



Université Saad DAHLAB - BLIDA 1
Faculté de Technologie
Département des Sciences de l'Eau et Environnement

MEMOIRE DE MASTER

Filière : Hydraulique
Spécialité : Sciences de l'Eau

Thème :

**Utilisation de L'Application ARCGIS dans L'Etude
Des Paramètres Morphométriques Des Bassins
Versants De L'Algérois : Beni Amrane, Hamiz et
Keddara**

Présenté par :
OUKOCHIH Abderrahim
BENIMEUR Abderazak

Devant le jury composé de :

Mm TAIBI S.	M.A.B, U. de Blida 1	présidente
M KHOULI M	M.A.A, U. de Blida 1	examineur
M MESSAOUD N	M.C.A, U. de Blida 1	examineur
MmBOUZOUIDJA S	M.A.A, U. de Blida 1	promotrice

Promotion 2016 - 2017

Dédicace

*Après cette réussite que fait la joie
A tous qui m'aime. Je dédie ce modeste travail
avec vif plaisir à ceux qui sont les plus proches à
mon cœur, qui ont fait
de toute leurs force pour que je sois toujours
heureux, et leurs sacrifices consentis
mes très chères parents ,qui sans eux je*

Serai rien.

À mes sœurs.

À toute ma grande famille.

A tous mes amis : G.S Karim, Housseem, Abdou

missoum, nazih, mohamedchteb, youcef

haithem, djaber, rabah, kheireddine, Ammar

et ma copain de chambre Imed.

A tous mes collègues de la spécialité science de l'eau.

Remerciements

Je remercie notre Bon Dieu le tout puissant de m'voire guidé, aidé et donné la foi et le courage pour accomplir ce travail.

Je remercie profondément mes parents pour leur soutien moral et matière.

Mes remerciements à mon promotrice « MADAME BOUZOUIDJA SOUAD » pour ses conseils inestimables et sa précieuse assistance.

On remercie aux membres du jury pour avoir accepté de venir examiner notre travail et vous dire qui on a l'honneur de vous voire présents.

*On voudrait vous exprimer toute notre reconnaissance à l'ensemble des enseignants de Départements de Sciences de l'Eau et l'Environnement surtout au chef de Département Monsieur **BENSAFIADJILALI** pour ses conseils créatifs.*

Je tiens à remercier tous mes amis de la spécialité science de l'eau pour l'ambiance conviviale de travail.

Finalement un grand merci à toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre m'a apporté leur aide et leurs conseils pour mener à bien ce travail.

Introduction Générale

Le bassin est défini comme une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement (et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion) s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur.

Les bassins versants de BeniAmrane, Keddara et Hamiz. Est situé au Centre - Nord de l'Algérie, Elle s'étend sur la Wilaya Boumerdès.

L'objet de ce mémoire est l'étude des paramètres MorphométriquesA travers de logiciel de l'Arcgis sachant que chacun de ces chapitres nous donne des informations et des calculs et une idée sur les trois bassins versants de Beni Amrane, Keddara et Hamiz.

Pour le premier, on a présenté logiciel et comment réaliser logiciel « ArcGIS » sur des données géographiques pour délimiter le bassin versant et son réseau hydrographique et créés la carte hypsométrique, et aussi la détermination de ses caractéristiques morphométriques.

Pour le deuxième chapitre, c'est l'étude topographique et l'étude géologique Ils permettent de localiser avec précision le site favorable de la retenue puis on détermine les caractéristiques physiographiques et hydro-morphologique et hydrographique des trois bassins versants, ensuite on a un chapitre pour les résultats de nous travaux et l'interprétation de chaque bassin versant et synthèse comparative des paramètres Morphométriques.

ملخص:

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو تقديم برنامج "أرتجيس" وكيفية تحديد مستجمعات المياه وشبكاتها الهيدروغرافية و حساب المعاملات المورفومترية و الخصائص الهيدرومورفولوجية عن طريق الخرائط تتحقق على برنامج أركجيك، هذه الدراسة من ثلاثة أحواض مائية (كدارا، الحاميز و بني عمران) إن مستجمعات المياه تتعرض لتآكل قوي، مما يؤدي إلى الطمي الكلي تقريبا لسد الحميز. وتراوحت كثافة الصرف بين 0.84 و 2.29 في مستجمعات المياه الثلاثة لهذا الغرض، ونحن نوصي تقنيات مكافحة الانجراف أكثر ملائمة وأكثر كثافة لحماية الغطاء النباتي لتجنب فقدان سدنا.

الكلمات المفتاحية :

حوض مائي، المعلمات المورفومترية، الخصائص الهيدرومورفولوجية، الهيدروغرافية، الانجراف.

Résumé :

L'objectif principal de ce travail est de présenter le logiciel « ARCGIS » et comment délimiter un bassin versant et leur réseau hydrographique et calculer les paramètres morpho métriques et hydro morphologiques à partir des cartes réalisées sur le logiciel "ARCGIS", cette étude de trois bassins versants (Kadara, el Hamiz et Beni amran) a montré que les bassins versants sont sujettes à une forte érosion d'où l'envasement presque total du barrage d'El Hamiz.

La densité de drainage variaient entre 0.84 et 2.29 pour les trois bassins versants pour cela Nous recommandons des techniques anti-érosives plus appropriées et une protection du couvert végétal plus intense à fin d'éviter la perte de nos barrages.

Mots clés :

Bassin versant, paramètres morpho-métriques, caractéristiques hydro-morphologiques, caractéristiques hydrographiques, érosion.

Abstract:

The main objective of this work is to present the “ARCGIS” program, how to identify watersheds, hydrographic networks, morphometric calculations and hydro-morphological characteristics by means of maps on the Arcjek program. This study is done from three water basins (Keddara, Hamiz and Beni Amran) Strong, leading to almost total silt to fill the acids.

The drainage density ranged between 0.84 and 2.29 in the three watersheds for this purpose, and we recommend more suitable and more intensive anti-drift techniques to protect the vegetation to avoid loss of dam.

Keyword:

watersheds (basins), morphometric parameter, hydro-morphological characteristics, hydrographical characteristics, erosion.

Introduction

L'objectif de ce chapitre est de vous présenter et rendre capable de réaliser logiciel «ArcGIS» sur des données géographiques et calculer les paramètres Morphométriques.

I-1 Avant-propos (pdf saidi)

Les délimitations manuelles des bassins versants sur les cartes topographiques et les analyses morphométriques classiques ont été les toutes premières mesures quantitatives utilisées pour cerner la géomorphologie des bassins versants. Ces analyses sont le préambule à de nombreuses études hydrologiques. Aujourd'hui l'outil informatique permet d'entreprendre aisément ces différentes manipulations permettant la délimitation des bassins versants, la mesure de la géométrie, de l'hypsométrie, des pentes ou de l'organisation du réseau hydrographique. A cet effet, des logiciels des Systèmes d'Information Géographique, notamment ArcGis, fournissent des outils intéressants de calculs et de mesures hydromorphologiques à partir des cartes MNT. Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une représentation en trois dimensions de la surface de la terre, créée à partir des données d'altitudes du terrain.

En 2009, un MNT a été mis gratuitement à disposition des internautes, offrant une résolution de 30 mètres, et couvrant 99 % de la surface du globe. Il a été créé par stéréoscopie à partir de couples de photos aériennes ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) par la NASA et le ministère de l'économie, du commerce et de l'industrie du Japon.

I-2 Objectif du guide (pdf saidi)

Délimitation d'un bassin versant et déterminations de ses caractéristiques morphométriques.

I-3 Qu'est-ce qu'un Système d'Information Géographique-SIG?Initiation pdf

Les SIG sont considérés comme une des technologies de l'information les plus performantes car elle vise à intégrer des connaissances provenant de sources multiples et crée un environnement pluri-secteurs idéal pour la collaboration.

De plus, le SIG séduit les nouveaux utilisateurs par son côté intuitif et cognitif. Il réunit un environnement de visualisation performant et une puissante infrastructure d'analyse et de modélisation spécialement adaptée à la géographie.

Dans cette optique, les SIG proposent 3 volets pour afficher et manipuler les informations géographiques (voir figure 1) :

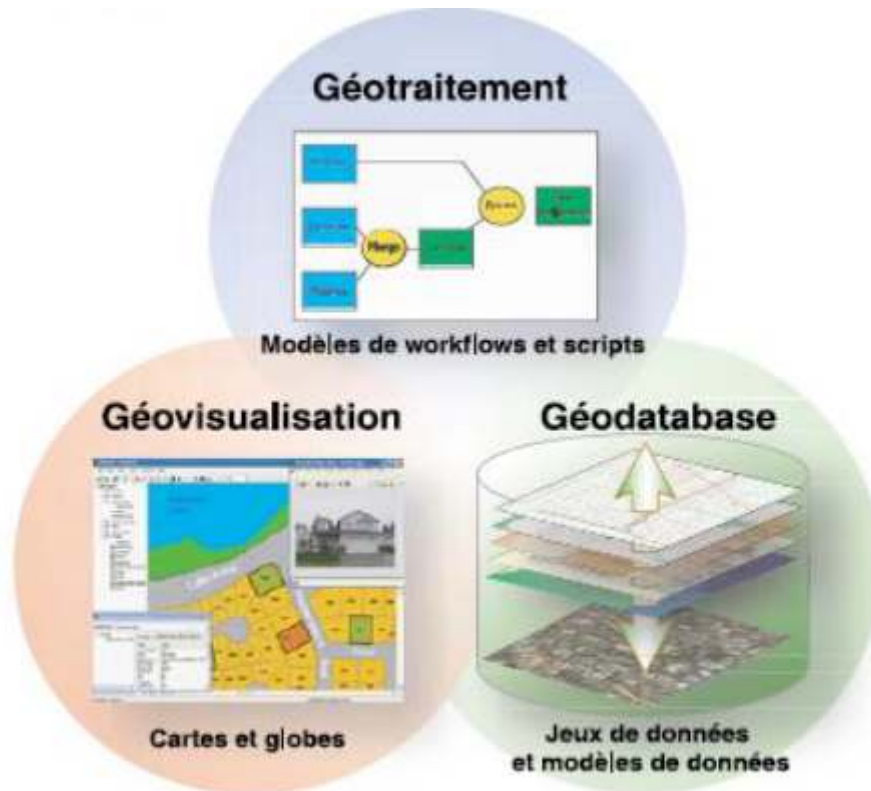


Figure I-1: Les 3 éléments constituant le noyau d'un SIG complet

* **Le volet géodatabase - catalogue** : un SIG correspond à une base de données spatiales contenant des jeux de données qui représentent des informations géographiques selon un modèle de données SIG générique (entités, rasters, attributs, topologies, réseaux, etc.).

* **Le volet géovisualisation - carte** : un SIG est un ensemble de cartes intelligentes (2D ou 3D) et de vues (2D ou 3D) qui montrent des entités spatiales et leurs relations à la surface de la terre. Il est possible d'élaborer différentes vues cartographiques des informations géographiques sous-jacentes, qui s'utilisent comme des "fenêtres ouvertes sur la base de données géographique" afin d'effectuer des requêtes, des analyses et de modifier les informations géographiques.

* **Le volet géotraitement – boîte à outils**: un SIG comprend des outils de transformation des informations qui produisent des informations à partir des jeux de données existants. Les fonctions de géotraitement partent des informations contenues dans les jeux de données existants, appliquent des fonctions analytiques et écrivent les résultats dans de nouveaux jeux de données.

Ensemble, ces trois éléments constituent le noyau d'un SIG complet.

I-4 Qu'est-ce que ArcGIS ? (word Qu)

I-4-1 Présentation d'ArcGIS

ArcGIS 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, ArcGIS 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. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs de bureau.

Si vous êtes un utilisateur de longue date d'ArcGIS, vous pouvez le considérer comme une série de programmes et d'outils logiciels que vous utilisez pour réaliser un travail SIG professionnel. A mesure que la technologie progresse, nous vous invitons à envisager une vision élargie de la façon dont le monde utilise les informations géographiques, basées autour d'ArcGIS comme système. Le système ArcGIS permet aux informations géographiques officielles créées par la communauté SIG d'être facilement et librement exploitées par tous ceux qui veulent les utiliser (et avec lesquels ils choisissent de les partager). Ce système comprend un logiciel, une infrastructure en ligne basée sur le cloud, des outils professionnels, des ressources configurables telles que des modèles d'application, des fonds de cartes prêts à l'emploi et du contenu officiel partagé par la communauté des utilisateurs. Le prise en charge des serveurs et des plates-formes cloud permet la collaboration et le partage, ce qui garantit que les informations essentielles À la planification et la prise de décision sont immédiatement accessibles À tous.

I-5 ARCGIS est une infrastructure pour créer des cartes.(word Qu)

Vous pouvez considérer le système ArcGIS comme une infrastructure rendant les cartes et les informations géographiques disponibles dans une division, dans toute l'entreprise, entre les plusieurs organisations et communautés d'utilisateurs et sur le web pour que tout le monde y accède. Par exemple, les travailleurs utilisant des dispositifs portables peuvent mettre à jour des mesures en temps réel sur le terrain tandis que des spécialistes analysent ces informations au même moment sur des ordinateurs de bureau, et les planificateurs font des études d'impact sur les résultats de cette analyse au moyen des applications Web. Enfin,

les cartes et les données résultant du projet peuvent être publiées sur le Web afin que tout le monde puisse y accéder via les navigateurs Web et les applications sur les smartphones et les tablettes. Cela permet aux gens de non seulement voir les résultats du projet, mais également de combiner ces données à d'autres données disponibles pour créer des cartes supplémentaires qui permettent d'utiliser vos informations géographiques de nouvelles façons.

I -6 Comment les SIG sont utilisés dans les différentes communautés(word Qu)

Les professionnels dans de nombreux secteurs utilisent ArcGIS dans un large éventail d'applications, incluant la planification et l'analyse, la gestion d'actifs, la sensibilisation opérationnelle, les opérations sur le terrain telles que l'inspection mobile et le déploiement d'urgence, les études de marché, la gestion des ressources, la logistique, l'éducation et la sensibilisation. En général, ces professionnels utilisent ArcGIS, car il les aide à :

- Résoudre des problèmes
- Prendre de meilleures décisions
- Planifier avec succès
- Faire un meilleur usage des ressources
- Anticiper et gérer le changement
- Gérer et exécuter des opérations plus efficacement
- Promouvoir la collaboration entre les équipes, les disciplines et les institutions
- Accroître la compréhension et la connaissance
- Communiquer plus efficacement
- Éduquer et motiver les autres

I -7 Que pouvez-vous faire avec ArcGIS ?(word Qu)

ArcGIS vous permet de :


- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes
- Rassembler les informations géographiques
- Créer et gérer des bases de données géographiques
- Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale

- Créer des applications basées sur la carte
- Communiquer et partager des informations grâce à la puissance de la géographie et de la visualisation.

• I-8 Travailler dans ArcMap

I-8-1 Ouvrir un projet ArcMap (nouveau ou préexistant)

Ouvrez ArcMap. Deux possibilités s'offrent à vous (choisissez la deuxième) :

- Soit, cliquez sur « Démarrer > Tous les programmes > ArcGIS > ArcMap »
- Soit, utilisez l'**icône de raccourci vers ArcMap**  disponible dans ArcCatalog

o Et choisissez (choisissez la deuxième !) :

o Soit, «Start using ArcMap with: **A new empty map** » pour ouvrir un nouveau document vide.

o Soit, «Start using ArcMap with: **An existing map** » pour ouvrir un document ArcMap préexistant, et ensuite «Browse for maps».

- Naviguez ensuite vers le projet ArcMap préexistant dans le répertoire « D:\Initiation ArcGIS SIG ACE \DATA\2 ArcMap project exploration \ ArcMap project exploration.mxd »
- Ouvrez ce projet

I-8-2 Structure d'un projet ArcMap (pdf initiation)

Vous devriez maintenant avoir en face de vous le projet ArcMap repris à la **Figure 7** (sans les annotations rouges).

L'interface d'ArcMap (en mode « **Visualisation des données** » ou « **Data View** ») s'organise de la manière suivante :

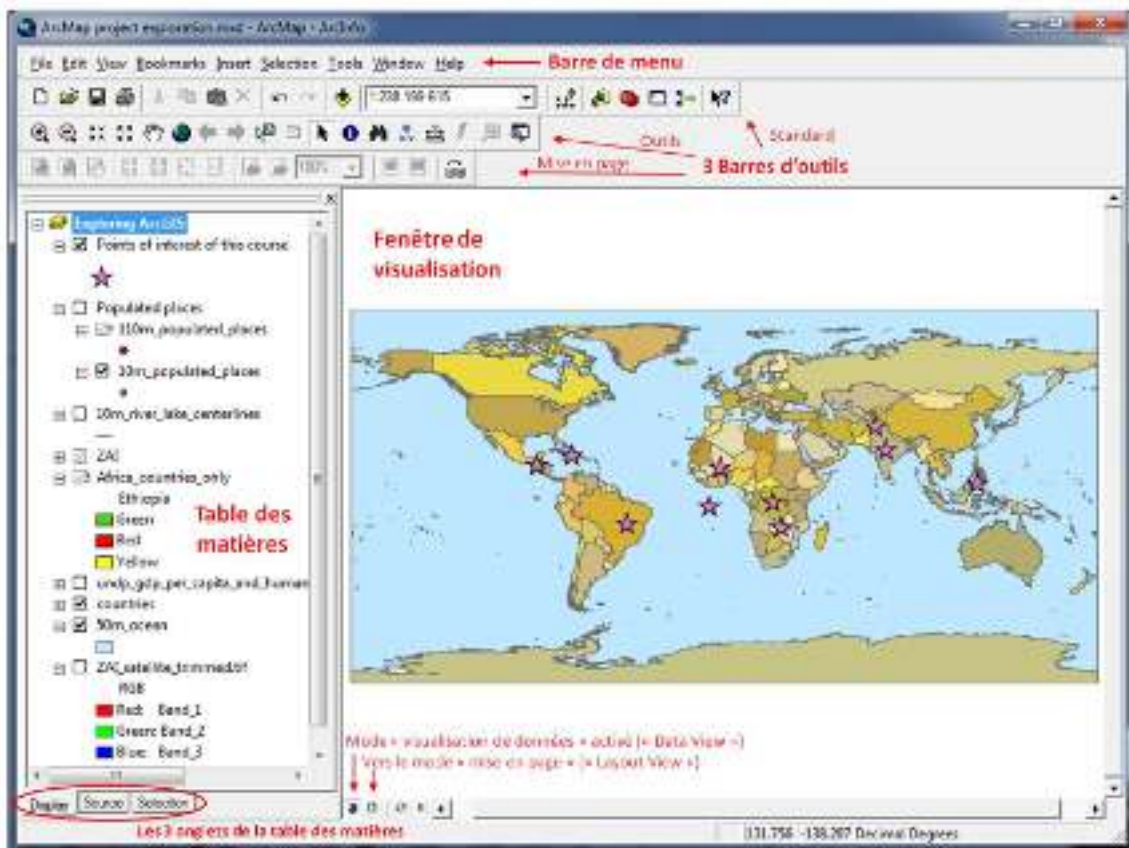


Figure I -2 : Structure de l'interface d'ArcMap en mode « visualisation des données » (data view)

1. Une fenêtre appelée « **Table des matières** » (« Table of Contents ») reprenant une liste des fichiers présents dans le projet ArcMap. La « Table des matières » se subdivise elle-même en trois onglets :

- « **Display** » pour sélectionner et organiser vos couches,
- « **Source** » indiquant le répertoire dans lequel se trouvent les fichiers
- « **Sélection** » ne reprenant que les fichiers sélectionnés pour l’affichage.

2. Une fenêtre de **visualisation spatiale** des données sélectionnées dans la « Table des matières».

3. Une **barre de menu** comprenant toute une série de fonctionnalités sous forme de menus déroulant

4. Des **barres d'outils**, permettant diverses opérations par l’intermédiaire de bouton.

La Figure 3 illustre le **mode « Mise en page » (« Layout View ») d’ArcMap**. Remarquez la présence d’éléments spécifique à une carte : titre, échelle, flèche du Nord, cadre. L’édition cartographique sera abordée à la section 3.3.24.

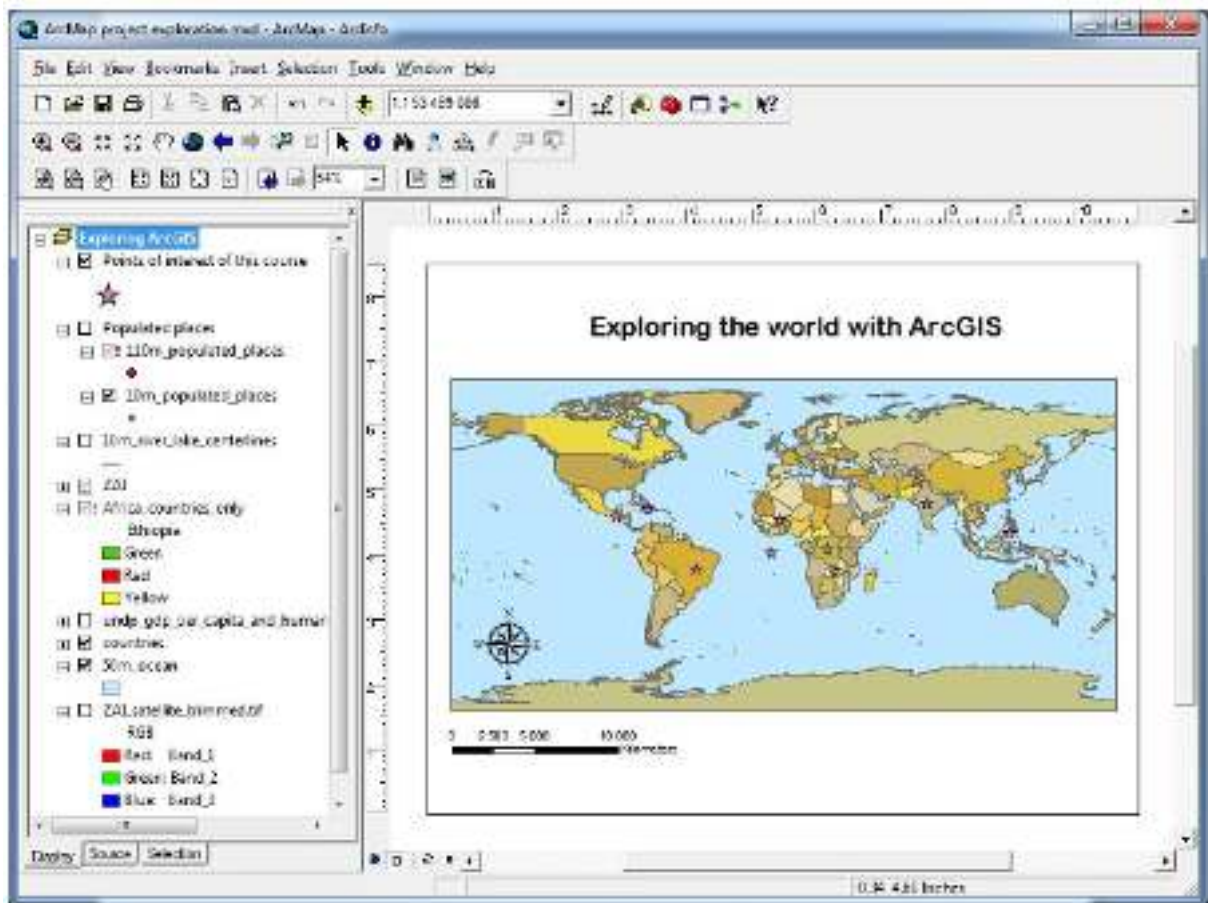


Figure I-3 : Structure de l'interface d'ArcMap en mode « Mise en page » (« Layout View »)

I-8-3 Afficher les couches (layers) d'information.

Pour **afficher / ne plus afficher une couche**, il suffit de cocher / décocher la case située à gauche du nom de la couche. Remarquez qu'il est possible de tout (dé) cocher en appuyant sur « CTRL » en (dé)cochant une seule case.

- Cochez/décochez, par exemple, la case à la gauche de la couche « 10m_river_lake_centerlines »

Ne vous préoccupez pas encore des cases grisées des deux couches « ZAI » et « Africa_countries_only ». Les **cases grisées** indiquent qu'ArcMap ne peut pas afficher la couche dans la fenêtre de visualisation. Nous y reviendrons plus tard.

La fenêtre de visualisation d'ArcMap affiche les données géographiques sélectionnées dans la table des matières comme une **superposition de couches** les unes sur les autres selon l'ordre défini dans la table des matières (la première couche de la table des matières sera affichée au-dessus des autres dans la fenêtre de visualisation).

Pour vous en rendre compte.

- Cliquez sur le nom de la couche « 10m_river_lake_centerlines » dans la table des matières et faites-la glisser en-dessous de la couche « countries ». Que se passe-t-il ? (Réponse : la couche « 10m_river_lake_centerlines » est cachée par la couche « countries » qui se trouve au-dessus).

Lors de l'addition de nouvelles données, ArcMap superpose **par défaut** les types de couches dans l'ordre suivant : **points (au-dessus), lignes, polygones, raster(en-dessous)**. C'est le cas pour ce projet-ci. Pour **modifier cet ordre**, sélectionnez une couche en cliquant sur son nom et déplacez-la en-dessous ou au-dessus de son emplacement initial. Que constatez-vous dans la fenêtre de visualisation ?

I-8-4 Définir (Réparer) la source des données.

Vous remarquez que la couche « Africa_countries_only » est **grisée avec un point d'exclamation rouge** à côté. Ce point d'exclamation signifie que le chemin (répertoire) reliant la couche visible dans ArcMap avec ses données sources (stockées sur votre disque dur) n'est pas correct et qu'en conséquence, ArcMap n'est plus capable d'afficher correctement cette donnée.


Pour « réparer » un « chemin source » d'une donnée,

- Faites un bon vieux clic-droit sur le nom de la couche concernée, dans ce cas-ci « Africa_countries_only »
- Allez dans « Data > Repair data source... ».
- Naviguez ensuite (à l'aide de l'onglet « Look in ») jusqu'au répertoire où se trouve la donnée géographique correspondant à cette couche, dans ce cas-ci : « D:\Initiation ArcGIS SIG ACE \DATA\2 ArcMap project exploration\Africa countries only\Africa_countries_only.shp »
- Cliquez « Add ».

La couche « Africa_countries_only » devrait maintenant s'afficher correctement dans la fenêtre de visualisation. La couleur grisée et le point d'exclamation rouge ont disparu.

I-8-5 Définir la gamme d'échelle de visualisation d'une couche.

La couche « ZAI » ne peut s'afficher elle aussi. **Un petit rectangle avec un point se situant en-dessous de la case de la couche** signifie que l'échelle actuellement utilisée dans la fenêtre

de visualisation ne correspond pas à la gamme d'échelle dans laquelle cette couche peut s'afficher. L'échelle utilisée par la fenêtre de visualisation est visible à la droite du bouton  dans la barre d'outils « standard ».

Afin de **redéfinir la gamme d'échelle de visualisation d'une couche**, et dans ce cas-ci de permettre la visualisation de la couche « ZAI » avec l'échelle actuelle,

- Cliquez-droit sur le nom de la couche concernée, dans ce cas-ci « ZAI »
- Allez dans « Properties... »
- Choisissez l'onglet « General » et intéressez-vous à l'encadré « Scale Range ». Remarquez qu'actuellement, les paramètres de cet onglet sont réglés pour que cette



couche n'apparaisse pas lorsque l'on zoom à une échelle inférieure au 1/15 000 000 (Zoom out).




- Cochez « Show layer at all scales ».
- Cliquez « OK »
- La couche « ZAI » devrait maintenant s'afficher correctement dans la fenêtre de visualisation, vous permettant de visualiser les régions administratives de la République Démocratique du Congo (RDC).
- Rétablissez la gamme d'échelle de cette couche comme précédemment en choisissant cette fois : « Don't show layer when zoomed out beyond 1 :15 000 000 » et « OK ».

La couche « ZAI » disparaît.

I-8-6 Navigation dans la fenêtre de visualisation.

Plusieurs possibilités s'offrent à vous pour **modifier l'échelle d'affichage** :

- Utilisez les outils  pour zoomer in, out et se déplacer latéralement. Zoomez sur l'Inde.
- Cliquez sur  pour zoomer sur l'ensemble de vos données (affichées ou non).
- Pour trouver facilement la RDC, faites un clic-droit sur le nom de la couche « ZAI » et choisissez « **Zoom to layer** ».
- Pour retourner en Inde facilement, utiliser la flèche bleue de gauche de retour au zoom précédant .
- Utilisez la flèche bleue de droite pour revenir en RDC.

- Visualisez maintenant la RDC avec les 3 échelles suivantes : 1/24 000, 1/500 000, 1/100 000 000 000. Pour ce faire, entrez les valeurs d'échelles désirées dans la boîte « Scale » de votre barre d'outils principale, à la droite du bouton . Cela vous paraît-il logique ? Qu'est-ce qu'une « grande » et « petite » échelle ? Réponse dans l'encadré ci-dessous.
- Pour identifier un point dont vous avez les coordonnées utilisez l'outil « **Go To XY** » , de la barre d'outils « Outils » d'ArcMap. Pour identifier le « Sanctuaire des Bonobos » au Sud de Kinshasa :
 - Cliquez sur le bouton 
 - Dans la fenêtre « « Go To XY (...) »,
 - Choisissez des « degrés décimaux » comme unité
 - Tapez Long :15.266 et Lat :- 4.488
 - Choisissez l'outil « Zoom to »

I-9 Méthodologie (pdf saidi)

I-9-1 Géoréférencer et découper la carte MNT avec "Global Mapper" :

Ouvrir Global Mapper puis Ouvrir votre carte MNT (fichier dem).

Appliquer une projection à la carte MNT directement sous Global Mapper, cliquez sur l'icône « **Configuration** » puis sur la rubrique « **Projection** », et éventuellement sur « **Load From File** » pour chercher une projection à partir d'un fichier disponible.

Pour découper la MNT :

Le fichier DEM (Digital Elevation Map ou MNT) étant ouvert, cliquez sur « **File** » puis sur « **Export Raster And Elevation Data** » ensuite sur « **Export DEM** ». Validez les OK.

Dans la fenêtre « **DEM Export Options** », cliquez sur la rubrique « **Export Bounds** » puis sur « **Draw a Box** ».

Sélectionnez la zone à découper et validez deux fois par « **OK** ».

Choisissez enfin un nom et un dossier d'enregistrement.

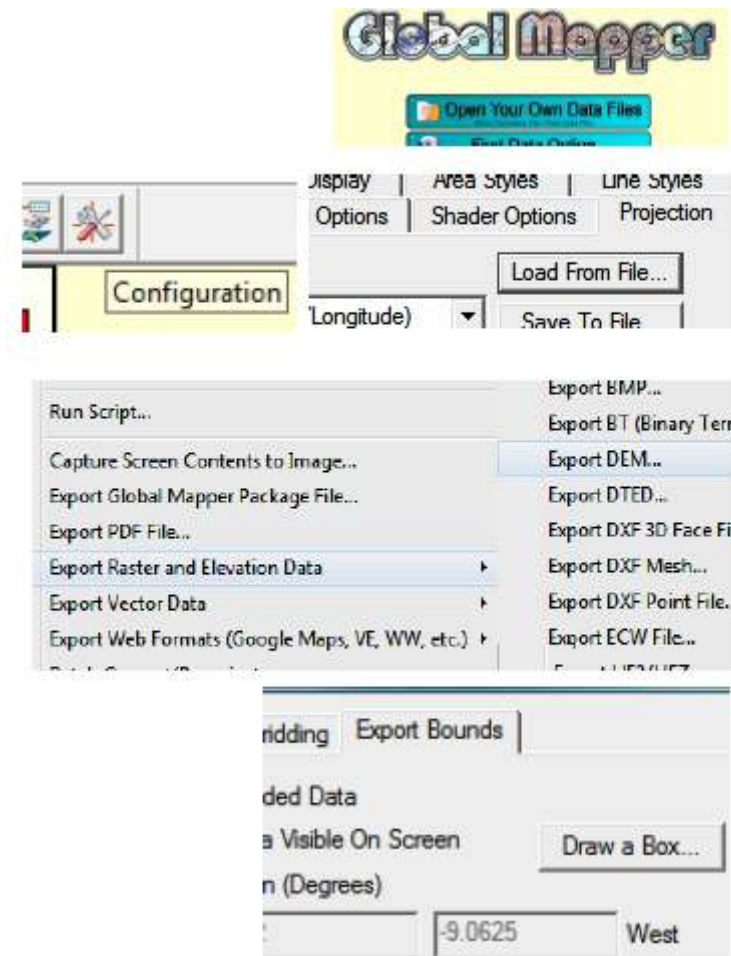


Figure I-4 : Géoréférencer et découper la carte MNT avec "Global Mapper"

I-9-2 Conversion de la DEM découpée en image raster lisible par ArcGis :

Ouvrir ArcMap puis convertir le fichier DEM en image Raster par l'outil ArcToolbox :

Développez **ArcToolbox** et allez à l'outil « **Conversion Tools** » puis à « **To Raster** » et enfin double-cliquez sur « **DEM to Raster** ».

Renseignez le champ « **Input Dem File** » avec votre DEM découpée. Dans le champ « **Output Raster** » le logiciel spécifie le fichier raster de sortie et son emplacement. Validez par **OK**.

S'il n'y a pas d'erreur, la conversion s'effectue et l'image raster grisâtre s'affiche et une couche s'ajoute dans le menu à gauche des « Layers ».

- Vérifiez que votre projection est appliquée, en apercevant les coordonnées Lambert sur la barre d'état (barre inférieure). Sinon appliquez la éventuellement par : ArcToolBox – Data Management Tools – Projection and Transformation – Define Projection. Sélectionnez votre raster et cherchez votre fichier de projection par le bouton « **Select** », ou importez le d'une couche pré-établie (bouton « **Import** »). Validez par **OK**.

L'étude hydromorphologique d'un bassin versant par ArcGis s'effectue à l'aide de l'application **hydrology** qui se trouve dans **ArcToolBox – Spatial Analyst Tools**.

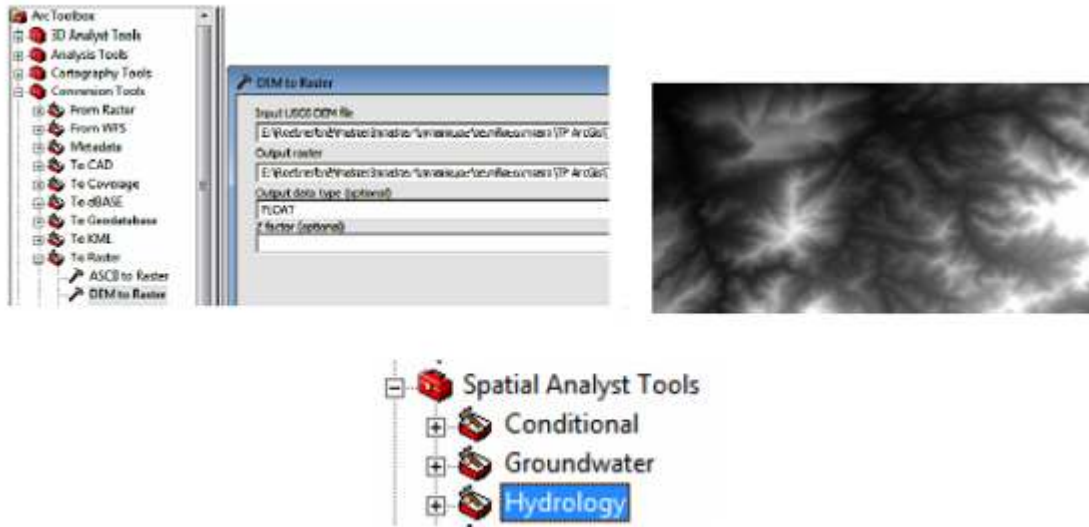


Figure I-5 : Conversion de la DEM découpée en image raster lisible par ArcGis

I-9-3 La fonction Fill (Comblé les puits)

Permet de combler des cellules identifiées comme étant des points bas (Par défaut la commande recherche la plus faible valeur voisine d'altitude et l'utilise pour combler la dépression). Cette fonction

s'exécute sur votre couche raster (grisâtre) établie précédemment par :

ArcToolBox – Spatial Analyst Tools – hydrology – Fill.

Après l'exécution de cette commande, une nouvelle couche est créée et ajoutée dans la zone des «layers».

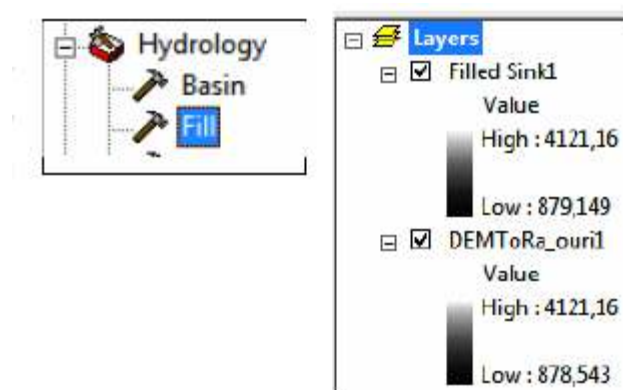


Figure I-6 : La fonction Fill

I-9-4 La fonction « Flow Direction » (Directions des écoulements)

Cette commande permet d'identifier les directions des écoulements dans la carte raster MNT. Cochez la case **Force flow at edge** ; et dans **input surface**, votre carteraster à puits comblés doit être spécifiée.

En cliquant sur Ok, la fonction va créer et afficher une nouvelle couche(ici, Flow Direction1)

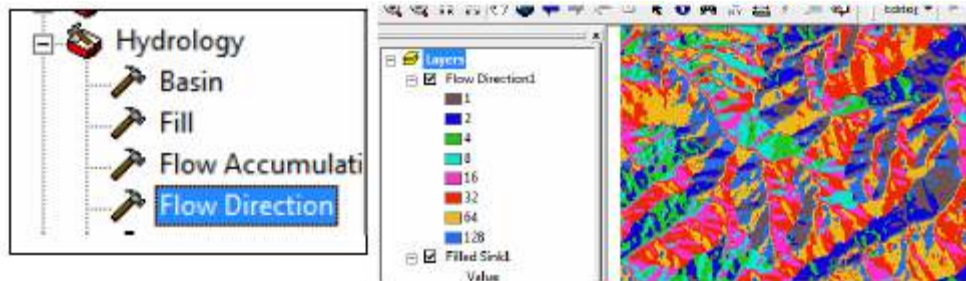


Figure I-7 : La fonction « Flow Direction »

I-9-5 La fonction « Flow accumulation » (Accumulation des écoulements)

Cette commande permet de calculer, pour chaque cellule, la quantité d'eau accumulée dans la cellule du fait des écoulements amont. Dans le champ **Direction raster**, spécifiez la couche nouvellement créée par la fonction Flow Direction. On obtient une nouvelle couche raster.

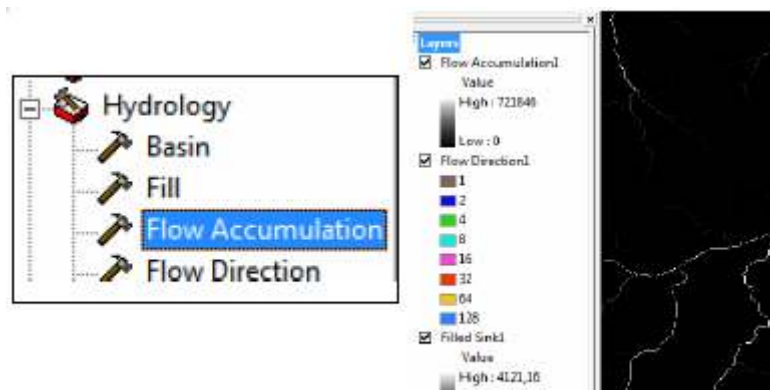


Figure I-8 : La fonction « Flow accumulation »

I-9-6 La fonction Vectorisation du réseau hydrographique

Cette commande permet de générer une couche correspondant au réseau hydrographique. Le niveau de détail du réseau peut être défini par l'utilisateur en nombre de cellules : 200, 300, 500, 1000...etc. dans la fenêtre Expression. Ceci en y tapant **value > nombre** (Plus le nombre est petit, plus le détail est grand).

Déroulez : **ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Conditional – Con** dans le champ **Input conditional raster** mettez votre coche raster « Flow Accumulation », et dans le champ **Input true raster**, mettez votre couche raster « Flow Direction ».

Validez par **Ok** pour obtenir une nouvelle couche **raster** du réseau hydrographique.

Pour convertir ce réseau en shapefile linéaire :

ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream to Feature

Remplissez les champs **Input stream raster** et **Input flow direction raster** respectivement par la couche raster (du réseau hydrographique) qui vient d'être créée et la couche raster « Flow Direction ».

Vous obtiendrez une nouvelle couche de forme linéaire (shapefile) représentant le réseau hydrographique.

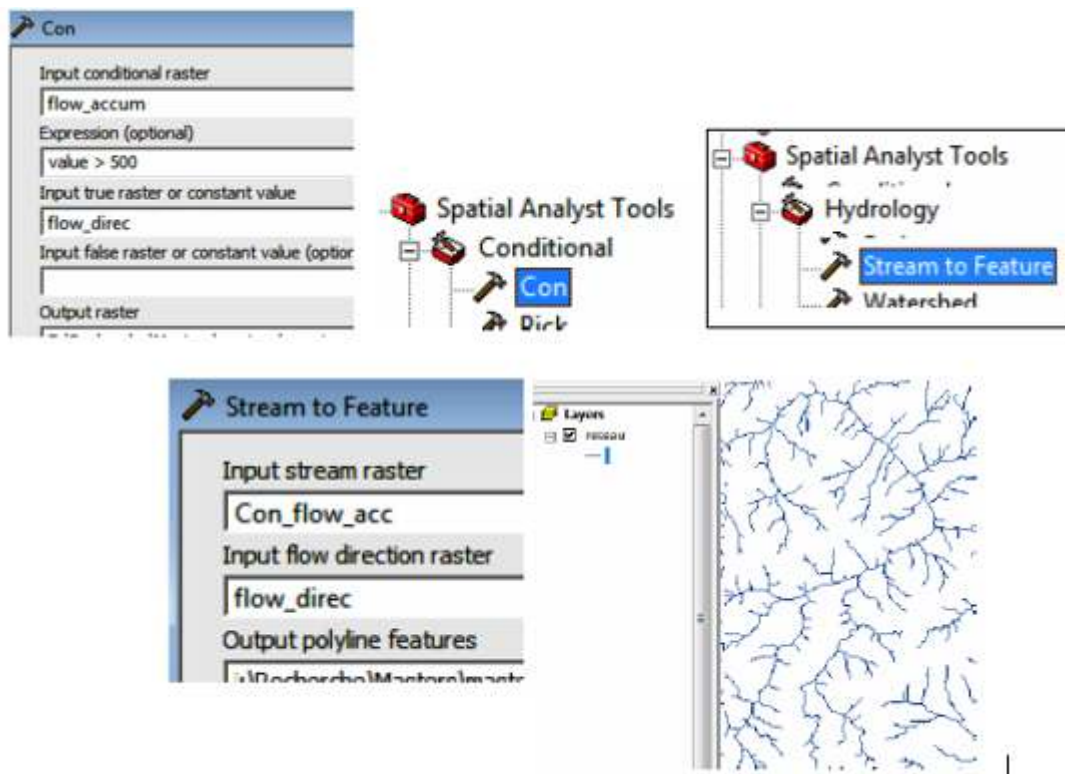


Figure I-9 : La fonction Vectorisation du réseau hydrographique


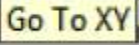
I-9-7 Désigner un exutoire

Pour placer un exutoire particulier sur le cours d'eau et délimiter de bassin à cet exutoire :

Ouvrez (éventuellement) le fichier Excel contenant les coordonnées de l'exutoire. Ceci par le bouton « **Add Data** » et allez chercher votre fichier Excel et désignez y votre feuille (feuille1).

La couche du tableur Excel s'ouvre et se place en dessous de toutes les couches.

Cliquez dessus avec le bouton droit puis **Display XY Data**. (Ou éventuellement Creat XY)

Remarque : Vous pouvez aussi placer directement le point sur le  cours principal, par le bouton **Go to XY**, et tapez les  coordonnées dans les deux cases X et Y.

Attribuez une projection à la nouvelle couche ponctuelle via le bouton **Edit** et importer (avec le bouton **Import**) le système de projection de l'une de vos couches (réseau hydrographique ou limite du bassin ... par exemple) Le Shapefile ponctuel est aussitôt créé et placé (cette fois) au dessus de toutes les couches.

Projections d'objets ponctuels :

Pour projeter des stations de mesures par exemple, on procède de la même façon : Ouvrir un fichier Excel préétabli contenant ces stations et leurs coordonnées géographiques. Puis bouton droit et choisir Display XY Data et enfin attribuez une projection à la nouvelle couche ponctuelle en l'important d'une autre couche.

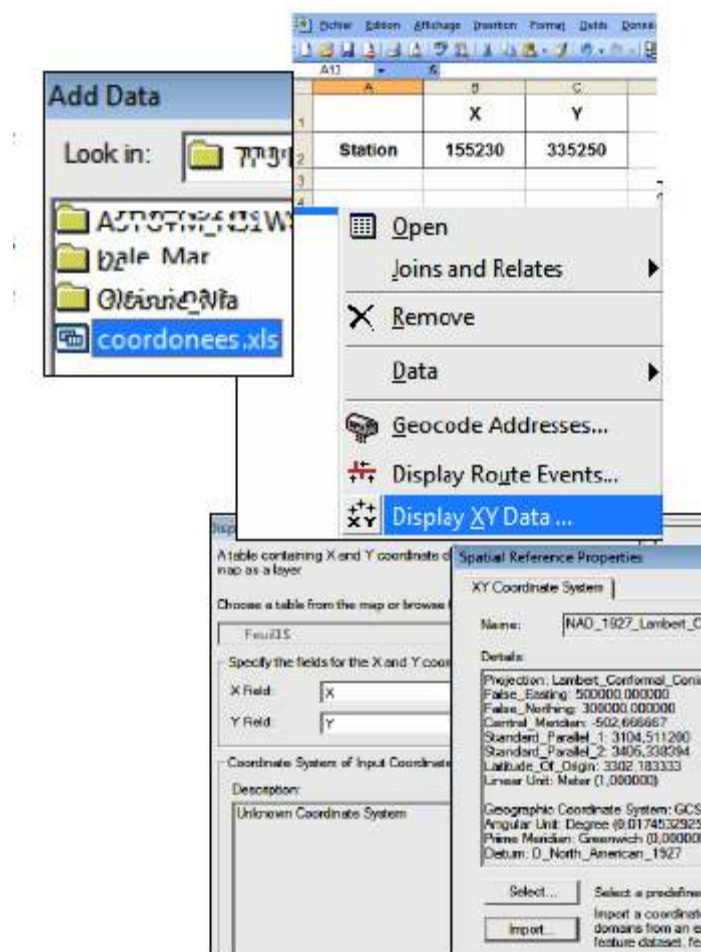


Figure I-10 : Désigner un exutoire

I-9-8 La fonction Bassin versant

Cette fonction permet de créer une carte de délimitation d'un bassin versant. On peut procéder d'une façon de délimitation entièrement automatique, grâce à une application à ajouter à ArcGis. Il s'agit de l'application **esrihydrology_v2.dll** (à télécharger éventuellement d'Internet).

Remarque : Cette application ne fonctionnerait pas sous Windows 7 ou 8. Il faudrait passer par **Démarrer – Tous les programmes – ArcGis - Arc Map**, puis **bouton droit** sur ArcMap et choisir **Propriétés**. Ensuite à la rubrique **Compatibilité** cochez la case : « **Exécuter ce programme en mode de compatibilité pour Windows XP (pack3)** ».

Enfin redémarrer ArcMap. Pour intégrer cette fonction à ArcToolBox (rubrique Spatial Analyst Tools) : Menu **Tools – Customize – Add Fromfile**. Allez chercher votre fichier (**esrihydrology_v2.dll**) et cliquez sur **ouvrir**. La commande **hydrology modelings** ajoutera à votre ArcToolBox. Cochez-la pour l'ajouter à la barre d'outils visible d'ArcMap. L'exutoire étant indiqué, il faut maintenant découper le bassin versant à la limite de cet exutoire. Pour cela, dans la nouvelle application ajoutée (hydrology modeling) allez à la fonction **InteractiveProperties...** et renseignez les champs **Flow direction** et **Flowaccumulation**.

Si vous validez, l'icône **Watershed** est activée. En cliquant sur cette icône bleue, le curseur se transforme en signe +. Vous pouvez alors cliquer directement sur votre exutoire. Le bassin versant fermé à cet exutoire est aussitôt affiché. Et sa couche raster est ajoutée à la table des matières. Il suffit alors de la convertir en « shapefile » polygonal par : **ArcToolbox - Conversion Tools - from Raster - Raster to polygon**.

Une nouvelle couche de forme polygonale est créée.

Maintenant pour découper le réseau hydrographique sur la limite finale du bassin versant :

ArcToolbox – Analysis Tools – Extract – Clip

Renseignez les champs **Input Features** et **Clip Features** respectivement avec la couche à découper (le réseau hydrographique) et celle qui va servir de limite de découpe (le shapefile du bassin versant).

Vous pouvez aussi désigner le répertoire de sauvegarde et le nom de la nouvelle couche. Validez enfin par **OK**.

Une nouvelle couche de réseau hydrographique limité au contour du bassin versant est créée. L'ancien réseau peut donc être supprimé.

Remarque : Pour changer le dossier d'enregistrement des couches ou pour les renommer : **Bouton droit** dessus – **Data – Export data**.

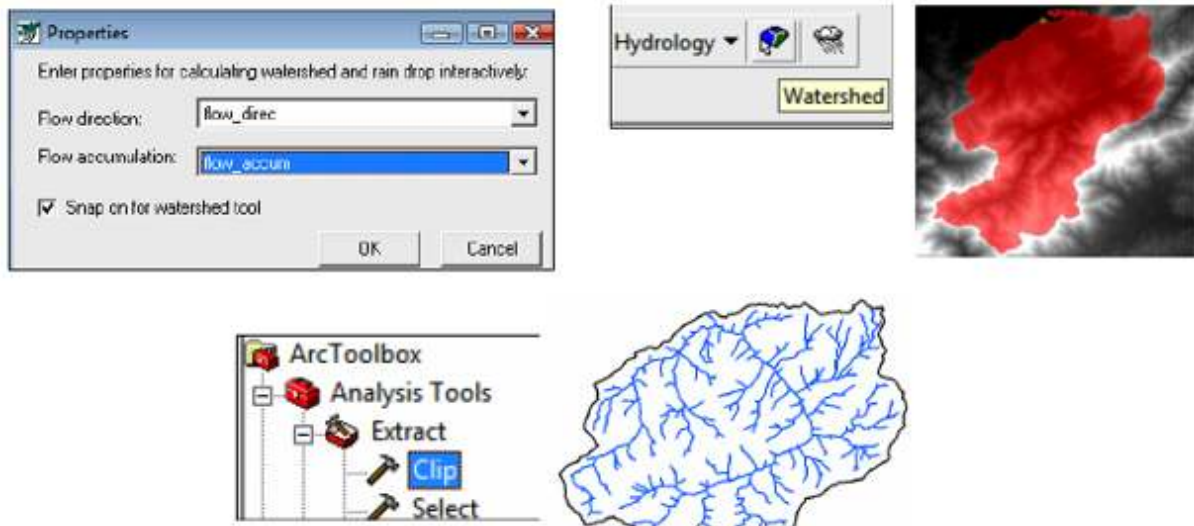


Figure 11-11 : La fonction Bassin versant

I-9-9 Attribuer la classification de Strahler au réseau hydrographique :

La classification de Strahler permet d'attribuer des ordres aux branches du réseau hydrographique selon leur importance.

Pour l'effectuer : **ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Link.**

Dans le champ “**input stream raster**” mettez votre couche **raster** du réseau hydrographique (obtenu précédemment avec la fonction **Con** du paragraphe 6) et dans le champ « **Input flow direction raster** » votre couche flow direction.

Vous obtiendrez une nouvelle couche raster (à utiliser dans l'étape suivante) Appliquez ensuite la fonction :

ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Stream Order

Dans le champ “**input stream raster**” mettez la dernière couche raster que vous venez de créer et dans le champ « **Input flow direction raster** » toujours la couche flow direction.

Vous obtiendrez une nouvelle couche raster du réseau hydrographique dont les branches sont différenciées par des couleurs. Il faut ensuite convertir cette couche en shapefile linéaire par :

ArcToolbox - Conversion Tools - from Raster - Raster to polyline.

Le nouveau shapefile est ajouté à la table des matières. Cliquez droit dessus et choisissez **properties..**

Allez à **Symbology** puis à la rubrique **Quantities** et ensuite **Graduated Symbols.**

Dans le champ **Value**, spécifiez **GRID_CODE** et choisissez le nombre de classes souhaité et validez par **OK**.

Le résultat apparaît dans ArcMap. Pour étiqueter les branches du réseau hydrographique avec leurs ordres respectifs : **Clic droit** sur la couche - **Properties..** – **Labels**

Cochez la case : **Labels features in this layer**, et dans le champ **Label field**, spécifiez **GRID_CODE** puis validez.

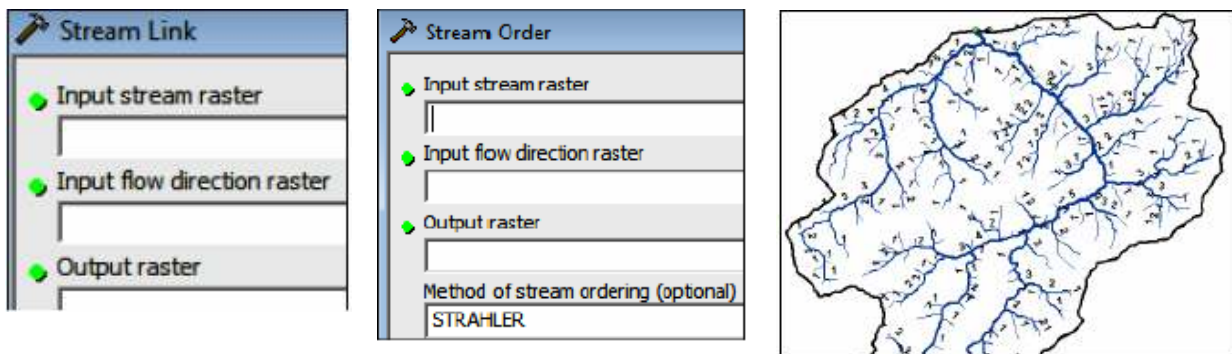


Figure I-12 : classification de Strahler au réseau hydrographique

I-9-10 Mesurer la surface du bassin versant :

Pour effectuer des mesures géométriques du bassin versant (Surface, périmètre...), il faut **ajouter des champs** à la table attributaire de la couche du bassin pour y calculer le paramètre en question, la surface par exemple.

Pour cela :

Clic du bouton droit sur la couche du bassin versant puis **Open Attribute Table** puis **Options** ensuite **Add Field** Nommez votre champ : Surface (par exemple) et indiquez comme type,

par exemple : **Long Integer** (entier long).

Pour calculer la surface dans ce nouveau champ :

Cliquez du droit sur le nom de ce champ et choisissez **Calculate Geometry** Choisissez **Area** comme propriété et km² (**sq km**) comme unités. En validant, la surface est calculée dans le champ créé à cet effet.

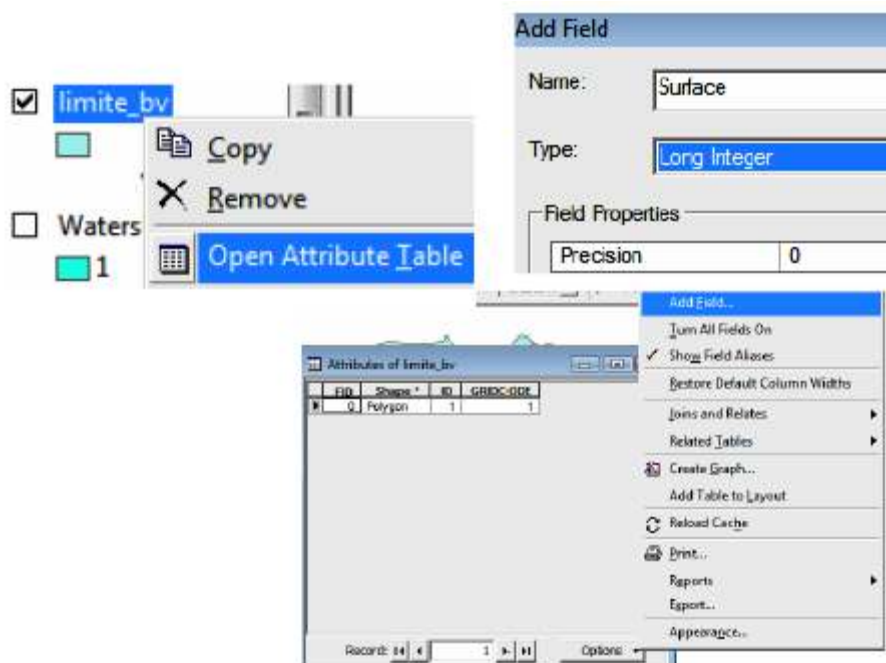


Figure I-13 : Mesurer la surface du bassin versant

I-9-11 Créer la carte hypsométrique du bassin versant :

Affichez votre carte raster DEM limitée au bassin versant.

Cliquez sur les boutons : **3D Analyst – Reclassify** (ou bien **Spatial Analyst tools – Reclass – Reclassify**), dans la fenêtre qui s'affiche indiquez votre couche raster DEM limitée au bassin versant et cliquez sur le bouton **Classify**.

Dans la fenêtre suivante, qui affiche les statistiques hypsométriques de votre bassin, choisissez la méthode **Manual** et indiquez le nombre de classes (correspondant aux tranches d'altitudes) que vous souhaitez avoir. Vous pouvez forcer les limites des tranches en saisissant les chiffres au clavier dans le champ **Break Value**.

Le bouton **Precision** vous permet de spécifier le nombre de chiffres après la virgule (ici choisir zéro)

En validant par OK, vous aurez une nouvelle fenêtre avec le nombre de classes que vous avez spécifiées.

Choisissez votre dossier de travail ou d'enregistrement (dans **output raster**) et nommez votre future couche de tranches d'altitudes puis validez par **OK**.

Il vous faut maintenant convertir votre nouvelle couche raster des tranches d'altitudes en fichier de forme(shapefile) polygonal :

ArcToolbox - Conversion Tools - from Raster - Raster to polygon.

Vous pouvez différencier les couleurs des tranches d'altitudes en cliquant du **droit** sur le nom de votre nouvelle couche, puis **Propriétés – Symbologie – Catégories (unique values)**

Dans le champ **Value Field**, spécifiez **GRIDCODE**. Cliquez sur le bouton **Add All Values**, puis choisissez votre dégradé de couleur dans le champ **color ramp**. Sous la rubrique **Label**, vous pouvez ressaisir vos tranches d'altitude telles que vous les avez définies précédemment. (Si une tranche est

ajoutée, vous pouvez la supprimer avec le bouton **Remove**).

Cliquez sur **Appliquer** pour visualiser le résultat sur la carte. Si ce résultat vous convient validez avec OK.

La nouvelle carte des tranches d'altitudes est affichée.

Pour calculer les surfaces élémentaires des tranches d'altitudes en vue de tracer la courbe hypsométrique, il faut ajouter un nouveau champ à la table attributaire de la couche et y calculer ces surfaces :

Clic droit sur le nom de la couche (dans la table des matières), puis **Open Attribute Table – Options – Add Field**. Nommez le nouveau champ Surfaces et spécifiez **Long Integer** dans le champ **Type**.

Le nouveau champ est ajouté, il faut maintenant y calculer les surfaces. A cet effet : **Clic droit** (sur le nom du champ) – **Calculate Geometry**.

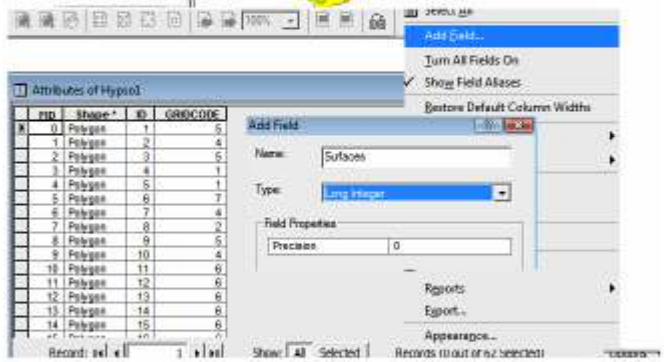
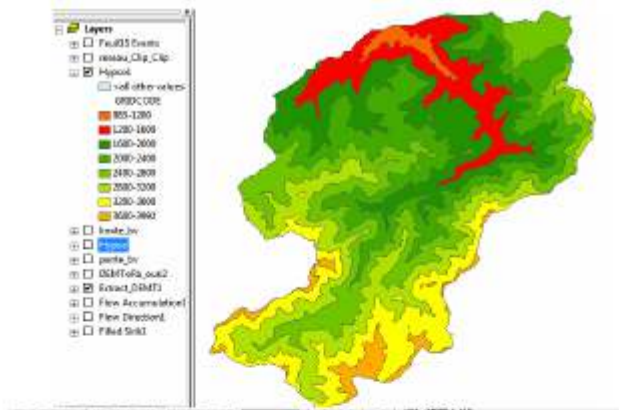
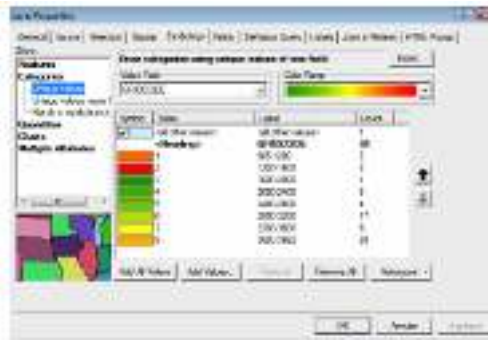
Choisissez **area** en **property** et l'unité m² ou km² et validez par OK.

Les surfaces sont aussitôt calculées et affichées.

Pour exporter la table vers Excel : **Options – Select All – Export**

Le tableau est exporté sous format dbf (base de données) lisible par Excel.

(Inutile d'ajouter la table à votre affichage si on vous le demande), ouvrez Excel puis le fichier dbf créé (et non pas xml) et rassemblez vos cellules par tranches (même GRIDCODE) pour les additionner. Vous aurez ainsi la surface totale de chaque tranche d'altitude. Ces surfaces partielles vous permettront ensuite de tracer la courbe hypsométrique.



A	B	C	D
ID	GRIDCODE	Surfaces	Total
4	1	7358798	
5	1	8151	7366949
8	2	102993	
26	2	46815872	46918865
33	3	88637611	88637611
2	4	49908	
7	4	8656	
10	4	308511	
36	4	499	
38	4	98124377	
41	4	9693	98501644
1	5	84757	
3	5	13473400	
9	5	985	
53	5	87475657	101034799
11	6	22800	
12	6	96727	
13	6	64272	
14	6	4031391	
15	6	18467	

Figure I-14 : Créer la carte la carte hypsométrique du bassin versant

I-9-12 La mise en page

La mise en page permet d'éditer une carte complète pour l'imprimer ou l'exporter dans un format image (jpg, bmp, png...). C'est l'étape finale de l'élaboration des cartes thématiques. Elle consiste à mettre tous les éléments indispensables tels que la légende, le titre, l'orientation, l'échelle, ...etc.

Pour sélectionner la mise en page : **View – Layout View** (affichage - mode mise en page) ou en cliquant sur le symbole "mode de mise en page" en bas de l'écran.

Pour ajouter des éléments à votre carte comme le titre, la flèche nord, l'échelle, la légende ou une image, allez dans le menu **insert** et sélectionnez l'élément désiré.

La grille des coordonnées :

Pour ajouter une grille ou un cadre de coordonnées à votre carte:

View – Data frame Properties, dans la fenêtre qui apparaît, cliquez sur **Grid** puis sur **New Grid**.

Choisissez : **Measured Grid : Divides maps into a grid of map units** Choisissez un nom à la projection et cliquez sur **Suivant**.

Choisissez l'apparence qui vous convient (Etiquette uniquement par exemple) puis deux fois **suivant** et enfin **Terminer**.

Pour exporter la carte au format image : **File – Export Map**.

Choisissez un format d'image et enregistrez votre carte pour l'insérer dans un texte ou un exposé par exemple.

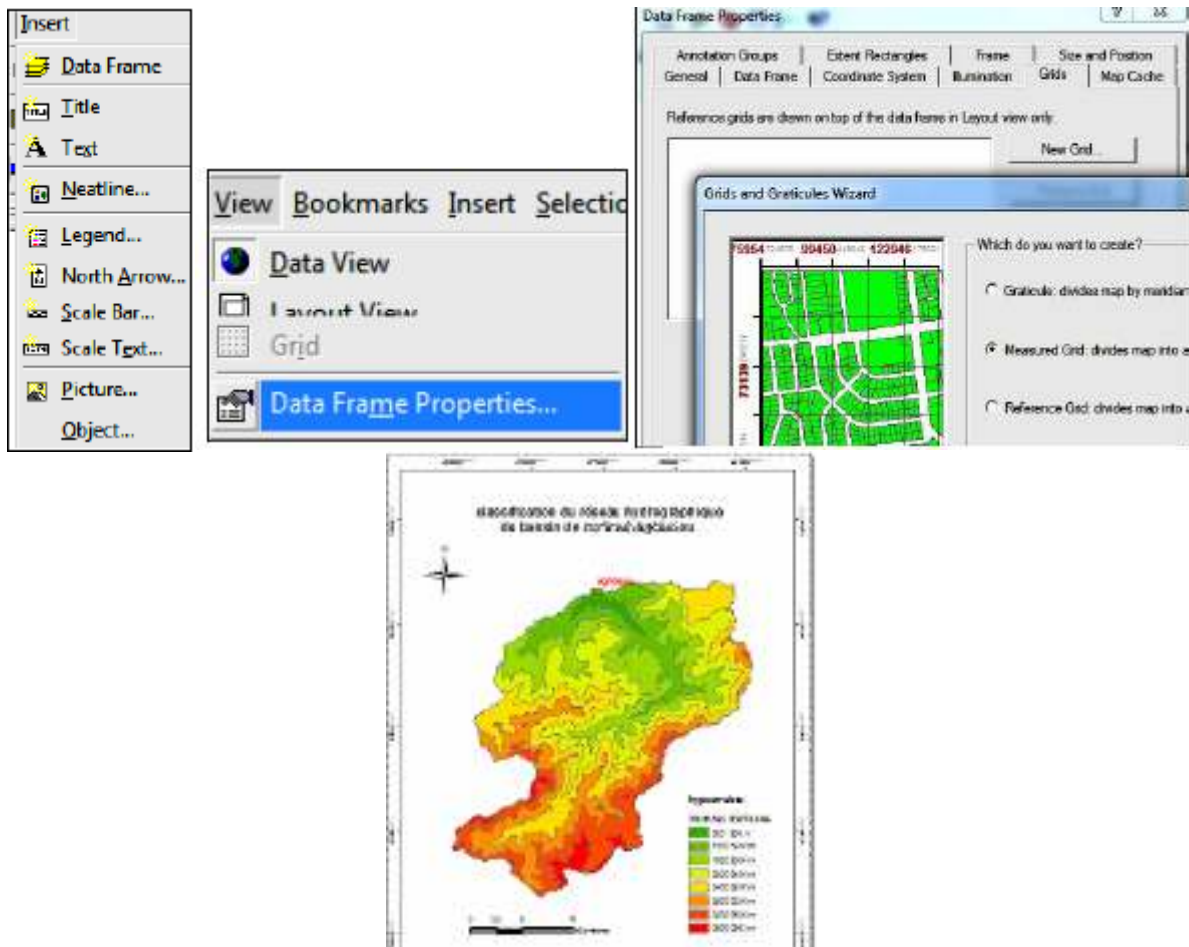


Figure I-15 : La mise en page

Conclusion

On a présenté logiciel ARCGIS et expliqué toutes les étapes de délimité un bassin versant et leurs réseaux hydrographiques et créés aussi une carte hypsométrique et mesuré la surface.

Introduction :

- ✚ Le bassin versant du barrage Bani-Amrane est l'Isser limité à Lakhdaria, est situé à environ 70 Km du sud-est d'Alger ; il présente sensiblement la forme d'un quadrilatère d'orientation Sud-ouest/Nord-est. Il couvre une superficie, au site de Lakhdaria, d'environ 4000 km². A l'est, ce bassin se joint à la chaîne montagneuse de la grande Kabylie et il est séparé par le massif de Krachema sur deux périmètres : bas et moyen Isser. [7]
- ✚ La superficie du bassin versant du barrage keddara de l'oued Boudouaou à l'emplacement du site du barrage de Keddara est de 93 km² ayant une forme presque arrondie (figure I-6). Les versants du bassin sont très raides. Dans de la répartition de la superficie selon les catégories de pente, l'inclinaison pour plus de deux tiers dépasse 25% et pour environ un tiers elle est même plus forte que 40%. [2]
- ✚ Le bassin versant du barrage Hamiz est dominé par le Djbel Tamasguida, la superficie couverte par le bassin versant 193km² pour un périmètre de 55km (figure I-6). Le bassin versant du Hamiz fait partie de l'Atlas de Tablat, prolongement occidental du massif du Djurdjra. A l'Est, il est dominé par la surélévation brusque de dernier massif qui constituera la grande Kabylie ; au Sud, il est limité par le Djbel Tamesguida qui d'élamite la ligne de crête, et dont le point culminant est à 1.138 mètre. [3]

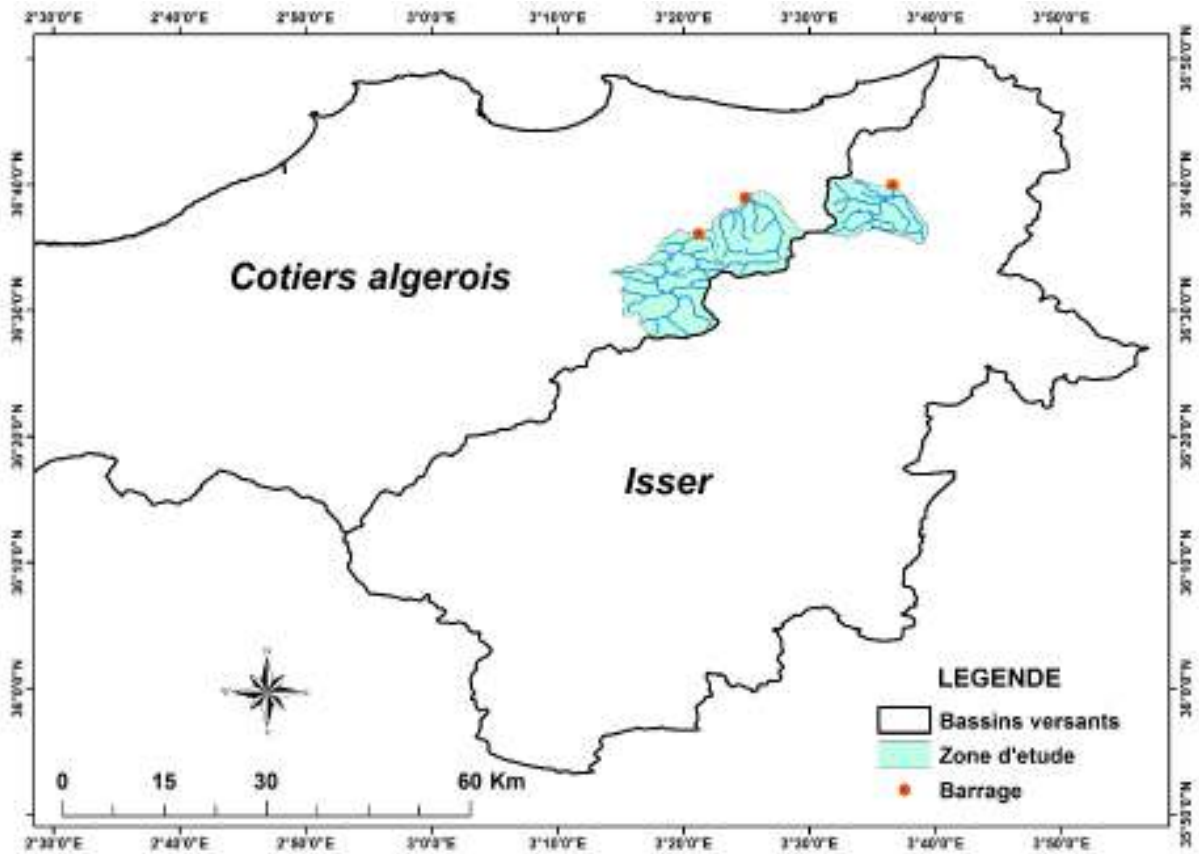


Figure II-1 : Représentation des trois bassins versants (Utilisation ARCGIS 10.2.2)

A- Présentation du bassin versant du BENI-AMRANE

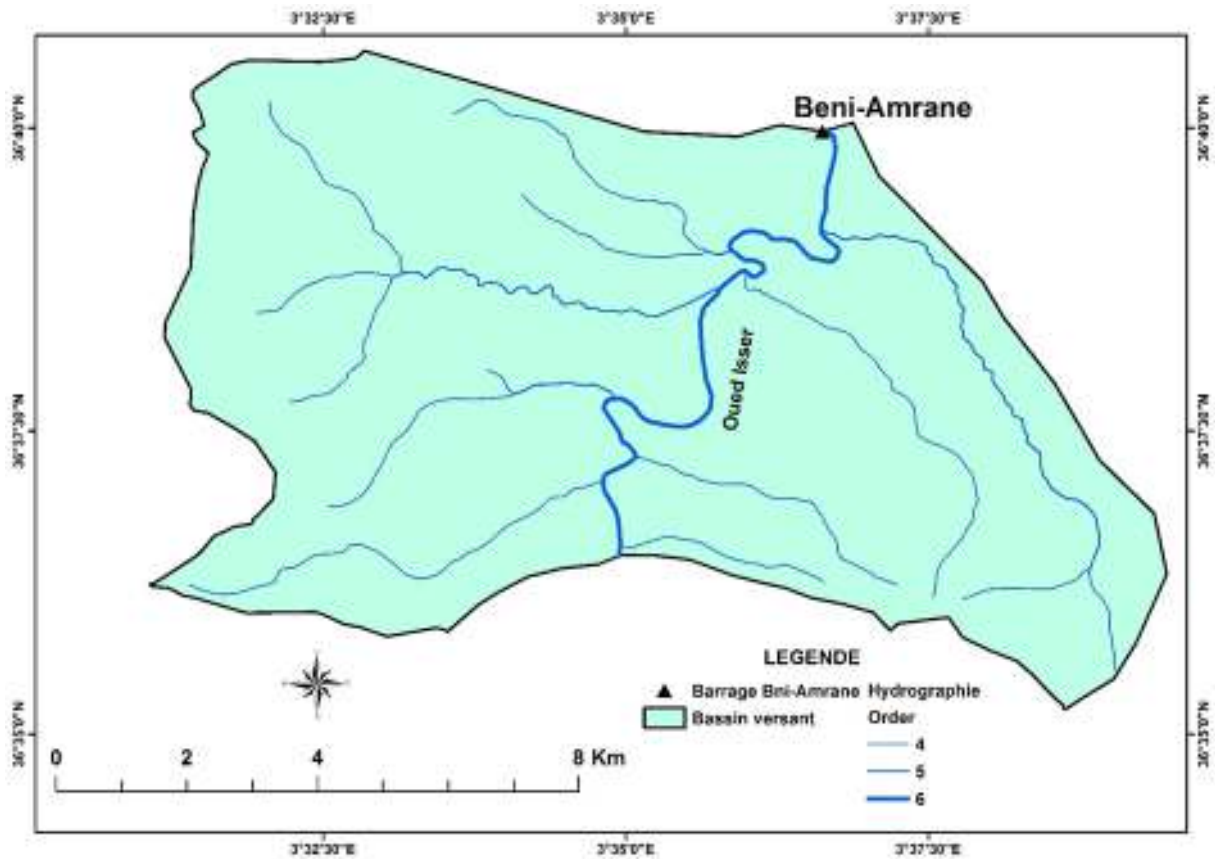


Figure II-2 : le bassin versant Beni Amrane (Utilisation ARCGIS 10.2.2)

L'oued Isser et ses affluents ont un bassin versant (figureI-2) d'un superficie de 4 145 km² au total (à l'embouchure).

A l'emplacement du barrage de Beni Amrane la superficie du bassin versant est de 97,22 km².

A proximité de Beni Amrane, le bassin versant comporte une végétation raisonnable essentiellement constitué de broussailles épaisses protégeant une terre végétale légèrement silteuse. Toutefois, plus en amont, la végétation se raréfie et par endroits, le ravinement est prononcé comme, par exemple, près de tablat sur le cours supérieur de l'oued Isser.

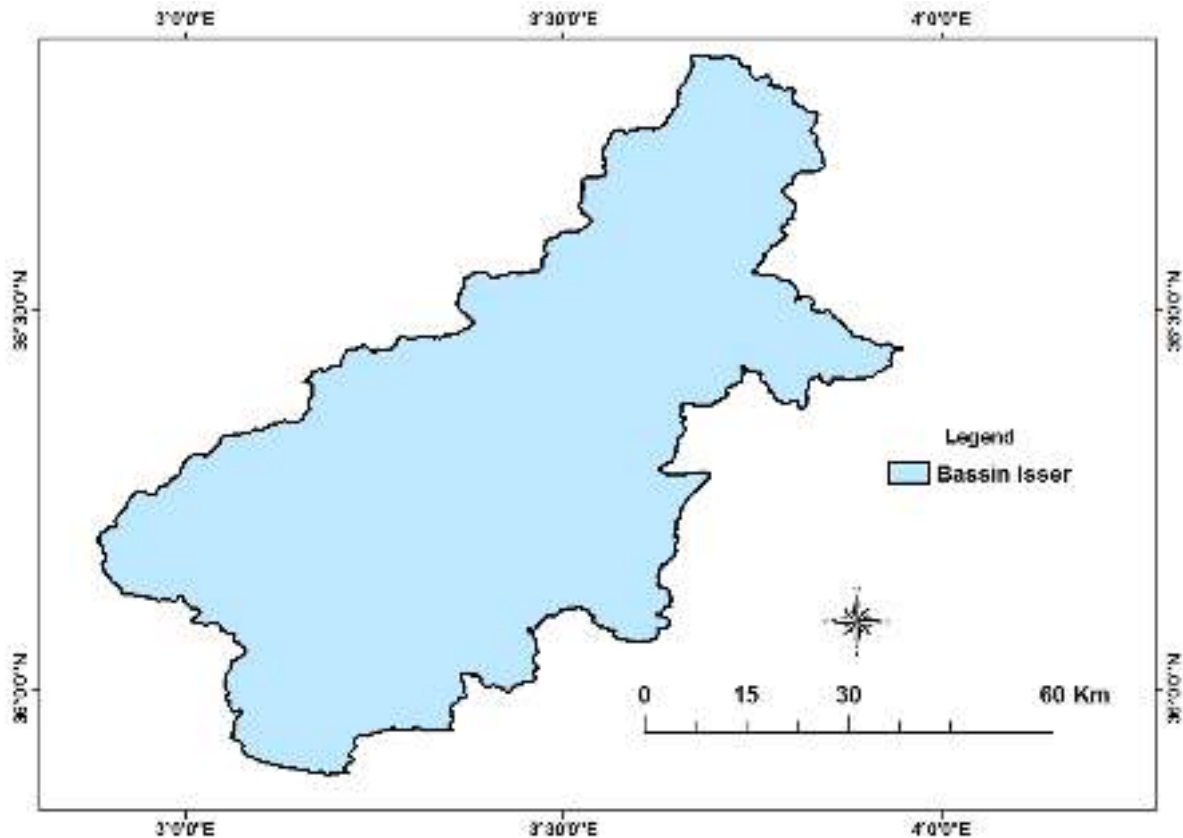


Figure II-3 : Bassin versant de L'oued Isser

- ✚ Sur le plan géologique le bassin versant, d'oued Isser est caractérisé par des terrains azoïques, du crétacé, du paléogène et du quaternaire. Ce bassin est formé en majeure partie de roches tendres ; marnes et argile.

Les formations lithologiques rencontrées dans le bassin selon leur importance sont :

- crétacé (inférieur, moyen et supérieur) : représenté par des marnes et marne-calcaire, il occupe environ 50% de la superficie totale.
- Quaternaire : des alluvions anciennes et récentes qui occupent une superficie environ 15% de la superficie totale.
- oligocène marin : représenté par des conglomérats de grès et de marne, il couvre une superficie de 566 km² soit 13% de la superficie totale.
- aquitanien continental : c'est des sables rouges et des argiles, il couvre environ 10 % de la superficie totale.
- Miocène (inférieur, moyen et supérieure) : c'est des grès et des marnes, il couvre une superficie de 212 km² soit 25% de la superficie totale.
- éocène (calcaires et marnes ou macro-calcaires) : les marnes sont de teinte jaunâtre, au milieu et partiellement au sommet de ces formations marneuses, des intercalations gréseuses en blanc apparaissent. Cet étage couvre environ 5 % de la surface totale.

- trias marin ou lagunaire : peu représentatif avec une superficie de 15 km² soit 0.33%, cependant, cette formation est responsable de la salure de l'oued Malah, ces roches enrichissent le sol en gypse (CaSO₄). [3]
- ✚ A proximité de Beni-Amrane, le bassin versant comporte une végétation raisonnable constituée d'une superficie de 842.23 km², soit 19% de la superficie totale ; le reste de la surface, soit plus de 80% est occupé par des cultures essentiellement céréalières et fourragères.
- Dans la partie amont, les collines marneuses sont occupées, en majeure partie, par des cultures céréalières, fourragères et maraichères. Cependant, on y rencontre par endroits, de l'arboriculture fruitière et de la vigne.
- Les versants abrupts sont généralement recouverts de broussailles clairsemées. On y trouve deux espèces principales comme le pin d'Alep et le chêne vert. [1]

II-1 Etude des paramètres Morphométriques des trois bassins versants :

II-1-1 :Caractéristiques physiographiques du bassin versant

Les paramètres physiographiques étudiés du bassin versant sont définis comme suit :

❖ Surface du bassin versant

La superficie est obtenue après avoir déterminé les limites du bassin versant :

$$S = 97,22 \text{ Km}^2$$

❖ Périmètre du bassin versant

Le périmètre du bassin versant mesuré est de :

$$P=41,04 \text{ km}$$

❖ Longueur du talweg principal

La longueur du thalweg principal a pour valeur :

$$L= 126,656 \text{ km}$$

II-1-2 : Caractéristiques hydro-morphologiques :

❖ Indice de compacité de Gravelius "Kc"

Cet indice caractérise la forme du bassin versant. Il est égal au rapport du périmètre du bassin versant considéré à celui d'un cercle qui aurait la même surface.

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

P : périmètre du bassin versant (41,04 Km)

S : surface du bassin versant (79,22 Km²)

KC : indice de Gravelius

KC=1,29

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront courts. Elle sera allongée dans le cas contraire.

-si $Kc = 1 \Rightarrow$ bassin parfaitement circularisé

-si $KC = 1.128 \Rightarrow$ bassin ramassé

-si $KC > 1.128 \Rightarrow$ bassin allongé

Le bassin est caractérisé par un coefficient de Gravelius de $1,29 > 1,128$, donc notre bassin versant est de forme plus au moins allongé.

❖ Coefficient d'allongement :

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$C_a = L^2/S$$

L : la longueur du talweg principal(Km)

S : la superficie du bassin versant.(Km²)

$$C_a = 202,50$$

❖ Rectangle équivalent

Le rectangle équivalent est défini comme le rectangle de longueur (L) et de largeur (l) qui a la même surface (s), même périmètre (p), même indice de compacité (Kc) et même hypsométrie que le bassin versant étudié.[9]

Ce périmètre permet la comparaison facile du bassin entre eux du point de vue de l'influence de leur caractéristique sur la courbe ; d'où les dimensions rectangles équivalent qui sont :

Longueur du rectangle équivalent

$$L_r = \frac{kc\sqrt{s}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc} \right)^2} \right]$$

$$L_r=15,40 \text{ Km}$$

Largeur du rectangle équivalent

$$l_r = \frac{kc\sqrt{s}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc} \right)^2} \right]$$

$$l_r=5,14 \text{ km}$$

❖ Hypsométrie du bassin versant

• Le relief

Le relief est un facteur essentiel, il détermine en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation.

C'est un élément capital dans le comportement hydrologiques d'un bassin .le but cherché ici est la détermination de la classe de relief .la hauteur moyenne et le pourcentage des aires partielles entre les différentes courbes de niveau.

La courbe hypsométrique est tracée après avoir planimètre les surfaces partielles comprises entre les courbes de niveau successives.[9]

On obtient les résultats suivants (voir tableau II. 1).

Tableau II-1 : Coordonnées de la courbe hypsométrique

Courbes de niveau (m)	Altitude moyenne Hi (m)	Surface partielle Si (km2)	Surface partielle Si(%)	Surface cumulée (%)
42-200	121	20,6	26	26
200-400	300	31,82	40,17	66,17
400-600	500	20,81	26,27	92,44
600-800	700	5,14	6,49	98,93
800-1011	905,5	0,85	1,07	100
		79,22	100	

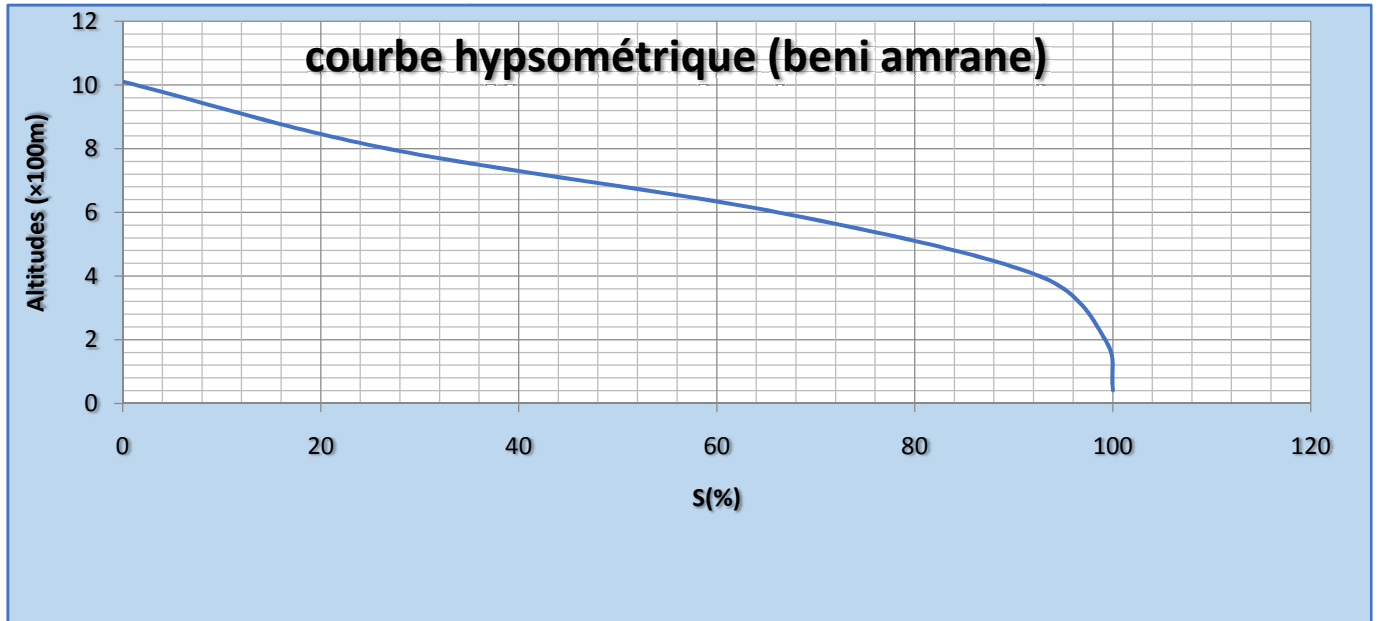


Figure II-4 : Courbe hypsométrique du bassin versant de Beni Amrane

❖ Altitude médiane

L'altitude médiane correspond à celle 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, d'après la courbe hypsométrique on a :

$$H_{\text{med}} = H_{50\%} = 680,8 \text{ m.}$$

❖ Altitude moyenne

L'altitude moyenne H_m est calculée par la formule suivante :

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

S_i : surface partielle entre deux courbes de niveau (Km^2)

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveau successive (m)

S : Superficie du bassin versant (Km^2)

$$H_{\text{moy}} = 338,44 \text{ m.}$$

Tableau II-2 : Détermination de l'altitude moyenne Hmoy

Courbes de niveau (m)	Altitude moyenne Hi (m)	Surface partielle Si (km2)	Surface partielle Si(%)	Surfaces cumulée (%)	Si*Hi
42-200	121	20,6	26	26	2492,26
200-400	300	31,82	40,17	66,17	9546,80
400-600	500	20,81	26,27	92,44	10405,55
600-800	700	5,14	6,49	98,93	3598,97
800-1011	905,5	0,85	1,07	100	767,55
TOTAL		79,22	100		26811,13

❖ Les indices des pentes

Le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant et permettre ainsi des comparaisons et des classifications. Les indices de pente se déterminent à partir de la connaissance de la répartition hypsométrique sur le bassin.[9]

- Indice de pente de roche

L'indice de pente de ROCHE sert à déterminer la pente moyenne avec les données réelles du bassin versant. Il est déterminé par la formule suivante :

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{A_i D_i}$$

Ou : L : longueur du rectangle équivalent du bassin versant (m).

A_i : surface partielle (%) comprise entre 2 courbes de niveau consécutives H_i et H_{i+1}

Les résultats sont enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau II -3 : Détermination de L'indice de pente de ROCHE

Altitude (m)	$D_i = H_i - H_{i-1}$ (m)	S_i (km2)	$A_i = S_i/S$ (%)	$\sqrt{A_i \times D_i}$
42-200	158	20,6	26	64,09
200-400	200	31,82	40,17	89,63
400-600	200	20,81	26,27	72,48
600-800	200	5,14	6,49	36,03
800-1011	211	0,85	1,07	15,03
SOMME		79,22	100	277,26

Donc L'indice de pente de ROCHE est de $I_p = 2,23$

- Indice de pente globale I_g

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

L : la longueur du rectangle équivalent (km)

D = Dénivelée entre H5% et H95% tel que :

$$D = H5\% - H95\%$$

Avec:

$$H5\% = 970,42 \text{ m}$$

$$H95\% = 328,38 \text{ m}$$

$$L = 15,40 \text{ Km}$$

$$I_g = 0,042$$

Tableau II-4 : Classification du relief

Relief		I_g
1	Très faible	$I_g < 0.002$
2	Faible	$0.002 < I_g < 0.005$
3	Assez faible	$0.005 < I_g < 0.01$
4	Modéré	$0.01 < I_g < 0.02$
5	Assez modéré	$0.02 < I_g < 0.05$
6	Fort	$0.05 < I_g < 0.1$
7	Très fort	$0.05 < I_g$

$$I_g = \frac{970,42 - 328,38}{15400} = 0.042 \text{ Donc notre relief est de pente } \mathbf{Fort}.$$

- Indice de pente moyenne I_{pm}

L'indice de pente moyenne est le rapport entre la dénivelée et la longueur du rectangle Équivalent. Il est donné par la formule suivante :

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

$$I_{pm} = 6,29 \%$$

II-1-3 : Caractéristiques hydrographiques de bassin versant

❖ Le réseau hydrographique

La restitution du réseau hydrographique est faite sur les mêmes cartes citées pour la détermination de l'altitude moyenne.

Pour procéder au calcul de la densité de drainage, il faut classer les cours d'eau. Il existe plusieurs classifications dont la plus courante est la classification de SCHUM. Dans cette classification de SCHUM est considéré « ordre(x+1) tout tronçon de rivière formé par la réunion de 02 cours d'eau d'ordre (x) ».[9]

❖ Densité de drainage

C'est le rapport entre la longueur totale de tous les talwegs « L_i », du bassin versant, à la surface « S ». Elle reflète la dynamique du bassin, la stabilité du chevelu hydrographique et le type de ruissellement de surface, elle est exprimée en Km/Km^2 .

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

$\sum L_i$: Longueur totale des talwegs de tous les ordres (Km)=181,772 km

S : surface du bassin versant (Km^2).

Tableau II-5 : Densité de drainage

Ordre du cours d'eau	Nombre	Longueur (km)
1	13	41,295
2	4	13,821
3	1	126,656
TOTAL		181,772

La densité de drainage est estimée à $2,29 \text{ km/km}^2$

❖ Densité du thalweg élémentaire

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

N_1 : Nombre de thalwegs d'ordre 1, $N_1=13$

S : Superficie du bassin versant.

$F_i=0,16$

❖ Coefficient de torrentialité

Le coefficient de torrentialité est calculé par l'expression suivante :

$$C_t = D_d \cdot F_1$$

$$C_t = 0,37$$

❖ La longueur moyenne des versants

$$L_v = \frac{L}{2D_d}$$

D_d : densité de drainage en Km/Km²

L : longueur de rectangle équivalent en Km

$$L_v = 3,36 \text{ km}$$

❖ Temps de concentration du bassin versant t_c

Définition : Le temps de concentration est le temps qui sépare la fin de la pluie efficace de la fin du ruissellement direct. C'est le temps que met une goutte d'eau tombée sur le point le plus éloigné en amont du bassin versant pour arriver à l'exutoire. C'est une caractéristique importante de tout bassin versant.[9]

➤ Formule de GIANDOTTI (1937)

Le temps de concentration est calculé comme suit :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Avec :

S : surface du bassin versant (Km²) ;

L_{cp} : longueur de cours d'eau principal (Km) ;

L_{cp} = 126,656 Km.

T_c : temps de concentrations exprimé en heure

H_{moy} : altitude moyenne (338,44m) ;

H_{min} : altitude minimale (42m) ;

➤ Formule de Sokolovsky

Formule qui lie le temps de concentration à la longueur du cours d'eau et la vitesse d'écoulement

$$T_c = \frac{L}{3.6 * V}$$

L : Longueur du cours d'eau (Km).

V : Vitesse moyenne de l'écoulement en crue qui est fonction de la taille du cours d'eau et de la nature du relief. Pour les petits cours d'eau $V \approx 0,7 - 1,2$ (m/s).

➤ Formule de SOGREAH - ANRH:

Formule établie dans le cadre d'établissement des études méthodologiques sur l'hydrologie des retenues collinaires en Algérie. Elle prend en considération la superficie du bassin versant ainsi que la longueur et la pente du cours d'eau :

$$T_c = 3 [S * L / (10 * I)^{1.5}]^{0.25}$$

S : Surface du bassin versant en km²

L : longueur du cours d'eau en km.

I : Pente du cours d'eau principal en %.

Tableau II-6 : Temps de concentration Tc

Formule	T _c (h)
Giandotti	16,37

La valeur du temps de concentration égale à 16,37 h

❖ Vitesse de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

L : Longueur du thalweg principal (Km)

T_c : Temps de concentration (h)

V_r = 7,74 km/h

Tableau II-7 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	79,22
Périmètre		P	Km	41,04
Longueur du thalweg		L	Km	126,656
Indice de compacité		K _C	-	1,29
Coefficient d'allongement		C _a	-	202,5
Rectangle équivalent	Longueur	L _r	Km	15,40
	Largeur	l _r	Km	5,14
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	1011
	Moyenne	H _{moy}	M	338,44
	Médiane	H _{med}	M	680,8
	Minimale	H _{min}	M	42
Indice de pente de Roche		I _p	%	2,23
Indice de pente globale		I _g	%	0,042
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	6,29
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	2,29
Coefficient de torrencialité		C _t	-	0,37
Temps de concentration		T _c	H	16,37
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	7,74

B- Présentation du bassin versant du KEDDARA:

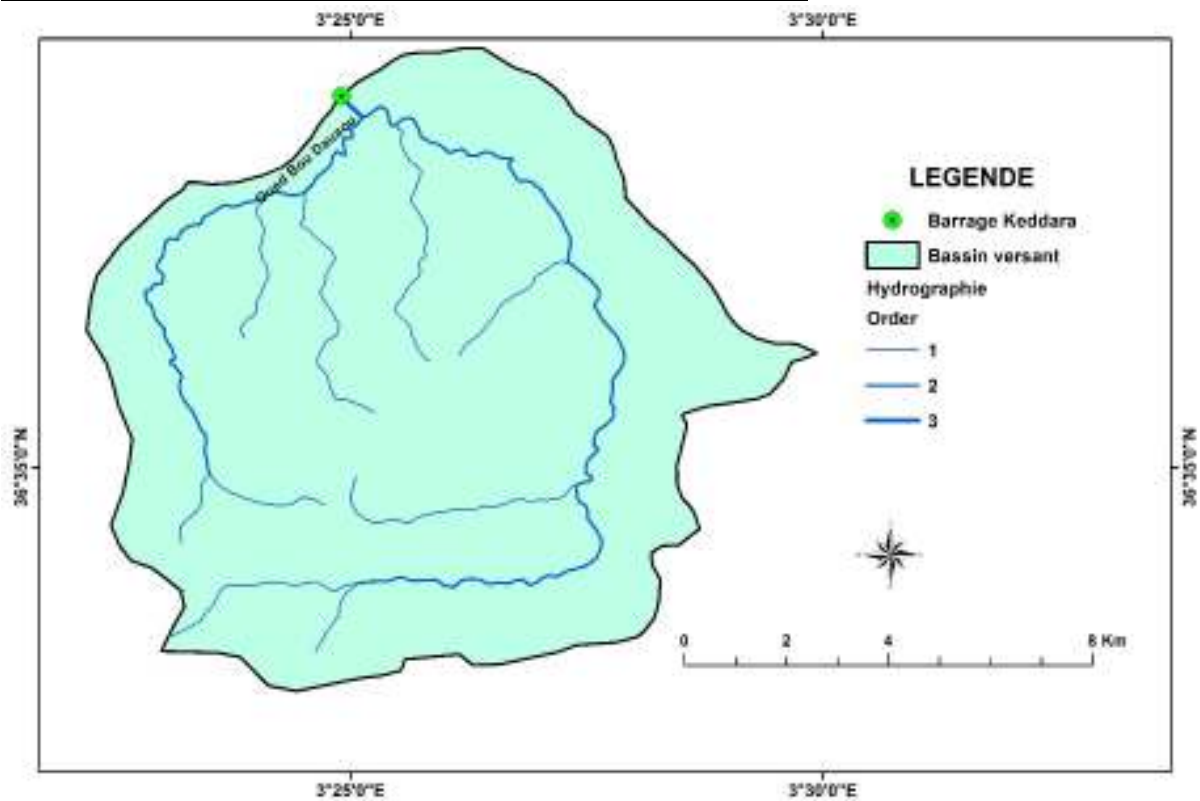


Figure II-5 : le bassin versant Keddara (Utilisation ARCGIS 10.2.2)

✚ Sur le plan géologique la région de Keddara se trouve sur le flanc Nord de l'Atlas tellien dans un complexe métamorphique appartenant à l'extrémité occidentale du massif kabyle qui plonge vers l'ouest.

La géologie du site est caractérisée par une tectonique cassante très intense et une altération superficielle très variable mais parfois assez profonde.

On peut distinguer trois types principaux de roches:

- Les schistes quartzitiques chlorotiques, généralement compactes et assez dures, forment la base. A la surface, ils ne sont présents qu'au fond de la vallée formant au site du barrage un "horst" qui est limité latéralement par des failles.
- Les micaschistes recouvrent les schistes quartzitiques chlorotiques, composé de mica et de kaolinite et parfois du chlorite, du quartz et du feldspath, ils sont de couleur noir, gris foncé ou argenté.
- Les schistes sericitiques qui occupent la terrasse supérieure tout le long de la rive droite, lustrées, bleutées, argileux, tendres et composées de séricite, quartz, kaolinite, feldspath, chlorite et très peu de charbon.[4]

- ✚ Couvert végétale du bassin versant du barrage KEDDARA en générale est forestières en particulier joue un rôle protecteur vis à vis des sols et ainsi que leur évolution.
- Le pin l'Alep est utilisé pour le reboisement des zones les plus dégradées soit par les incendies, soit par l'action de l'homme et des troupeaux ;
- Chêne liège : développe préférentiellement dans les zones à fortes précipitations ou humide, à climat chaud, sur des sols sablonneux ou schisteux, meubles et profonds. [Direction Générale des Forêts].

II-2 : Etude des paramètres morphométriques de bassin versant de Keddara :

II-2-1 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant

Les paramètres physiographiques étudiés du bassin versant sont définis comme suit :

- ❖ Surface du bassin versant

La superficie est obtenue après avoir déterminé les limites du bassin versant :

$$S = 93,25 \text{ Km}^2$$

- ❖ Périmètre du bassin versant

Le périmètre du bassin versant mesuré est de :

$$P=40,47 \text{ km}$$

- ❖ Longueur du talweg principal

La longueur du thalweg principal a pour valeur :

$$L= 17,413 \text{ km}$$

II-2-2 : Caractéristiques hydro-morphologiques :

- ❖ Indice de compacité de Gravelius "Kc"

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

$$KC=1,17$$

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront court. Elle sera allongée dans le cas contraire.

-si $Kc = 1 \Rightarrow$ bassin parfaitement circularise

-si $KC = 1.128 \Rightarrow$ bassin ramassé

-si $KC > 1.128 \Rightarrow$ bassin allongé

Le bassin est caractérisé par un coefficient de Gravelius de $1,17 > 1,128$, donc notre bassin versant est de forme plus au moins allongée.

❖ Coefficient d'allongement :

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$C_a = L^2/S$$

L : la longueur du talweg principal(Km)

S : la superficie du bassin versant.(Km²)

$$C_a = 3,25$$

❖ Rectangle équivalent

Les dimensions rectangles équivalent sont :

Longueur du rectangle équivalent

$$L_r = \frac{kc\sqrt{s}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc} \right)^2} \right]$$

$$L_r = 12,9 \text{ Km}$$

Largeur du rectangle équivalent

$$l_r = \frac{kc\sqrt{s}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc} \right)^2} \right]$$

$$l_r = 7,25 \text{ km}$$

❖ Hypsométrie du bassin versant

- Le relief

On obtient les résultats suivants (voir tableau II.8).

Tableau II-8 : Coordonnées de la courbe hypsométrique

Courbes de niveau (m)	Altitude moyenne H_i (m)	Surface partielle S_i (km ²)	Surface partielle S_i (%)	Surface cumulée (%)
127-200	163,5	11,68	12,53	12,59
200-400	300	23,03	24,7	37,39
400-600	500	26,48	28,40	65,85
600-800	700	24,25	26	91,85
800-1035	917,5	7,81	8,37	100
		93,25	100	

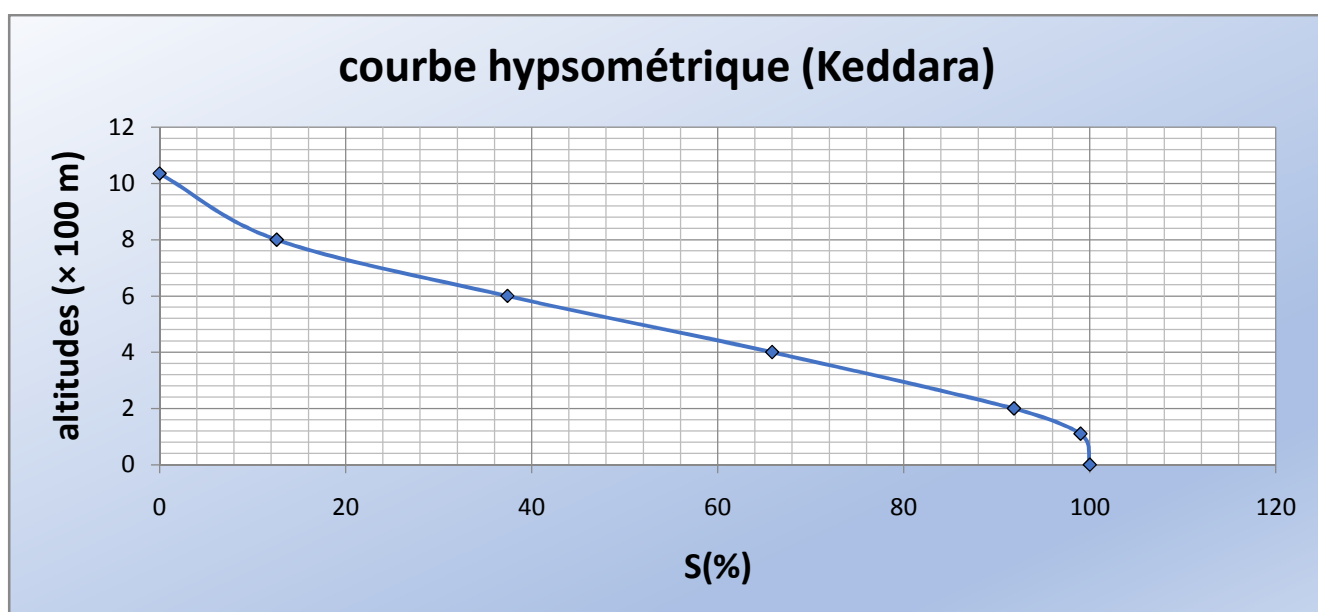


Figure II-6 : Courbe hypsométrique du bassin versant (Keddara)

❖ Altitude médiane

$$H_{\text{med}} = H_{50\%} = 511,38 \text{ m.}$$

❖ Altitude moyenne

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

$$H_{\text{moy}} = 496,83 \text{ m.}$$

Tableau II-9 : Détermination de l'altitude moyenne Hmoy

Courbes de niveau (m)	Altitude moyenne Hi (m)	Surface partielle Si (km2)	Surface partielle Si(%)	Surface cumulée (%)	Si*Hi
127-200	163,5	11,74	12,59	12,59	1919,49
200-400	300	23,12	24,8	37,39	6936
400-600	500	26,53	28,46	65,85	13265
600-800	700	24,23	26	91,85	16961
800-1035	917,5	7,90	8,48	100	7248,25
Total		93,25	100		46329,74

- ❖ Les indices des pentes
 - Indice de pente de roche

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{A_i D_i}$$

Les résultats sont enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau II -10: Détermination de L'indice de pente de ROCHE

Altitude (m)	$D_i = H_i - H_{i-1}$ (m)	S_i (km2)	$A_i = S_i/S$ (%)	$\sqrt{A_i \times D_i}$
127-200	73	11,74	12,59	3,03
200-400	200	23,12	24,8	7,04
400-600	200	26,53	28,46	7,54
600-800	200	24,23	26	7,21
800-1035	235	7,90	8,48	4,46
SOMME		93,25	100	29,28

Donc L'indice de pente de ROCHE est de $I_p = 8,19$

- Indice de pente globale I_g

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

$$I_g = \frac{941,67 - 171,79}{12900} = 0.059 \text{ Donc notre relief est de pente } \mathbf{Très fort}$$

- Indice de pente moyenne I_{pm}

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

$$I_{pm} = 7,04 \%$$

II-2-3 : Caractéristiques hydrographiques de bassin versant

❖ Le réseau hydrographique

La restitution du réseau hydrographique est faite sur les mêmes cartes citées pour la détermination de l'altitude moyenne.

Pour procéder au calcul de la densité de drainage, il faut classer les cours d'eau. Il existe plusieurs classifications dont la plus courante est la classification de SCHUM. Dans cette classification de SCHUM est considéré « ordre(x+1) tout tronçon de rivière formé par la réunion de 02 cours d'eau d'ordre (x) ».

❖ Densité de drainage

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

Tableau II -11 : Densité de drainage

Ordre du cours d'eau	Nombre	Longueur (km)
1	11	34,77
2	2	26,532
3	1	17,413
TOTAL		78,715

La densité de drainage est estimée à 0,84 km/km²

❖ Densité du thalweg élémentaire

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

$$F_i = 0,12$$

❖ Coefficient de torrentialité

$$C_t = Dd \cdot F_i$$

$$C_t = 0,10$$

- ❖ La longueur moyenne des versants

$$L_v = \frac{L}{2Dd}$$

$$L_v = 7,68 \text{ km}$$

- ❖ Temps de concentration du bassin versant t_c

- Formule de GIANDOTTI (1937)

Le temps de concentration est calculé comme suit :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Tableau II -12 : Temps de concentration T_c

Formule	T_c (h)
Giandotti	4,17

La valeur du temps de concentration égale à 4,17 h

- ❖ Vitesse de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule suivante :

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

$$V_r = 4,18 \text{ km/h}$$

Tableau II-13 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	93,25
Périmètre		P	Km	40,47
Longueur du thalweg		L	Km	17,413
Indice de compacité		K _C	-	1,17
Coefficient d'allongement		C _a	-	3,25
Rectangle équivalent	Longueur	L _r	Km	12,9
	Largeur	l _r	Km	7,25
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	1035
	Moyenne	H _{moy}	M	496,83
	Médiane	H _{med}	M	511,38
	Minimale	H _{min}	M	127
Indice de pente de Roche		I _p	%	8,19
Indice de pente globale		I _g	%	0,059
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	7,04
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	0,84
Coefficient de torrencialité		C _t	-	0,10
Temps de concentration		T _c	H	4,17
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	4,18

C-Présentation du bassin versant du HAMIZ :

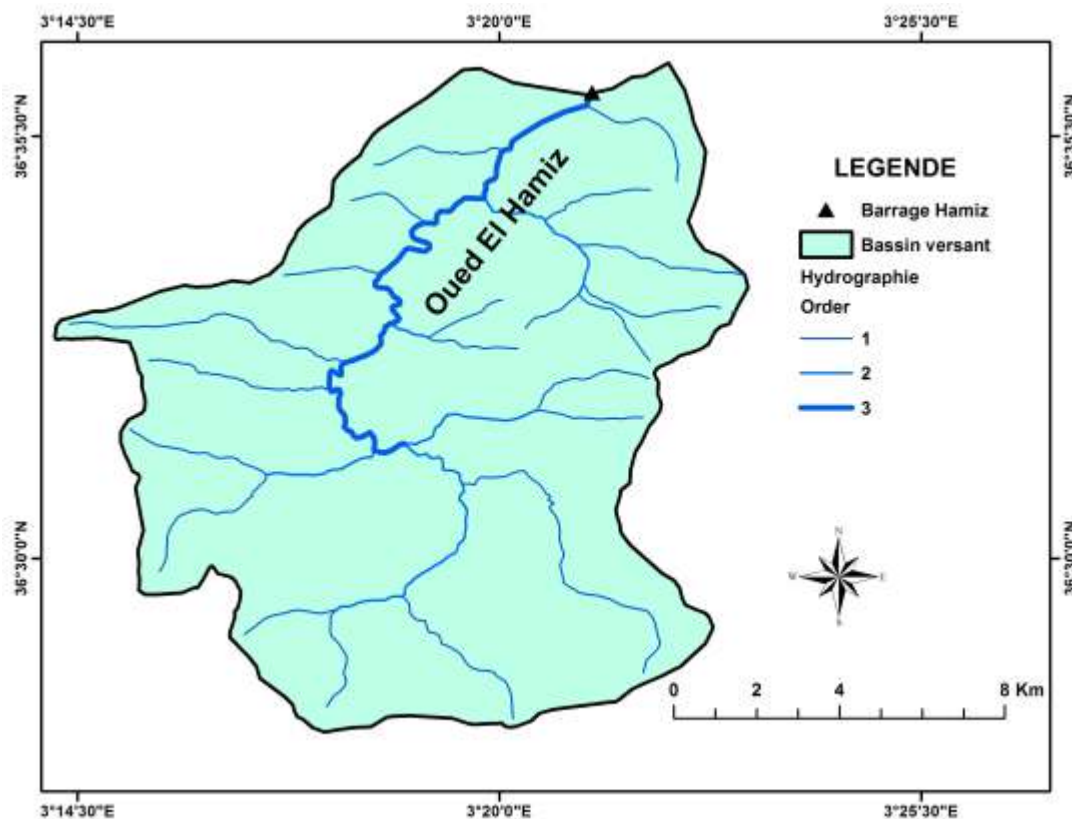


Figure II-7 : le bassin versant Hamiz (Utilisation ARCGIS 10.2.2)

🇩🇿 Ce dernier occupe la partie orientale de la plaine de la Mitidja, principale plaine côtière de l'Algérois sur une superficie de 234.4 kilomètres carrés, et la zone d'étude a une superficie de 104 Kilomètres carrés. (Figure I-9)

Notre zone d'étude est délimitée :

Au nord par les communes de Rouïba, Dar El Beida.

Au sud par les communes de Sohane et Boukrane.

A l'ouest par les communes de Meftah , Les Eucalyptus.

A l'est par les communes de Ouled Moussa et Larbatache.

🇩🇿 Sur le plan géologie selon le classement hydrogéologique des terrains, le terrain du bassin du HAMIZ est classé dans la catégorie III, terrain à perméabilité très faible et pas de nappe d'eau souterraine. Pour ce qui est de la géologie du bassin, elle est caractérisée, en oligocène, par des schistes rouges et sable argileux [A.N.R.H]. A l'éocène moyen, on remarque la constitution des calcaires et grès grand Nummulites et des poudingues. Le crétaé supérieur comprend d'une part des marnes à modules

calcaires jaunes et d'autre part une formation de marnes, calcaire, micro brèches et bourdingues. Le trias a le faciès classique du trias nord-africain : brèches, dolomitiques, gypses et argile bariolé [5]

Enfin à l'époque des roches métamorphiques ; on note le dépôt des schistes et micaschiste qui n'ont aucun rôle hydrogéologique.

✚ La région du barrage Hamiz peu peuplée, possède une très maigre végétation intense qui l'entoure, de loin en loin on distingue des massifs forestiers caractérisé par des maquis, arbustes et broussailles ; de plus, il y a une forte présence de macrophytes submergés par les eaux du barrage. [A.N.B.T]

II-3 : Etude des paramètres morphométriques de bassin versant de Hamiz :

II-3-1 :Caractéristiques physiographiques du bassin versant

Les paramètres physiographiques étudiés du bassin versant sont définis comme suit :

❖ Surface du bassin versant

La superficie est obtenue après avoir déterminé les limites du bassin versant :

$$S = 135,55 \text{ Km}^2$$

❖ Périmètre du bassin versant

Le périmètre du bassin versant mesuré est de :

$$P=54,92 \text{ km}$$

❖ Longueur du talweg principal

La longueur du thalweg principal a pour valeur :

$$L= 49,802 \text{ km}$$

II-3-2 : Caractéristiques hydro-morphologiques :

❖ Indice de compacité de Gravelius "Kc"

$$Kc = 0.28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

$$KC=1,32$$

Plus ce coefficient s'approche de 1, plus la forme du bassin versant sera ramassée et plus le temps de concentration des eaux seront courts. Elle sera allongée dans le cas contraire.

-si $Kc = 1 \Rightarrow$ bassin parfaitement circularisé

-si $KC = 1.128 \Rightarrow$ bassin ramassé

-si $KC > 1.128 \Rightarrow$ bassin allongé

Le bassin est caractérisé par un coefficient de Gravelius de $1,32 > 1,128$, donc notre bassin versant est de forme plus au moins allongé.

❖ Coefficient d'allongement :

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$C_a = L^2/S$$

L : la longueur du talweg principal (Km)

S : la superficie du bassin versant. (Km²)

$$C_a = 18,30$$

❖ Rectangle équivalent

Les dimensions rectangles équivalent sont :

Longueur du rectangle équivalent

$$L_r = \frac{kc\sqrt{s}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc} \right)^2} \right]$$

$$L_r = 21,01 \text{ Km}$$

Largeur du rectangle équivalent

$$l_r = \frac{kc\sqrt{s}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{kc} \right)^2} \right]$$

$$l_r = 6,45 \text{ km}$$

❖ Hypsométrie du bassin versant

- Le relief

La courbe hypsométrique est tracée après avoir planimétré les surfaces partielles comprises entre les courbes de niveau successives.

On obtient les résultats suivants (voir tableau II.14).

Tableau II -14 : Coordonnées de la courbe hypsométrique

Courbes de niveau (m)	Altitude moyenne Hi (m)	Surface partielle Si (km2)	Surface partielle Si(%)	Surface cumulée (%)
163-200	181,5	1.86	1,37	1,37
200-400	300	32.98	24,33	25,7
400-600	500	54.56	40,25	65,95
600-800	700	32.53	24	89,95
800-1121	960,5	13.62	10,5	100
		135.55	100	

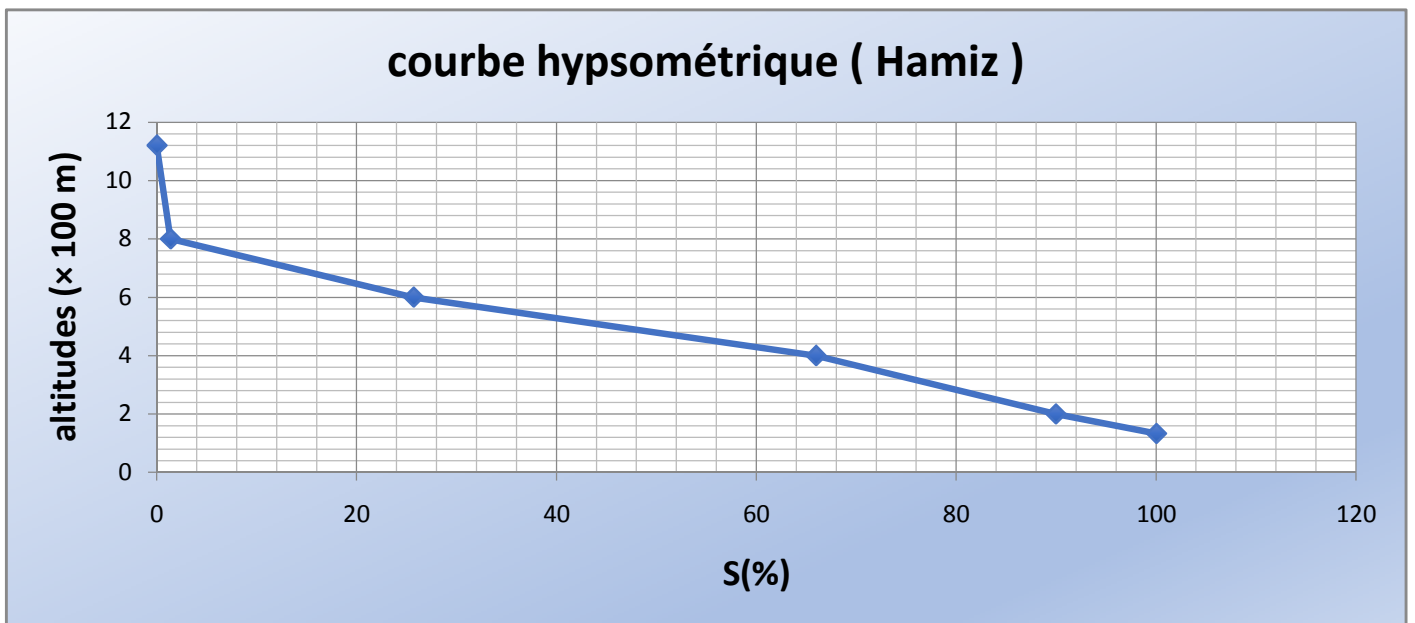


Figure II-8 : Courbe hypsométrique du bassin versant (Hamiz)

❖ Altitude médiane

$$H_{\text{med}} = H_{50\%} = 479,25 \text{ m.}$$

❖ Altitude moyenne

$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum SiHi}{S}$$

$$H_{\text{moy}} = 541,26 \text{ m.}$$

Tableau II -15 : Détermination de l'altitude moyenne Hmoy

Courbes de niveau (m)	Altitude moyenne Hi (m)	Surface partielle Si (km2)	Surface partielle Si(%)	Surface cumulée (%)	Si*Hi
163-200	181,5	1.86	1,37	1,37	389,2196715
200-400	300	32.98	24,33	25,7	11425,1247
400-600	500	54.56	40,25	65,95	31501,6625
600-800	700	32.53	24	89,95	26329,9113
800-1121	960,5	13.62	10,5	100	15786,44183
TOTAL		135.55	100		73367,36

- ❖ Les indices des pentes
 - Indice de pente de roche

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{A_i D_i}$$

Les résultats sont enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau II -16 : Détermination de L'indice de pente de ROCHE

Altitude (m)	$D_i = H_i - H_{i-1}$ (m)	S_i (km2)	$A_i = S_i/S$ (%)	$\sqrt{A_i \times D_i}$
163-200	37	1.86	1,37	7,12
200-400	200	32.98	24,33	69,76
400-600	200	54.56	40,25	89,72
600-800	200	32.53	24	69,28
800-1121	321	13.62	10,5	56,80
SOMME		135,55	100	292,68

Donc L'indice de pente de ROCHE est de $I_p = 2,02$

- Indice de pente globale I_g

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

$$I_g = 0,028 \%$$

$$I_g = \frac{770,16 - 181,46}{27630} = 0.028 \text{ Donc notre relief est de pente } \mathbf{Assez \text{ modéré}}$$

- Indice de pente moyenne I_{pm}

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

Ipm=4,56 %

II-3-3 : Caractéristiques hydrographiques de bassin versant

❖ Le réseau hydrographique

La restitution du réseau hydrographique est faite sur les mêmes cartes citées pour la détermination de l'altitude moyenne.

Pour procéder au calcul de la densité de drainage, il faut classer les cours d'eau. Il existe plusieurs classifications dont la plus courante est la classification de SCHUM. Dans cette classification de SCHUM est considéré « ordre(x+1) tout tronçon de rivière formé par la réunion de 02 cours d'eau d'ordre (x) ».

❖ Densité de drainage

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

Tableau II-17 : Densité de drainage

Ordre du cours d'eau	Nombre	Longueur (km)
1	22	66,649
2	5	16,28
3	1	49,802
TOTAL		132,731

La densité de drainage est estimée à 0,98 km/km²

❖ Densité du thalweg élémentaire

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

F_i=0,16

❖ Coefficient de torrentialité

$$Ct = Dd.F1$$

Ct=0,16

- ❖ La longueur moyenne des versants

$$L_v = \frac{L}{2Dd}$$

$$L_v = 10,72 \text{ km}$$

- ❖ Temps de concentration du bassin versant t_c

- Formule de GIANDOTTI (1937)

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

Tableau II-18 : Temps de concentration T_c

Formule	T_c (h)
Giandotti	7,75

La valeur du temps de concentration égale à 7,97 h

- ❖ Vitesse de ruissellement

$$V_r = \frac{L}{T_c}$$

$$V_r = 6,43 \text{ km/h}$$

Tableau II -19 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	135,55
Périmètre		P	Km	54,92
Longueur du thalweg		L	Km	49,802
Indice de compacité		K _C	-	1,32
Coefficient d'allongement		C _a	-	18,30
Rectangle équivalent	Longueur	L _r	Km	21,01
	Largeur	l _r	Km	6,45
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	1121
	Moyenne	H _{moy}	M	541,26
	Médiane	H _{med}	M	479,25
	Minimale	H _{min}	M	163
Indice de pente de Roche		I _p	%	2,02
Indice de pente globale		I _g	%	0.028
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	4,56
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	0,98
Coefficient de torrentialité		C _t	-	0,16
Temps de concentration		T _c	H	7,75
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	6,43

Conclusion:

Au cours de ce chapitre nous avons présenté le site de trois bassins versants et nous avons pu cerner toutes les caractéristiques des trois bassins versants concernés par l'étude de Beni Amrane, Hamiz, Keddara à partir de logiciel ARCGIS et nos calculs.

INTRODUCTION :

La zone d'étude s'étale sur cinq (03) bassins versants (beni amran, kaddara et hamiz). Les données physiographiques de ces derniers sont illustrées dans le tableau n° 01.

D'après ces tableaux, l'indice de compacité (Kc) varie entre 1.17 et 1.32 traduisant une allure allongée des bassins d'El Hamiz, Beni amrane, Celui du Kaddra, avec un indice d'ordre de 1.17 caractérise plutôt une forme ramassée.

Les valeurs de pentes globales permettent d'estimer un temps de ruissellement long, ce qui indique une bonne possibilité d'infiltration des eaux superficielles.

Tableau III-1 : Les paramètres de trois bassins versants

Paramètre Bassin versant	Paramètre morphométrique		Paramètre De forme		Paramètre De relief	
	Surface Km ²	Périmètre Km	Indice de compacité KC	Longueur du thalweg Km	Altitude Moyenne M	Indice de pente globale Ig %
B.V de HAMIZ	135,55	54,92	1,32	49,802	541,26	0.028
B.V de BENI AMRANE	79,22	41,04	1,29	126,656	338,44	0,042
B.V de KEDDARA	93,25	40,47	1,17	17,413	496,83	0,059

III-1 Réseau hydrographique :

On note l'absence d'un grand fleuve, cela malgré la structure synclinal de la plaine.

Les principaux oueds qui traversent cette dépression sont illustrés dans le tableau°02.

L'ensemble des affluents de ces oueds prend naissance de l'Atlas avec un sens général d'écoulement (Sud -Nord).

Tableau III-2 : Les oueds de trois bassins versants

Bassin versant	Oueds
Bassin versant de HAMIZ	OUED EL HAMIZ
Bassin versant de BENI AMRANE	OUED ISSER
Bassin versant de KEDDARA	OUED BOUDOUAOU

III-2 La végétation :

La zone d'étude est à vocation agricole avec une diversité bien distinguée, on y trouve des agrumes, les cultures annuelles et saisonnières.

III-3 Caractéristiques morpho métrique :

III-3-1 Bassin versant Beni Amrane

Tableau III-3 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	79,22
Périmètre		P	Km	41,04
Longueur du thalweg		L	Km	126,656
Indice de compacité		K _C	-	1,29
Coefficient d'allongement		C _a	-	202,5
Rectangle équivalent	Longueur	L _r	Km	15,40
	Largeur	l _r	Km	5,14
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	1011
	Moyenne	H _{moy}	M	338,44
	Médiane	H _{med}	M	680,8
	Minimale	H _{min}	M	42
Indice de pente de Roche		I _p	%	2,23
Indice de pente globale		I _g	%	0,042
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	6,29
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	2,29
Coefficient de torrentialité		C _t	-	0,37
Temps de concentration		T _c	H	16,37
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	7,74

Le bassin versant de Beni Amrane délimité précédemment, présentent des caractéristiques morphologiques d'un bassin allongé dans ce cas le temps de concentration sera long, et la crue se manifestera progressivement à l'exutoire (arrivé retardé de la crue).

La pente de bassin est forte de ce fait on peut prévoir un taux d'érosion un peu élevé par conséquence un taux d'envasement élevé.

La densité de drainage est de l'ordre de 2,29, donc ce bassin est bien drainé et tout le réseau participe à faire acheminer les eaux vers l'exutoire.

Le couvert végétatif est intense ce qui va réduire l'érosion de sol.

III-3-2 Bassin versant Keddara

Tableau III-4: Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	93,25
Périmètre		P	Km	40,47
Longueur du thalweg		L	Km	17,413
Indice de compacité		K _C	-	1,17
Coefficient d'allongement		C _a	-	3,25
Rectangle équivalent	Longueur	L _r	Km	12,9
	Largeur	l _r	Km	7,25
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	1035
	Moyenne	H _{moy}	M	496,83
	Médiane	H _{med}	M	511,38
	Minimale	H _{min}	M	127
Indice de pente de Roche		I _p	%	8,19
Indice de pente globale		I _g	%	0,059
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	7,04
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	0,84
Coefficient de torrentialité		C _t	-	0,10
Temps de concentration		T _c	H	4,17
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	4,18

Le bassin de kaddara est d'une petite surface avec une forme plus moins allongée, il est caractérisé par une pente très forte ce qui favorisera un transport solide important.

Le bassin de kaddara est mal drainé avec une densité de drainage de 0,84.

Le temps de concentration est faible donc nous prévoyons un débit qui se manifestera rapidement à l'exutoire.

III-3-3 Bassin versant Hamiz

Tableau III-5 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant

Désignation		Symbole	Unités	Valeur
Superficie		S	Km ²	135,55
Périmètre		P	Km	54,92
Longueur du thalweg		L	Km	49,802
Indice de compacité		K _C	-	1,32
Coefficient d'allongement		C _a	-	18,30
Rectangle équivalent	Longueur	L _r	Km	21,01
	Largeur	l _r	Km	6,45
Altitudes	Maximale	H _{max}	M	1121
	Moyenne	H _{moy}	M	541,26
	Médiane	H _{med}	M	479,25
	Minimale	H _{min}	M	163
Indice de pente de Roche		I _p	%	2,02
Indice de pente globale		I _g	%	0,028
Indice de pente moyenne		I _{pm}	%	4,56
Densité de drainage		D _d	Km/km ²	0,98
Coefficient de torrentialité		C _t	-	0,16
Temps de concentration		T _c	H	7,75
Vitesse de ruissellement		V _r	Km/h	6,43

Le bassin versant Hamiz est d'une grande superficie avec un coefficient d'allongement de 1,32, donc de forme allongée, il est évident que la forme de bassin influence directement sur l'allure de l'hydrogramme de crue à l'exutoire, une forme allongée favorise de faible débit de crues en raison du long temps d'acheminement lié à la notion du temps de concentration.

La densité de drainage est de l'ordre de 0,98, donc ce bassin est mal drainé c'est-à-dire on perd l'eau dans son cheminement vers l'exutoire.

Il existe une grande différence d'altitude entre l'altitude max et min, donc on peut prévoir une forte érosion.

Le couvert végétatif est intense ce qui va réduire l'érosion de sol.

Conclusion :

Dans cette partie, nous nous intéressons de cartographie et analysé les paramètres morphométrique de trois bassins versants de l'algérois (bassin versants du Hamiz, Kaddara et Beni Amrane)

Ces Bassins versants ont une superficie de 135.5m pour le bassin de Hamiz, 79.22m Beni Amran et 93.25m kaddara , une forme plus au moins allongé.

Les temps de concentrations sont moyens pour les trois bassins versants, variaient entre 4 h à 17h pour arriver à l'exutoire.

Listes de tableaux

- Tableau II-1 : Coordonnées de la courbe hypsométrique..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-2 : Détermination de l'altitude moyenne H_{moy} **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -3 : Détermination de L'indice de pente de ROCHE..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-4 : Classification du relief **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-5 : Densité de drainage **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-6 : Temps de concentration T_c **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-7 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-8 : Coordonnées de la courbe hypsométrique..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-9 : Détermination de l'altitude moyenne H_{moy} **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -10: Détermination de L'indice de pente de ROCHE.... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -11 : Densité de drainage **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -12 : Temps de concentration T_c **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-13 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -14 : Coordonnées de la courbe hypsométrique..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -15 : Détermination de l'altitude moyenne H_{moy} **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -16 : Détermination de L'indice de pente de ROCHE... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-17 : Densité de drainage **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II-18 : Temps de concentration T_c **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau II -19 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III-1 : Les paramètres de trois bassins versants..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III-2 : Les oueds de trois bassins versants **Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III-3 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III-4: Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**
- Tableau III-5 : Résultats de calcul des caractéristiques du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**

Liste de figures

- Figure I-1: Les 3 éléments constituant le noyau d'un SIG complet **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I -2 : Structure de l'interface d'ArcMap en mode « visualisation des données » (data view)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-3 : Structure de l'interface d'ArcMap en mode « Mise en page » (« Layout View ») **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-4 : Géoréférencer et découper la carte MNT avec "Global Mapper"**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-5 : Conversion de la DEM découpée en image raster lisible par ArcGis.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-6 : La fonction Fill **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-7 : La fonction « Flow Direction » **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-8 : La fonction « Flow accumulation »..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-9 : La fonction Vectorisation du réseau hydrographique **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-10 : Désigner un exutoire **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-11 : La fonction Bassin versant **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-12 : classification de Strahler au réseau hydrographique **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-13 : Mesurer la surface du bassin versant..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-14 : Créer la carte la carte hypsométrique du bassin versant**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure I-15 : La mise en page..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 2II-1 : Représentation des trois bassins versants (Utilisation ARCGIS 10.2.2). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 3II-2 : le bassin versant Beni Amrane (Utilisation ARCGIS 10.2.2)**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 4II-3 : Bassin versant de L'oued Isser **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 5II-4 : Courbe hypsométrique du bassin versant de Beni Amrane**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 6II-5 : le bassin versant Keddara (Utilisation ARCGIS 10.2.2)**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 7II-6 : Courbe hypsométrique du bassin versant (Keddara)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 8II-7 : le bassin versant Hamiz (Utilisation ARCGIS 10.2.2)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 9II-8 : Courbe hypsométrique du bassin versant (Hamiz).**Erreur ! Signet non défini.**

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Sommaire

Liste de tableaux

Liste de figures

Introduction Générale..... **Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre I : Présentation de logiciel ARCGIS

Introduction **Erreur ! Signet non défini.**

I-1 Avant-propos (pdf saidi)..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-2 Objectif du guide (pdf saidi)..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-3 Qu'est-ce qu'un Système d'Information Géographique-SIG?Initiation pdf**Erreur ! Signet non défini.**

I-4 Qu'est-ce que ArcGIS ? (word Qu)..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-4-1 Présentation d'ArcGIS **Erreur ! Signet non défini.**

I-5 ARCGIS est une infrastructure pour créer des cartes.(word Qu)**Erreur ! Signet non défini.**

I -6 Comment les SIG sont utilisés dans les différentes communautés(word Qu).....**Erreur ! Signet non défini.**

I -7 Que pouvez-vous faire avec ArcGIS ?(word Qu) **Erreur ! Signet non défini.**

I-8-2 Structure d'un projet ArcMap (pdf initiation)..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-8-3 Afficher les couches (layers) d'information..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-8-4 Définir (Réparer) la source des données. **Erreur ! Signet non défini.**

I-8-5 Définir la gamme d'échelle de visualisation d'une couche.... **Erreur ! Signet non défini.**

I-8-6 Navigation dans la fenêtre de visualisation..... **Erreur ! Signet non défini.**

I-9Méthodologie (pdf saidi) **Erreur ! Signet non défini.**

I-9-1 Géoréférencer et découper la carte MNT avec "Global Mapper" :**Erreur ! Signet non défini.**

I-9-3 La fonction Fill (Comblant les puits).....	Erreur ! Signet non défini.
I-9-4 La fonction « Flow Direction » (Directions des écoulements)	Erreur ! Signet non défini.
I-9-6 La fonction Vectorisation du réseau hydrographique	Erreur ! Signet non défini.
I-9-7 Désigner un exutoire	Erreur ! Signet non défini.
I-9-8 La fonction Bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
I-9-9 Attribuer la classification de Strahler au réseau hydrographique	Erreur ! Signet non défini.
I-9-10 Mesurer la surface du bassin versant :	Erreur ! Signet non défini.
I-9-11 Créer la carte hypsométrique du bassin versant :	Erreur ! Signet non défini.
I-9-12 La mise en page	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre II : Présentation des trois bassins versants	
Introduction :	Erreur ! Signet non défini.
A- Présentation du bassin versant du BENI-AMRANE.....	Erreur ! Signet non défini.
II-1 Etude des paramètres Morphométriques des trois bassins versants	Erreur ! Signet non défini.
II-1-1 :Caractéristiques physiographiques du bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
II-1-2 : Caractéristiques hydro-morphologiques :	Erreur ! Signet non défini.
II-1-3 : Caractéristiques hydrographiques de bassin versant.....	Erreur ! Signet non défini.
B- Présentation du bassin versant du KEDDARA:	Erreur ! Signet non défini.
II-2 : Etude des paramètres morphométriques de bassin versant de Keddara	Erreur ! Signet non défini.
II-2-1 : Caractéristiques physiographiques du bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
II-2-2 : Caractéristiques hydro-morphologiques :	Erreur ! Signet non défini.
II-2-3 : Caractéristiques hydrographiques de bassin versant.....	Erreur ! Signet non défini.
C- Présentation du bassin versant du HAMIZ :	Erreur ! Signet non défini.

II-3 : Etude des paramètres morphométriques de bassin versant de Hamiz	Erreur ! Signet non défini.
II-3-1 :Caractéristiques physiographiques du bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
II-3-2 : Caractéristiques hydro-morphologiques	Erreur ! Signet non défini.
II-3-3 : Caractéristiques hydrographiques de bassin versant	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion:	Erreur ! Signet non défini.
Chapitre III : Résultat et discussion	
INTRODUCTION	Erreur ! Signet non défini.
III-1 Réseau hydrographique	Erreur ! Signet non défini.
III-2 La végétation	Erreur ! Signet non défini.
III-3 Caractéristiques morpho métrique	Erreur ! Signet non défini.
III-3-1 Bassin versant Beni Amrane	Erreur ! Signet non défini.
III-3-2 Bassin versant Keddara	Erreur ! Signet non défini.
III-3-3 Bassin versant Hamiz	Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	Erreur ! Signet non défini.
CONCLUSION GENERALE	Erreur ! Signet non défini.
Références bibliographiques	

CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'études (PFE) se déroule dans le cadre de la présentation du logiciel «ArcGIS» et la réalisation des cartes a fin de calculé des paramètres morphométriques des trois (03) bassins versants le bassin de beni Amren ,le bassin de Kaddara et le bassin de Hamiz .

L'étude des paramètres morphométriques des trois bassins versants nous a donné les résultats suivants :

Le bassin versant de Beni Amrane délimité précédemment, présentent des caractéristiques morphologiques d'un bassin allongé dans ce cas le temps de concentration sera long, et la crue se manifestera progressivement à l'exutoire (arrivé retardé de la crue).

La pente de bassin est forte de ce fait on peut prévoir un taux d'érosion un peu élevé par conséquence un taux d'envasement élevé.

La densité de drainage est de l'ordre de 2,29, donc ce bassin est bien drainé et tout le réseau participe à faire acheminé les eaux vers l'exutoire.

Le couvert végétatif est intense ce qui va réduire l'érosion de sol.

Le bassin de kaddara est d'une petite surface avec une forme plus moins allongée, il est caractérisé par une pente très forte ce qui favorisera un transport solide important.

Le bassin de kaddara est mal drainé avec une densité de drainage de 0,84

Le temps de concentration est faible donc nous prévoyons un débit qui se manifestera rapidement à l'exutoire.

Le bassin versant Hamiz est d'une grande superficie avec un coefficient d'allongement de 1,32, donc de forme allongée, il est évidant que la forme de bassin influence directement sur l'allure de l'hydrogramme de crue à l'exutoire, une forme allongée favorise de faible débit de crues en raison du long temps d'acheminement lié à la notion du temps de concentration.

La densité de drainage est de l'ordre de 0,98, donc ce bassin est mal drainé c'est-à-dire on perd l'eau dans son cheminement vers l'exutoire.

Il existe une grande différence d'altitude entre l'altitude max et min, donc on peut prévoir une forte érosion

Le couvert végétatif est intense ce qui va réduire l'érosion de sol.

Référence Bibliographié

- [1] ANBT (1990), « Barrage de Béni-Amrane Monographie ».
- [2] ANBT (1990), « Barrage de Keddara Monographie ».
- [3] ANBT (1990), « Barrage de Hamiz Monographie ».
- [4] ANGAR Latifa ; « Qualité physico-chimique des eaux du barrage Hamiz » ; mémoire fin d'étude Université Bab Ezzouar Alger ; 2007.
- [5] Durozoy.G « Elements de technologie des barrages Algériens et de quelques annexes, le barrage de Hamiz » ; p199 ; 1952.
- [6] J.-P. Peulvast, J.-R Vanney,2001(Wikipedia)
- [7] Mr Amzel Amirouche ; « Capacité de transport solide des cours d'eau et décantation des sédiments au niveau des retenues *cas de la retenue Beni Amrane* » ; mémoire d'ingénieur d'état en hydraulique ; 2009.
- [8] M^{elle}ReguiegMeloukaFafa « Etude du phénomène de l'eutrophisation dans le barrage Keddara » ; mémoire magister ; 2002.
- [9] OuldAhmed Faouzi, « etude de faisabilite de la retenue collinaire sur oued tamesoult commune d'oued aouf dans la wilaya de batna », mémoire fin d'étude ensh blida. (2016)

Référence par net

- [10] <http://dreams-ally.e-monsite.com/pages/description-du-site/geologie-du-site.html>