



Mémoire:

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

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Écologie et environnement

Spécialité : Protection des écosystèmes

Présenté par :

*DJELLAL AYA

*CHELTIT FADILA

Thème

**Analyse Morphologique et Hydrologique
du bassin versant D'oued Meskiana**

Devant le jury:

Président : Ziouche Omar Ramzi

Encadrant : Dali Naouel

Examineur : Daifallah Tarek

MCA Université Khenchela

MCA Université Khenchela

MCA Université Khenchela

Dédicace

Il y a certaines satisfactions que les mots et les phrases parviennent difficilement à exprimer.

Cela nous arrive lorsqu'il faut visualiser une émotion profonde afin d'être à la délicatesse des êtres qui nous sont très chers.

De ce fait :

Je dédie ce travail

*- À la femme qui m'a porté toute ma vie et qui m'a enveloppée de gentillesse. À la femme la plus extraordinaire et la plus douce du monde : mère **Nadia** j'exprime mon profond amour.*

*- À celui qui a été et qui est toujours pour moi le modèle, la référence : mon père **AbdErrazek**; je lui exprime mon profond respect et j'espère que j'ai été à la hauteur. Ma joie est que tu sois fier de moi.*

** Mon chère frère **Djellal Alla Eddine***

** Messæurs **Roumaïssa, Oumaima** et ma cousine **Rayen**.*

** Mes belles tantes **Hayet, Fairouz, Rima, Hind** Puisse Dieu vous donne santé, bonheur et réussite, et ma grand-mère **Zohra**.*

Merci de votre présence, soutien et de m'avoir encouragée à aller plus loin. A tous les autres que je n'ai pas cités mais à qui je pense aussi.

Dédicace

*En témoignage d'amour et d'affection, je dédie ce modeste travail
avec une grande fierté à tous ceux qui me sont chers :*

** À Khaled Al-Zikr, qui est décédé et qui était le meilleur exemple
pour le chef de famille, et qui n'a jamais hésité à me fournir le
chemin de la bonté et du bonheur. (Mon distingué père, que Dieu ait
pitié de lui).*

** Ma très chère mère **Nadia**, qui a œuvré pour ma réussite, de par
son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux
conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.*

** Mes chères frères **Bilel, Daoud, Zouhair** et mes sœurs **Habiba,**
Ibtissem et mon Fiançais **Saïf Eddine**, puisse Dieu vous donne santé,
bonheur et réussite. A tous qui sont dans mon cœur mais j'ne suis
écrirai pas.*

Remerciements

*Tout d'abord nous tenons à remercier le bon Dieu tout puissant et
miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien
ce modeste travail.*

*Nous exprimons nos profondes gratitude et respectueuses reconnaissances
à notre encadreur Madame **Dali Naouel** pour son encadrement, conseils et
sacrifices afin de donner le meilleur et pour son suivi durant la période de
préparation de notre mémoire de fin d'étude. Nous adressons nos Sincère
Remerciements et nos Salutations Distinguées à tous les Professeurs qui
par leurs conseils et leurs efforts durant toutes les années passées nous
somme là, vraiment un grand remerciement pour leurs qualités
d'enseignement qui nous a été dispensé...*

Résumé

Les caractéristiques morphométriques et hydrologique d'un bassin versant déterminent son temps de réponse face aux évènements pluvieux, ainsi qu'une meilleure gestion des ressources en eau superficielles et souterraines. Dans la présente étude, il est question de déterminer les caractéristiques morphométriques et hydrologiques du bassin versant d'Oued Meskiana, ceci dans l'optique d'une meilleure connaissance des paramètres morphométriques influençant son fonctionnement hydrologique. Pour y parvenir, l'étude s'est appuyée sur l'analyse d'un modèle numérique de terrain (MNT) faite à base par le système d'information géographique (Arc Gis). Il résulte de cette analyse morphométrique et hydrologique, que ce bassin versant a un relief très fort avec une forme allongée au regard de la valeur de l'indice de Gravelius (2,24), du rapport circularité (0,19), du rapport d'allongement (0,042) et du facteur de forme (0,0057). Pour ce qui est des paramètres linéaires, le bassin est caractérisé par une très grossière densité du drainage de l'ordre de (0,30 km/km²).

Mots clés : Oued Meskiana, paramètres morphométriques, Arc Gis, MNT.

Abstract:

The morphometric and hydrological characteristics of a catchment area determine its response time to rainfall events, as well as a better management of surface and groundwater resources. In the present study, the morphometric and hydrological characteristics of the Oued Meskiana catchment area are determined, with a view to improving knowledge of the morphometric parameters influencing its hydrological functioning. To achieve this, the study relied on the analysis of a digital terrain model (DTM) based on the geographic information system (Arc Gis), which shows that this watershed has a very strong relief with an elongated shape with regard to the value of the Gravelius index (2.24), the circularity ratio (0.19), the elongation ratio (0.042) and the form factor (0.0057). As for the linear parameters, the basin is characterised by a very coarse drainage density of the order of (0.30 km/km²).

Key words: Meskiana wadi, morphometric parameters, GIS arc, DTM.

ملخص

تحدد الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية للأحواض المائية وقت استجابة هذه الأخيرة لأحداث هطول الأمطار، فضلاً عن إدارة أفضل لموارد المياه السطحية والجوفية. في هذه الدراسة، يتعلق الأمر بتحديد الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض واد مسكيانة، وذلك من منظور معرفة أفضل بالمعايير الشكلية التي تؤثر على أدائه الهيدرولوجي. ولتحقيق ذلك، وبالاعتماد على تحليل نموذج التضاريس الرقمي (DEM) الذي تم إجراؤه على أساس نظام المعلومات الجغرافية (ARCGIS). نتج عن هذا التحليل المورفومتري والهيدرولوجي أن حوض المياه موضوع الدراسة يتميز بتضاريس ذات ارتفاع قوي مشكل ممدود وذلك بالنظر لقيمة مؤشر (GRAVILUS) و الذي يقدر ب: 2.24، نسبة الدائرية (0.19)، نسبة الاستطالة (0.042) و نسبة الشكل (0.0057). من حيث الخصائص الخطية نجد بان كثافة تصريف رديئة جداً تصل إلى (0.30 كم / كم²).

الكلمات المفتاحية: واد مسكيانة، الخصائص المورفومترية، نظام المعلومات الجغرافية، نموذج التضاريس الرقمي

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE 1: METHODE DE TRAVAIL	4
1. Situation géographique.....	5
1.1. Découpage administratif	5
1.2 .Aperçu géologique	5
1.3. Aperçu Climatique	7
1.4. Modèle numérique du terrain (MNT)	9
1.5. ArcGIS 10.8	9
1.6. Paramètres morphométriques.....	10
1.6.1. Paramètres généraux.....	10
1.6.2. Paramètres morphométriques linéaires.....	10
1.6.2.1. Classification du réseau hydrographique selon la méthode Strahler	10
1.6.2.2. Rapport du flux (RI)	12
1.6.2.3. Rapport de bifurcation (Rb).....	12
1.6.2.4. Densité du drainage (Dd).....	13
1.6.2.5. Texture du drainage (Td)	13
1.6.2.6. Fréquence du flux (Fu)	14
1.6.2.7. Durée de l'écoulement de surface (Lo)	14
1.6.3.Paramètres morphométriques de forme.....	14
1.6.3.1. Indice de Gravelius (KG).....	14
1.6.3.2. Le rectangle équivalent	16
1.6.3.3. Rapport d'allongement (Re)	17
1.6.3.4. Rapport de circularité (Rcir)	17
1.6.3.5. Facteur de forme (Ff).....	18
1.7. Hypsométrie	18
PARTIE 2 : RESULTATS ET DISCUSSION.....	19
2. Paramètres morphométriques.....	21
2.1. Paramètres généraux	21
2.2. Les paramètres morphométriques linéaire	21
2.3. L'extraction du réseau hydrographique et son hiérarchisation	21
2.3.1. Nombre de cours d'eau (Nu)	21
2.3.2. Longueur du cours d'eau (Lu).....	22
2.3.3. Longueur moyenne du cours d'eau (Lum)	22

2.3.4. La densité de drainage	22
2.3.5. La texture de drainage	23
2.3.6. Fréquence de flux	23
2.3.7. Bifurcation ratio (Rb)	23
2.4. Les paramètres morphométriques de forme	28
2.4.1. Indice de Gravelius (KG)	28
2.4.2. Le rectangle équivalent.....	28
2.4.3. Rapport d'allongement (Re)	28
2.4.5. Rapport de circularité (Rc)	29
2.4.6. Facteur de forme (Ff) :	29
2.5. Aspects liés au relief	29
CONCLUSION GENERALE.....	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	26

Liste des tableaux

Tableau 1: Les caractéristiques du MNT utilisé dans la modélisation.	9
Tableau 2: Classification des catégories du drainage.	13
Tableau 3: Paramètres morphométrique linéaires.	15
Tableau 4: Classification, nombre de cours d'eau et leur longueur.	22
Tableau 5: Rapport de confluence du réseau hydrographique du bassin versant d'Oued Meskiana.	23
Tableau 6: Les caractéristiques morphométriques linéaires du bassin versant d'Oued Meskiana.	28
Tableau 7: Les caractéristiques morphométriques de forme du bassin versant d'Oued Meskiana.	29
Tableau 8: Aspects liés au relief du bassin versant d'Oued Meskiana.....	30

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique du Bassin Versant d'Oued Meskiana (Notre élaboration).	6
Figure 2: Lithologie du Bassin Versant de l'Oued Meskiana (d'après : Durozy et Bouillon,1956; Blès et al, 1970; Guellal et Vila, 1973, 19-c ; Dozet et al., 1985; Kowalski , 2002) (Cité dans Gouaidia,2008).	8
Figure 3: Classification des réseaux hydrographique d'après Strahler.	11
Figure 4: Carte du modèle numérique du terrain du bassin de l'Oued Meskiana corrigée avec comblement des vides.	24
Figure 5: Carte d'accumulation de l'écoulement des eaux superficielles au niveau du Bassin Versant de Meskiana.	25
Figure 6: Extraction du réseau hydrographique du bassin versant de Meskiana a partir MNT de (30mx30m), un seuil de 1000 pixels.	26
Figure 7: Ordination des cours d'eau selon Strahler, pour le bassin versant d'Oued Meskiana, pour un seuil hydrographique de 1000 pixels.....	27

Liste des abréviations

BV : Bassin versant

MNT: modèle numérique de terrain

SIG: Systèmes d'Informations Géographiques

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour d'innombrables activités humaines. L'eau peut être rare à certains endroits, comme les zones arides et semi-arides, ou tout simplement d'une qualité médiocre à d'autres endroits. Il est certain que l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines accentuera les contraintes sur cette ressource. En outre, les facteurs naturels, telle que la sécheresse ou les contraintes géologiques, ont un effet sur l'approvisionnement en eau potable et sa distribution. Il est donc essentiel de quantifier et d'analyser la quantité et la qualité des réserves en eau et de trouver le moyen de gérer cette ressource pour en assurer la durabilité(**Gouaidia, 2008**).

L'hydrologie c'est une science qui s'intéresse à l'écoulement des eaux superficielles, avec sa distribution sur la planète avec des propriétés physiques chimiques et biologiques et leur interaction avec l'environnement. Il y a de nombreuses utilisations pratiques telles que la conception et le fonctionnement de la structure hydraulique, l'approvisionnement en eau, les eaux usées, l'irrigation, lutte contre les inondations, l'érosion et la sédimentation, réduction de la pollution et ainsi de suite (**McCuen, 1998**).

La première application de la morphométrie en hydrologie remonte à la fin du XIXe siècle. Le premier travail vise à comprendre la forme du bassin versant (allongement, compacité, circularité) affecte l'état du cours d'eau. 1884, Kestin une formule est utilisée pour déterminer le débit dans un petit bassin versant, où les variables sont la surface du bassin et un coefficient dépendant de la longueur du drain principale. La première carte pour représenter le débit spécifique moyen avec des courbes de niveau est 1892 attribué à Newell (**Anon et al, 1985**).

Le bassin versant d'oued Meskiana se caractérise par son climat semi-aride très sévère, avec une forte évapotranspiration, et une salinisation des sols qui commence à prendre de l'ampleur. La sécheresse qui perdure depuis plus de deux décennies, combinée à l'absence de possibilité de pompage dans l'oued Meskiana, a obligé les agriculteurs à utiliser les eaux souterraines comme unique source d'irrigation (**Gouaidia et al,2012**)

Le présent travail a pour objectif de contribuer à mieux cerner les aspects morphométriques du bassin versant l'Oued Meskiana et d'effectuer une analyse spatiale détaillée basé sur le modèle numérique de terrain du bassin versant ainsi que les caractéristiques hydrologiques. Le logiciel utilisé est Arc Gis 10.8, c'est un système

complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques.

Ce présent mémoire est organisé comme suit :

- Introduction générale ;
- Méthode de travail ;
- Résultats et discussions ;
- Conclusion.

METHODE DE TRAVAIL

1. Situation géographique

Le bassin versant d'Oued Meskiana se localise au Nord Est du territoire Algérien, à 80 km de la frontière Algéro-Tunisienne et à 250 km au Sud de la ville d'Annaba. Autrement dit, il se situe à mi-chemin entre la mer Méditerranée et le Sahara algérien (Fig.1) et fait partie du bassin de l'Oued Mellègue. Il s'étend sur une superficie de 1680 km². Plusieurs agglomérations y siègent, à savoir Bellala, Dalâa, Meskiana, Rehia et Zebar,

La topographie de la plaine est très douce. Les pentes, qui peuvent atteindre 6° représente (3,3 %) près des bordures, et ceux qui sont inférieures à 2° (1,1 %) se situe en son cœur(**Ghaoudia,2008**).

Les limites géographiques du bassin de Meskiana sont présentées comme suit :

- Limite nord : Djebel Mesloula, Argoub El Mnachir et Djebel Khannaga ;
- Limite nord-ouest : Djebel Chettaya, Djebel Bou Thokhma, et Djebel Ahmar ;
- Limite nord-est : Djebel Belkfif;
- Limite sud-est : Djebel Gouriguer, Djebel Es Stih, et Djebel Khemalal ;
- Limite sud-ouest : Djebel Boutoukhma et Chott Esbikha.

1.1. Découpage administratif

La Ville de Meskiana, s'étend sur un territoire de 196 km². Elle est limitée à l'Est par la commune de d'Al Hammamet (wilaya de Tebessa), à l'Ouest la daïra d'Ain Beida (wilaya de Oum El Bouaghi), au Nord la daïra d'El-Aouinet et au Sud daïra de Dalla (wilaya de khenchla).

La population totale de la daïra est estimée suivant les dernières mises à jour de 2010 à environ 31 mille habitant où la plupart se trouve au niveau du chef-lieu soit 26268 habitants et le reste habite les zones éparses. La vocation de la région est agropastorale où on trouve une superficie agricole utile d'environ 13656 hectares, avec des cultures céréalières, maraichères, fourragères, et l'arboriculture. On trouve aussi l'élevage des vaches, des moutons, et des chèvres.

1.2 .Aperçu géologique

La géologie du bassin de Meskiana a été étudiée en se référant aux anciens travaux géologiques, réalisés par de nombreux géologues chercheurs tels que : qui ont réalisé la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000.00.

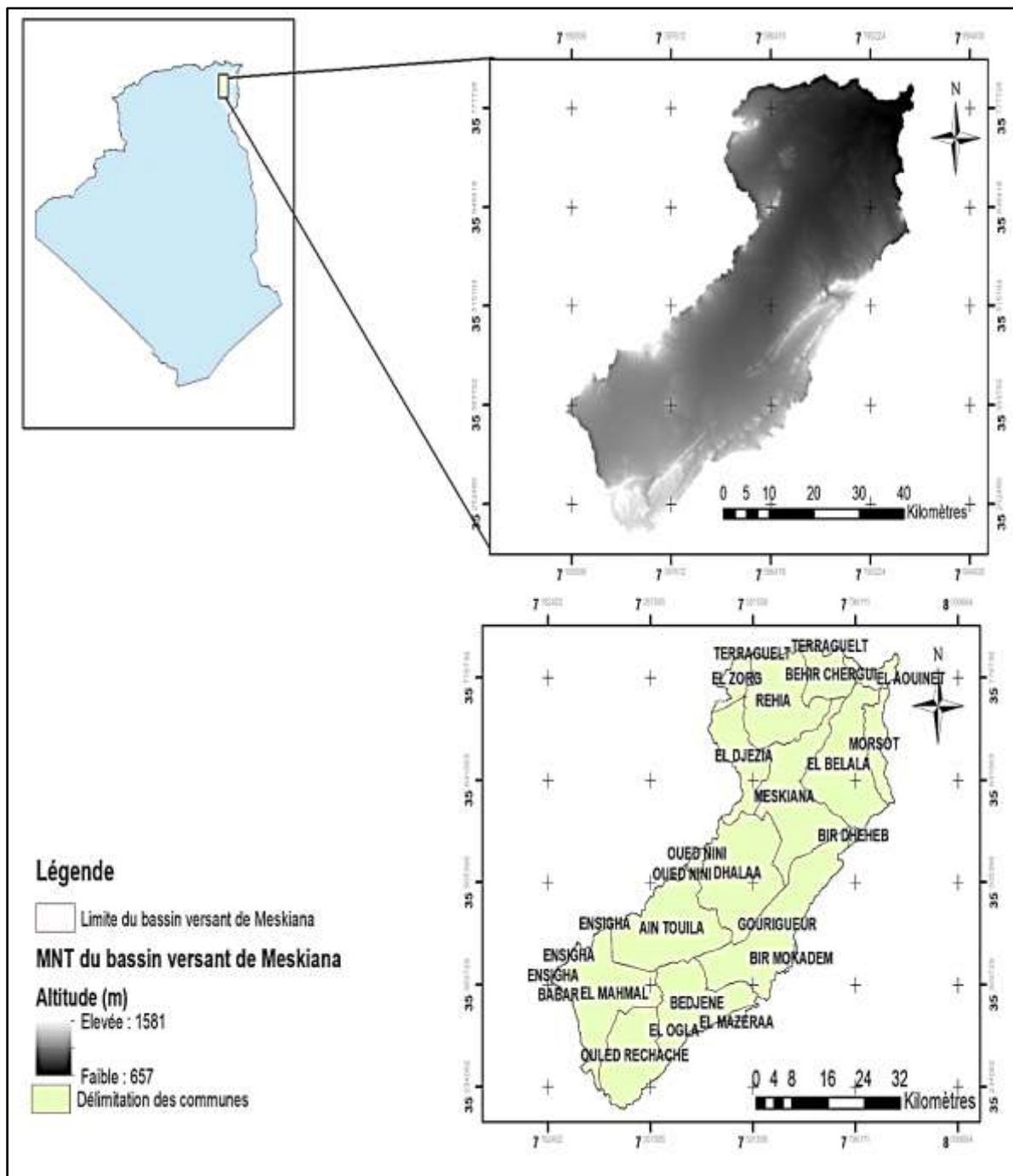


Figure 1: Situation géographique du Bassin Versant d'Oued Meskiana (Notre élaboration).

le bassin versant de'OuedMeskiana est un ensemble de terrains sédimentaires autochtones Nord-Aurésiens qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises.

Ces formations sont constituées de :

- Terrains anciens représentés par le Trias à faciès lagunaire, apparaissant en diapirs ;

- Très importantes assises d'âge crétacé (Aptien et Maestrichtien) formées de marnes et de calcaires ;

- Des grès et des calcaires gréseux marins formant la base du Miocène ;

- Divers recouvrements continentaux représentant le Mio-Plio-Quaternaire. Pour décrire la lithologie des formations, deux grands ensembles représentent la lithostratigraphie du bassin versant d'Oued Meskiana :

-Le premier est constitué essentiellement par les formations crétacées et tertiaires qui affleurent dans les bordures ;

-Le second est formé, en général, par un recouvrement Mio-Plio-Quaternaire qui se dépose dans la plaine. Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique complète (Gouaidia, 2008).

1.3. Aperçu Climatique

Le climat est sans doute le facteur du milieu le plus important qui influe d'une manière directe les écoulements superficiels d'un territoire. En se basant sur les données météorologiques récoltées sur dix-neuf années (1993-2012) de la station d'Oum El-Bouaghi (Gouaidia, 2008), le climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Meskiana, les étés sont courts, très chaud, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont longs, frisquet, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 1 °C à 34 °C et est rarement inférieure à -2 °C ou supérieure à 38 °C.

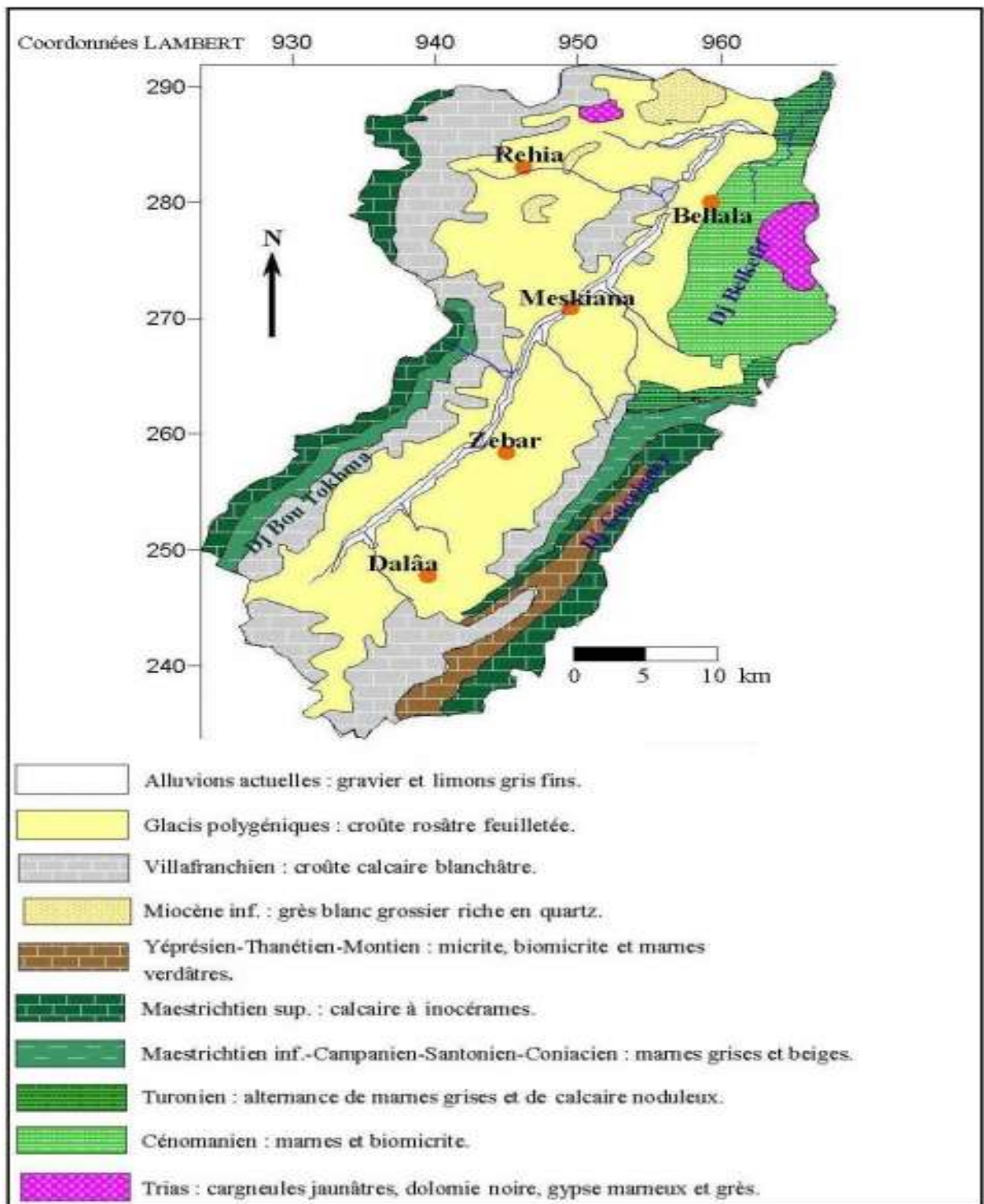


Figure 2: Lithologie du Bassin Versant de l'Oued Meskiana (d'après : Durozy et Bouillon, 1956; Blès et al, 1970; Guellal et Vila, 1973, 19-c ; Dozet et al., 1985; Kowalski , 2002) (Cité dans Gouaidia, 2008).

1.4. Modèle numérique du terrain (MNT)

A partir des densités locales de contours ou du traitement stéréo des images satellitaires, cela a conduit au développement de modèles numériques de terrain (MNT). Ce MNT est une représentation numérique du terrain, sous forme raster ou vectorielle. Pour délimiter notre zone de chalandise, nous avons tracé avant d'utiliser le logiciel Arc. SIG du Digital Terrain Model (DTM) fourni par l'USGS Levés de la mission de topographie radar de la navette spatiale (SRTM) (US Geology) les caractéristiques de ce Modèle sont récapitulées dans (Tab1).

Tableau 1: Les caractéristiques du MNT utilisé dans la modélisation.

Caractéristiques	Description
Capteur Satellite	Aster Global SRTM
Dimensions de la scène	1 degré par 1 degré
Résolution	1 arc-second (30 m)
Projection	Géographique latitude et longitude
Géoïde de reference	WGS 84 UTM zone 31N
Numéro de la scène utilisée	ASTGTM2_ N34E005, N34E006_ N35E006 N35E005
Date d'acquisition des données	08 Février 2022

1.5. Arc GIS 10.8

L'outil utilisé pour cette analyse est Arc Gis, est une suite de logiciels d'information géographique (ou logiciels SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute), est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des

systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, Arc GIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias.

1.6. Paramètres morphométriques

1.6.1. Paramètres généraux

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentations des cours d'eau, les débits vont donc être reliés à sa surface. D'où la surface d'un bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle correspond à l'aire délimitée par l'ensemble des points qui constituent la ligne de partage des eaux.

Le périmètre est curvimètre sur carte cartographique mais, selon l'échelle de la carte, les détails sont plus ou moins nombreux et il en résulte des différences de mesures. Il est la caractéristique de longueur la plus utilisée le bassin versant.

C'est deux paramètres sont automatiquement calculés via ArcGIS La surface d'un bassin s'exprime généralement en km^2 .

1.6.2. Paramètres morphométriques linéaires

La première étape du calcul des paramètres morphométriques linéaires est la classification du réseau hydrographique selon la méthode de Strahler.

1.6.2.1. Classification du réseau hydrographique selon la méthode Strahler

Dans la classification de Strahler, tout drain qui n'a pas d'affluent se voit attribuer la valeur 1. Puis, le calcul de la valeur de chaque drain se fait selon la méthode suivante : un drain d'ordre $n+1$ est issu de la confluence de deux drains d'ordre n . L'ordre de Strahler d'un bassin versant est l'ordre du drain principal à l'exutoire. Des améliorations ont été apportées à cette méthode par Shreve et Scheidegger pour accorder l'ordre de Strahler avec l'importance du débit sur le drain principal.

L'extraction du réseau hydrographique se fait selon une succession d'étapes sur ArcGIS qui s'organise comme suit :

a. Correction des cuvettes, des artefacts dus à la résolution du MNT.

b. Calcul de la direction de flux c'est-à-dire la direction d'écoulement en chaque pixel, qui correspond à la direction de plus grande pente.

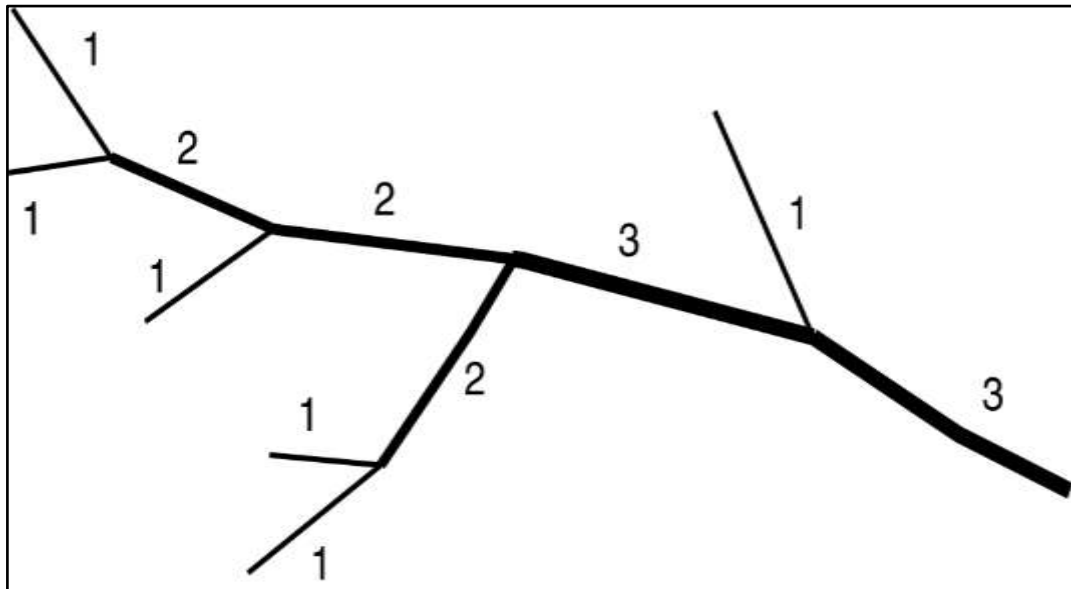


Figure 3: Classification des réseaux hydrographique d'après Strahler.

c. Détermination du flux accumulé dans chaque pixel, sous la forme d'une somme cumulée de tous les pixels s'écoulant dans les pixels en pente descendante.

d. Choix d'un seuil hydrologique, ce seuil correspond à la surface minimale en nombre de cellule en dessous de laquelle on ne délimitera pas de BV. La définition du seuil ne répond à aucune règle absolue. Il dépend de l'objectif de l'étude, de la taille de notre zone d'étude, du type de terrain.

$$Seuilsurface = Seuilpixel \cdot Résolution$$

Avec:

Seuilsurface correspond au seuil hydrographique exprimé en surface amont drainée (m^2);

Seuilpixel correspond au seuil hydrographique exprimé en nombre de pixels amont drainés,

Résolution: correspond à la résolution du MNT en m^2 .

Le choix du seuil, lors de l'extraction du réseau conditionnent la qualité du réseau, pour la même résolution du MNT.

e. Attribution d'un ordre d'écoulement aux liaisons d'écoulement.

f. Conversion du réseau linéaire en réseau. Le réseau hydrographique extrait, permet d'analyser avec précision les ses caractéristiques.

Nombre de cours d'eau (Nu)

Longueur du cours d'eau (Lu)

Longueur moyenne du cours d'eau (Lum)

Ratio de longueur du cours d'eau (Lur)

1.6.2.2. Rapport du flux (RI)

Correspond au rapport de la longueur moyenne des thalwegs d'ordre (n+ 1) sur la longueur moyenne des talwegs d'ordre (n)(**Waikar et al ,2014**).

$$RL = L_{n+1} / L_n$$

Avec : - RL : rapport de longueur

- L_{n+1} : longueur totale des drains d'ordre (n+1) exprimé en km ;

- L_n : longueur totale des drains d'ordre (n), exprimé en km.

1.6.2.3. Rapport de bifurcation (Rb)

Le rapport de bifurcation (Rb) est un paramètre qui exprime le degré de ramification du réseau de drainage (**Mageshetet al, 2012**). C'est le rapport de confluence ou de bifurcation, et représente le rapport des nombres de thalweg d'un ordre donné à ceux dans l'ordre suivant (**Schumm, 1956**). Ce rapport est en relation avec la pente, de la topographie et du climat. Il fournit des informations sur le degré Branchement des réseaux de drainage et évolution des bassins versants (**Strahler, 1964**).

La valeur élevée de Rb indique un fort contrôle structural sur le réseau de drainage alors que la valeur faible indique que le sous bassin est moins affecté par les perturbations structurales. En règle générale la valeur moyenne de Rb varie entre 3,0 et 5,0 pour un bassin versant où l'influence des structures géologiques sur le réseau de drainage est négligeable (**Vestappen,1983**).

1.6.2.4. Densité du drainage (Dd)

Il s'agit d'un calcul par unité de longueur de rivière dans un bassin versant (**Horton, 1932**). Est la longueur totale du réseau hydrologique par unité de surface du bassin. Exprimé en km/km². Elle représente la longueur moyenne du réseau hydrologique par unité de surface du bassin versant et est donnée par la formule suivante :

$$Dd = \frac{\sum_{x=1}^S Lx}{A}$$

Avec :

Dd : Densité de drainage (km /Km²) ;

Lx : longueur totale cumulée de thalwegs d'ordre x ;

X : numéro d'ordre le plus élevé dans la classification du Schum ;

A : superficie du bassin versant Km².

1.6.2.5. Texture du drainage (Td)

La texture de drainage peut être définie comme l'espacement relatif des lignes de drainage. La texture du drainage est définie comme le nombre total de segments de courant de tous les ordres par périmètre de la zone (**Horton, 1945**). La texture du drainage dépend de certains facteurs naturels (le climat, les précipitations, la végétation, la lithologie des roches et le type de sol, capacité d'infiltration, le relief). La texture du drainage regroupe ou se caractérise par cinq catégories (Tab2) (**Umair et al, 2014**).

Tableau 2: Classification des catégories du drainage.

Catégories de la texture du drainage	Texture du drainage
Très grossière	Td < 2
Grossière	2 < Td < 4
Modérée	4 < Td < 6
Fin	6 < Td < 8
Très fine	Td > 8

1.6.2.6. Fréquence du flux (Fu)

La fréquence des flux est définie comme le nombre total de toutes les commandes par unité de surface. Les faibles valeurs de ce paramètre (1 à 3,5) indiquent que l'écoulement est contrôlé par les fractures, tandis qu'une fréquence élevée (4 à 10) indique une pente plus élevée par rapport au ruissellement de surface (**Horton, 1932**).

1.6.2.7. Durée de l'écoulement de surface (Lo)

Il s'agit d'une mesure qui permet de déduire la longueur d'écoulement de l'eau sur la surface du sol avant qu'elle ne concentre dans les talwegs des cours d'eau (**Horton, 1945**).

$$Lo = 1/2Dd$$

Avec :

Lo : Durée de l'écoulement de surface ;

Dd : La densité de drainage.

1.6.3. Paramètres morphométriques de forme

1.6.3.1. Indice de Gravelius (KG)

La forme du bassin versant peut être traduite par l'indice de compacité de GRIVILUS (kc) a également une influence certaine sur l'écoulement ; elle détermine, dans une certaine mesure, l'allure de l'hydrogramme de crue. Un bassin très allongé ne réagira pas, toutes choses égales d'ailleurs, de la même manière qu'un bassin de forme

ramassée (Roche, 1963). Il est défini en comparant le périmètre stylisé du bassin (P) à celui d'un cercle qui aurait la même surface (S).

$$KG = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Avec :

P : Périmètre stylisé du bassin versant en (km) ;

A : Surface du bassin versant d'alimentation en (km).

Tableau 3: Paramètres morphométrique linéaires.

Paramètres morphométriques	Descriptions	Références
Paramètres linéaires		
Numéro des cours d'eau (Nu)	$Nu = N1 + N2 + \dots + Nn$; où, Lu = Longueur du cours d'eau, L1 = Longueur du cours d'eau du premier ordre et L2 = Longueur du cours d'eau du second ordre et Ln = Nombre 'n' de la longueur du cours d'eau.	Strahler 1957
Longueur des cours d'eau (Lu)	$Lu = L1 + L2 + \dots$; où, N1 = Cours d'eau de premier ordre, N2 = Cours d'eau de second ordre et Nn = Nombre de cours d'eau.	Strahler 1957
Longueur moyenne des cours d'eau (Lsm)	$Lsm = Lu / Nu$; où, Lu = Longueur moyenne des cours d'eau d'un ordre donné (km), Nu = Nombre de segments des cours d'eau.	Strahler 1957

Flux rapport de longueur (RL)	RL = Lu / Lu+1; où, Lu= Longueur totale discours d'eau de l'ordre (u), Lu+1= Longueur totale discours d'eau de l'ordre inférieur suivant.	Horton, 1945
Rapport de bifurcation (Rb)	Rb = Nu / Nu+1; où, Nu = Nombre de segments discours d'eau présents dans l'ordre donné, Nu+1 = Nombre de segments de l'ordre supérieur suivant.	Schumm 1956
Nombre de robustesse (Rn)	Rn=Dd*(Rf/1000) ; où, Dd = Densité de drainage.	Strahler 1964

1.6.3.2. Le rectangle équivalent

On définit le rectangle équivalent comme le rectangle de longueur L et de largeur l qui a même surface et même périmètre que le bassin versant. Le rectangle équivalent ou rectangle de Gravelius est défini pour pouvoir comparer facilement les bassins entre eux. Les courbes de niveaux des droites parallèles aux petits côtés du rectangle et l'exutoire un des petits côtés du rectangle que nous avons appelé rectangle équivalent (**Roche, 1963**). Soit l et L la largeur et la longueur du rectangle.

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

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

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent [m] ;

l : largeur du rectangle équivalent ;

KG : indice de compacité de Gravelius ;

A : surface du bassin versant (km²) ;

P : périmètre du bassin versant (km).

1.6.3.3. Rapport d'allongement (Re)

C'est le rapport du diamètre d'un cercle de même surface que le bassin, à la longueur maximale du bassin (Schumm, 1956).

$$Re = \sqrt{4(A/P)/L}$$

Avec :

Re : Rapport d'allongement ;

A : La superficie du bassin versant ;

P : Périmètre du bassin versant ;

L : Longueur du bassin.

Les valeurs du rapport d'allongement peuvent être regroupées en 03 catégories : Circulaire (>0,9) ; ovale (0,9-0,8) ; et allongé (<0,7). Est la variation de longueur d'un matériau par traction et le domaine de cet allongement. Sa capacité à s'allonger plastiquement est appelée ductilité.

1.6.3.4. Rapport de circularité (Rc)

C'est le rapport de l'aire du bassin à l'aire d'un cercle de même circonférence que le périmètre du bassin (Miller 1953). Il est contrôlé par plusieurs facteurs : la longueur, la fréquence des cours d'eau, la tectonique, la lithologie, le climat, la pente et le couvert végétal du bassin. Les valeurs de Rc sont corrélées stades du cycle de vie du bassin (N. S. Magesh et al, 2012).

$$Rc = 4\pi A/P^2$$

Avec :

Rc : Rapport de circularité ;

A : La superficie du bassin versant ;

P : Périmètre du bassin versant.

1.6.3.5. Facteur de forme (Ff)

Le facteur de forme est défini comme étant le rapport de la surface totale du bassin versant et de la longueur du bassin (**Horton, 1932**). Pour un bassin parfaitement circulaire, la valeur du facteur de forme sera supérieure à 0,78. Plus le bassin est allongé, plus la valeur du facteur de forme serait faible.

$$Ff = A / (Lb)^2$$

Avec :

Ff : Facteur de forme ;

A : La superficie du bassin versant ;

Lb : Longueur du bassin.

1.7. Hypsométrie

Du fait que la plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont fonction de l'altitude, il est intéressant d'étudier l'hypsométrie du bassin versant par tranche d'altitude en construisant un hypsogramme ou histogramme de fréquence des altitudes, sur lequel la courbe hypsométrique est construite (tracée). Cette courbe fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Elle représente la répartition de la surface du bassin en fonction de son altitude (**Abdeddaim, 2018**).

Il existe des altitudes caractéristiques d'hypsométrie :

- Altitude maximale : C'est le point le plus élevé du bassin versant H max ;
- Altitude minimale : C'est le point le plus bas du bassin versant H min ;

moyenne :
$$H_{moy} = \frac{\sum H_i B_i}{A}$$

- H_i = Altitude moyenne entre deux courbes de niveau consécutives ;

B_i = Surface entre deux courbes de niveau consécutives ;

- Altitude médiane H50% : de la courbe hypsométrique ;

-Altitude H5% et H95% : sont les altitudes au-dessus des quelles s'inscrivent respectivement 5% et 95% de la surface totale du bassin versant, projetées sur la courbe hypsométrique (**Houes, 2008**).

RESULTATSET DISCUSSION

2. Paramètres morphométriques

2.1. Paramètres généraux

Utilisation du logiciel GIS pour le calcul des paramètres généraux du bassin versant d'Oued Meskiana en constate que la superficie du bassin qui est de 1838km², le périmètre est de 341,5 km et la longueur du bassin est de 79,97 km

2.2. Les paramètres morphométriques linéaire

Les paramètres linéaires comprennent : longueur du flux, rapport du flux, fréquence de flux, densité de drainage, texture du drainage, rapport de bifurcation et durée de l'écoulement de surface.

2.3. L'extraction du réseau hydrographique et son hiérarchisation

Les paramètres linaires dépendent principalement du réseau hydrographique et son hiérarchisation. Pour extraire le réseau hydrographique à partir du modèle numérique du terrain du bassin versant d'Oued Meskiana, la procédure effectuée est comme suit :

- La correction de ce dernier pour combler les lacunes qui peuvent exister. La carte MNT corrigée est illustrée sur la Figure 4 ensuite
- La génération de la carte d'accumulation de l'écoulement des eaux superficielles (Fig,5)
- L'extraction du réseau hydrographique en format raster avec un seuil de 1000 pixels (Fig6).
- La conversion de la carte d'extraction du réseau hydrographique en Shape file (Fig,7)

2.3.1. Nombre de cours d'eau (Nu)

Dans la présente étude, le classement des cours d'eau constitue un réseau de cours d'eau de 4 ordre. La fréquence maximale est dans le cas de cours d'eau de premier ordre et diminue à mesure que l'ordre des cours d'eau augmente. Environ 295 cours d'eau observés dans le bassin versant de Meskiana, dont 157 sont de premier ordre, 61 de deuxième ordre, 29 de troisième ordre, 48 de quatrième ordre (tab 4).

2.3.2. Longueur du cours d'eau (Lu)

La longueur totale maximale des cours d'eau est observée pour les cours d'eau de premier ordre et diminue à mesure que l'ordre augmente, à l'exception du cours d'eau de quatrième ordre. Les cours d'eau de premier ordre ont une longueur de 298,7km, les cours d'eau de deuxième ordre de 154,2km, les cours d'eau de troisième ordre de 46,1km, les cours d'eau de quatrième ordre de 66,6km(tab 4).

2.3.3. Longueur moyenne du cours d'eau (Lum)

La longueur moyenne des cours d'eau est une propriété sans dimension. La longueur moyenne des cours d'eau du bassin versant d'Oued Meskiana est de 1,90 pour le premier ordre, 2,52 pour le deuxième ordre, 1,58 pour le troisième ordre, 1,38 pour le quatrième ordre(tab 4).

Tableau 4: Classification, nombre de cours d'eau et leur longueur.

Ordre	Nombre de cours d'eau	Longueur totale des cours d'eau (km)	Longueur Moyenne du cours d' eau
1	157	298,7	1,90
2	61	154,2	2,52
3	29	46,1	1,58
4	48	66,6	1,38

2.3.4. La densité de drainage

Elle permet de caractériser l'organisation du chevelu hydrographique et le degré de drainage du bassin versant (**Benzougagh.B, 2019**). Des valeurs plus élevées indiquent une perméabilité plus faible, une végétation clairsemée et un relief accidenté, et des valeurs plus faibles indiquent une perméabilité plus élevée (**Strahler, 1957**). La densité de drainage dans le bassin versant d'Oued Meskiana est d'environ 0,30 km/ km², ce qui est

très grossière (c'est à dire de type limité) et indique un sous-sol perméable, une couverture végétale moins dense et un relief moins accidenté.

2.3.5. La texture de drainage

La texture de drainage du bassin versant d'Oued Meskiana est de 0,048 et indique une texture de drainage très grossière.

2.3.6. Fréquence de flux

La fréquence de flux dans cette zone d'étude avec une faible valeur 0,16, indique que les cours d'eau sont contrôlés par des fractures. Généralement une faible fréquence de flux est liée à un matériau perméable.

2.3.7. Bifurcation ratio (Rb)

Ce rapport est fonction de la pente, de la physionomie et du climat. Il renseigne sur le degré de ramification du réseau de drainage et d'évolution des bassins versants (Strahler,1964). La valeur élevée de ce rapport indique un fort contrôle structural sur le réseau alors qu'une faible valeur indique que le bassin versant en est moins affecté. Les valeurs de confluence du réseau hydrographique du bassin d'Oued Meskiana sont faible varie entre 0,60 et 2,75 soit une moyenne de 3,9 (Tab 05).

Tableau 5: Rapport de confluence du réseau hydrographique du bassin versant d'Oued Meskiana.

Bifurcation ratio (Rb)	Valeurs
N1 /N2	2,57
N2/N3	2,10
N3/N4	0,60

2.3.8. Durée de l'écoulement de surface (Lo)

Elle est une variable indépendante, affectant le développement hydrologique et physiographique des bassins versants. Elle équivaut à la moitié de l'inverse d'une densité de drainage. La longueur d'écoulement pour la zone d'étude est de 0,15 qui témoignent du ruissellement de surface modéré dans la zone d'étude.

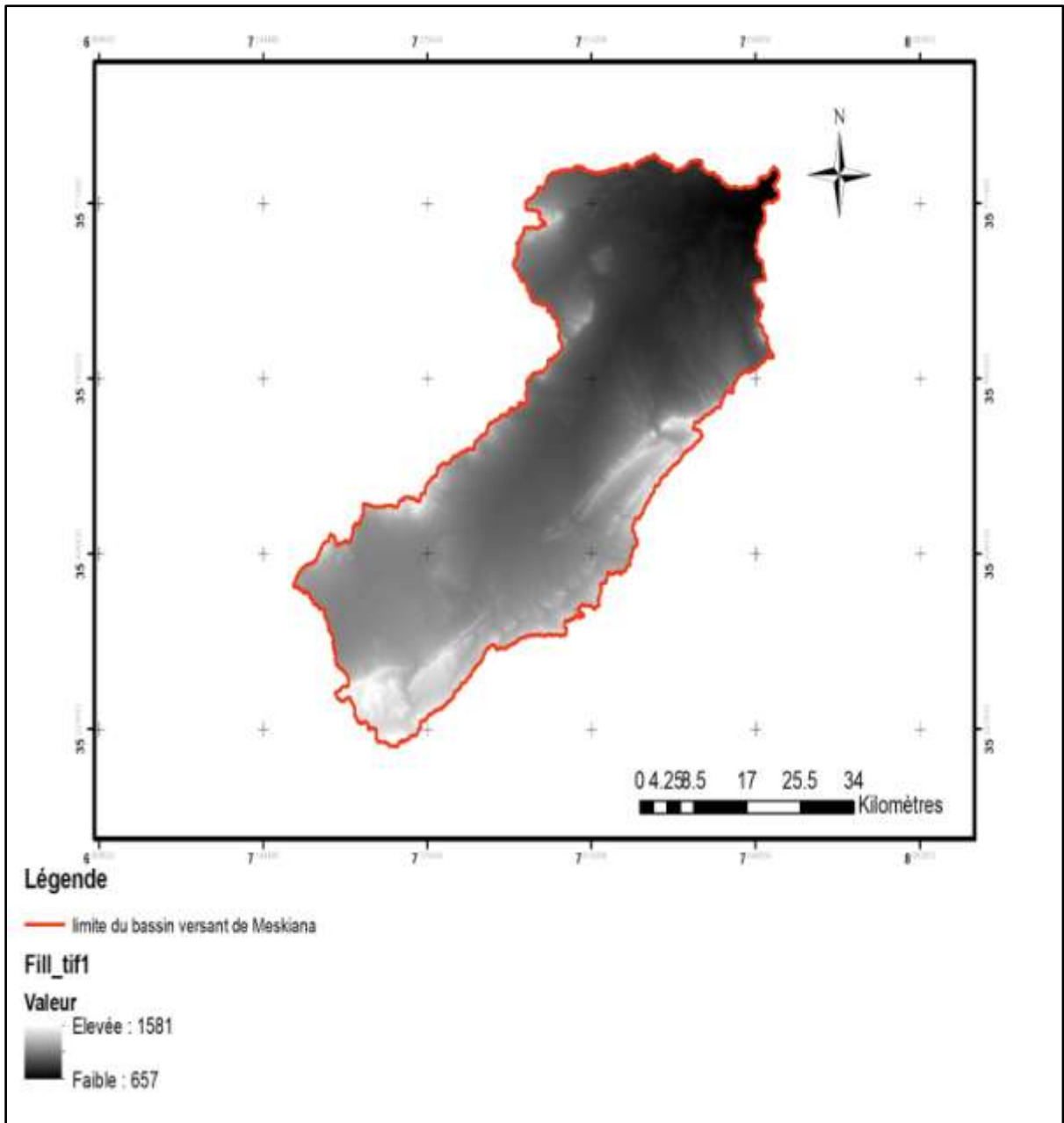


Figure 4: Carte du modèle numérique du terrain du bassin de l'Oued Meskiana corrigée avec comblement des vides.

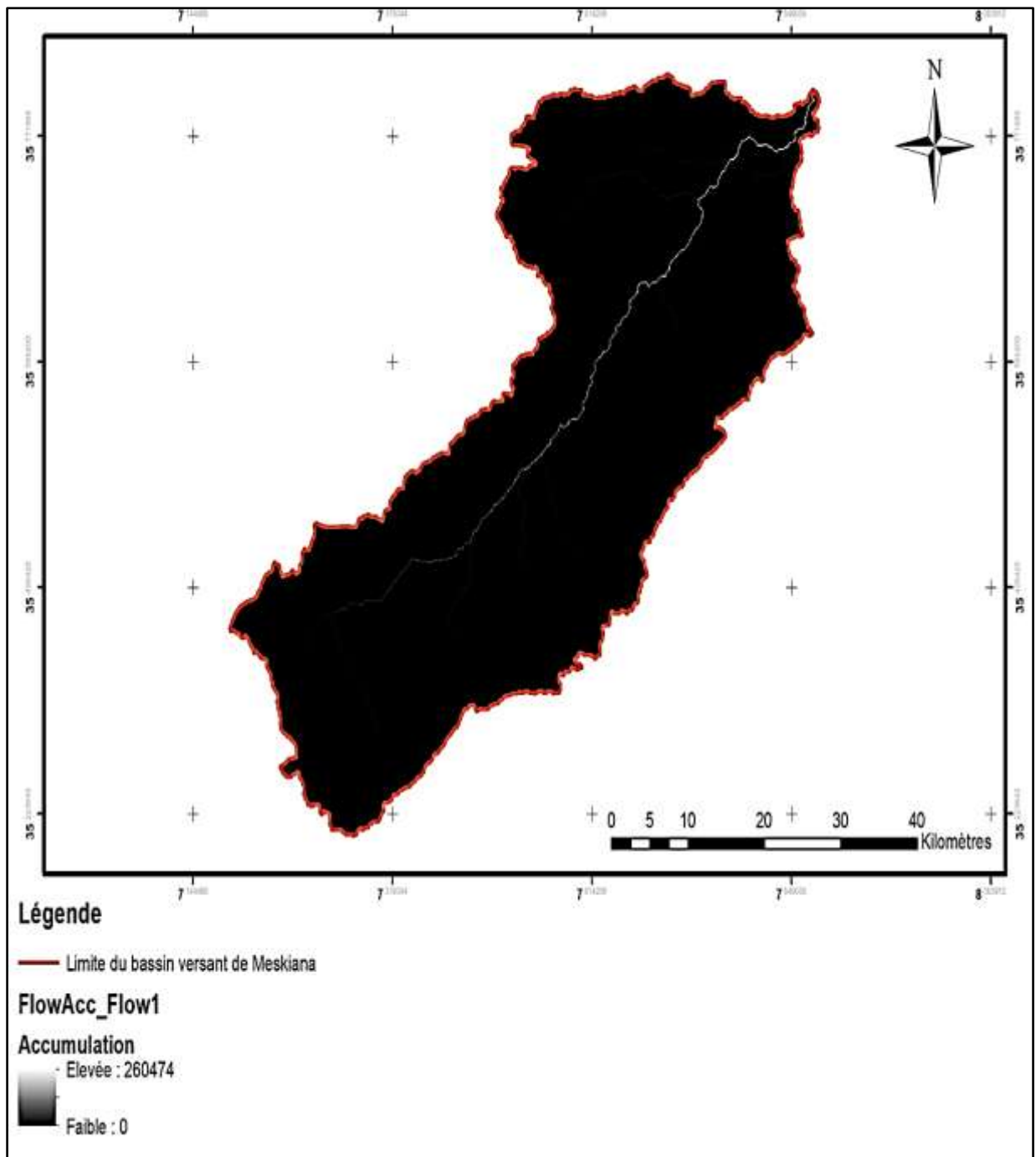


Figure 5: Carte d'accumulation de l'écoulement des eaux superficielles au niveau du Bassin Versant de Meskiana.

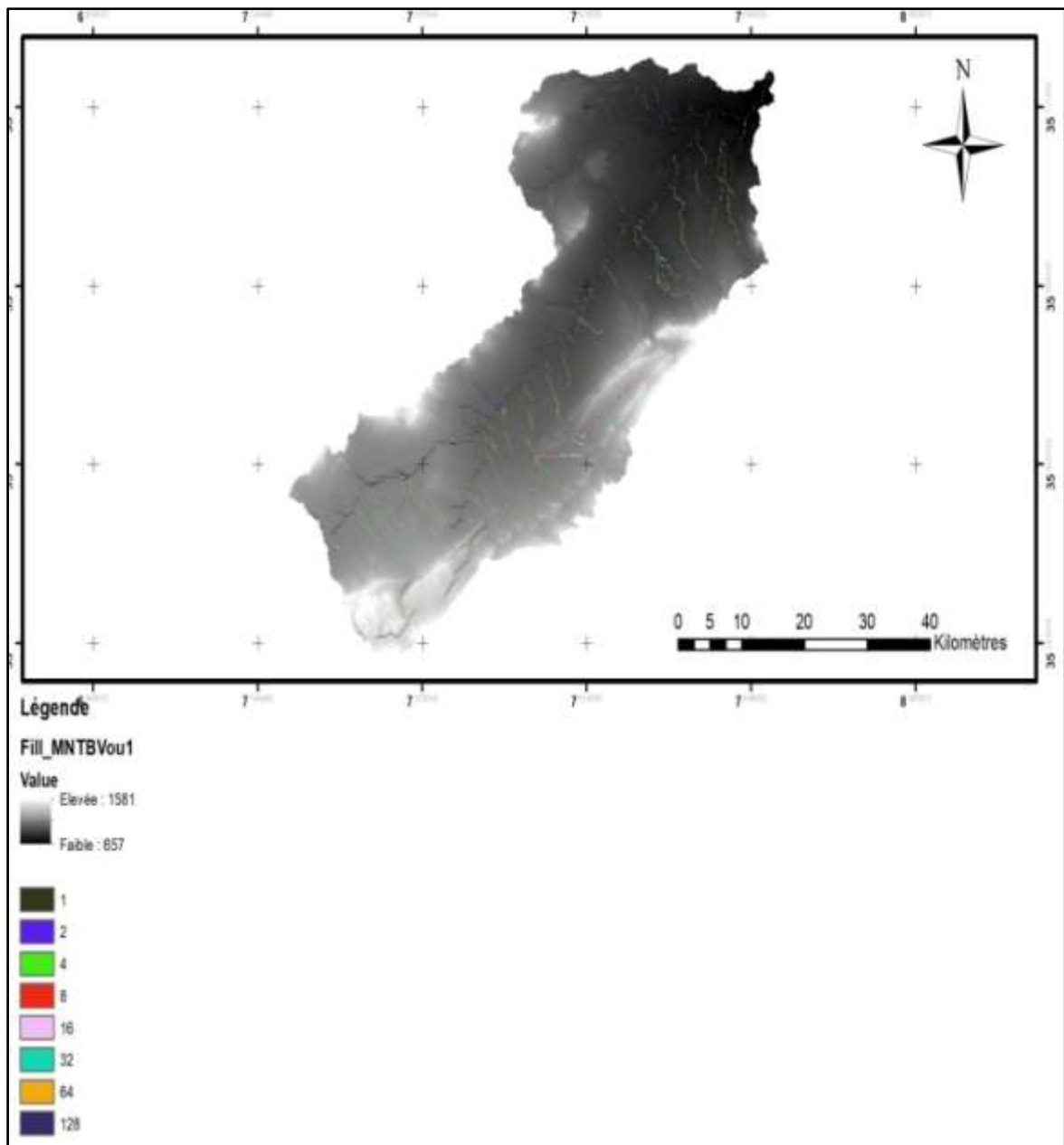


Figure 6: Extraction du réseau hydrographique du bassin versant de Meskiana a partir MNT de (30mx30m), un seuil de 1000 pixels.

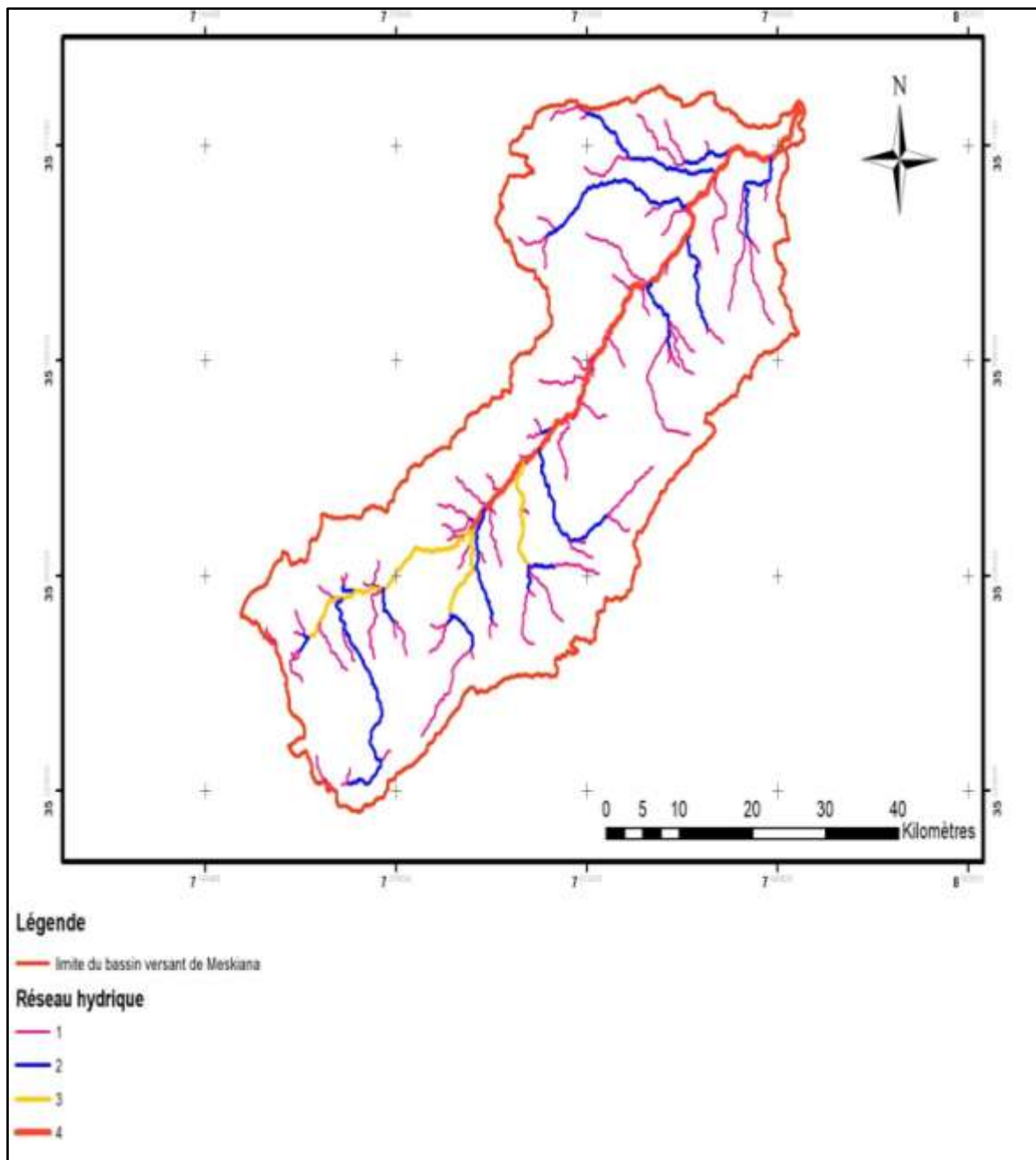


Figure 7: Ordination des cours d'eau selon Strahler, pour le bassin versant d'Oued Meskiana, pour un seuil hydrographique de 1000pixels.

Tableau 6: Les caractéristiques morphométriques linéaires du bassin versant d'Oued Meskiana.

Paramètres	Valeurs
Longueur du flux (Lu)	565,6 m
Flux rapport de longueur (RL)	0,99
Rapport de bifurcation moyenne (RBM)	3,9
Densité de drainage (Dd)	0,30 km /km ²
Drainage texture (T)	0,048
Fréquence de flux (Fs)	0,16
Durée de l'écoulement de surface (Lo)	0,15h

2.4. Les paramètres morphométriques de forme

2.4.1. Indice de Gravelius (KG)

Le coefficient de compacité du bassin versant d'Oued Meskiana est de 2,24 et indique un bassin dont la forme est allongée.

2.4.2. Le rectangle équivalent

Il permet de comparer l'influence des caractéristiques géométriques des bassins versants sur l'écoulement (**Benzougagh.B, 2019**). Les dimensions du rectangle équivalent pour le bassin versant d'Oued Meskiana sont respectivement de 159,47km pour la longueur (L) et de 12, 00 km pour la largeur (l). Ainsi la longueur est trois fois plus grande que la largeur.

2.4.3. Rapport d'allongement (Re)

C'est le rapport du diamètre d'un cercle de même surface que le bassin, à la longueur maximale du bassin (**Schumm, 1956**).C'est un paramètre important permettant de

caractériser la forme d'un bassin versant. La valeur Re de la zone d'étude est 0,042 ce qui confirme que ce bassin versant est de forme allongée.

2.4.5. Rapport de circularité (R_c)

La valeur du rapport circulaire varie de 0 à 1, avec la valeur 1 correspondant à un bassin ayant la forme d'un cercle (Miller ,1953). La valeur du rapport circulaire pour le bassin versant de l'Oued Meskiana est de 0,19 ce qui indique que le bassin a une forme allongée.

2.4.6. Facteur de forme (F_f) :

La valeur du facteur de forme du bassin versant du l'Oued Meskiana, est de 0,0057. Au regard des résultats obtenus au terme des analyses, nous pouvons en déduire que le bassin a une forme allongée, caractérisée par de débits de pointe faible mais de longue durée.

Tableau 7: Les caractéristiques morphométriques de forme du bassin versant d'Oued Meskiana.

Paramètres	Valeurs
Indice de Graveluis (KG)	2,24
Rapport d'allongement (Re)	0,042
Rapport de circularité (R_c)	0,19
Facteur de forme (F_f)	0,0057

2.5. Aspects liés au relief

Les aspects de relief ou de gradient sont des paramètres tout à fait essentiels de l'analyse des bassins de drainage car ils décrivent la nature de la rugosité et de la configuration de la surface. Le rapport du relief, le relief relatif sont quelques paramètres importants de la morphométrie du relief qui est examinée dans la suite (tab8).

Les aspects liés au relief comprennent : Maximum relief, Minimum relief, Relief (Rf), Relative relief (R), Relief ratio (Rh), Nombre de robustesse (Rn), Hypsometricintegral (HI).

Tableau 8: Aspects liés au relief du bassin versant d'Oued Meskiana.

Aspects liés au relief	Résultats	Référence
Maximum relief	1581	SIG environnement
Minimum relief	657	SIG environnement
Relief (Rf)	924	Strahler 1952
Relative relief (R)	2,70	Melton 1957
Relief ratio (Rh)	1,63m	Schumm 1956
Nombre de robustesse (Rn)	0,2772	Strahler 1964
Hypsometricintegral (HI)	1	Strahler 1952

CONCLUSION GENERALE

Le bassin versant d'Oued Meskiana est l'un des grands bassins des massifs d'Aurès, 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 bassin versant d'Oued Meskiana à partir d'un MNT. A la suite des résultats obtenus, on peut conclure que les variables morphométriques du bassin du sixième ordre de la zone sont influencées par la lithologie.

- Le bassin versant d'Oued Meskiana est caractérisé par une forme allongée avec un indice de Gravelius de 2,24, un rapport d'allongement de 0,042, et un rapport de circularité de 0,19.

- Les aspects de relief du bassin versant objet d'étude est très fort comme suit : Relief minimale correspond à 657m, Relief maximale correspond à 1581m, le relief relatif est 924m, l'altitude moyenne est de 1016m.

- Le réseau hydrographique ne présente pas des ramifications nombreuses ; avec une densité du drainage très grossière à $0,30 \text{ km/km}^2$, texture de drainage très grossière avec une valeur de 0,048, la fréquence de flux est de 0,16, la durée de l'écoulement de surface est estimé à 0,15 heure.

- A partir de ce qui précédé nous pouvons constater que le bassin d'Oued Meskiana peut être un milieu favorable à l'érosion et donc au transfert solide.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

- ***Abdeddaim, H. (2018).** Contribution a l'étude de l'influence de la structure du réseau hydrographique sur le risque hydrographique «cas des bassins de l'Est de l'Algérie » (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra).
- ***Ali, U., & Ali, S.A. (2014).** Analysis of drainage morphometry and watershed prioritization of Romushi-Sasar catchment, Kashmir Valley, India using remote sensing and GIS technology. *International Journal of Advanced Research*, 2(12), 5-23.
- ***Benzougagh, B., Meshram, S. G., El Fellah, B., Mastere, M., Dridri, A., Sadkaoui, D., ... & Khedher, K. M. (2022).** Combined use of Sentinel-2 and Landsat-8 to monitor water surface area and evaluated drought risk severity using Google Earth Engine. *Earth Science Informatics*, 1-12.
- ***Boubguira, S., Zouini, D., Lamine, S., & Dali, N. (2021).** Suitability of surface water for irrigation in the Maffragh basin, North-East of Algeria. *Journal of Water and Land Development*, (48).
- ***Gravelius, H. (1914).** Grundrifi der gesamten Gewässerkunde. Band I: Flufkunde. *Compendium of Hydrology I. Rivers*.
- ***Gouaidia, L. (2008).** Influence de la litologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algérien (Doctoral Dissertation, Université se Annaba-Badji Mokhtar).
- ***Gouaidia, L., Guefaïfia, O., Boudoukha, A., LaidHemila, M., & Martin, C. (2012).** Évaluation de la salinité des eaux souterraines utilisées en irrigation et risques de dégradation des sols: exemple de la plaine de Meskiana (Nord-Est Algérien). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, (Volume 6), 141-160.
- ***Ghourri, M., Zidane, L., & Douira, A. (2013).** Usage des plantes médicinales dans le traitement du Diabète Au Sahara marocain (Tan-Tan). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 17(1), 2388-2411.

- ***Haoues, C. (2008)**. Evaluation par analyse multicritères du risque d'érosion dans la vallée de l'Oued Labiod (Approche systémique) (Doctoral dissertation, Université de Batna 2).
- ***Horton,R.E. (1932)**. Drainage-basin characteristics. Transactions, American geophysical union, 13(1), 350-361.
- ***Horton, R.E. (1945)**. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological society of America bulletin, 56(3), 275-370.
- ***Magesh, N. S., & Chandrasekar, N. (2014)**. GIS model-based morphometric evaluation of Tamiraparani subbasin, Tirunelveli district, Tamil Nadu, India. Arabian Journal of Geosciences, 7(1), 131-141.
- ***Miller,V.C.(1953)**. A Quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the clinch mountain area virginia and tennessee .
- ***Melton, M. A. (1957)**. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. Columbia Univ New York.
- ***Schumm, S. A. (1956)**. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geological society of America bulletin, 67(5), 597-646.
- ***Smith, K. G. (1950)**. Standards for grading texture of erosional topography. American journal of Science, 248(9), 655-668.
- ***Strahler (1957)**. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys.
- ***Strahler, A. N. (1964)**. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. Handbook of applied hydrology.
- ***Verstappen, H. (1983)**. The Applied Geomorphology, International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands.
- ***Zavoianu, I. (2011)**.Morphometry of drainage basins. Elsevier.