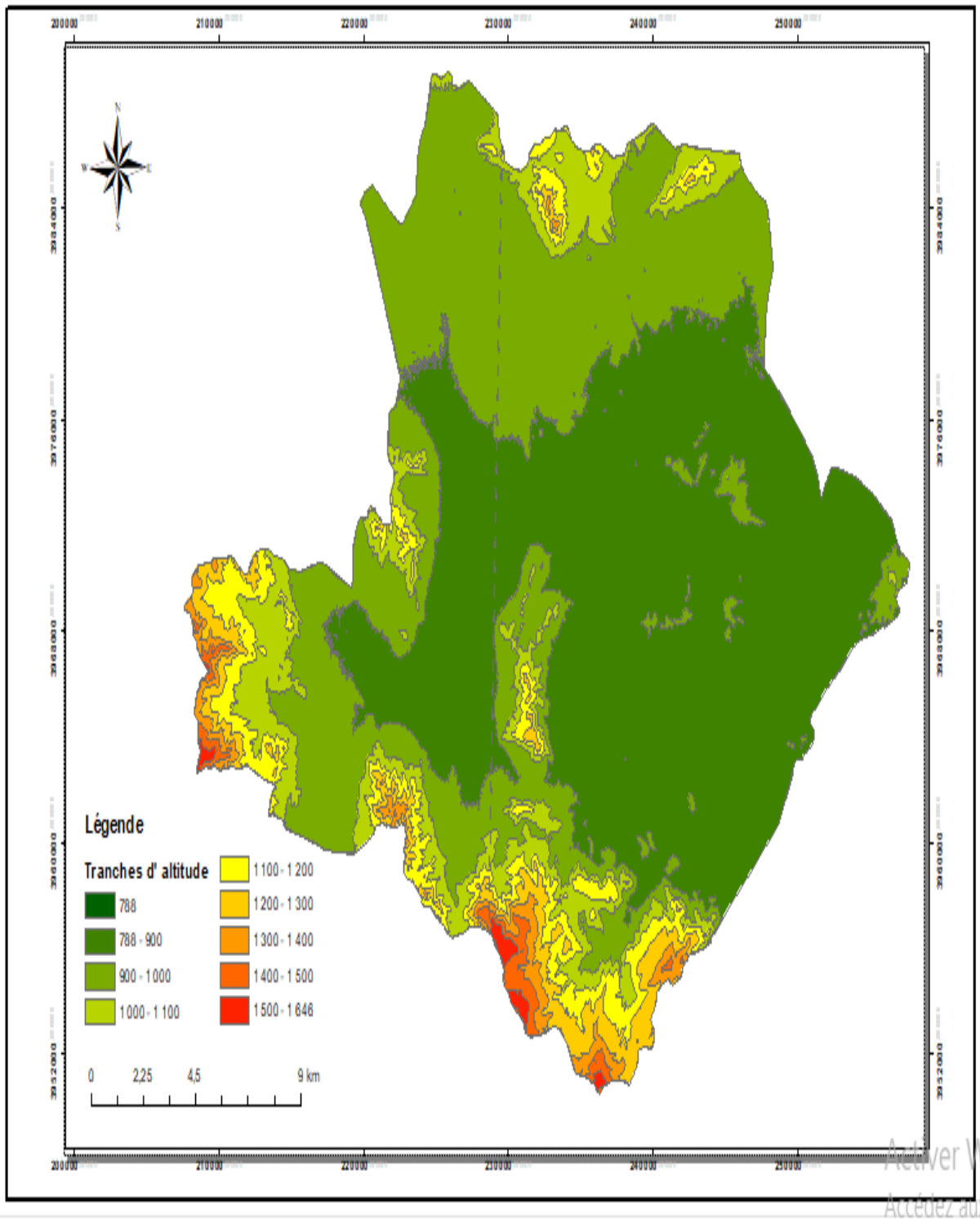


Figure 2 : Carte hypsométrique du sous bassin versant de MERDJAZANA

La carte et le tableau précédents ont permis de tracer la courbe hypsométrique de fréquences au dépassement du bassin

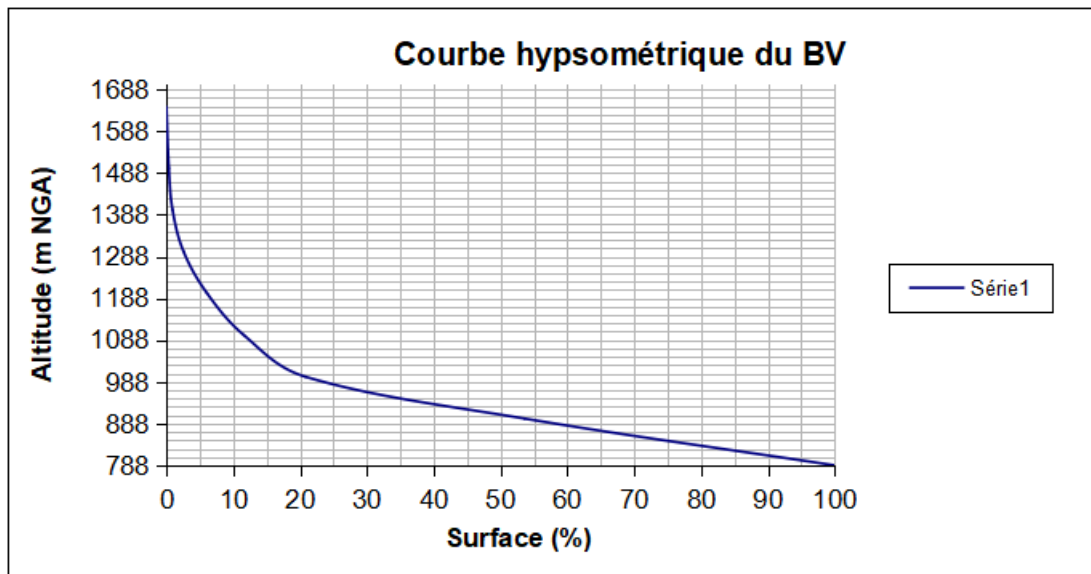


Figure 3: courbe hypsométrique de sous bassin versant de MERDJAZANA

6. Les pentes

L'indice de pente de roche I_p

Cet indice se calcule à partir du rectangle équivalent, il est égal à la somme des racines carrées des pentes moyennes de chacun des éléments pondérés par la surface intéressée. (Bouchellah, Mazou. 2019/2020)

il s'exprime par cette formule :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{i} \sum} \sqrt{bi(ai - ai - 1)}$$

$I_p = 29.09\%$

Tableau 3: Indice de pente de Roche Ip

Tranche d'altitude (m)	Superficies partielles bi(%)	Différence de cotes ai-(ai-1)	bi ai-(ai-1)	$\sqrt{bi(ai - ai - 1)}$
1646-1500	0.35	146	51.1	7.15
1500-1400	0.9	100	90	9.49
1400-1300	1.64	100	164	12.81
1300-1200	3.5	100	350	18.71
1200-1100	5.48	100	548	23.41
1100-1000	9.23	100	923	30.38
1000-900	32.65	100	3265	57.14
900-800	32.65	112	4624	68
800- 788	46.24	788	0.0394	0.19
	0.000050			227,28

L'indice de pente moyenne

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur de rectangle équivalent :

$$I_{pm} = \frac{H_{max}-H_{min}}{L}$$

$$I_{pm} = 40.10 \%$$

L'indice de pente global Ig

Il est indiqué selon la pente de la courbe hypsométrique en éliminant les valeurs extrêmes,

De manière à ne garder que 90% de l'aire du sous bassin. (Melle. 2011)

Sa formule est :

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

$$H5\% = 1350m$$

$$H95\% = 950m$$

$$D = 400m \text{ et donc } I_g = 0.0065$$

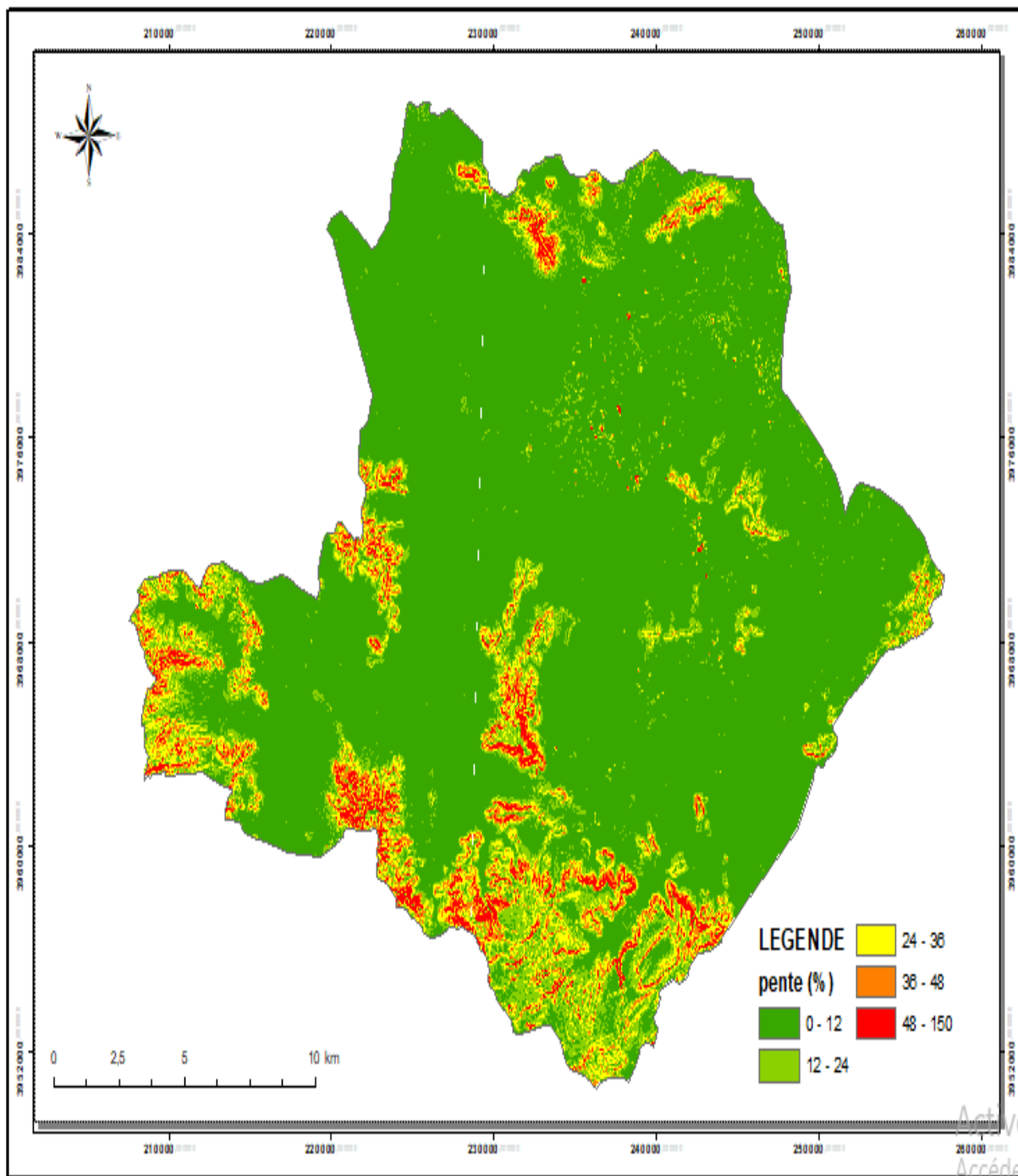


Figure 4: la carte de pente le sous bassin versant du MERDJAZANA

La grande part du bassin est caractérisée par de faible pente (entre 0 et 12%).

Constitution du réseau hydrographique :

La carte suivante présente le réseau hydrographique du bassin versant **MERDJAZANA**

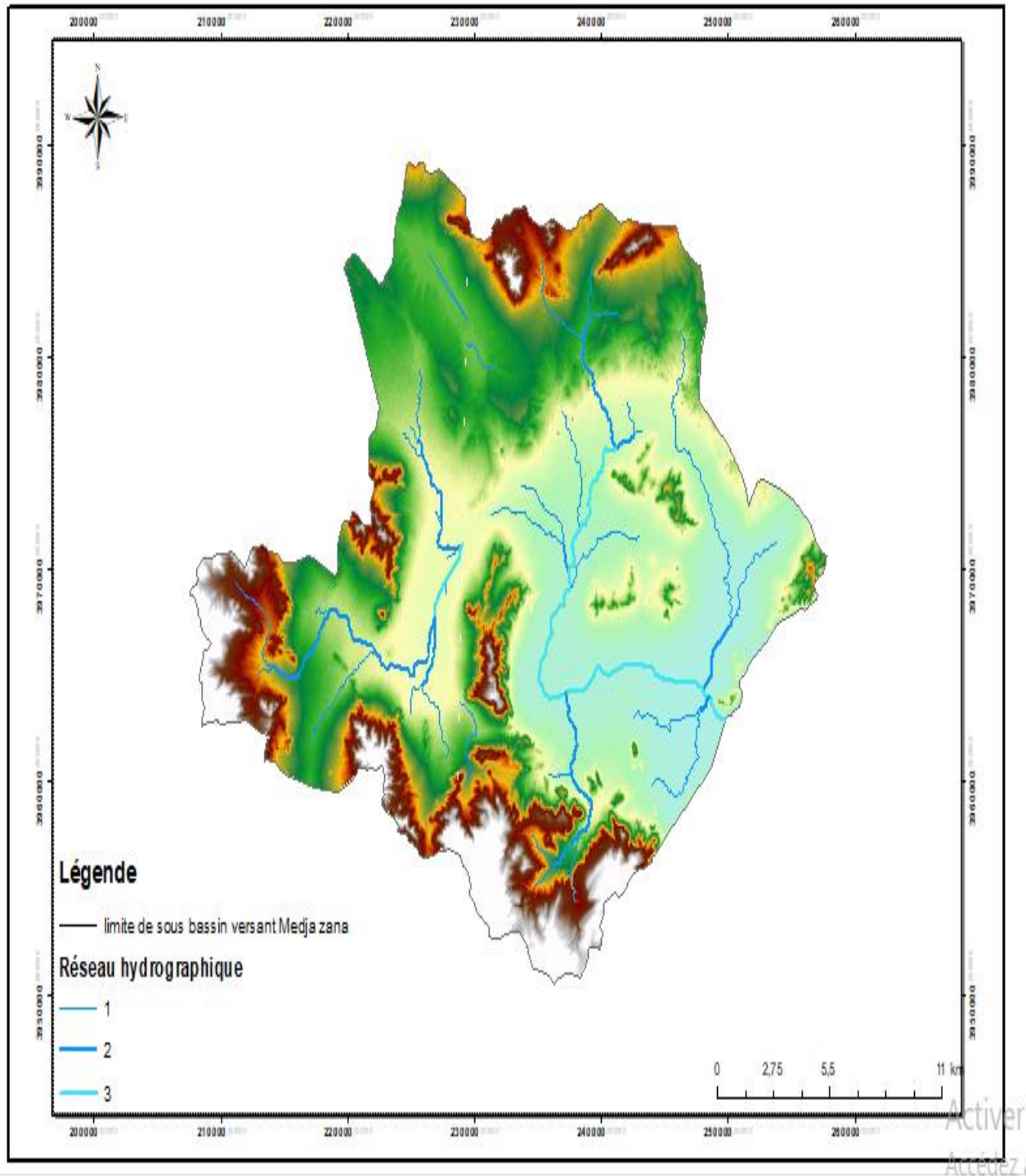


Figure 5: carte de réseau hydrographique du sous bassin versant MERDJAZANA.

Le temps de concentration (Tc) :

$$Tc = \frac{4\sqrt{A+1.5Lp}}{0.8\sqrt{Hm}}$$

Tc=10.77

Le temps de concentration dans le bassin est de l'ordre de 10.77 heures

II. Etude de Climatologie

1. Les Paramètres climatologie

1.1 Précipitations

Les données pluviométriques que nous allons traiter relevées à la station météorologique de Batna sont réparties sur une période de (1986-2021)

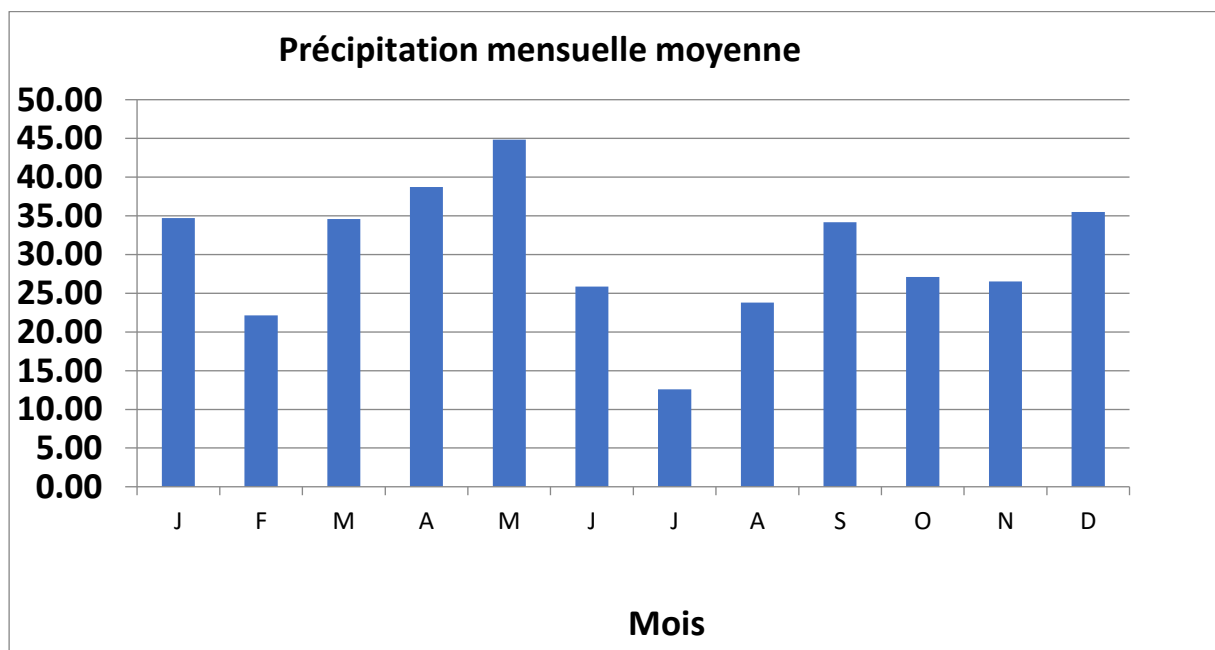


Figure 6: Précipitation moyenne mensuelle de la wilaya de Batna

On constate :

_ Que la saison la plus pluvieuse est le printemps, le mois de Mai est le plus arrosé avec 45 mm.

_ Par contre la saison le moins arrosé est l'été avec 13 mm pour Juillet.

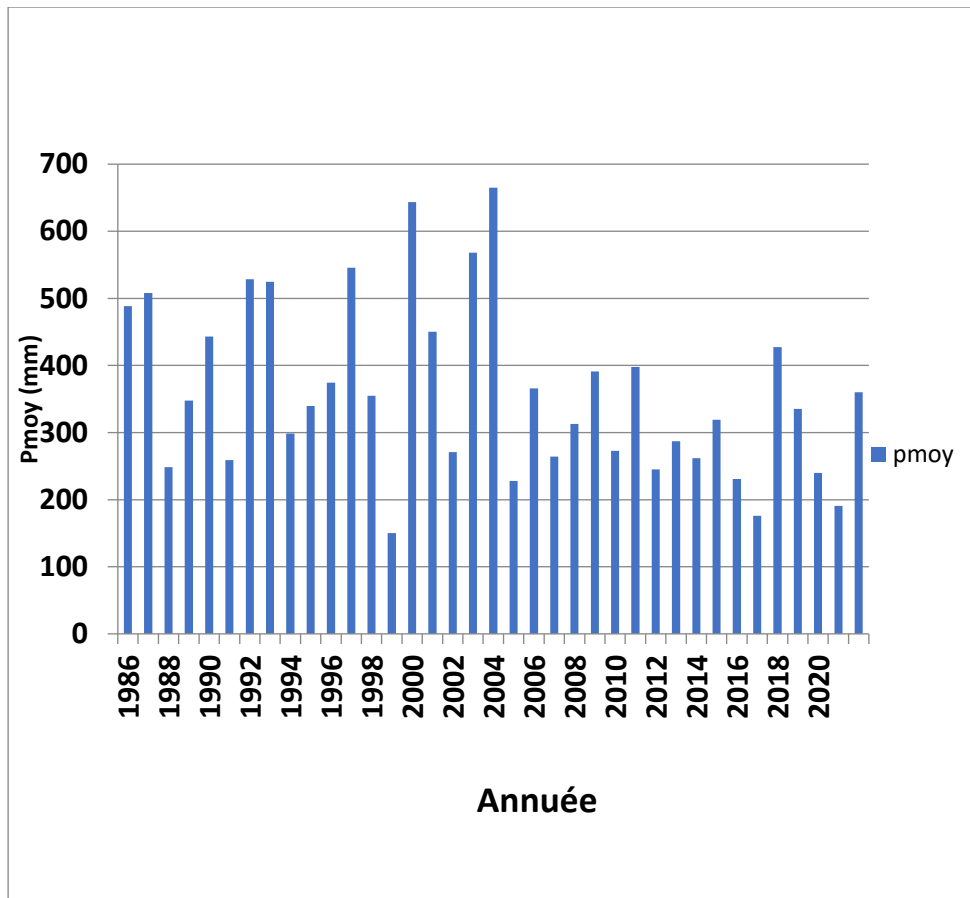


Figure 7: Précipitation annuelle moyenne a la station de Batna

- La courbe des variations moyennes annuelles des précipitations (Fig .7) montre que :
- L'année la plus pluvieuse 2004 avec une moyenne annuelle 665 mm
- L'année la plus sèche est 1999 avec une moyenne annuelle 150,40mm.

1.2. Températures

Les donnes de température durant la période (1986-2021) est représentante dans le tableau en établie deux courbes :

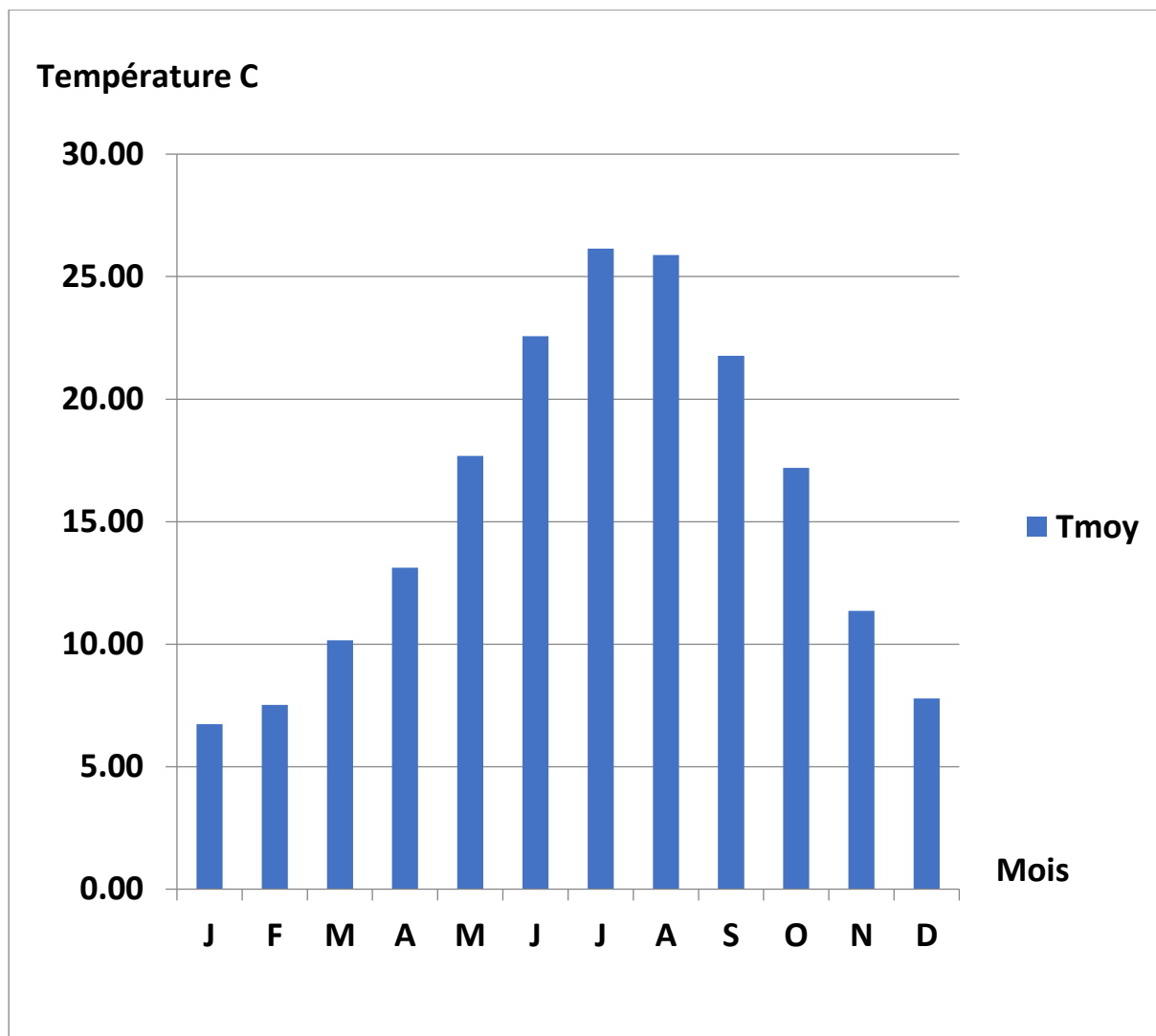


Figure 8 : température moyennes mensuelles

L'examen des valeurs du tableau montre que le mois le plus froids est janvier avec 6.74°C, tandis que le mois le plus chaud est Juillet avec 26.14°C

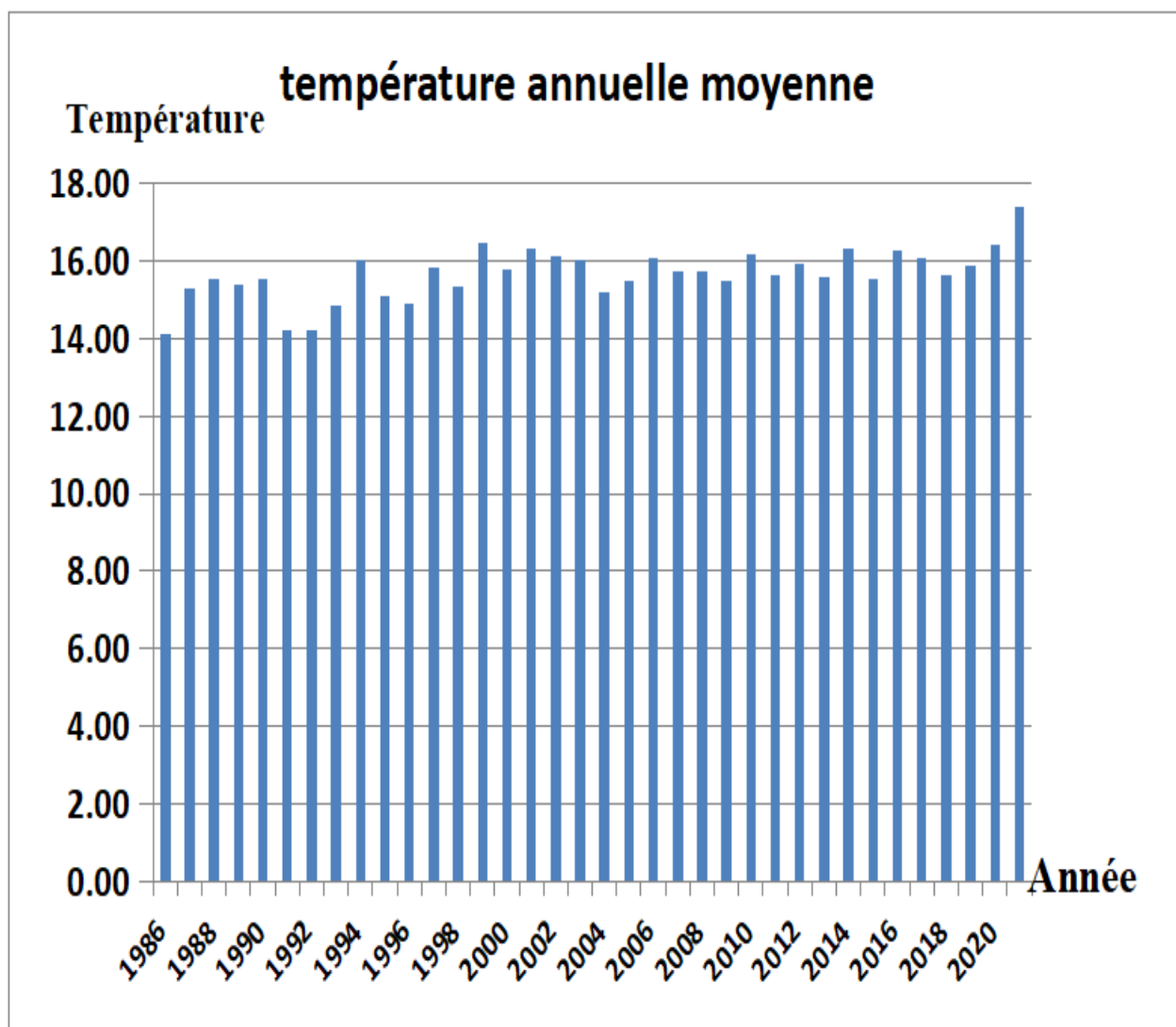


Figure 9: Température annuelle moyenne

2. Relation précipitation – température (Courbe OMBRO-thermique) :

La courbe OMBRO-thermique distinguer la période humide et la période sèche.

Tableau 4: Relation entre précipitations-températures Batna (1986-2021)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	35.68	22.16	35.13	38.72	44.85	25.85	12.61	23.78	34.16	27.11	26.51	35.48
2T (°C)	2.31	2.32	7.03	12.34	19.52	28.34	34.54	34.43	43.55	34.38	22.72	15.56
T (°C)	1.15	1.16	3.51	6.17	9.76	14.17	17.27	17.22	21.78	17.19	11.36	7.78

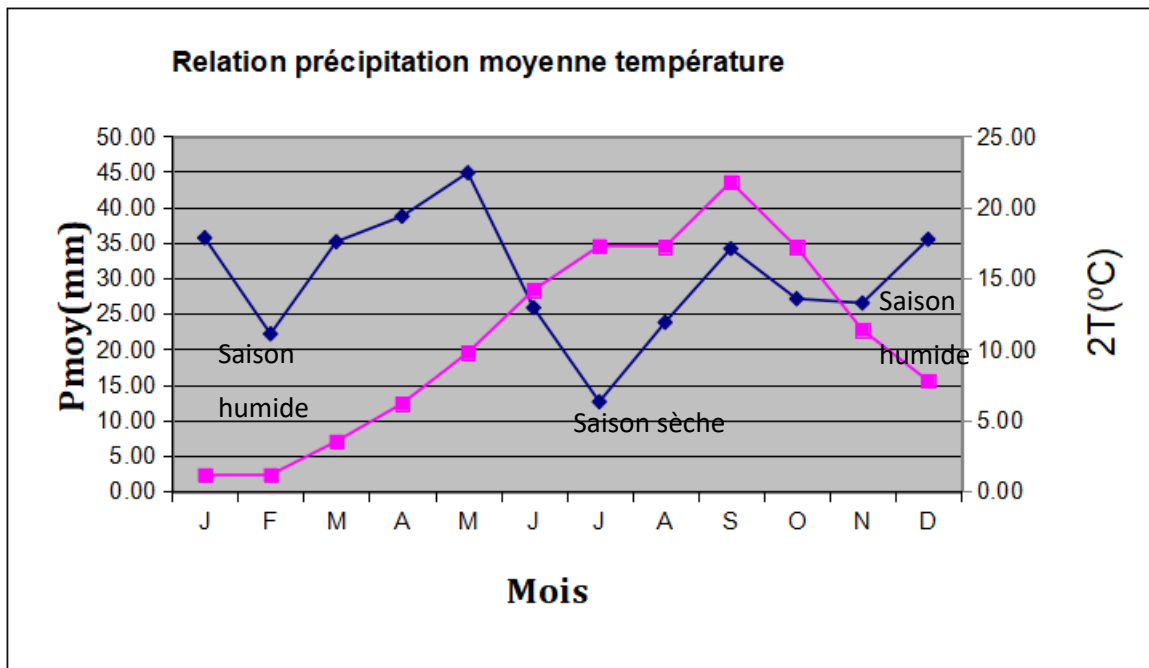


Figure 10 : Diagramme OMBRO-THEMIQUE

2.1. Interprétation de courbe

On constate que la région de Batna présente une période sèche compte les mois suivants : juin, juil. Aout, Septembre , Octobre, et en période humide comporte 7 mois.

2.2. La formule du quotient d'EMBERGER (EMBERGER, 1955)

S'exprime comme suit :

$$Q = \frac{P}{\left(\frac{M + m}{2}\right) \times (M - m)} \times 100$$

Ce quotient a été simplifié par STEWART en 1969 :

$$Q_2 = 3.43 \times P / (M - m)$$

Q₂ : Quotient d'EMBERGER

P : Précipitation moyenne annuelle (mm)

M : Moyenne des maximums du mois le plus chaud

m : Moyenne des minimums du mois le plus froid

(M+m) / 2 : Température moyenne

T= 10.77°C P= 362.02 mm M=35.54 m=1.15 Donc : Q₂ = 36.107

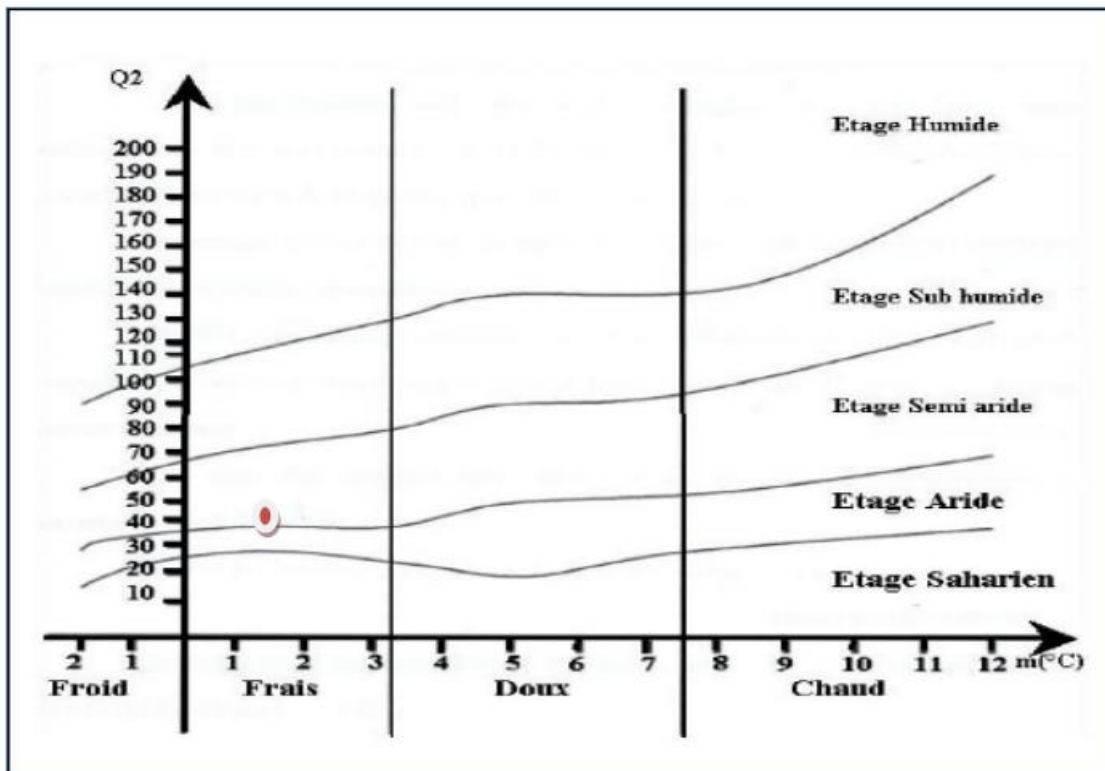


Figure 11 : Représentation de l'étage climatique de Batna selon le climat graphe d'EMBERGER

La zone d'étude se situe dans un étage climatique semi-aride

3. Indice climatique

3.1. Indice d'aridité de MARTONE

$$IM = \frac{p}{t+10}$$

Ainsi suivant la valeur de IM :

- 20 < IM < 30 climat tempéré
- 10 < IM < 20 climats semi- aride
- 7,5 < IM < 10 climat steppique
- 5 < IM < 7,5 climat aride
- IM < 5 climat hyper aride

Tableau 5 : valeur de l'indice d'aridité de la wilaya de Batna

Station	P(mm)	T(°C)	IM
Batna	362.02	10.71	17.48

Le climat de Batna est de type semi- aride (IM=17.48)

4.L'évapotranspiration

À l'échelle mensuelle, l'ETR varie entre 12.6 en juillet à 67.7 mm en Mai, l'ETR annuelle est de l'ordre de 360.6 mm, soit plus de 99 % des précipitations.

Tableau 6: Valeur de l'Evaporation mensuelle

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
ETR(mm)	34.2	27.1	26.5	19.6	17.3	21	34.8	50.1	67.7	25.9	12.6	23.8	360.6

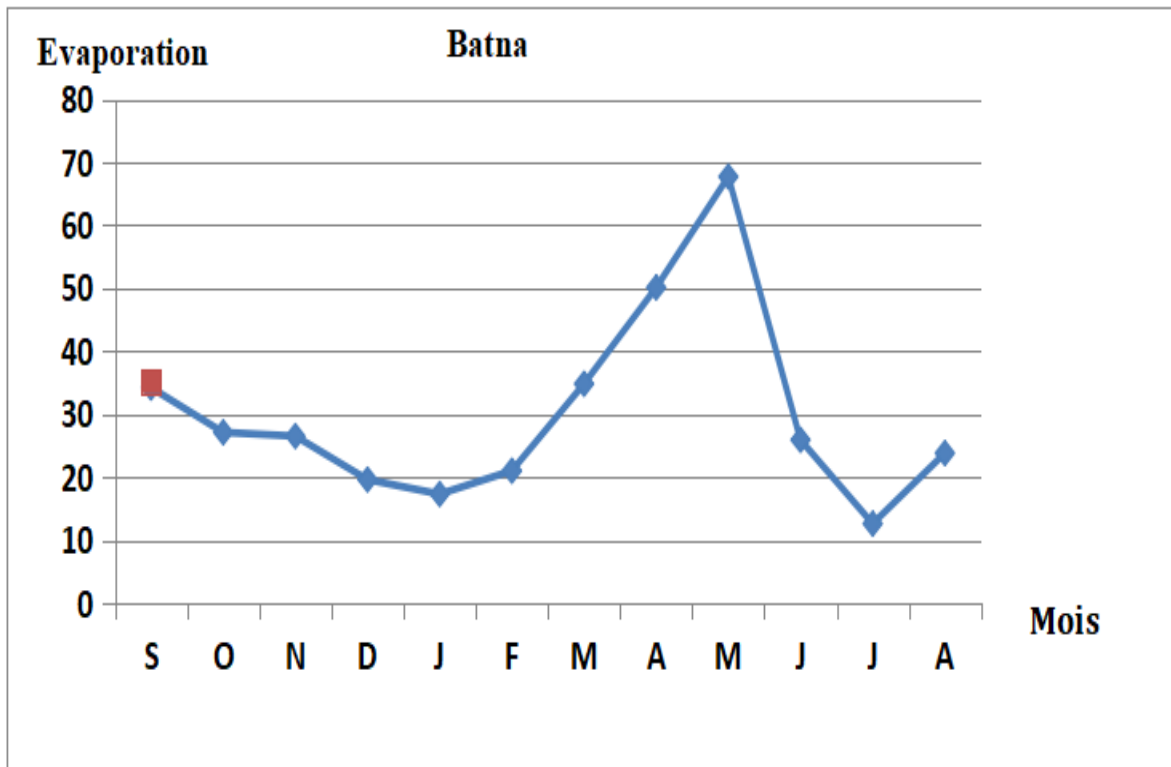


Figure 12 : Variation de l'évaporation moyenne mensuelle de Batna (1986-2021)

Bilan hydrique

Tableau 7: Bilan hydrique calculé à partir de la méthode de **Thorntwaite (1986-2021)**

Période	T_p (°C)	I	K	ETP_c (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21.78	9.3	1.04	114.1	34.16	-80.0	-0.7	0.0	0.0	34.2	80.0	0.0
O	17.19	6.5	0.97	80.1	27.11	-53.0	-0.7	0.0	0.0	27.1	53.0	0.0
N	11.36	3.5	0.84	42.1	26.51	-15.6	-0.4	0.0	0.0	26.5	15.6	0.0
D	7.78	2.0	0.83	26.4	35.48	9.1	0.3	9.1	9.1	26.4	0.0	0.0
J	1.15	0.1	0.85	2.7	35.68	33.0	12.2	33.0	42.1	2.7	0.0	0.0
F	1.16	0.1	0.84	2.7	22.16	19.5	7.2	19.5	61.5	2.7	0.0	0.0
M	3.51	0.6	1.03	12.6	35.13	22.6	1.8	18.5	80.0	12.6	0.0	4.1
A	6.17	1.4	1.10	26.5	38.72	12.3	0.5	0.0	80.0	26.5	0.0	12.3
M	9.76	2.8	1.23	51.4	44.85	-6.5	-0.1	-6.5	73.5	51.4	0.0	0.0
J	14.17	4.8	1.23	80.5	25.85	-54.6	-0.7	-73.5	0.0	80.5	0.0	0.0
J	17.27	6.5	1.25	103.8	12.61	-91.2	-0.9	0.0	0.0	12.6	91.2	0.0
A	17.22	6.5	1.17	96.8	23.78	-73.0	-0.8	0.0	0.0	23.8	73.0	0.0
Année	10.7	44.0		639.5	362.0	-277.5				326.8	312.7	16.3

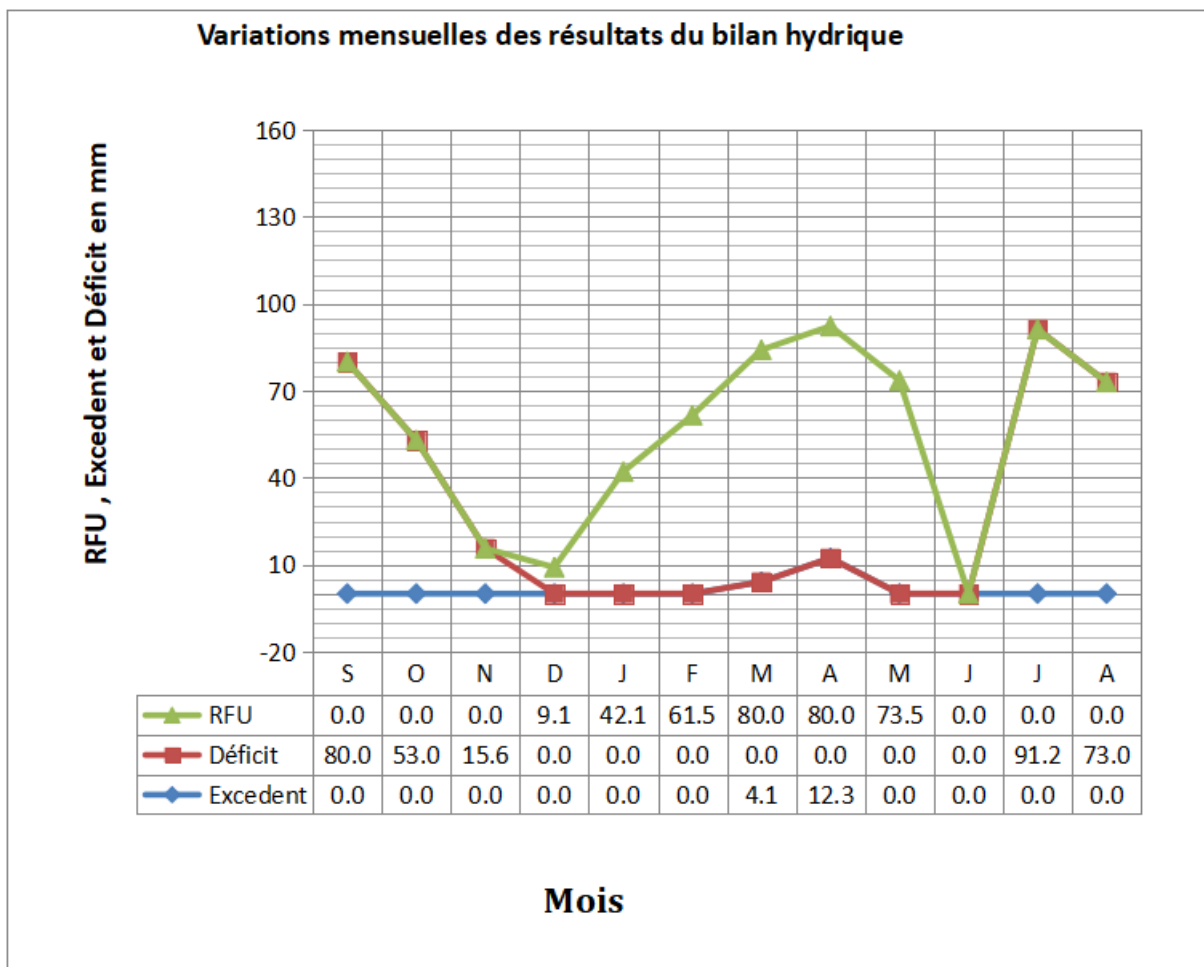


Figure 13 : Variation mensuelles des résultats du bilan hydrique

5. Le vent

La caractéristique des vents est donnée d'après les résultats des observations sur la station météorologique de Batna

Tableau 8 : Fréquence moyenne annuelle

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	P
V (m/s)	2.6	2.35	2.87	2.93	2.88	3.4	3.46	3.7	3.37	3.08	2.98	2.6	3.02

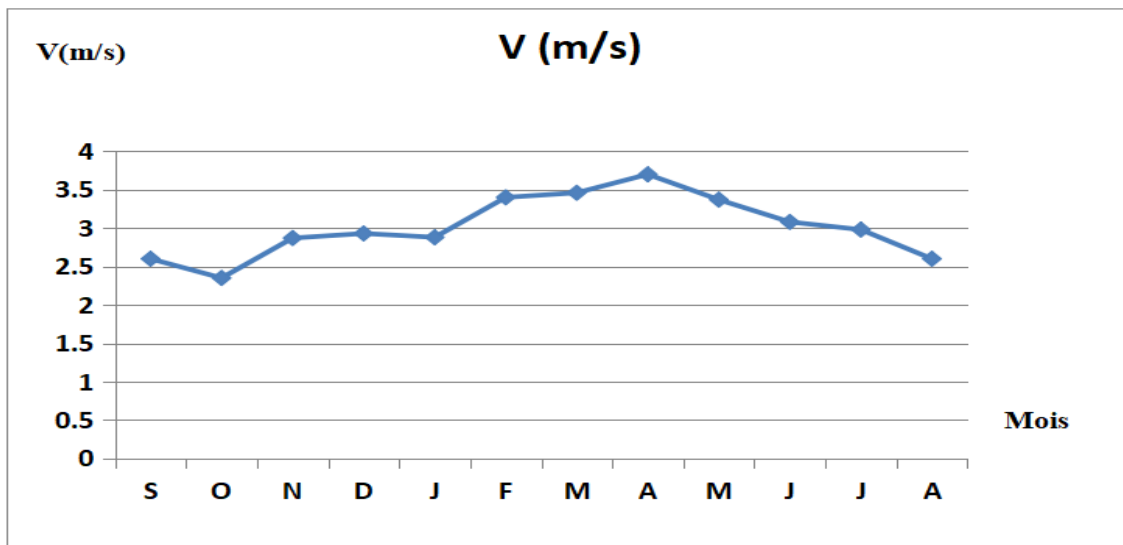


Figure 14: Vitesse moyenne des vents durant la période (1986 -2021)

III. Etude de l'écoulement de sous bassin versant

Etude des apports liquides

1. Apport moyen annuel

Tableau 9: formules et apport moyen annuel

Formule	A moy (Mm3)
formule de SAMIE:	30,13
Formule de COUTAGNE	58.95
Formule de DERY II	22.82
Formule de l'ANRH	20,67
Formule de MEDINGER	11.02
Formule de TURC	17.57
Valeur moyenne	26.86

2. Coefficient de variation

Le coefficient de variation des apports en eau est varié entre 0.33 et 1.57 (voir tableau)

Table 1 Le coefficient de variation des apports en eau

Formule	Cv
Formule de SOKOLVSKY	1.08
Formule d'OURKGUIPROVODKHOZ	1.14
Formule d'ANTONOV	0.33
Formule de KRISTEKLY MENKEL	1.57
Formule de Algérienne de N.N PADOUN	1.37
Cv moy	1.10

3. Estimation fréquentielle des apports

4. Etude des apports solides

4.1. Formule de TIXERANT 1960

$$E_s = 350.L_0^{0.15}$$

$$A_s = E_s.S = 0.37 \text{ Mm}^3$$

4.2. Formule de SOGREAH

$$T_a = 350.R_0^{0.15}$$

$$V_s = A_s/u_s = 0.55 \text{ Mm}^3$$

1. Estimation fréquentielle des pluies journalières maximales

$$P_{tc} = P_{\max j\%} (T_c/24)^{0.39}$$

P_{tc} : Pluie de courte durée en mm

T_c : Temps de concentration en heure

$$P_{\max j\%} = \frac{\overline{pj \max \%}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} e^{\mu \sqrt{\ln(Cv+1)}}$$

L'intensité des pluies de courte durée variée entre 7.30 mm/h pour une période de récurrence de cinq 250.96 ans à pour une période de 100 ans

Tableau 10 : Pluies de courte durée en mm

Période de r	Pmaxj%	Tc	P tc
5	9.43	10.77	7.30
10	100.96	10.77	78.13
50	239.07	10.77	185.02
100	324.28	10.77	250.96

6. Etude de crue

6.1. Calcule de l'intensité pour les différentes fréquences

$$I = P_{tc}/T_c$$

I : Intensité de pluie en mm

Tableau 11 : L'intensité de pluies fréquentielles

Période de retour (an)	P tc(mm)	Tc(heure)	I(mm /h)
5	7.30	10.77	0.68
10	78.13	10.77	7.25
50	185.02	10.77	17.17
100	250.96	10.77	23.30

6.2. Débit de crue fréquentiel

Les débits de crue fréquents calculés par les deux formules sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 12: Débit de crue fréquentiel obtenu par la méthode de TURRAZA

Période de retour T (an)	Ce	I _{tc}	Q _{max} TURRAZA	Q _{max} GIANDOTTI
5	0.8	0.68	155.74	136.84
10	0.8	7.25	1666.96	1464.66
50	0.8	17.17	3947.29	3468.23
100	0.8	23.30	5354.10	4704.32

7. Hydro gramme de crue

L'évolution des débits de crue sont bien cernés dans les hydrogrammes suivantes, une évolution progressive de la concentration des débits jusqu'à atteindre sa maximum, la décrue se réalise très rapidement.

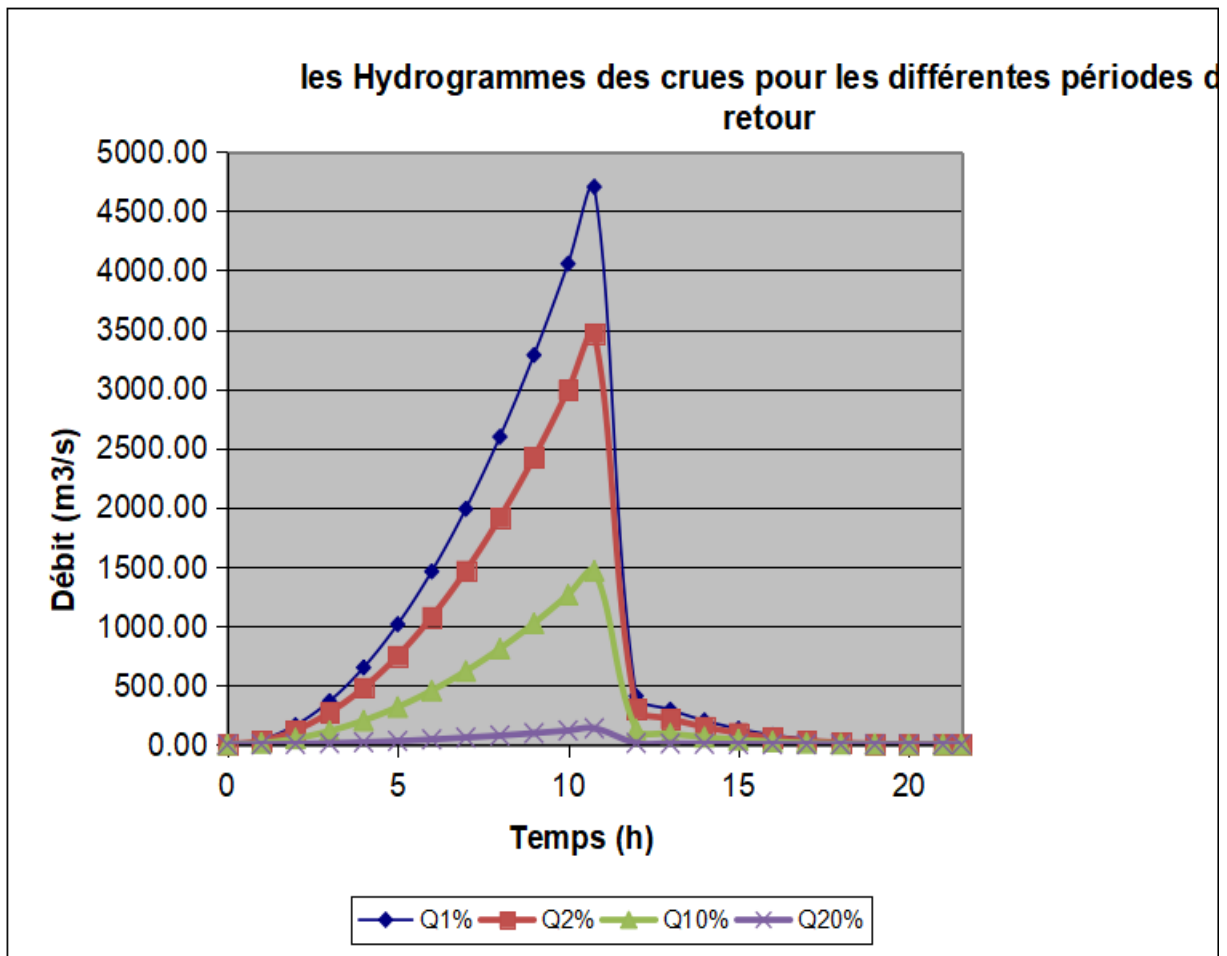


Figure 15 : Hydro gramme de crues d'un de sous bassin versant Merdjazana



CONCLUSION GENERALE

Conclusion

Le sous bassin versant de MERDJAZANA est un petit bassin des hauts plateaux constantinois, doté d'un climat semi-aride. Le travail exposé dans ce mémoire consiste à utiliser le logiciel Arc Gis pour essayer de connaître et analyser les différents paramètres morphométriques du sous bassin versant de MERDJAZANA à partir d'un MNT. Et d'estimer les apports liquides, les apports solides et d'établir un hydro gramme de crue. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Le sous bassin versant de MERDJAZANA est caractérisé par une forme allongée avec un indice de GRAVELIUS de 1.48

Le sous bassin versant de MERDJAZANA a une superficie de 1034.26 km² et un périmètre de 170.13 km. Le temps de concentration est estimé à 10.77 heures avec une vitesse d'écoulement (concentration) de l'eau 0.56 (km/h). La densité de drainage (Dd=3.87km/km²)

La région étudiée a un climat semi-aride. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 362.02 mm pour une température moyenne annuelle de 10.71 °C. L'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de distinguer une période chaude et sèche et une période froide et humide. L'évapotranspiration réelle moyenne est de l'ordre de 360.6 mm.

Les pluies journalières maximales fréquentielles allant de 100.96 mm pour T=10 ans à 324.28 mm par jour pour une période de retour de 100 ans.

Les différentes formules utilisées données des apports en eau varient entre 11 Mm³ et 58.95 Mm³, et des apports solides de 0.37 Mm³ à 0.55 millions de mètres cubes par an.

Les formule de TURRAZ et de GIANDOTTI utilisées pour estimation des débits des crues pour les périodes de 5,10,20 et 100 ans ont données des valeurs très proches , avec un débit centennale successivement de 5354 m³/s et 4704 m³/s.

Références Bibliographie

Abdeddaim, H. (2018). *Contribution A L'étude de L'influence De la structure du Reseau Hydrographéque sur le risque Hydrologique (cas des bassins de L'est de L'Algérie.*

B,M,j,Ouarda, T. (2001). conception des aménagements de production . 13.

Belkalem, A. (2017). *Evalution des risque d'erosion hydrique: cas du bassin versant de l'oued kramis.* Algerie.

Benaini,A,D.(2011). Etude statistique des apports liquides et optimisation d'un réseau pluviométrique par analyse multidimensionnelle: le cas du bassin hydrographique de la Tafna.

Benlarbi, d. (s.d.). *résuméde caractéristique morphométrique* . Récupéré sur <http://modle.univ-ouargla.dz>.

Beyragues, A, & Aiacha, B. (2016/2017). *Contribution de a la connaissance de la quantité des eaux souterraines de la basse vallée de la Saummam Béjaia* . Msila.

Bkerboub, M. (s.d.). Etude de cas de bassin versant : oued El-HAI. 9.

Bouchellah , Z, & Mazou, A. (2019/2020). *hydro dynamique des eaux souterraines de la basse Soummam.*

Brahim, B,& Abdallah, D. (2019). *apport des sig et teledetection pour l'evaluation des caractéristique physique du bassin versant doued inaouene (nord-est-maroc)et leur utilites dans le demaine de la gestion des risques naturels* .

CheddarHE, S. (2009). *Apport de l'étude et le traitemrnt des glissement de terrais cas de site de Bouгаа.* Constantine.

Cite web. (s.d.). cours bassin versant. <http://medhycos.mpl.ird.fr> .

Eskenazi. (1991). élément d'hydrologie de l'université de liége .

Fatma, S. (2017). Contribution à la prévision des débits de crues dans un bassin versant non jaugé, Cas du bassin versant d'el Mahmel .(KHENCHELA).

H, Bouchelkia , B. (2010). quantification du transport solide dans le bassin versant Algérien du Chellif. 13.

Habchi , I. (2019). *Prévision des débits dans un milieu semi-aride par réseau de neurone artificiel et neurona flou (cas d'un bassin versant)*.

Habchi, I. (2019). *Prévision des débits dans un milieu semi-aride par réseau de neurone artificiel et neurona flou (cas d'un bassin versant)*.

Habiba, B. (2014). *Analyse des groupement Herpetologies dans hautes plaines sétiennes cas de la région de ben Aziz. Sétif*.

Hachemi, A. (2017). Contribution à l'étude des crues de oued Abiod (Biskra).

Idris, K. (2020/2021). Analyse morphométrique de bassin versant de la menoua pour meilleure gestion des risque morphohydrologique. 185.

J. (68525). JJH.

KENDRICHE, S. *Etude Hydrologique Du Barrage De SOUK Tleta Dimensionnement De Ses Ovrages Annexes(W.TIZI OUZOU). TIZI6 OUZOU*.

Kerboub, M. (s.d.). Etude de cas du bassin versant: Oued E.HAI. 2.

Kerboub, M. (s.d.). Etude de cas du bassin versant: oued E.HAI. 3.

Lachkhab ,R, & KABOUCHE, S. (2008). *les procedes de traitement des eaux usées de Oued boughougal. Présenter par : Melle LACHKHAB Rabab*.

le bassin versant et son complexe. (s.d.).

Maou.A. (s.d.). Hydrogéologie appliquée+géologie de l'ingenieur.

Melle, H. (2011). *étude des ressources en eau du bassin versant de la soummam par l'utilisation de sig:Ecole nationale supérieur d'agronomie*.

Nawal, I. (2014). Modélisation hydrologique de quelques sous bassin versant de la Tafna. 89.

Née, M. (2007). contribution a la mise en oeuvre d'une méthode d'analyse du risque d'inondation et de prévision des solutions d'aménagement . 40.

Rocha, N, R. (2014). *Debits de crue et analyse hydrologique de petits bassins varsants*.

Rocha, N,R. (2014). Debits de crue et analyse hydrologique de petits bassins versants. 18.

Sidhmed, B, *Quantification et modalisation du transport solide dans un cours d'eau de l'algerie septentrionale :cas du bassin versant de l'oued Boumess a oud.* Tlemcen.

Slimani, F, & Sara, A. (2016/2017). *Contribution à la prévision des débits de crues dans un bassin versant non jauté, cas du bassin versant d'el Mahmel, KHENCHELA.*

Slimani, fatma, & Ayadi, s. (2017). *Contribution à la prévision des débits de crues dans un bassin versant non jauté cas du bassin versant d'el mahmel khenchela.*