

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION

DEPARTEMENT GENIE CIVIL



MEMOIRE DE MASTER

Pour l'obtention du diplôme de master en hydraulique

Spécialité : Ouvrages hydrauliques

Intitule:

**Etablissement des courbes IDF pour la station
pluviométrique de Boghni et calcul des débits fréquents pour le
bassin versant de Tleta**

Présenté par :

Amiar Chabane
Marref Marwa

Membres du jury d'entretien :

Président : Prof Djemai Mohammed
Membre : MCA Dahmous Houcine
Promoteur : Prof Khattaoui Mohammed

Année Universitaire : 2019/2020

INTRODUCTION GENERALE

La conception de tout ouvrage hydraulique nécessite la précision du niveau de performance souhaité. Ce niveau de performance est souvent déterminé en fonction des dommages potentiels et de la sévérité des aléas météorologiques susceptibles d'entraîner un disfonctionnement ou un dépassement de la capacité de l'ouvrage en question (crue), l'instar des infrastructures de gestion des eaux pluviales.

En effet les hydrologues cherchent toujours à trouver des réponses et des solutions à ces événements imprévus, afin de garantir un maximum de sécurité et de protéger les vies humaines, en se basant sur les différentes séries d'observation des débits et de précipitations des années précédentes pour conclure des probabilités des événements à venir inattendus.

Notre travail consiste à présenter les courbes intensités durée fréquence (IDF) et les débits de crue pour différentes fréquences pour la station de Boghni située sur le bassin versant de Souk Tleta.

Le contenu comprendra cinq chapitres. En premier lieu nous allons présenter des généralités et des définitions sur des concepts hydrologiques et sur les crues.

Dans le deuxième chapitre, la zone d'étude sera définie, et une présentation détaillée sur le barrage Souk Tleta, avec une analyse des différentes caractéristiques du site sera établie.

Pour le troisième chapitre, nous allons essayer d'introduire quelques notions essentielles sur le système d'information géographique (SIG), qui nous permettra ensuite d'obtenir les caractéristiques morphométrique, géométriques et hydromorphométriques.

Dans le quatrième chapitre nous allons présenter les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) des précipitations pour la station de Boghni située sur le bassin versant de Souk Tleta objet de notre étude.

Au dernier chapitre, le cinquième, nous allons déterminer et représenter en hydrogramme les débits de crue pour différentes périodes de retour.

En fin, notre étude sera couronnée par une conclusion générale dans laquelle nous rappellerons nos principaux résultats.

Introduction

Cette première partie consiste à définir et à présenter quelques concepts dans le domaine de l'hydrologie. Nous allons présenter le bassin versant et ses différents types, le cycle hydrologique, le bilan hydrique, les inondations ainsi que les crues qui sont l'objectif principal de notre mémoire.

I.1. Définition du bassin versant

Le bassin versant représente, en principe l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et ses effets.

Plus précisément, le bassin versant qui peut être considéré comme un « système » est une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents des précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section droite à l'exutoire. Autrement dit, le bassin versant est la totalité de la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de cette section. Il est entièrement caractérisé par son exutoire, à partir duquel nous pouvons tracer le point de départ et d'arrivée de la ligne de partage des eaux qui le délimite.

I.1.1. Le bassin versant topographique et hydrogéologique

Généralement, la ligne de partage des eaux correspond à la ligne de crête. On parle alors de bassin versant topographique. Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la délimitation en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante.

Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines. Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie et est appelé dans ce cas bassin versant réel ou hydrogéologique.

I.2. Cycle de l'eau et bilan hydrologique

La question de la disponibilité et d'accès à l'eau est sans aucun doute un des problèmes majeurs auquel devra faire face l'humanité durant le siècle à venir. Aujourd'hui on estime en effet qu'un habitant sur cinq de la planète n'a pas accès à l'eau en suffisance et un sur trois à une eau de qualité. Dans ce contexte, il peut être utile de rappeler que "la mesure quantitative et qualitative des éléments du cycle hydrologique et la mesure des autres caractéristiques de

l'environnement qui influence sur l'eau constituent une base essentielle pour une gestion efficace de l'eau". (Déclaration de Dublin, 1992). De fait, la compréhension et l'analyse du cycle de l'eau est la base de toute étude et réflexion au sujet de la gestion des eaux.

I.2.1. Cycle hydrologique

Le cycle Hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants. Le cycle hydrologique n'a donc ni commencement, ni fin.

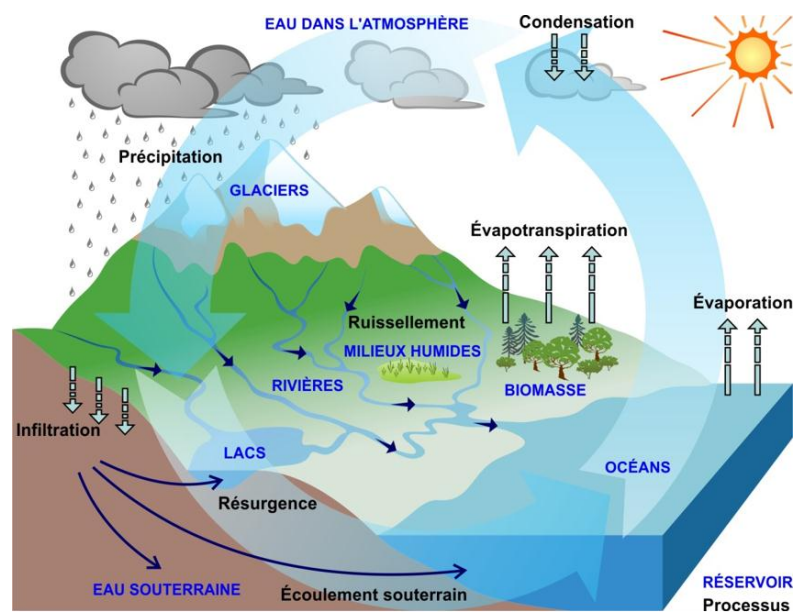


Figure I-03: Cycle de l'eau

Sous l'effet du rayonnement solaire, l'eau évaporée à partir du sol, des océans et des autres surfaces d'eau, entre dans l'atmosphère. L'élévation d'une masse d'air humide permet le refroidissement général nécessaire pour l'amener à saturation et provoquer la condensation de la vapeur d'eau sous forme de gouttelettes constituant les nuages, en présence de noyaux de condensation. Puis la vapeur d'eau, transportée et temporairement emmagasinée dans les nuages, est restituée par le biais des précipitations aux océans et aux continents. Une partie de la pluie qui tombe peut être interceptée par les végétaux puis être partiellement restituée sous forme de vapeur à l'atmosphère. La pluie non interceptée atteint le sol. Suivant les conditions données, elle peut alors s'évaporer directement du sol, s'écouler en surface jusqu'aux cours d'eau (ruissellement de surface) ou encore s'infiltrer dans le sol. Il peut aussi y avoir emmagasinement temporaire de l'eau infiltrée sous forme d'humidité dans le sol, que peuvent

utiliser les plantes. Il peut y avoir percolation vers les zones plus profondes pour contribuer au renouvellement des réserves de la nappe souterraine. Un écoulement à partir de cette dernière peut rejoindre la surface au niveau des sources ou des cours d'eau. L'évaporation à partir du sol, des cours d'eau, et la transpiration des plantes complètent ainsi le cycle.

Donc le cycle de l'eau a pour sujet des processus complexes et variés parmi lesquels nous citerons les précipitations, l'évaporation, la transpiration, l'interception, le ruissellement, l'infiltration, la percolation, l'emmagasinement et les écoulements souterrains qui constituent les principaux chapitres de l'hydrologie. Ces divers mécanismes sont rendus possibles par un élément moteur, le soleil, organe vital du cycle hydrologique.

I.2.1.1. Précipitations

Sont dénommées précipitations toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie) que sous forme solide (neige, grésil) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. La vapeur d'eau de l'atmosphère se transforme en liquide lorsqu'elle atteint le point de rosée par refroidissement ou augmentation de pression. Pour produire la condensation, il faut également la présence de certains noyaux microscopiques, autour desquels se forment des gouttes d'eau condensées. Le déclenchement des précipitations est favorisé par la coalescence des gouttes d'eau. L'accroissement de poids leur confère une force de gravité suffisante pour vaincre les courants ascendants et la turbulence de l'air, et atteindre le sol. Enfin, le parcours des gouttes d'eau ou des flocons de neige doit être assez court pour éviter l'évaporation totale de la masse. Les précipitations sont exprimées en intensité (mm/h) ou en lame d'eau précipitée (mm).

I.2.1.2. Évaporation/Évapotranspiration

L'évaporation se définit comme étant le passage de la phase liquide à la phase vapeur, il s'agit de l'évaporation physique. Les plans d'eau et la couverture végétale sont les principales sources de vapeur d'eau. On parle de sublimation lors du passage direct de l'eau sous forme solide (glace) en vapeur. Le principal facteur régissant l'évaporation est la radiation solaire.

Le terme évapotranspiration englobe l'évaporation et la transpiration des plantes. On distingue :

➤ L'évapotranspiration réelle (ETR) : somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique.

➤ L'évapotranspiration de référence (ET₀) (anciennement évapotranspiration potentielle) : quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal sain en pleine croissance. Elle comprend donc l'évaporation de l'eau du sol et la transpiration du couvert végétal pendant le temps considéré pour un terrain donné.

L'évaporation est une des composantes fondamentales du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région ou d'un bassin versant. En général, des analyses spécifiques d'évaporation devront être faites pour des études de bilan et de gestion de l'eau par les plantes.

I.2.1.3. Interception et Stockage dans les dépressions

➤ L'interception : La pluie (ou dans certains cas la neige) peut être retenue par la végétation, puis redistribuée en une partie qui parvient au sol et une autre qui s'évapore. La partie n'atteignant jamais le sol forme l'interception. Son importance est difficile à évaluer et souvent marginale sous nos climats, donc souvent négligée dans la pratique.

➤ Le stockage dans les dépressions : est, tout comme l'interception, souvent associé aux pertes. On définit l'eau de stockage comme l'eau retenue dans les creux et les dépressions du sol pendant et après une averse.

I.2.1.4. Infiltration et Percolation

➤ L'infiltration : désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol et l'écoulement de cette eau dans le sol et le sous-sol, sous l'action de la gravité et des effets de pression.

➤ La percolation : représente plutôt l'infiltration profonde dans le sol, en direction de la nappe phréatique. Le taux d'infiltration est donné par la tranche ou le volume d'eau qui s'infiltre par unité de temps (mm/h ou m³/s). La capacité d'infiltration ou l'infiltrabilité est la tranche d'eau maximale qui peut s'infiltrer par unité de temps dans le sol et dans des conditions données. L'infiltration est nécessaire pour renouveler le stock d'eau du sol, alimenter les eaux souterraines et reconstituer les réserves aquifères. De plus, en absorbant une partie des eaux de précipitation, l'infiltration peut réduire les débits de ruissellement.

I.2.1.5. Les écoulements

De par la diversité de ses formes, on ne peut plus aujourd'hui parler d'un seul type d'écoulement mais bien des écoulements. On peut distinguer en premier lieu les écoulements rapides des écoulements souterrains plus lents. Les écoulements qui gagnent rapidement les exutoires pour constituer les crues se divisent en

- Écoulement de surface : mouvement de l'eau sur la surface du sol.
- Écoulement souterrain : désigne le mouvement de l'eau dans le sol. On peut encore ajouter à cette distinction les écoulements en canaux ou rivières qui font appel à des notions plus hydrauliques qu'hydrologiques (à l'exception des méthodes de mesures comme nous le verrons ultérieurement).

I.2.2. Bilan hydrique

On peut schématiser le phénomène continu du cycle de l'eau en trois phases :

- Les précipitations,
- Le ruissellement de surface et l'écoulement souterrain,
- L'évaporation.

Il est intéressant de noter que dans chacune des phases on retrouve respectivement un transport d'eau, un emmagasinement temporaire et parfois un changement d'état. Il s'ensuit que l'estimation des quantités d'eau passant par chacune des étapes du cycle hydrologique peut se faire à l'aide d'une équation appelée "hydrologique" qui est le bilan des quantités d'eau entrant et sortant d'un système défini dans l'espace et dans le temps. Le temporel introduit la notion de l'année hydrologique.

En principe, cette période d'une année est choisie en fonction des conditions climatiques. Ainsi en fonction de la situation météorologique des régions, l'année hydrologique peut débuter à des dates différentes de celle du calendrier ordinaire. Au niveau de l'espace, il est d'usage de travailler à l'échelle d'un bassin versant mais il est possible de raisonner à un autre niveau (zone administrative, entité régionale, etc.).

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l'équation de continuité et peut s'exprimer comme suit, pour une période et un bassin donnés :

$$P + S = R + E + (S \pm \Delta S)$$

Avec:

P : Précipitations (liquide et solide) [mm],

S : Ressources (accumulation) de la période précédente (eaux souterraines, humidité du sol, neige, glace) [mm],

R : Ruissellement de surface et écoulements souterrains [mm],

E : Evaporation (y compris évapotranspiration) [mm],

S + Δ S : Ressources accumulées à la fin de la période [mm].

On exprime généralement les termes du bilan hydrique en hauteur d'eau (mm par exemple), on parle alors de lame d'eau (précipitée, écoulée, évaporée, stockée, etc.). Cette équation exprime simplement que la différence entre le débit d'eau entrant et le débit d'eau sortant d'un volume donné (par exemple un bassin versant) au cours d'une période déterminée est égale à la variation du volume d'eau emmagasinée au cours de la dite période.

Elle peut s'écrire encore sous la forme simplifiée suivante :

$$E = I - O \pm \Delta S$$

Avec :

E : évaporation [mm] ou [m3],

I : volume entrant [mm] ou [m3],

O : volume sortant [mm] ou [m3],

ΔS : variation de stockage [mm] ou [m3].

Si le bassin versant naturel est relativement imperméable, la variation de stock sur une période donnée peut être considérée comme nulle ($\Delta S=0$). Dès lors, on peut introduire le déficit d'écoulement D dans l'équation qui s'écrit :

$$I - O = D$$

Ce déficit d'écoulement représente essentiellement les pertes dues à l'évaporation. Il peut être estimé à l'aide de mesures ou de méthodes de calcul. A titre illustratif, les formules de Turc et Coutagne estimant ce déficit sont les suivantes :

Formule de Turc :

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 \frac{P^2}{T^2}}}$$

Avec :

D : déficit d'écoulement [mm],

P : pluie annuelle,

T : température moyenne annuelle [°C].

$$L = 300 + 25 T + 0.05 T^3.$$

Formule de Coutagne :

$$D = P - m \cdot P^2$$

Avec :

D : déficit d'écoulement [mm],

P : pluie annuelle [mm],

$m = 1 / (0.8 + 0.16 T)$: coefficient régional.

La connaissance du déficit d'écoulement permet d'évaluer le comportement du système ou la fiabilité des données sensées le décrire, par comparaison entre les valeurs du déficit calculées directement et les valeurs estimées dans un bassin versant plus grand.

I.3. Inondation

Une inondation est une submersion temporaire d'une zone habituellement sèche, par des eaux douces (fortes pluies, débordement de rivières et de barrage, ...etc.) ou salées (submersion marine, tsunami,...etc.). Elle peut être un phénomène régulier ou catastrophique et peut se produire lentement ou très rapidement selon les conditions topographiques et météorologiques de la zone affectée. L'inondation est issue de nombreux facteurs dont le plus répandu dans le monde est les crues.

I.3.1. Connaissance de l'inondation « l'aléa »

L'aléa interpelle deux disciplines principales ; l'hydrologie et l'hydraulique fluviale. Dans le cas des inondations, l'hydrologie est la discipline qui permet d'obtenir les débits et les périodes moyennes de retour. Tandis que l'hydraulique est la discipline qui permet d'obtenir les niveaux d'eau et accessoirement les vitesses correspondantes à ces débits. La combinaison de ces deux disciplines permet donc d'associer des périodes de retour à des niveaux et vitesses d'écoulement en divers points d'un cours d'eau.

Pour mieux comprendre le phénomène, on commentera les notions élémentaires suivantes :

- Les paramètres fondamentaux du cours d'eau ;
- Les crues ;
- Les Principaux paramètres caractérisant l'inondation ;
- Les causes et origines des inondations

I.3.2. Paramètres fondamentaux du cours d'eau

Le lit d'une rivière étant façonné par les eaux qu'il transporte. On conçoit que ses dimensions soient fortement liées au régime hydrologique.

Lit mineur : Il est constitué par le lit ordinaire du cours d'eau, pour le débit d'étiage ou pour les crues fréquentes (crues annuelles).



Figure I-04 : Lit mineur d'un cours d'eau.

Lit moyen : il correspond à l'espace fluvial ordinairement occupé par la ripisylve.



Figure I-05: lit moyen du cours d'eau.

Lit majeur : Il représente les zones basses situées de part et d'autre du lit mineur, sur une distance qui va de quelques mètres à plusieurs kilomètres. Sa limite est celle des crues exceptionnelles.

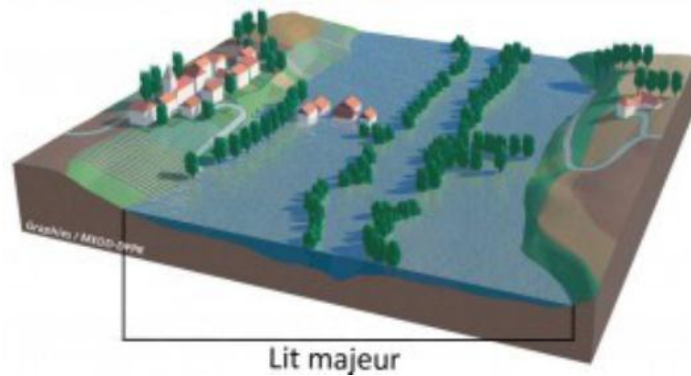


Figure I-06 : Lit majeur d'un cours d'eau

Rive, berges : La berge est le talus incliné qui sépare le lit mineur et le lit majeur. Tandis que la rive, elle est le milieu géographique qui sépare les milieux aquatique et terrestre ; Elle démarre au sommet de la berge et constitue une partie plate plus ou moins étendue qui reste sous l'influence du milieu aquatique.

Ripisylve : C'est la formation végétale naturelle située sur la rive. Elle peut être une véritable forêt alluviale s'étendant sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres de part et d'autre du lit mineur. Le rôle de la Ripisylve sur les crues peut être important ; lorsqu'elle occupe une part significative du lit majeur, elle augmente notablement la rugosité du lit, d'où deux conséquences de nature hydraulique :

- Une diminution des vitesses dans le lit majeur, et donc une réduction des effets érosifs du courant ;
- Un écrêtement des crues pour l'aval.

Alluvions et substratum : Les alluvions sont les grains fins ou grossiers alternativement déposés ou repris par le courant. Elles recouvrent le substratum qui est une couche formée d'une roche dure ou plus ou moins tendre (schistes, grès, marnes...)

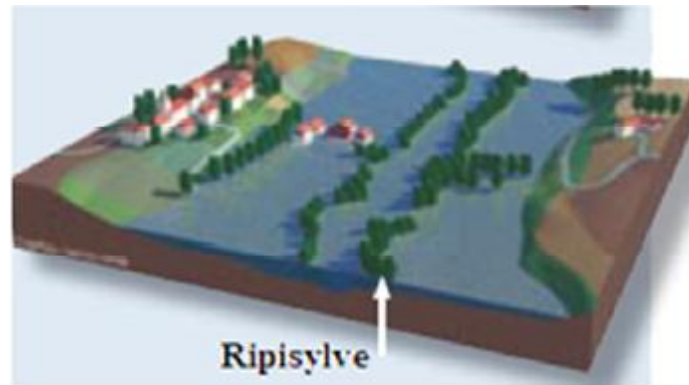


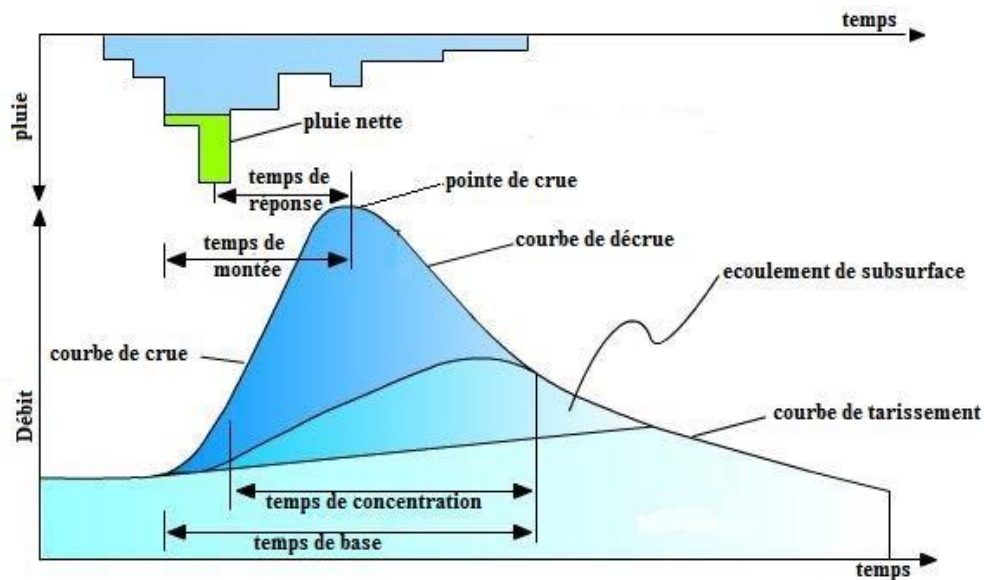
Figure I-07 : Ripisylve

I.3.3. Crue

La crue correspond à l'augmentation de la quantité d'eau qui s'écoule dans les rivières et peut concerner l'ensemble du lit majeur de la rivière. De nombreux géographes et hydrologues ont adopté le critère qu'une rivière est en crue lorsque son débit est trois à cinq fois supérieur à son débit moyen. De façon plus pratique, elle déborde des limites de son lit mineur. Il s'agit d'un phénomène naturel périodique qui n'est exceptionnel que lorsque les débits deviennent considérables par rapport à son module ; on parle alors de crue critique, laquelle peut engendrer une inondation sur les zones riveraines.

Eléments descriptif d'une crue : Une crue est décrite par quatre éléments (figure I.1), qui sont :

- Temps de concentration : durée nécessaire à une goutte d'eau tombée au point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire.
- Point de crue : puissance de la crue et durée de la période critique.
- Courbe de tarissement : retour de la rivière au niveau antérieur à la crue.
- Fréquence de retour : Elle représente l'inverse du temps de retour d'une crue



I.3.4.

Figure I-08 : Eléments descriptif d'une crue

Principaux paramètres caractérisant l'inondation

I.3.4.1. La période de retour des crues

La notion de période de retour « T » n'est qu'une autre façon de caractériser la fréquence d'apparition d'un phénomène à un moment donné. Statistiquement, on la définit comme l'inverse de la probabilité d'occurrence de dépassement « P » de ce phénomène ;

$$T = \frac{1}{P}$$

Un phénomène ayant une période de retour de cent ans (phénomène centennal) a une chance sur cent de se produire ou d'être dépassé chaque année. Cela est vérifié à condition de considérer une très longue période. Mais elle peut aussi, de courtes périodes (quelques années), se répéter plusieurs fois. Autrement dit, en vingt ans, un individu a une chance sur cinq de vivre la crue centennale.

On associe souvent à la notion de crue, la notion de période de retour (crue décennale, centennale, millénaire, etc); plus cette période est grande, plus le débit et l'intensité sont importants.

I.3.4.2. La hauteur et la durée de submersion

La hauteur de submersion peut avoir un impact important sur le bâti, notamment lorsqu'elle dépasse la cote de référence. Lorsque la durée de submersion est importante, des problèmes sanitaire peuvent survenir, l'eau étant souvent malpropre, contaminée par les égouts ou parfois le mazout échappé des cuves. Exemple, Pour l'homme, on considère généralement que des hauteurs d'eau supérieure à 50 cm sont dangereuses, une voiture commence à flotter à partir de 30 cm d'eau.

I.3.4.3. La vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement est conditionnée par la pente du lit et sa rugosité, la dangerosité de l'écoulement dépend du couple hauteur/vitesse. A titre d'exemple, à partir de 0.5 m/s, la vitesse du courant devient dangereuse pour l'homme, avec un risque d'être emporté par le cours d'eau et blessé par des objets charriés à vivre allure.

I.3.4.4. La torrencialité du cours d'eau

La torrencialité au la crue torrencielle est un phénomène brusque et violent résultant d'épisode pluvieux intenses et localisés, du type d'orage convectifs, on parle de la torrencialité lorsque la durée nécessaire pour atteindre l'exutoire est inférieure à 12 heures(ou 24 heures certains hauteurs).

On distingue cinq critères pour définir la torrencialité du cours d'eau :

- La rapidité de la réponse du cours d'eau ;
- La pente ;
- Le nombre de Froude ;
- Le transport solide ;

On considère les zones de montagne et les bassins versants de petite a moyenne superficie et une forte pente moyenne, comme les zones les plus touchées par une torrencialité forte, elles ont des vitesses d'écoulement importantes, même dans le lit majeur.

I.3.4.5. Volume de matière transportée

Ce volume est communément appelé « transport solide ». Il s'agit de matériaux (argiles, limons, sables, graviers, galets, blocs....etc.) se trouvant dans les cours d'eau et dont le transport peut s'effectuer soit par suspension dans l'eau, soit par déplacement sur le fond du lit, du fait des forces liées au courant. L'inondation d'une rivière torrentielle sera essentiellement caractérisée par une vitesse du courant élevée et un fort transport solide.

I.4. Les causes et origines des inondations

Elles sont causées par plusieurs facteurs, dont on cite :

- Causes d'origine naturelle : elles correspondent aux phénomènes météorologiques et climatiques tels que : pluies exceptionnelles, orages violents, pluies torrentielles, fonte de neiges,...etc.
- Causes d'origine humaine directe :elles consistent dans la modification du système fluvial des cours d'eau ou de leurs caractéristiques morphologiques (largeur, longueur, pente, ...etc.) rupture accidentel de barrage, le drainage, l'irrigation, la dégradation des sols et l'agriculture intensives (accélère le ruissellement et limite l'infiltration).
- Causes d'origine humaine indirecte :elle sont liées à la pollution et le réchauffement climatique qui ont modifié les conditions climatiques du monde entier. L'émission de gaz à effet de serre provoque la fonte des glaciers des pôles (nord et sud). Ceci entraîne la montée du niveau des océans et des cours d'eau ainsi que la procréation de cyclones d'intensité importante.

Conclusion

Afin de réaliser une étude hydrologique, il parait qu'il serait nécessaire de définir les caractéristiques du bassin versant et de comprendre son comportement hydrologique, pour mieux estimer les précautions à prendre afin d'éviter l'aggravation des crues, conséquence des inondations, et les mesures compensatoires à envisager dans certaines cas.

Introduction

Dans cette partie nous avons présenté la zone d'étude par l'analyse des différentes caractéristiques topographiques, géologiques et climatique. Tel que, la topographie à pour but d'étudier le relief du site du barrage, l'étude géologique pour caractériser les différentes couches du sol dans la zone d'implantation de l'ouvrage, en fin l'étude climatique qui joue un rôle important dans le comportement hydrologique des cours d'eau dans le bassin.

II.1. Situation géographique du barrage Souk tleta

Le barrage Souk Tleta de l'oued de BOU-GDOURA, se situe à l'extrémité occidental de la grande Kabylie à 8,5 km de Tizi-Ouzou, 80 km environ à vol d'oiseaux d'Alger dans la direction Est.

Le réservoir est constitué de trois sous bassin versants :

- Assif Thala Imedran avec 50 % de la totalité du réservoir ;
- Assif Tlata avec 39 % ;
- Assif Aguer gour 11 % .

Les oueds des trois SBV confluent à l'amont du barrage avec un angle de 30° environ. La retenue est fermée par une gorge de quelques centaines de mètres de long.

Le fond de la rivière est situé approximativement au niveau 65m NGA et présente en son endroit le plus étroit une largeur d'environ 50m. Les flancs de la vallée montent jusqu'au niveau 150m NGA au moins, avec une pente dépassant par endroits 2/1 et une largeur de la vallée, de 200m environ à la cote du sommet du barrage.

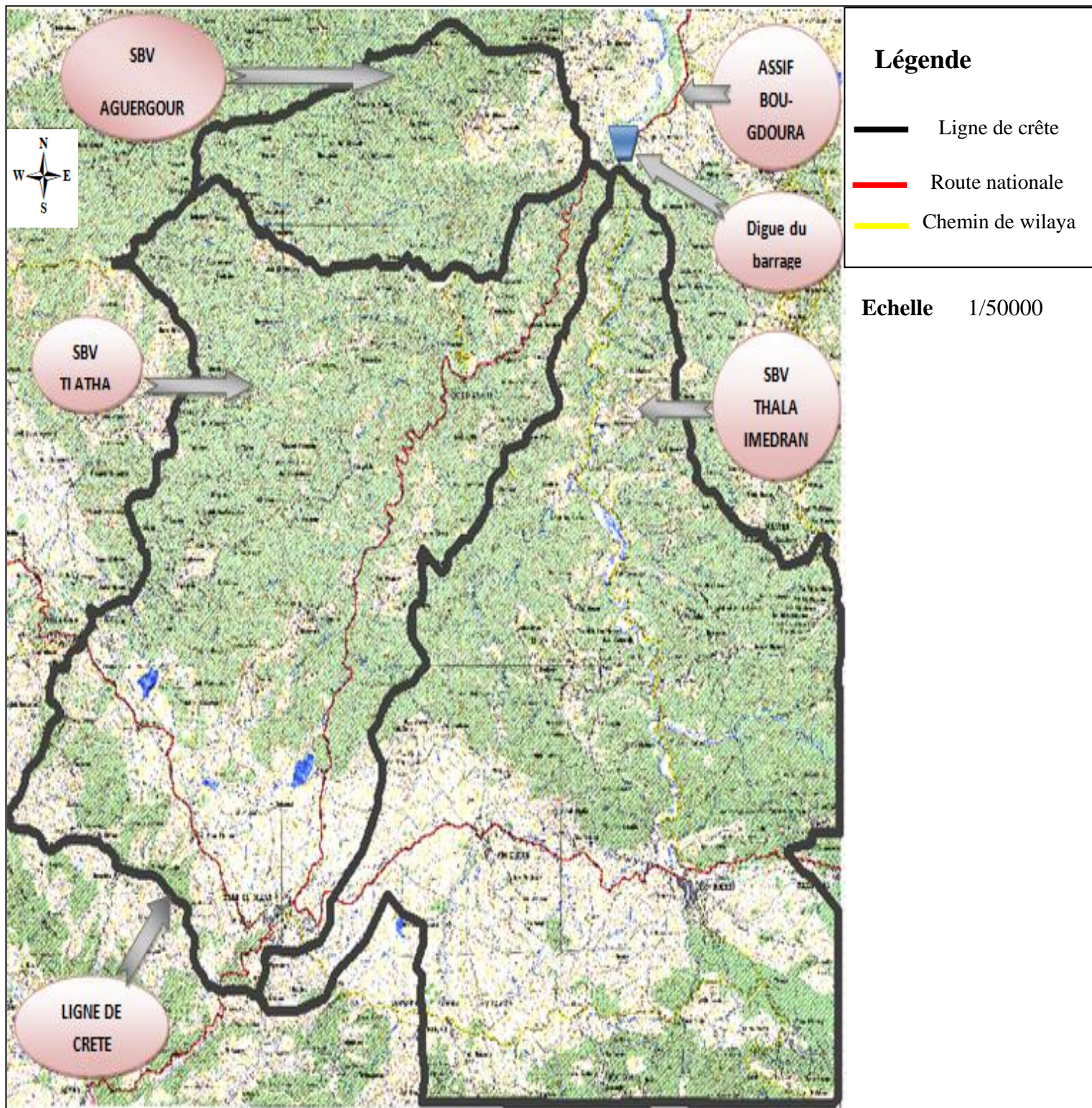


Figure II-01: localisation du site du barrage de Souk Tleta (INC) délimité par MAP info

II.2. Géologie du bassin versant de Souk Tleta(la cuvette)

La retenue créée par le barrage de Souk Tleta pourra inonder les vallées étroites de l'Acif Thala Imedrane et Acif Tleta, qui s'écoulent en gros dans le sens Sud-Nord jusqu'à leur confluence à Souk Tleta, zone prévue pour le barrage ; la retenue s'étendra également dans la vallée de l'oued Aguer gour, affluent de l'Acif Tleta, qui s'écoule dans la direction Ouest-Est. A partir de la confluence de ces deux cours d'eau la rivière prend le nom d'Oued Bougdoura.

Les roches qui affleurent sur les flancs des vallées de l'Acif Tleta et Tala Imedrane appartiennent à la série cristallophyllienne, ce qui signifie que les terrains inondés appartiennent à la série terminale du socle métamorphique paléozoïque. Il s'agit en général de schiste et de micaschiste donc on a à faire à trois lithofaciés :

- Les schistes
- Les grés
- Les conglomérats

Dans la vallée de l'oued Aguer gour affleurent les terrains sédimentaires tertiaires qui comportent :

- Des marnes
- Des grés fissurés

Des conglomérats du pliocènes recouvrent les sommets des collines de l'Oued Aguer gour.

En dessous on rencontre les terrains qui appartiennent à la série cristallophyllienne terminale du socle gressique est magmatique de la grande Kabylie. Dans la zone du barrage ces terrains sont représentés immédiatement sous le burdigalien par des phyllades. Figure (II.3)

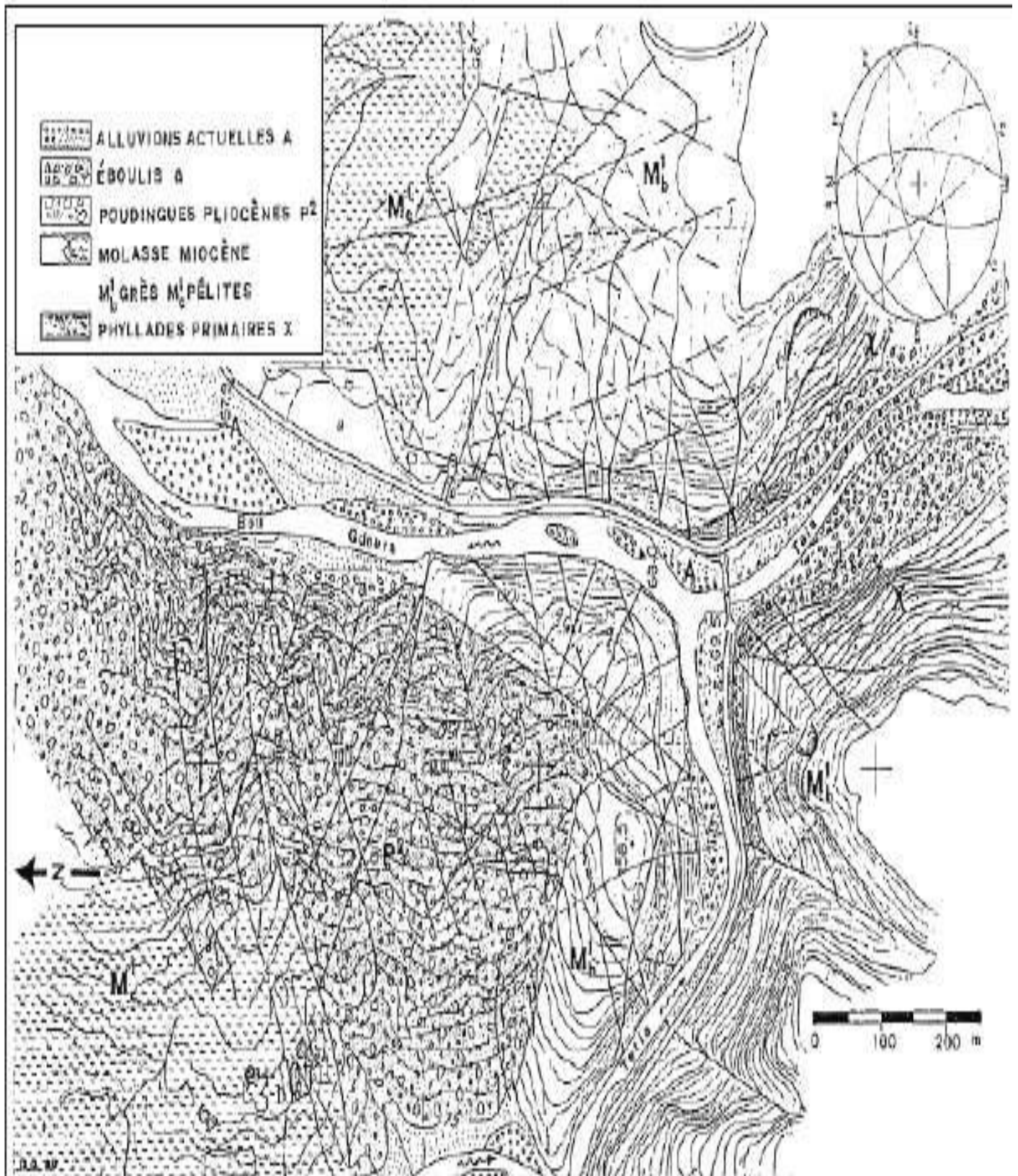


Figure II-02: Esquisse géologique du site (ANBT)

II.2. Perméabilité du site

Pour l'oued Bou gdoura, le coefficient de perméabilité K varie entre 5.10^{-1} et 5.10^{-6} cm/s in (ILIMI,Salima ;MAZARI Asma) ce qui met en évidence l'hétérogénéité du sol.

Les coefficients de perméabilité des poudingues pliocènes, qui suivent assez bien une distribution normale, montrent des faibles perméabilités (5.10^{-5} – 5.10^{-7} cm/s) in (ILIMI,Salima ;MAZARI Asma), dues surtout au degré élevé de consolidation et à une certaine cimentation.

En ce qui concerne les grès, la différence de perméabilité entre les deux versants de l'oued Bou gdoura est faible.

Globalement, dans la zone des appuis (formation gréseuse), la nappe souterraine est profonde, ce qui révèle que les fractures des massifs rocheux sont communicantes.

On conclure alors, que les fractures et les contacts stratigraphiques sont donc des chemins potentiels de fuite d'eau de réservoir. Toutefois, à cet égard, c'est dans les collines de rive gauche que les risques sont les plus élevés. En effet, le phénomène le plus important du site du barrage est la vallée épigénétique (colmatée par les poudingues pliocènes) qui traverse obliquement la colline susmentionnée.

II.3. Étude climatique

Pour notre zone étudiée, la station la plus représentative qui dispose des enregistrements est celle de Tizi Ouzou (code. 021703) appartenant au réseau O.N.M. Les données climatiques considérées essentiellement les précipitations, les températures et d'autres phénomènes climatiques (vent, insolation, humidité, etc.)

II.3.1. Température

La température est influencée par la topographie du milieu à savoir l'altitude, le relief, la pente et l'exposition, qui interviennent de façon déterminante dans la différenciation au sein d'un même mésoclimat et/ou de microclimat particuliers (ALAIN L. et ROBERT S., 1996). La température moyenne annuelle au niveau de la station de Tizi Ouzou est de 18°C .

Les températures enregistrées à la station de Tizi Ouzou sont données dans tableau (II.15).

T°C	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy/ 18 ans
M	15.16	16.68	19.61	21.66	26.36	31.68	35.48	35.88	31.37	26.65	19.87	15.83	24.68
m	06	06.65	08.45	10.15	14.04	18.17	21.07	21.82	18.81	15.35	10.42	07.28	13.18
T° moy	10.58	11.66	14.01	15.90	20.20	24.92	28.27	28.85	25.09	21	15.14	11.55	18.93

Tableau II.1: variation des températures moyennes min et max (1990 à 2008) données par la station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou

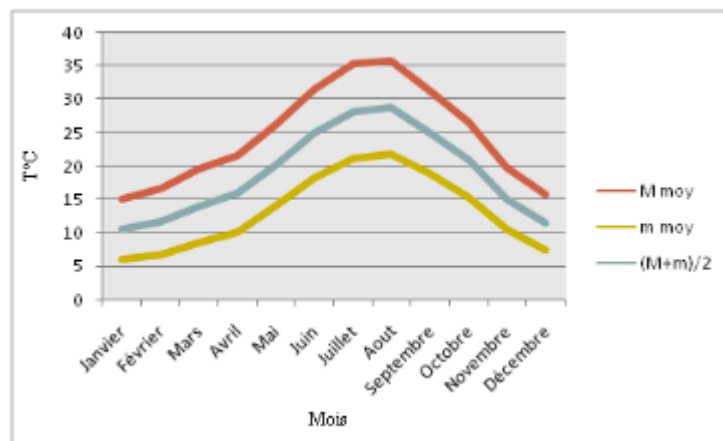


Figure II-03: diagramme des températures moyennes min et max sur une période de 18ans données par la station ONM de Boukhalfa, Tizi-Ouzou

II.3.2.Précipitation

Les précipitations représentent une partie essentielle du cycle hydrologique. L'eau précipitée sur un bassin versant va se répartir en eau interceptée, évaporée, infiltrée et écoulee. L'étude de la pluviométrie mensuelle permet de mettre en évidence une période pluvieuse et une période sèche figure (II.7)

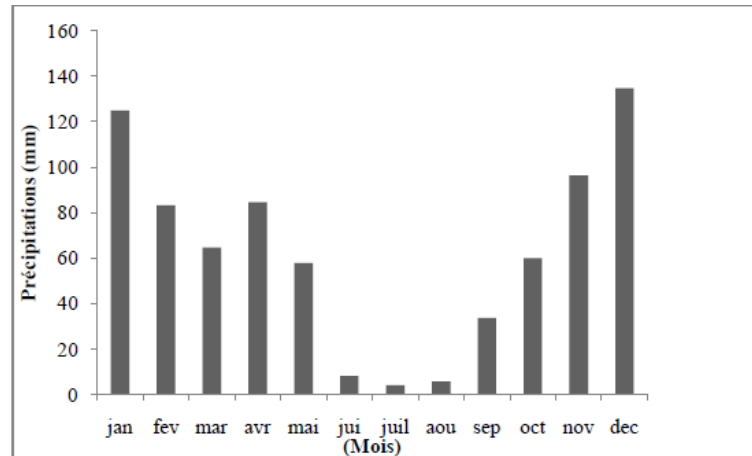


Figure II.04: histogramme des Précipitations moyennes mensuelles (1990-2007)
données par la station de Boukhalfa

La figure II.7 montre que les fortes précipitations locales se concentrent du mois d'octobre au mois de mai, et que la saison estivale apparaît la moins arrosée avec une période creuse qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois de septembre. Le mois de Juillet est biologiquement le mois le plus sec de l'année, tandis que le mois le plus humide est décembre.

II.3.3. Le vent

Le vent est caractérisé par sa fréquence, sa vitesse et sa direction, il intervient dans la dispersion de divers éléments en suspension, tel que les particules fines, les fumées l'odeur...etc

La vitesse moyenne des vents est considérée comme «modérée » [2.5 m/s]. A Tizi-Ouzou les vents les plus forts soufflent à la fin de l'automne et de printemps sur la direction Est-Ouest.

La vitesse des vents enregistrés à la station sont données au tableau (II.16) ;

Mois	jan	fev	Mars	avr	mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	Moyenne annuelle
Vitesse [m/s]	2.7	2.7	2.9	2.8	2.5	2.3	2.3	2.3	2.2	2.5	2.9	3.0	2.6

Tableau II.2: vitesses moyennes des vents dominants donnés par ONM de Boukhalfa

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le site d'une manière topographique, ou nous avons déterminé la forme de la vallée avec une inclinaison de 30°, géologique ; caractériser par un sol de différentes couche (schiste, grés et conglomérats), et une faible perméabilité, climatique ; avec une température moyenne annuelle de 18°C et des précipitations fortes du mois d'octobre ou mois de mai et une vitesse moyenne des vents considérée comme modérée (2,5 m/s).

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

Introduction

Dans cette partie, il nous est apparu utile d'introduire quelques notions essentielles sur les systèmes d'information géographique. Afin de bien situer le rôle et l'usage d'un SIG, nous allons également en préciser sa définition, ses différents domaines d'application et en terminant avec un exemple pratique en déterminant les caractéristiques physiques (géométriques et morphométriques) du bassin versant Souk Tleta.

III.1.1. Définition du SIG

Différentes définitions peuvent être utilisées pour définir un Système d'informations géographiques. Elles utilisent toute la notion d'information géographique. On peut se référer aux deux définitions suivantes :

Un SIG peut être défini comme un ensemble de coordonnées d'opérations généralement informatisées destinées à transcrire et à utiliser des données géographiques sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes sources accessibles: bases de données, savoir-faire, capacité de traitement selon les applications demandées.

La seconde définition retenue est comme suit : Le SIG est l'ensemble des matériels et logiciels informatiques ainsi que des données géographiques avec lesquels les utilisateurs interagissent pour intégrer, analyser et visualiser les données, identifier les relations, les schémas et les tendances et trouver des solutions aux problèmes. Ce système est destiné à la capture au stockage, à la mise à jour, à la manipulation, à l'analyse et à l'affichage des informations géographiques. Un SIG sert habituellement à représenter des cartes sous forme de couches de données qui peuvent être étudiées et utilisées à des fins d'analyse.

III.1.2. Architecture et fonctionnement d'un SIG

Les composants d'un SIG :

Un SIG est constitué de cinq composants majeurs tels que présentés par le schéma ci-dessous:

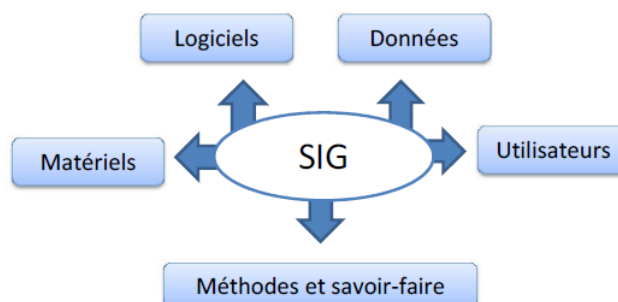


Figure III-01: Les composants d'un SIG

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

III.1.3. Questions et fonctionnalités aux quelles peuvent répondre les SIG

Un SIG doit répondre à cinq questions, quel que soit le domaine d'application :

- Où : où se situe le domaine d'étude et quelle est son étendue géographique ?
- Quoi : quels objets peut-on trouver sur l'espace étudié ?
- Comment : comment les objets sont-ils répartis dans l'espace étudié, et quelles sont leurs relations ? (C'est l'analyse spatiale)
- Quand : quel est l'âge d'un objet ou d'un phénomène ? (C'est l'analyse temporelle)
- Et si : que se passerait-il s'il se produisait tel événement ?

Un SIG répond à 5 fonctionnalités (les 5 A) :

- Abstraction: modélisation de l'information,
- Acquisition: récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- Archivage: stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,
- Analyse: réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- Affichage: restitution graphique.

En d'autres termes, un SIG est un environnement informatisé d'analyse d'une information spatiale numérisée. (SIG, Cours et travaux pratiques)

III.1.4. But d'utiliser le SIG

- Visualiser des objets sur une carte
- Sélectionner des éléments suivant divers critères
- Des informations sur des éléments affichés sur une carte
- Croiser des informations de nature différentes pour en définir de nouvelles
- Faire des analyses spéciales

III.1.5. Types de données dans un SIG

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies:

- Sa position géographique dans l'espace
- Sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie
- Son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification (code)

Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées (Rouet.P)

- Données spatiales

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

Elles déterminent les caractéristiques spatiales d'une entité géographique où sont représentés et identifiés tous les éléments graphiques:

- La localisation : coordonnée par rapport à une échelle graphique de référence.
- La forme: point, ligne, surface.
- La taille: longueur, périmètre, surface.

Les informations font référence à des objets de trois types (figure III.2):

- Point: est désigné par ses coordonnées et à la dimension spatiale la plus petite.
- Ligne: à une dimension spatiale constituée d'une succession de points proches les uns des autres.
- Polygone (zone ou surface): est un élément de surface défini par une ligne fermée ou la ligne qui le délimite.

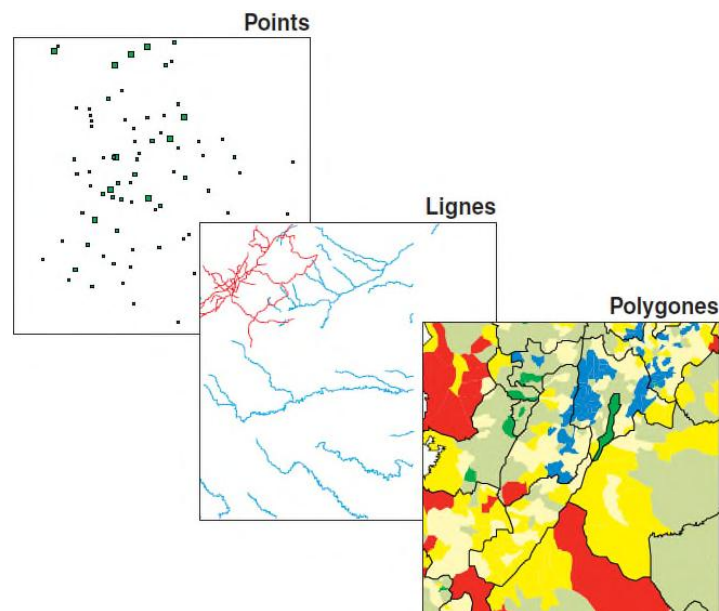


Figure III-02: Données spatiales

- Données associées

Les données associées des entités géographiques permettent de compléter la représentation géométrique de l'entité spatiale. Chaque élément de l'espace reçoit un code d'identification qui peut être numérique ou littéral (figure 1.14). Ce code constitue en quelque sorte une étiquette caractérisant le point, la ligne ou le polygone.

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

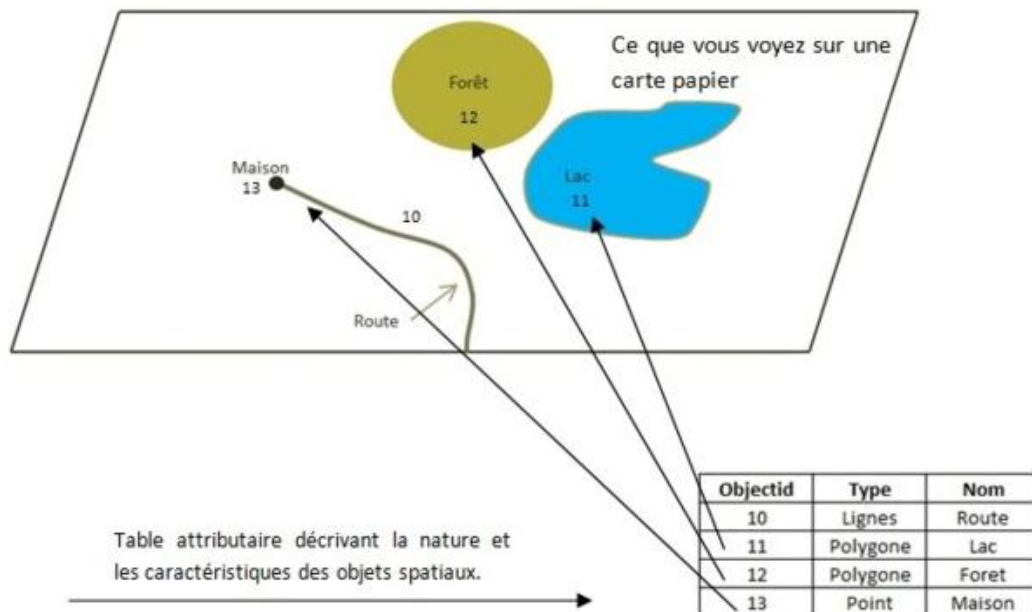


Figure III-03: Données associée

III.1.6. Modes de données dans les SIG

La reprise de documents cartographiques existants sur support papier en vue de les introduire dans un SIG, pouvait recourir à des techniques différentes: la digitalisation et le balayage électronique par exemple. La première conduit directement, comme c'est illustré à la figure III.4, à des données cartographiques numériques de types vecteurs, la seconde à des données tramées. (SIG, Cours et travaux pratiques)

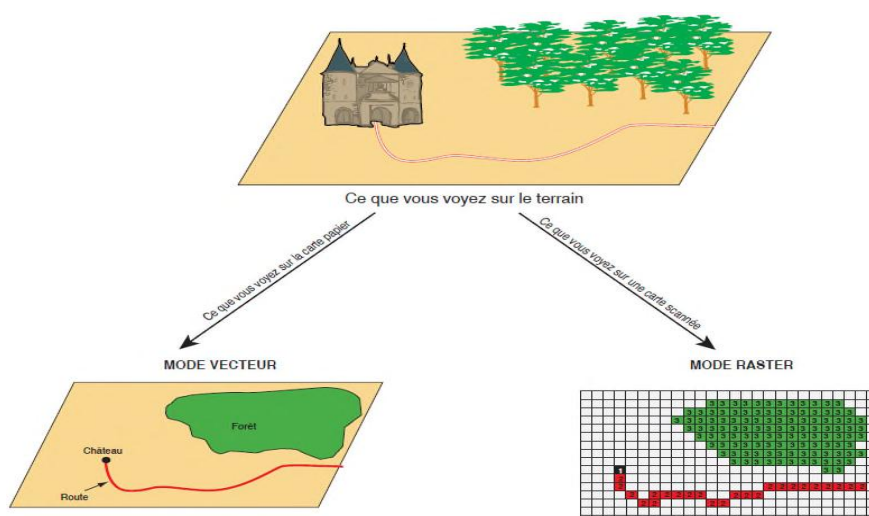


Figure III-04: Modes de données dans un SIG

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

a) Mode vecteur

Ce mode répond au souci de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématiques (figure III.5) structurées dans des bases de données numériques.

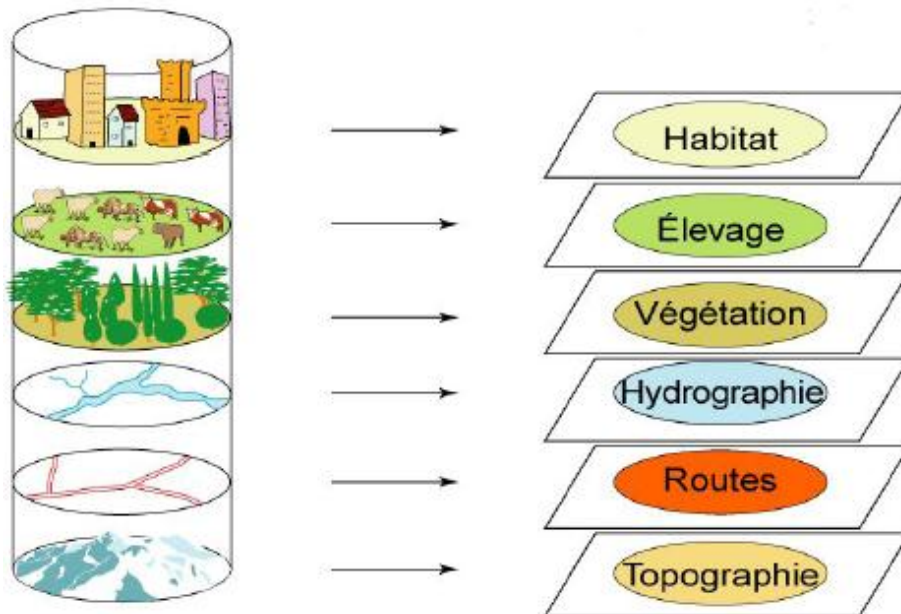


Figure III-05: Décomposition du monde réel en couches d'information

Une couche réunit généralement des éléments géographiques de même type. Les éléments géographiques (objets spatiaux) peuvent être représentés sur une carte par des points, des lignes ou des polygones (figure III.6)

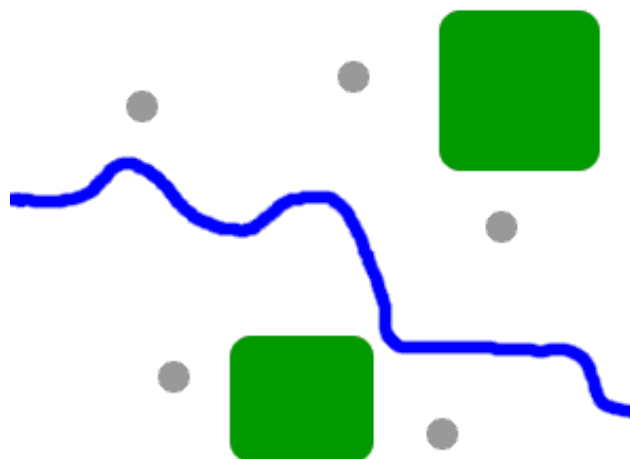


Figure III-06: Mode vecteur

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

b) Mode raster

Le mode trame ou raster est également appelé modèle matriciel. Contrairement au mode vecteur qui ne décrit que les contours, le mode raster décrit la totalité de la surface cartographique point par point (Figure III.7). Il est utilisé principalement dans les systèmes à balayage (scanners, capteurs en télédétection ...)

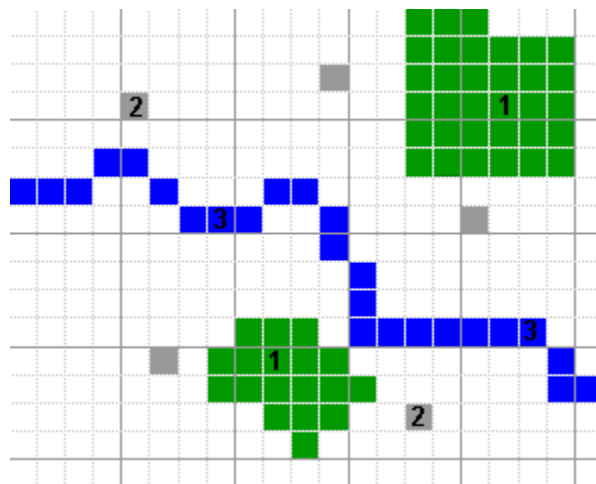


Figure III-07: Mode Raster

Ces deux modes sont complémentaires. Le raster est mieux adapté à certains types d'applications (télédétection) et apporte une réponse économique à certains besoins. L'exploitant d'un réseau pourrait par exemple se contenter de scanner des fonds de plans en les conservant au format raster et on numérise par-dessus son réseau en mode vecteur (qui nécessite une définition par formes géométriques). Le vecteur correspond à l'ensemble des besoins courants en gestion de données localisées.

III.1.7. Domaines d'application des SIG

Les approches ont mis en évidence le fait qu'un système d'information géographique est un outil de gestion et d'aide à la décision. C'est un outil de gestion pour le technicien qui doit au quotidien assurer le fonctionnement d'une activité.

Le SIG doit aussi être un outil d'aide à la décision pour le décideur (directeur, administrateur) qui doit bénéficier de sa puissance et disposer de cartes de synthèses pour prendre les meilleures décisions. C'est cette finalité qui permet d'employer le terme de système d'information et de donner aux SIG les domaines d'applications suivants (figure III.8),

Pour les grandes échelles :

- La gestion foncière et cadastrale (recensement des propriétés, calcul de surfaces)
- La planification urbaine (plan d'occupation des sols et d'aménagement)
- La gestion des transports (voies de circulations, signalisation routière)

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

- La gestion des réseaux (assainissement, AEP, gaz, électricité, téléphone ...)
- La gestion du patrimoine (espaces verts, parcs, jardins ...)
- Les applications topographiques (travaux publics et génie civil)

Pour les échelles moyennes et petites :

- Les études d'impact (implantation d'un centre commercial ou d'une école)
- Les études d'ingénierie routière (constructions de routes ou d'autoroutes)
- Les applications liées à la sécurité civile (prévention des risques naturels et technologiques).
- La gestion des ressources naturelles (protection de l'environnement, études géologiques, climatologiques ou hydrographiques).

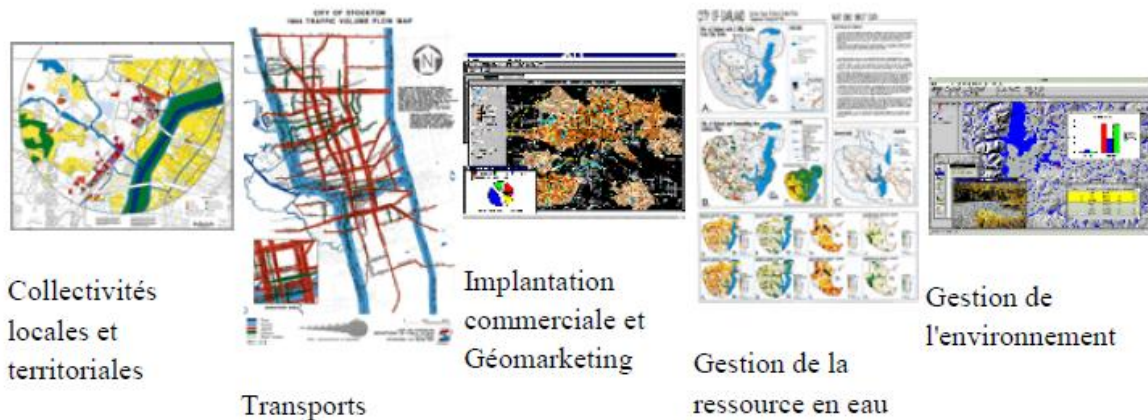


Figure III-08: Domaines d'application des SIG

III.1.8. Mise en place d'un SIG

D'une manière générale, la mise en œuvre d'un SIG peut être faite avec différents logiciels parmi lesquels les quatre suivants constituent les plus utilisés : Geoconcept, ArcView, ArcGis et MapInfo. Tous ces logiciels ont une même vocation : apporter des réponses à la problématique spatiale grâce à des analyses cartographiques ou des thématiques. Les fonctionnalités techniques sont très proches les unes des autres. Ces logiciels s'adaptent à des usages dans les divers domaines.

III.1.9. Choix et fonctions du SIG Mapinfo

Confrontés aux nombreux systèmes d'information géographique adaptés au monde de la micro-informatique, notre choix s'est porté sur le système d'information géographique MAPINFO 4.5 (figure 2.1) pour bénéficier d'un produit performant, évolutif, on utilisant le

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

logiciel MAP-INFO 4.5 pour déterminer les caractéristiques morpho métriques, (physiographiques) nécessaire pour l'analyse du comportement hydrologique de notre bassin versant.



Figure III-09 : Présentation du logiciel Mapinfo

III.2.Caractéristiques géométriques et morphométriques du bassin versant Souk Tleta

III.2.1.Paramètres géométriques

Le bassin versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits d'écoulement sont en partie reliés à sa surface. La détermination de la surface du bassin versant ainsi que son périmètre ont été déterminé par la technique de digitalisation de la carte topographique établit à l'échelle 1/50000 grâce au logiciel MAP-INFO 4.5. Cette technique nous a permis de déterminer avec précision la surface, le périmètre et la longueur du talweg principal de notre bassin comme suit :

III.2.1.1.Surface du bassin versant

$$A = 335,7 \text{ m}^2$$

III.2.1.2.Périmètre du bassin versant

$$P = 92,73 \text{ km}$$

III.2.1.3.Longueur du talweg principal

Longueur du talweg principal voir figure III:11

$$L = 32.03 \text{ Km}$$

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

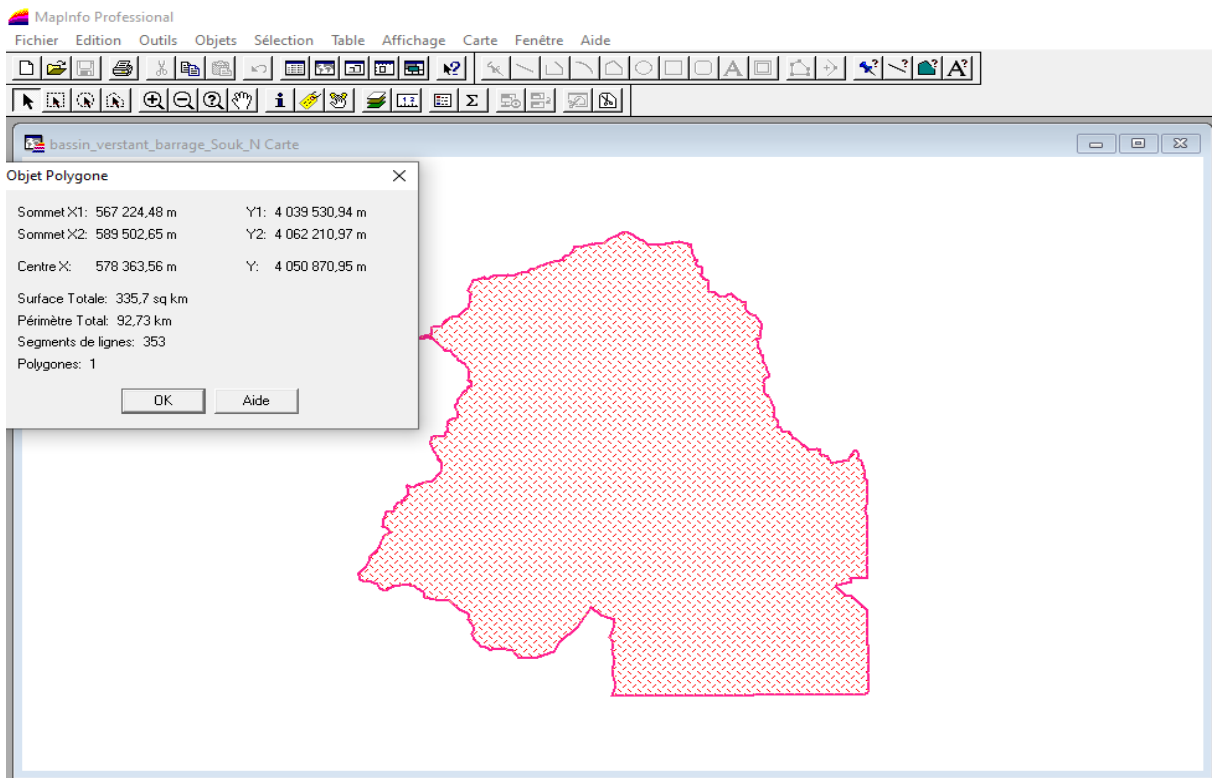


Figure III-10 : Surface et périmètre du bassin versant

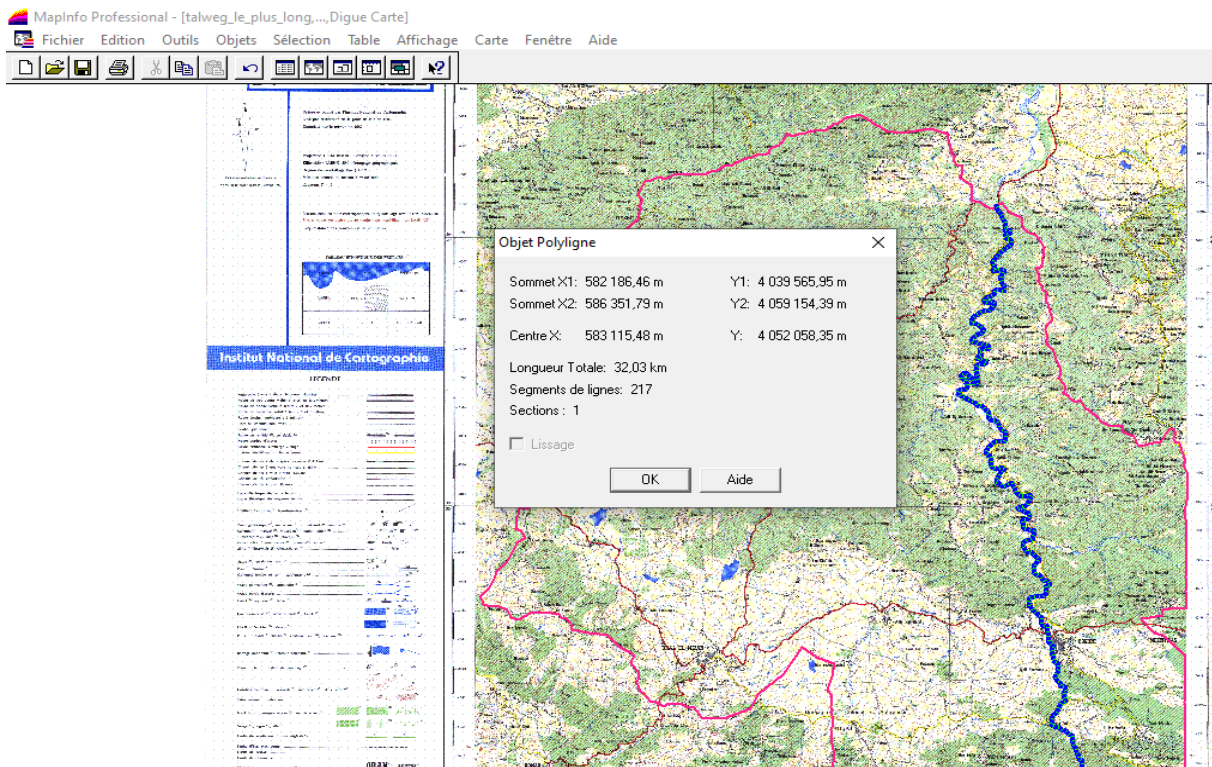


Figure III-11 : longueur du talweg principal

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

III.2.2. Paramètres morphologiques

III.2.2.1. Forme du bassin

La nature de la forme d'un bassin, influence énormément l'écoulement et détermine l'allure de son hydrogramme. Un bassin très allongé ne réagit pas de la même manière qu'un autre bassin de forme très ramassés ayant évidemment les mêmes caractéristiques.

- Indice de compacité de Gravelius "Kg"

Généralement, la forme d'un bassin versant est relative à l'indice de compacité de Gravelius(1914)Kg, il est défini comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant la même surface

$$K_G = 0.28P / \sqrt{A} \dots\dots\dots(1)$$

P: périmètre du bassin versant (Km)

A: superficie du bassin versant (Km²)

Cet indice est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur de 1 lorsque le bassin est de forme allongée

Si : $K_G \approx 1$; le bassin versant est ramassé.

$K_G > 1$; le bassin est allongé.

$K_g = 1.42$

Donc le bassin versant est de forme allongée

III.2.2.2. Rectangle équivalent ou Rectangle de Gravelus

Ce paramètre traduit l'influence de la forme géométrique du bassin sur les écoulements. Le rectangle équivalent s'identifie par une simple transformation géométrique du contour du bassin en un rectangle de même surface (A), de périmètre (P), de longueur (L), de largeur (l) et de même indice de compacité Kc.

Les courbes de niveau devenant des droites parallèles aux petites côtes et les exutoires du bassin versant étant assimilées à l'un de ces petits côtés du rectangle,

Le périmètre et la surface du rectangle sont respectivement :

$$P = 2 * (L + l) \qquad Q_s = L * l \dots\dots\dots(2)$$

De (1) et (2) on obtient :

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

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

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

Avec :

L : longueur du rectangle équivalent en (Km)

l : largeur du rectangle équivalent en (Km)

On obtient :

$L = 21.35 \text{ Km}$

Et

$l = 15.73 \text{ Km}$

Le rectangle équivalent est présenté dans la figure III :12

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

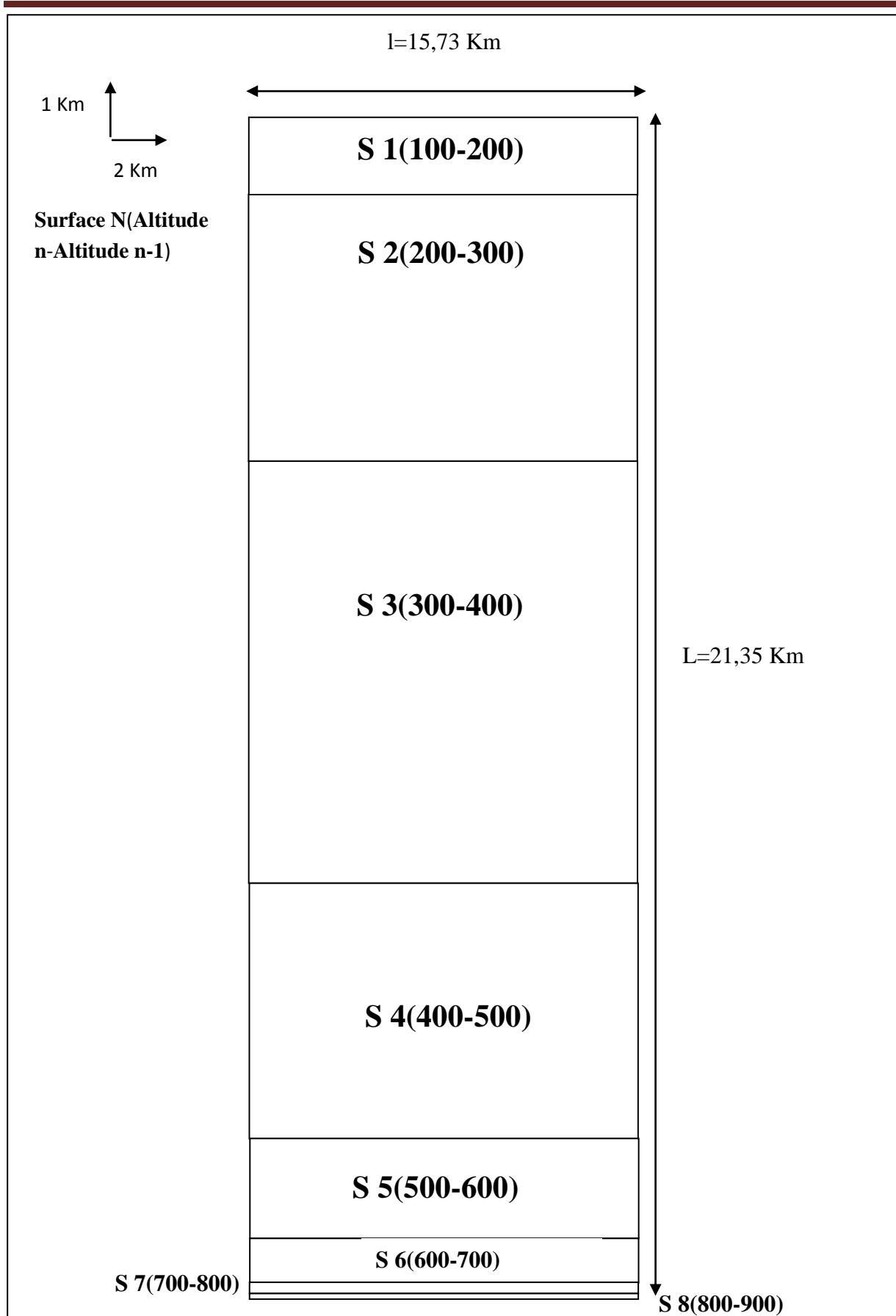


Figure III-12 : Rectangle équivalent

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

III.2.2.3 Coefficient d'allongement

Ce coefficient est obtenu par la relation :

$$Ca = \frac{L^2}{A}$$

L : la longueur du rectangle équivalent avec $L = 21.35 \text{ Km}$

A : la superficie du bassin versant avec $A = 335.7 \text{ Km}^2$

$Ca = 1.35$

III.2.2.4. Courbe hypsométrique

Les altitudes ainsi que la forme du relief influent considérablement sur les différents paramètres hydro climatiques d'une région donnée. Elles déterminent en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains, l'infiltration et l'évaporation. Partant de la répartition par tranches d'altitudes du bassin (figure III.13) (tableau III.1), nous avons établi la courbe hypsométrique figure III.14

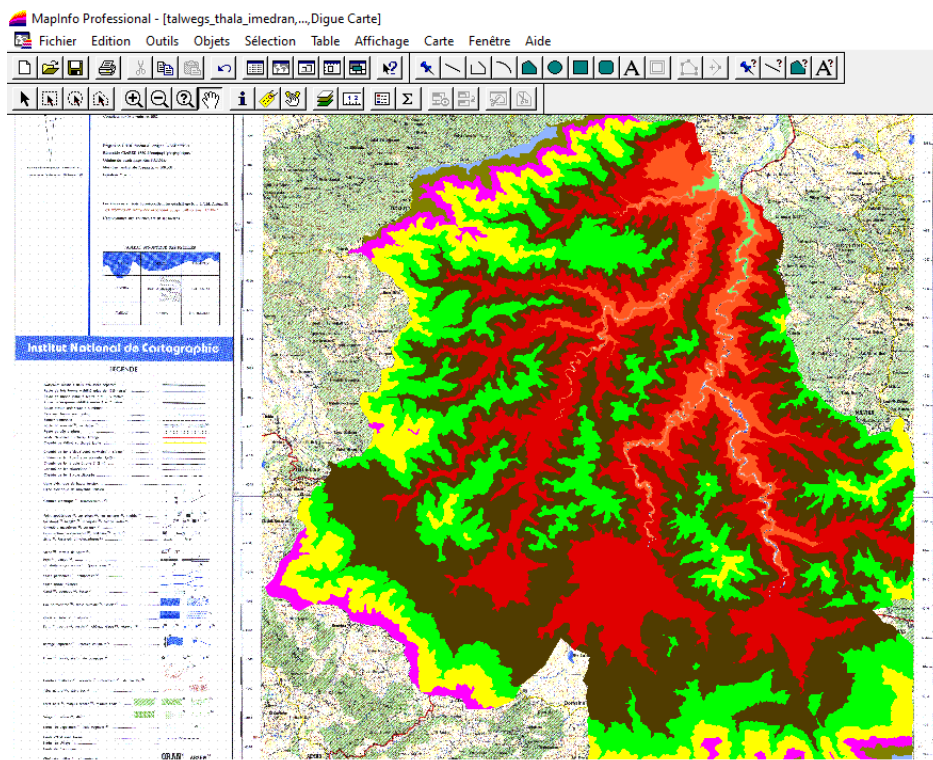


Figure III-13 : les tranches d'altitudes du bassin

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

altitudes	surface partiel	surface cumulée	surface cumulée %	altitude max
800-900	1,40	1,40	0,42	900
700-800	4,34	5,74	1,71	800
600-700	12,50	18,24	5,43	700
500-600	28,60	46,84	13,95	600
400-500	72,64	119,48	35,59	500
300-400	118,86	238,34	71,00	400
200-300	75,59	313,93	93,51	300
100-200	20,39	334,32	99,59	200
80-100	1,38	335,70	100,00	100

Tableau III-01 : Répartition hypsométrique

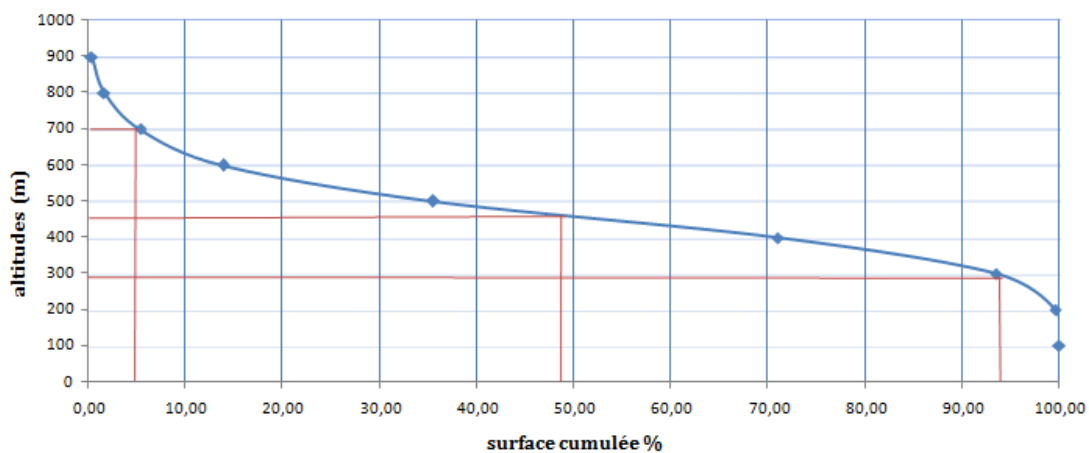


Figure III-14 : Courbe hypsométrique

III.2.2.5. Altitudes caractéristiques du bassin

On tire de la courbe hypsométrique :

L'altitude $H5\% = 700$ m

L'altitude $H95\% = 280$ m

➤ L'altitude médiane

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

$$H50\% = 460 \text{ m}$$

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

➤ Les altitudes maximale et minimale

Elles sont obtenues directement à partir de la carte topographique. Ces deux données déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente.

Pour le cas de notre bassin :

$$H_{\max} = 900 \text{ m NGA}$$

$$H_{\min} = 80 \text{ m NGA}$$

➤ Altitude moyenne

L'altitude moyenne est donnée par l'équation suivante :

$$H_{\text{moy}} = \sum \frac{A_i * H_i}{A}$$

avec

A_i : surface partielle entre deux courbes de niveaux (Km²)

H_i : altitude moyenne entre deux courbes de niveaux successives (m)

A : Superficie du bassin versant (Km²)

$$H_{\text{moy}} = 371,37 \text{ m}$$

III.2.2.6.Indices de pente

Le relief joue un rôle important, car il commande en grande partie l'aptitude au ruissellement des terrains. Son appréhension peut être faite à l'aide de l'indice de pente global I_g donné par la relation :

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

D: dénivelée (m)

L : Longueur du rectangle équivalent (Km)

Avec :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%},$$

$$L = 420\text{m}$$

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

$$I_g = 19,67 \approx 20m/km$$

D'après la classification de l'ORSTOM, nous pouvons classer notre relief :

Classe de relief	Pente en m/Km
Relief faible	$2 < I_g < 5$
Relief modéré	$05 < I_g < 10$
Relief assez fort	$20 < I_g < 50$
Relief très fort	$I_g > 50$

Tableau III-02 : Classification du relief selon I_g par l'ORSTOM

Les résultats qu'on a obtenus montrent que la valeur de l'indice de pente I_g se situe dans la fourchette ($20 < I_g < 50$). D'après la classification de l'ORSTOM (tableau III.02) notre bassin est classé dans la classe de relief assez fort.

III.2.2.7. Dénivelée spécifique

La dénivelée spécifique apparaît donc comme une correction de la dénivelée simple par application d'un coefficient qui dépend de la forme du bassin, ce qui donne la possibilité de comparaison entre ses valeurs pour différents bassins. La dénivelée spécifique se calcule alors par la relation suivante :

$$D_s = I_g * \sqrt{A}$$

I_g : Indice de pente global (m/Km).

A : aire du bassin (km²).

$D_s = 360,49$

Classe de relief	Valeur de D_s
Relief très faible	$D_s < 10m$
Relief faible	$10m < D_s < 25m$
Relief assez faible	$25m < D_s < 50m$
Relief modéré	$50m < D_s < 100m$
Relief assez fort	$100m < D_s < 250m$
Relief fort	$250m < D_s < 500m$
Relief très fort	$D_s > 500m$

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

Tableau III-03 : classification type de relief selon Ds

Les valeurs de Ds (tableau III.3), traduisent bien l'importance du volume montagneux et la forte incision du relief. La dénivelée spécifique qu'on a trouvée montre que notre bassin présente un relief fort.

III.2.2.8. Densité de drainage

La densité de drainage est définie par la relation suivante :

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

L : Longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en km

A : surface du bassin en km²

$Dd = 2,84 \text{ Km/Km}^2$

III.3. Temps de concentration

C'est le temps que mettra la première goutte d'eau tombée au point hydrologiquement le plus éloigné du bassin versant pour arriver à l'exutoire. Nous avons plusieurs formules pour son calcul :

➤ Formule de GIANDOTTI :

C'est l'ancienne formule pour calculer les grands bassins versants, soit :

$$Tc = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_{moy} - H_{min}}}$$

A : Surface du bassin versant en [Km²]

L : longueur du talweg principale en [Km]

H_{moy}, H_{min} : respectivement la hauteur moyenne et minimale du B.V en [m]

$Tc = 7.71 \text{ h}$

➤ Formule de CALIFORNIA :

$$Tc = \left(\frac{0.87 * L^3}{H_{max} - H_{min}} \right)^{0.386}$$

$Tc = 2.46 \text{ h}$

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

➤ Formule de KIRPICH:

$$T_c = 0.6615 * L_p^{0.77} * I_g^{0.385}$$

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

I_{moy} : Pente moyenne du bassin versant

$$T_c = 3.03 \text{ h}$$

Le tableau suivant récapitule les diverses valeurs du temps de concentration obtenues par ces formules :

Formule	Tc (heure)
Formule de GIANDOTTI	7.71
Formule de CALIFORNIA	2.56
Formule de KIRPICH	3.03

Tableau III.04 : Temps de concentration

Pour le choix du temps de concentration entre ces trois formules, la formule de GIANDOTTI est la mieux adaptée concernant les grands bassins versant.

Donc on prend

$$T_c = 7.71 \text{ h}$$

III.4.Vitesse moyenne de ruissellement

Cette vitesse est donnée par la formule suivante :

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

L_p : longueur du talweg principal

T_c : temps de concentration

$$V_r = 4.5 \text{ Km/h}$$

CHAPITRE III : Elévation des caractéristiques physiques par le logiciel SIG

Désignation	Symbole	Unités	Valeurs
Surface	S	Km ²	335.7
Périmètre	P	Km	92.73
Longueur du talweg principale	L	m	32.03
Indice de compacité	Kc		1.42
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	21.35
Largeur du rectangle équivalent	L	Km	15.73
Coefficient d'allongement	Ca		1.35
Altitude maximale	Hmax	m	900
Altitude minimale	Hmin	m	80
Altitude moyenne	Hmoy	M	460
Indice de pente	Ig	m/Km	20
Dénivelée spécifique	Ds	m	360.49
Temps de concentration	Tc	h	7.71
Vitesse de ruissellement	Vr	Km/h	4.5

Tableau III-05: caractéristiques hydromorphométriques du bassin versant

Conclusion

Le SIG nous a permis d'analyser et de mieux comprendre les données de la carte topographique du bassin du barrage Souk Tleta pour déduire les différentes caractéristiques géométriques et morphologiques qui nous seront utiles pour notre étude.

Introduction

Les courbes IDF représentent un outil très employé de nos jours pour mieux comprendre le comportement hydrologique d'un bassin versant. Dans ce présent chapitre nous allons présenter les séries de mesures hydrométrique de 44 ans de la station de Boghni en les ajustant par la loi de GUMBEL a fin de d'estimer les périodes de retour T des événements pluvieux observés a partir de leur durée et de leur intensité pour réaliser les courbes IDF.

IV.1.Présentation des précipitations sur l'ensemble du bassin versant

IV.1.1.Calcul de la précipitation moyenne

La précipitation moyenne peut être évaluée par différentes méthodes :

- La méthode de la moyenne arithmétique
- Méthode des polygones de THIESSEN

– Méthode de la moyenne arithmétique :

Elle consiste à calculer la valeur moyenne des pluies P_i enregistrées sur une même durée aux sept stations qui sont plus proches du site d'étude, et sont représentées dans l'annexe (Tableau IV.01), et s'écrit :

$$P_{moy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

N : Nombre de stations pluviométriques

P_i : précipitation enregistrée à la station i

AN :

$$P_{moy} = \frac{725.63 + 690.18 + 723.38 + 593.09 + 737.32 + 645.1 + 763.15}{7}$$

$P_{moy} = 697\text{mm}$

– Méthode des polygones de THIESSEN

Cette méthode permet d'estimer des valeurs pondérées en prenant en considération chaque station pluviométrique, les différentes zones d'influence sont déterminées par découpage géométrique du bassin sur une carte topographique, La précipitation moyenne pondérée P_{moy} pour notre bassin, se calcule alors comme suit ;

$$P_{moy} = \frac{\sum A_i P_i}{A}$$

A : Surface totale du bassin versant ($=\sum A_i$)

Pi : précipitation enregistrée à la station i

Ai : superficie du polygone associée à la station

Zone	Station	Pi (mm)	Ai(Km ²)	Pi*Ai
1	Tizi Meden	725.63	80.3	58268.089
2	Dra El Mizan	690.18	45.8	31610.244
3	Boghni	723.38	74.5	53891.81
4	Ain Zaouïa	593.09	78	46261.02
5	Nezlioua	737.32	39	28755.48
6	Tizi-lethnin	645.1	49.1	31674.41
7	Souk-Tleta	763.15	98.2	74941.33

Tableau IV-01: Superficie des polygones de Thiessen

AN :

$$= \frac{\sum 58268.089 + 31610.2440 + 53891.81 + 46261.02 + 28755.48 + 31674.41 + 74941.33}{464.9}$$

$$P_{moy} = 699.9\text{mm} \approx 700\text{mm}$$

La lame d'eau moyenne précipitée est de l'ordre : 699.9 mm ~ 700 mm

IV.1.2.Pluies moyennes annuelles

La station de Boghni est une station pluviométrique situé a 20 Km de la ville de Tizi Ouzou, elle est situé a la partie sud est du bassin versant de Souk tleta .

Nous présentons quelques caractéristiques de cette station ainsi que les pluies moyennes annuelles enregistrées.

Nom	Boghni
code de la station	21903,00
Source	ANRH
Coordonnées	
X	612,55
Y	316,15

Z	250,00
N	44,00

Tableau IV-02 : Caractéristique de la station pluviométrique de BOGHNI

La figure (IV-01) ci-dessous montre la répartition des pluies annuelles moyenne donner par la station de Boghni de 1968-2002

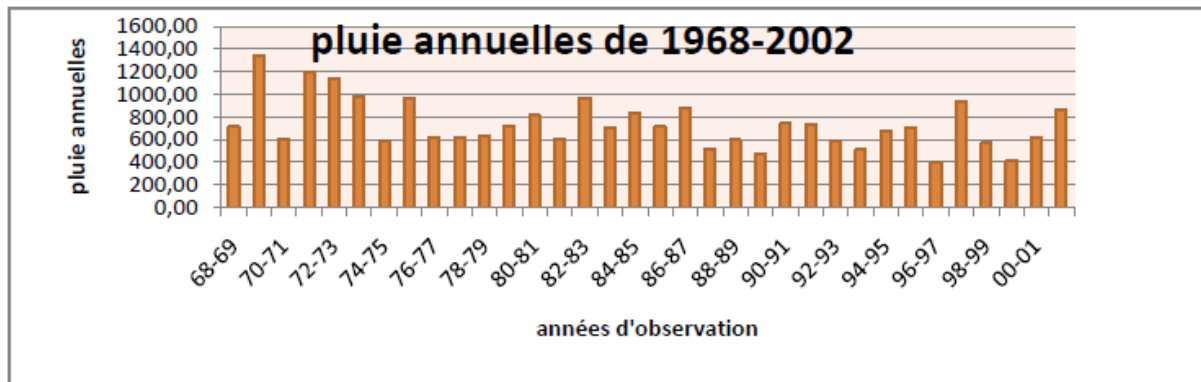


Figure IV-01 : la répartition des pluies annuelles moyennes de 1968-2002 (Boghni)

IV.2.Etablissement des courbes IDF

IV.2.1.Analyse analytique des pluies

L'intensité, la durée et la fréquence sont les caractéristiques essentielles d'une pluie.

- Durée : c'est l'intervalle de temps " Δt " qui s'écoule entre le début et la fin d'une pluie, elle est souvent mesurée en minute.
- Fréquence : soit une averse (pluie) de durée " t " et de hauteur " h " si au cours d'une période de " n " années on a enregistré " N " fois cette averse, on dira que la fréquence de cette averse est :

$$F = \frac{n}{N + 1}$$

Où :

N : nombre d'enregistrement.

n : nombre d'année d'observation.

- on appelle aussi période de retour " T " ou intervalle de récurrence d'une pluie l'inverse de la fréquence.

$$T = \frac{1}{F} = \frac{n}{N}$$

C'est à dire la période de retour est le nombre d'années au cours duquel, en moyenne l'averse considérée surviendra seulement une fois.

- Intensité : c'est la hauteur de pluie tombée dans l'unité de temps, comme l'intensité d'une pluie n'est pas constante pendant toute sa durée, on peut ainsi définir l'intensité instantanées, l'intensité maximale et l'intensité moyenne.

En réalité l'intensité varie à chaque instant, on représente cette variation en pratique par deux courbes que l'on déduit des informations données par les pluviographes

$$I = \frac{h}{t}$$

IV.2.2. Pluies maximales journalières

Les données utilisées dans cette étude sont des chroniques horaires de précipitations. Pour le bassin versant de Souk Tleta , en manque de données Concernant les autres stations pluviométriques, on procède a cette étude on utilisant les données pluviométriques(pluies journalière maximal) de la station située a Boghni, qui fait partie du bassin versant étudié, couvrant la période (1968-2012).

Ajustement des pluies maximales journalières :

La loi de GUMBEL est souvent utilisée pour ajuster les séries de pluies maximales donner par la station de Boghni . Dont elle dépend de la loi de probabilité, de la taille de l'échantillon et de certaines caractéristiques de l'échantillon.

L'ajustement par la loi de GUMBEL sera effectué à l'aide d'EXCEL selon les étapes suivantes ;

- Première étape : préparation de la série de données des débits
- Trier les valeurs dans l'ordre croissant.
- Attribuer un rang à chaque valeur.

Rang	Pjmax	Rang	Pjmax
1	20,6	23	55,1
2	22,8	24	56,1
3	32,6	25	57
4	32,7	26	58,8
5	36,7	27	59,6
6	38,2	27	59,6
7	40,9	27	59,6
8	42,7	28	61,2
9	43,9	29	61,5
10	44,1	30	62
11	44,5	31	65,1
12	45,4	32	67,8

13	46,2	33	70,7
14	46,9	34	70,8
15	47,8	35	71,1
16	48,4	36	75
17	49,6	37	80,4
18	50,2	38	84,5
19	52	39	86
20	52,4	40	95
21	52,6	41	96,1
22	53,6	42	99,1
		43	114

Tableau IV-03 : préparation de la série de données des débits

Nombre de l'échantillon	43
écart type	19,86
moyenne	58,02
Coefficient de variation	0,34
coefficient d'asymétrie	0,74

Tableau IV-04 : Les paramètres statiques de l'échantillon

- Deuxième étape : Calcul de la fréquence empirique pour chaque rang

Des simulations ont montré que pour la loi de GUMBEL, il faut utiliser la fréquence empirique de HAZEN.

$$F(x) = \frac{r - 0.5}{N}$$

r : nombre de rang

N : somme de rang

- Troisième étape : calcul la variable de la droite de GUMBEL (variable réduit U)

S'écrit de la manière suivante :

$$U = -\ln(-\ln(F(x)))$$

F(x) : fréquence empirique

Les résultats de calcul des deux parties sont présentés dans le tableau suivant :

Pjmax	Rang	F(x)	variable réduite(u)
20,6	1	0,01	-1,50
22,8	2	0,03	-1,22
32,6	3	0,06	-1,06
32,7	4	0,08	-0,94
36,7	5	0,10	-0,83
38,2	6	0,12	-0,74
40,9	7	0,14	-0,66
42,7	8	0,17	-0,58
43,9	9	0,19	-0,51
44,1	10	0,21	-0,44
44,5	11	0,23	-0,38
45,4	12	0,26	-0,31
46,2	13	0,28	-0,25
46,9	14	0,30	-0,19
47,8	15	0,32	-0,12
48,4	16	0,34	-0,06
49,6	17	0,37	0,00
50,2	18	0,39	0,06
52	19	0,41	0,12
52,4	20	0,43	0,18
52,6	21	0,46	0,24
53,6	22	0,48	0,30
55,1	23	0,50	0,37
56,1	24	0,52	0,43
57	25	0,54	0,50
58,8	26	0,57	0,57
59,6	27	0,59	0,64
59,6	27	0,59	0,64
59,6	27	0,59	0,64
61,2	28	0,61	0,71
61,5	29	0,63	0,78

62	30	0,66	0,86
65,1	31	0,68	0,94
67,8	32	0,70	1,03
70,7	33	0,72	1,12
70,8	34	0,74	1,22
71,1	35	0,77	1,33
75	36	0,79	1,44
80,4	37	0,81	1,56
84,5	38	0,83	1,70
86	39	0,86	1,86
95	40	0,88	2,04
96,1	41	0,90	2,25
99,1	42	0,92	2,51
114	43	0,94	2,86

Tableau IV-05 : calcul de la fréquence empirique (F) et la variable réduite (U)

- Quatrième étape : Représentation graphique des couples (U,Qmax) de la série à ajuster

L'équation de la droite de GUMBEL s'écrit comme suit :

$$Y = a + b * U$$

U : c'est la variable de la droite de GUMBEL

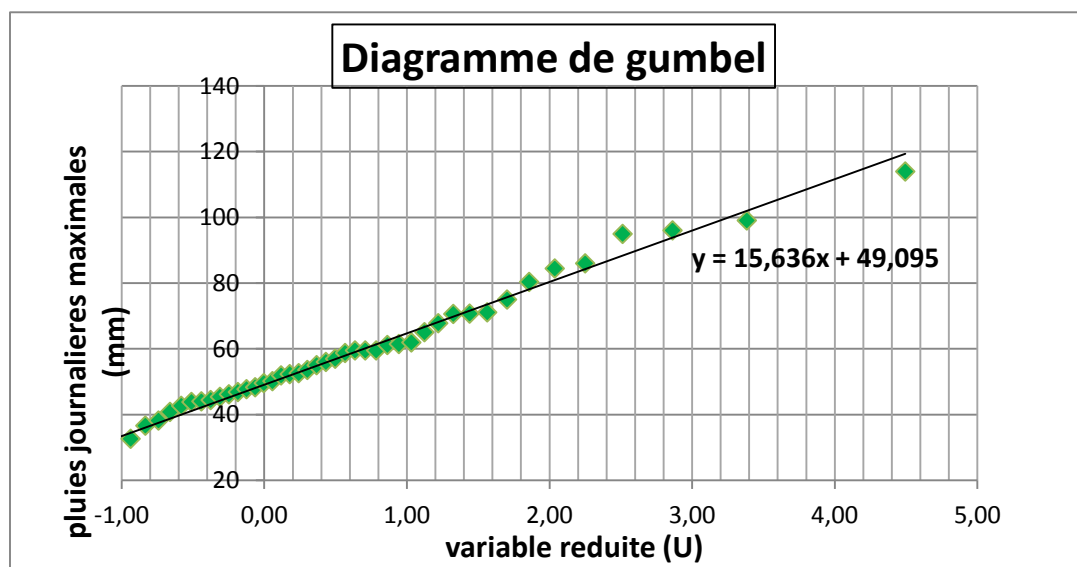


Figure IV-02: Ajustement à la loi de GUMBEL des pluies journalières maximales observé à BOGHNI de (1968-2012).

IV.2.3. Estimation de précipitation périodique

Pluie maximale journalière pour une période de retour s'exprime avec la manière suivante :

$$P_{jmax} = U * a + b \quad \text{Avec : } a = 15.63 \text{ et } b = 49.09$$

a et b représentent les paramètres de Montana déduit graphiquement à partir de la droite de Gumbel

Les résultats de calcul sont présentés dans le tableau suivant :

période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100	1000
Probabilité non dépassement	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00
U variable réduite	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	4,60	6,91
Pjmax pour une période de retour	54,83	72,55	84,28	95,54	110,11	121,02	157,10

Tableau IV-06: pluies maximales journalières fréquentielle.

IV.2.4. Pluies de courte durée

Les Pluies de courte durée sont utilisées pour l'estimation des crues, le calcul de pluies de courte durée pour différentes fréquences s'effectue par la formule de K.Body :

$$P_{tc} = P_{jmaxT} \left(\frac{t}{24} \right)^b$$

P_{tc} : pluie de courte durée de même fréquence que P_{jmaxT} (mm)

P_{jmax} : pluie maximale journalière pour une fréquence donnée (mm)

t : le temps (h)

b : exposant climatique $b = 0.47$ (donné par l'ANRH)

	Période de retour T(ans)	2	5	10	20	50	100	1000
temps(h)		54,83	72,55	84,28	95,54	110,11	121,02	157,10
0,25		6,42	8,49	9,86	11,18	12,89	14,16	18,39
0,5		8,89	11,76	13,66	15,49	17,85	19,62	25,47
1		12,31	16,29	18,92	21,45	24,72	27,17	35,28
2		17,05	22,56	26,21	29,71	34,24	37,64	48,86

3	Ptc	20,63	27,30	31,72	35,95	41,43	45,54	59,12
3,21		21,30	28,18	32,74	37,11	42,77	47,01	61,03
4		23,62	31,25	36,31	41,16	47,43	52,14	67,68
7		30,72	40,66	47,23	53,54	61,70	67,82	88,04
10		36,33	48,08	55,85	63,31	72,96	80,20	104,10
15		43,96	58,17	67,58	76,60	88,28	97,04	125,96
18		47,89	63,37	73,62	83,45	96,18	105,72	137,23
22		52,63	69,64	80,90	91,71	105,69	116,17	150,80
24		54,83	72,55	84,28	95,54	110,11	121,02	157,10

Tableau IV-07: Pluies de courtes durées pour différentes fréquences

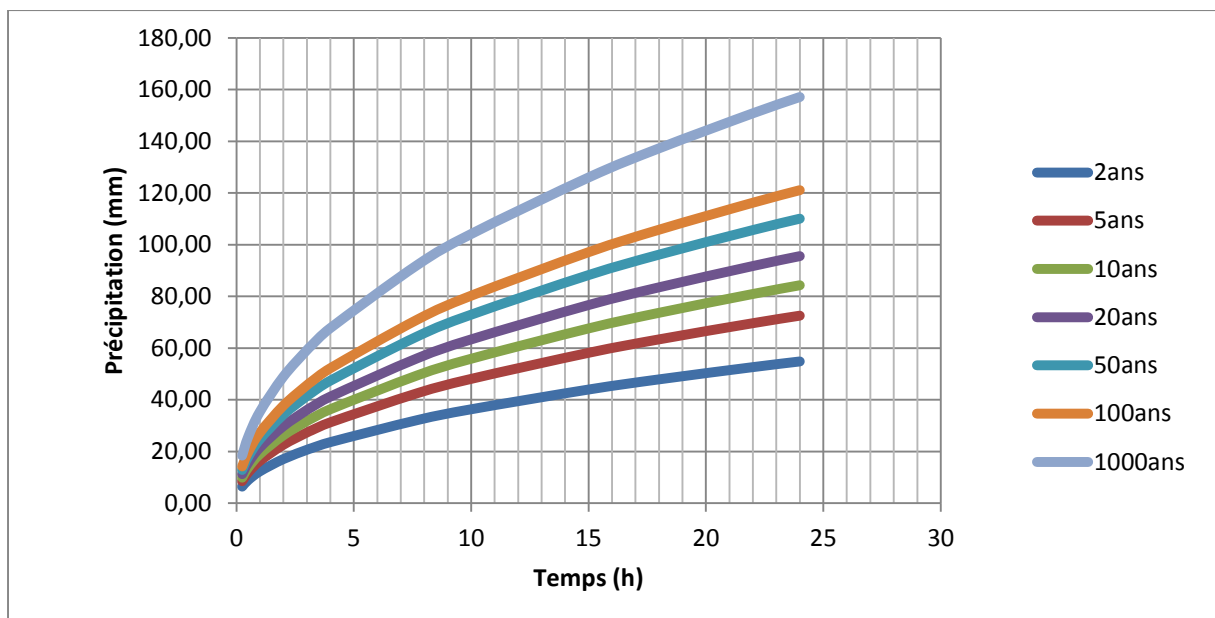


Figure IV-03: Courbe des pluies de courte durée

IV.2.5. Présentation des courbes IDF

On appellera $I(t)$, intensité de la pluie à l'instant t , le terme :

$$I_t = \frac{P_{tc}}{t}$$

P_{tc} : pluie de courte durée de même fréquence que P_{maxT} (mm)

Les résultats de calcul sont exposés dans le tableau (IV-08)

Durée(h)	Intensité (mm/h)	periode de retour						
		2ans	5ans	10ans	20ans	50ans	100ans	1000ans
0,25		25,67	33,96	39,46	44,73	51,55	56,66	73,55
0,5		17,78	23,52	27,33	30,98	35,70	39,24	50,93
1		12,31	16,29	18,92	21,45	24,72	27,17	35,28
2		8,53	11,28	13,11	14,86	17,12	18,82	24,43
3		6,88	9,10	10,57	11,98	13,81	15,18	19,71
3,21		6,63	8,78	10,20	11,56	13,32	14,65	19,01
4		5,90	7,81	9,08	10,29	11,86	13,03	16,92
7		4,39	5,81	6,75	7,65	8,81	9,69	12,58
10		3,63	4,81	5,59	6,33	7,30	8,02	10,41
15		2,93	3,88	4,51	5,11	5,89	6,47	8,40
18		2,66	3,52	4,09	4,64	5,34	5,87	7,62
22		2,39	3,17	3,68	4,17	4,80	5,28	6,85
24		2,28	3,02	3,51	3,98	4,59	5,04	6,55

Tableau IV-08 : Intensité de courte durée

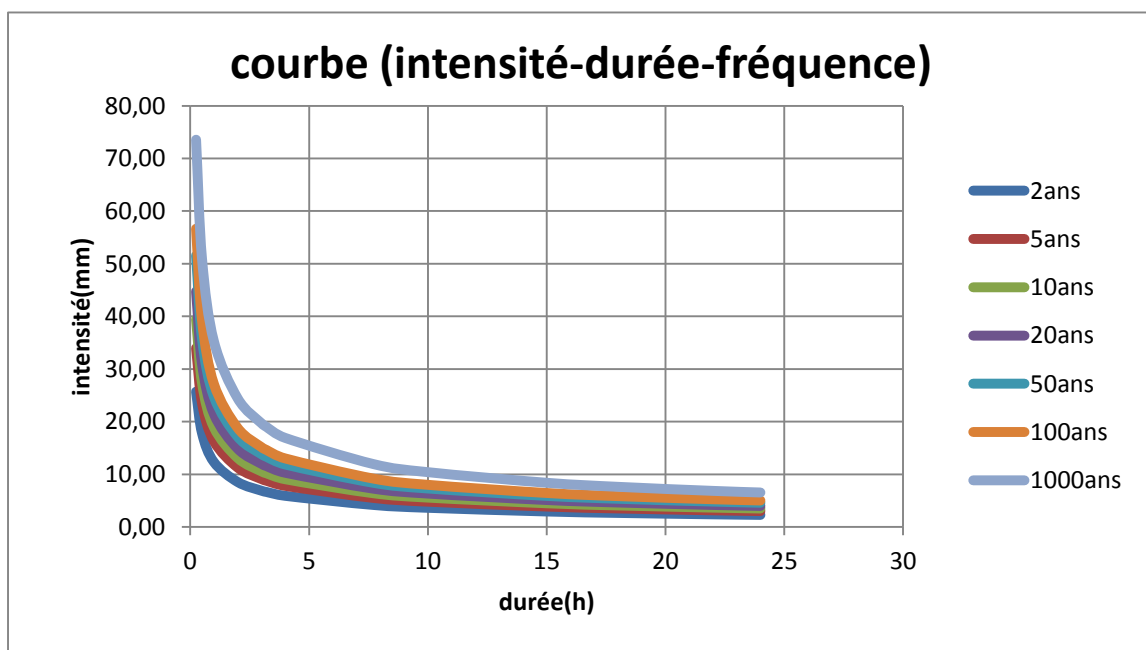


Figure IV-04 : Courbe (intensité- durée-fréquence)

En fonction des différentes fréquences,

- ✓ Plus l'intensité est forte, la durée est petite ainsi sa probabilité de retour est faible

- ✓ plus l'intensité est faible, la durée est longue, l'intensité devient plus fréquente sa probabilité de retour est forte.

Exemple

- ✚ Pour une intensité de pluie de 73 mm/h avec une durée de 15 min se répète une fois par une fréquence de 1000 ans tandis que pour la même fréquence, pour une intensité de 10 mm/h peut durée jusqu'à 10 h avec une probabilité de retour fréquente.
- ✚ Pour une intensité de pluie de 2 mm/h elle peut se répéter plus d'une fois pour une même fréquence de 2 ans mais avec une durées constante et elle dure dans le temps jusqu'à plusieurs heures.

Conclusion

Nous pouvons constater a partir de l'étude des courbes intensité durée fréquence qu'une précipitation peut bien être classé en deux manière :

- ✚ Une pluie continue, est une précipitation qui peut durer longtemps parfois toute une journée avec une intensité constante généralement faible et une probabilité de retour fréquente.
- ✚ Une averse, est une précipitation de courte durée de quelques minutes a moins d'une heure, elle peut aussi commencer et se terminer soudainement, avec une intensité forte et instable, sa probabilité de retour est rare.

Introduction

La prédétermination des crues a pour but de relever les crues fréquentielles les plus importantes afin de garantir un maximum de sécurité pour l'ouvrage. Pour cela, l'étude est basée sur une longue série de mesure de débits ajusté par la loi de Gumbel qui est la mieux adaptée aux écoulements extrêmes, afin de déduire les différentes fréquences de retour en fonction des débits extrêmes représentés par un graphique (hydrogramme de crue).

V.1. Données disponibles

On dispose d'une série d'observations hydrométriques sur l'oued Bougdoura d'une durée de 19 ans, cela reste insuffisant pour déterminer les débits maximums des crues pour différentes fréquences avec durée. Cela a suscité l'utilisation de nombreux résultats déduits à partir des chapitres précédents, tels que la surface du BV et le temps de concentration.

mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUN	JUL	AOUT	
années													Qmax annuel
1974	20,52	0,72	0,55	21,15	18	59,68	605,9	57,4	8,7	2	0,92	0,5	605,9
1975	0,43	1,66	3	0,92	1,66	33,72	48,3	4,75	1,96	27,69	0,3	0,24	48,3
1976	116	0,25	116	151,48	13,12	118,2	89,4	53,2	17,5	2,45	1,34	0,32	151,48
1977	0,36	2,07	13,96	93	64,68	5	2,04	12,8	2,11	2,11	0,34	0,09	93
1978	0,09	0,27	1,25	1,4	2,28	2,64	29	60,3	7,52	1,38	0,27	0,11	60,3
1979	0,06	2,36	8,18	6,53	1,75	52,2	88	10,6	1,86	0,72	0,18	0,05	88
1980	0,32	1,48	5,37	10,6	43,8	6,16	62,4	29,85	52,6	1,19	0,41	0,14	62,4
1981	0,03	0,15	0,44	8,45	3,46	4,5	4,73	4,59	3,29	0,79	0,27	0,15	8,45
1982	0,11	0,43	0,51	2,31	149,4	122	9,66	7,97	6,35	1,53	0,24	0,08	149,4
1983	1,08	22,36	19,28	169	5,07	4,01	2,35	1,73	2,04	0,32	0,15	3,6	169
1984	0,08	0,08	13,4	0,6	4,22	31,5	20,42	10,68	4,85	3,22	0,6	0,08	31,5
1985	0,39	2,86	0,8	20,04	19,66	6,02	78,1	5,36	3,89	1,52	0,32	0,11	78,1
1986	0,28	0,55	1,59	1,12	1,59	16,17	146	0,95	0,38	0,1	0,03	0	146
1987	0,03	0,43	0,54	25,98	44,74	185	35,5	18,64	2,48	0,84	0,32	0,02	185
1988	0	0,28	0,6	1	3,97	1,8	6,45	3,28	2,62	0,72	0,1	0	6,45
1989	0,31	0,05	0,15	34,29	4,32	3,28	11,56	12,15	1,84	0,8	0,31	0	34,29
1990	0,15	0,22	0,8	0,57	1,01	0,72	0,65	2,62	34,29	1,64	0	0	34,29
1991	0,09	1,14	0,32	0,52	8,52	1,48	2,92	88,24	10,7	1,65	1,12	0,12	88,24
1992	0	0,18	6,76	28,55	13,35	1,72	11,19	5,2	8,71	0,81	0,16	0	28,55
1993	0,03	0,01	0,81	6,51	6,78	9,64	2,04	2,6	2,04	0,53	0	0	9,64
MOY	7,02	1,88	9,72	29,2	20,57	33,27	62,83	19,65	8,79	2,6	0,37	0,28	62,83

Tableau V-01 : Série des débits enregistrés sur l'oued Bougdoura entre 1974 et 1993

D'après le Tableau V-01, nous pouvons constater que les débits maximaux les plus enregistrés entre la période 1974-1993 sont répartis sur les mois de décembre et mars.

V.2. Calcul des fréquences empiriques (F) et variables réduite (u) pour chaque rang

En attribuant pour chaque débit max un rang nous calculons les fréquences empiriques par la formule de Hazen suivante :

$$F = \frac{\text{Rang} - 0,5}{20}$$

$$u = \ln(-\ln(F)) \quad \text{éq (01)}$$

les résultats sont présentés dans le tableau suivant

Rang	Qmax m3/s	fréquence	variable réduite
1	8,45	0,025	-1,305
2	6,45	0,075	-0,952
3	9,64	0,125	-0,732
4	28,55	0,175	-0,556
5	31,5	0,225	-0,400
6	34,29	0,275	-0,255
6	34,29	0,275	-0,255
7	48,3	0,325	-0,117
8	60,3	0,375	0,019
9	62,4	0,425	0,156
10	78,1	0,475	0,295
11	88	0,525	0,440
12	93	0,575	0,592
13	62,83	0,625	0,755
14	146	0,675	0,934
15	149,4	0,725	1,134
16	151,48	0,775	1,367
17	169	0,825	1,648
18	185	0,875	2,013
19	605,9	0,925	2,552

Tableau V-02 : fréquence et variables réduite

V.3. Représentation graphique des couples (u, Qmax)

On utilisant EXCEL on introduit les valeurs de Qmax sur l'axe des y et les valeurs des variables réduites sur X

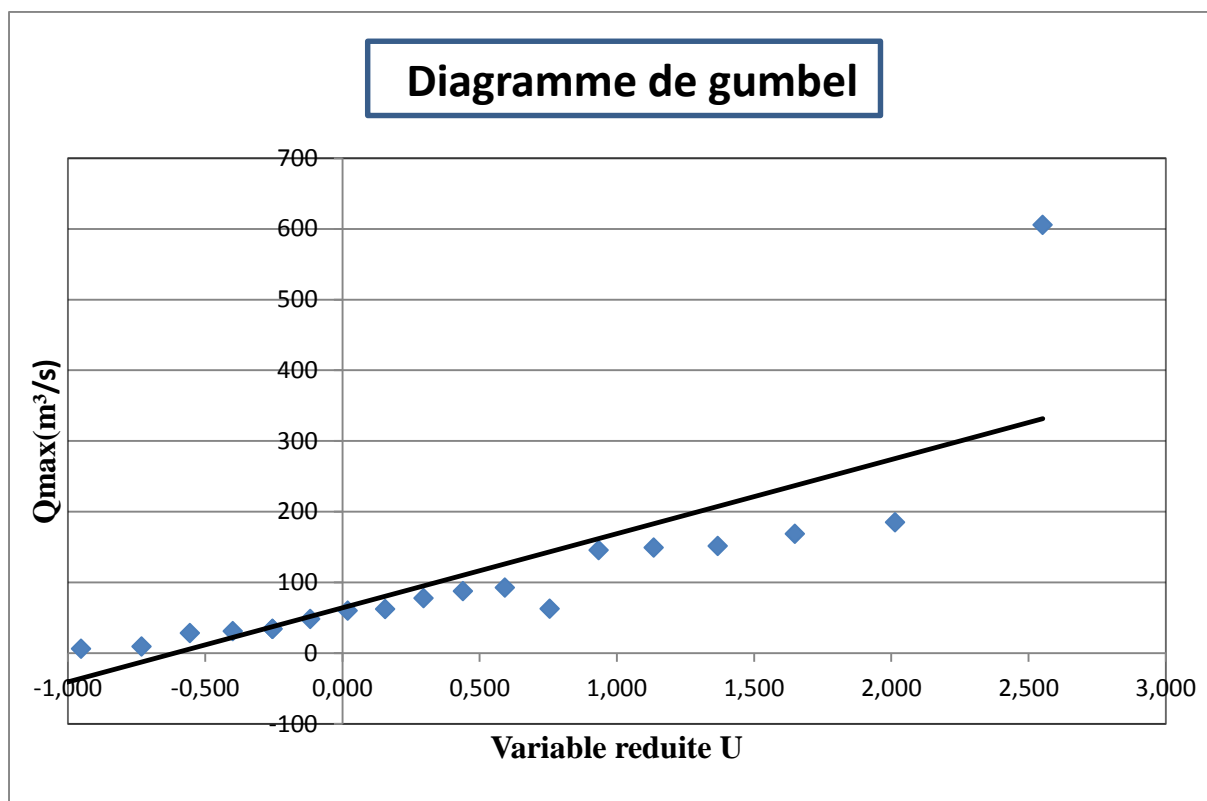


Figure V-01 : Débits de pointe annuels

A partir du diagramme de GUMBEL on déduit les paramètres de Montana a et b

$$a = 92,108$$

$$b = 52,512$$

Dans le cas d'un ajustement selon la loi de GUMBEL, la méthode graphique repose sur le fait que l'expression d'un quantile (Q_{max}) correspond à l'équation d'une droite.

$$Q_{max} = a \times u + b \quad \text{éq (02)}$$

$$Q_{max} = 92,108 \times u + 52,512$$

V.5. Calcule de la fréquence de non-dépassement (FND)

Le modèle statistique nous permet d'estimer les débits de pointe pour différents temps de retour T (2ans,5ans,10ans, 20ans, 50ans, 100ans, 1000ans), on suit les étapes suivantes :

- ✚ Calcule de la fréquence de non-dépassement(FND). Sachant que le temps de T d'un événement est défini comme étant l'inverse de la fréquence d'apparition de l'événement (FD)

$$T = \frac{1}{FD} = \frac{1}{1 - FND}$$

$$\Rightarrow \text{FND} = 1 - \left(\frac{1}{T}\right)$$

Exemple :

FND pour T=100

$$\text{FND} = 1 - \left(\frac{1}{1000}\right) = 0,999$$

V.6.Débits de pointe pour différentes période de retour

Les débits sont présentés dans le tableau suivant :

période de retour (ans)	1000	100	50	20	10	5	2
probabilité non dépassement	0,999	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,50
U variable réduite	6,91	4,60	3,90	2,97	2,25	1,50	0,37
Qjmax par période de retour (m ³ /s)	688,73	476,22	411,91	326,09	259,79	190,67	86,27

Tableau V-03 : débits de pointe par période de retour

V.7.Hydrogramme de crue pour différentes périodes de retour

Il existe plusieurs méthodes pour le tracer de l'hydrogramme de crue, pour notre étude on procède par la méthode de Sokolovski, qui divise l'hydrogramme en deux parties non symétriques, l'une est calculée à partir du temps de montée (crue) et l'autre à partir du temps de la décrue.

V.7.1.Temps de montée (crue)

Correspond à la durée de la partie montante (courbe de crue) ou le temps que prend le débit depuis le début du ruissellement de surface pour atteindre son maximum, ou le débit à un instant t peut être calculé par la formule suivante :

$$Q_m = Q_{max} \left(\frac{t}{t_m}\right)^n$$

V.7.2.Temps de décrue

Dans cette partie la crue a atteint le débit de pointe qui correspond au temps de concentration, ce qui entraîne la baisse naturelle du débit jusqu'à la fin de la crue.

Le débit de décrue peut être calculé par la formule suivant :

$$Q_d = Q_{max} \left(\frac{t_d - t}{t_d} \right)^m$$

Avec :

Q_m : débit de la montée (m^3/s)

Q_t : débit de la décrue (m^3/s)

t : temps de concentration (h)

t_m ; t_d : temps de montée et de décrue

m ; n : Puissance des paraboles pour les bassins de petit gabarits $m= 3$ et $n=2$

on considère généralement que :

$$t_m = t$$

$$t_d = \delta t_m$$

δ : coefficient qui dépend des caractéristique du bassin versant.

Condition	δ
petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants dénudés et faiblement perméables.	2 a 2,5
petits cours d'eau et vallons dans des bassins versants brisés ou perméables, moyens cours d'eau avec terrasses de lit majeur normales.	3 a 4
Grands et moyens cours d'eau avec des terrasses de débordements étendus.	4 a 7

Tableau V-04 : Coefficient de forme de l'hydrogramme de crue δ

Comme nous l'avant déduit au deuxième chapitre (caractéristique du sol), nous prenons une moyenne de perméabilité $K = 5 \times 10^{-6}$ cm/s qui est considéré comme une faible perméabilité.

Donc pour le cas de notre bassin versant nous prenons

$$\delta = 2,5$$

$$t_d = 2,5 \times t_m$$

$$t_m = t = 7,71 \text{ h}$$

donc :

$$t_d = 2,5 \times t$$

$t_d = 19,27 \text{ h}$

$$t_b = t_m + t_d$$

$t_b = 15,74 \text{ h}$

les résultats des différents paramètres de calcul des débits de crue sont assemblé dans la tableau suivant :

Tc	7,71
Td	19,28
γ	2,5
tm	26,985
m	3
n	2

Tableau V-05 : paramètres caractérisant le débit de crue et de décrue

V .7.3. Tableaux des crues et des décrues avec différentes fréquences

On programmant les différentes formules sur le programme Excel, les résultats sont présentés dans les tableaux suivant.

Durée	Période de retour (ans)							Débit (m³/s)
	Q 2ans	Q 5ans	Q 10ans	Q 20ans	Q 50ans	Q 100ans	Q1000ans	
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	
1,5	0,6	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,1	
2,5	2,9	6,5	8,9	11,1	14,0	16,2	23,5	
3,5	8,1	17,8	24,3	30,5	38,5	44,6	64,4	
4,5	17,2	37,9	51,7	64,8	81,9	94,7	136,9	
5,5	31,3	69,2	94,3	118,4	149,5	172,9	250,0	
6,5	51,7	114,2	155,7	195,4	246,8	285,4	412,7	
7,71	86,3	190,7	259,8	326,1	411,9	476,2	688,7	

Tableau V-06 : Valeurs des débits de crue pour différentes fréquences

D’après le tableau V-06, nous constatons que :

- ✚ les débits de pointes pour les différentes périodes de retour sont déterminés par rapport au temps de concentration t_c .
- ✚ les débits de pointes augmentent en fonction de la période de retour cela est due a l’étude des événements précédents pour déduire des estimations probabilistes des évènements a venir.

Durée	Période de retour (ans)							Débit (m³/s)
	Q 2ans	Q 5ans	Q 10ans	Q 20ans	Q 50ans	Q 100ans	Q1000ans	
7,71	86,3	190,7	259,8	326,1	411,9	476,2	688,7	
8,5	79,3	175,4	238,9	299,9	378,8	438,0	633,4	
9,5	71,0	156,9	213,8	268,3	339,0	391,9	566,7	
10,5	63,1	139,5	190,0	238,5	301,3	348,3	503,8	
11,5	55,7	123,1	167,7	210,5	265,9	307,4	444,5	
12,5	48,7	107,7	146,7	184,2	232,6	268,9	389,0	
13,5	42,2	93,3	127,2	159,6	201,6	233,1	337,1	
14,5	36,2	80,0	109,0	136,8	172,8	199,8	289,0	
15,5	30,6	67,7	92,2	115,8	146,2	169,1	244,5	
16,5	25,5	56,4	76,9	96,5	121,9	140,9	203,8	
17,5	20,9	46,2	62,9	79,0	99,7	115,3	166,8	
18,5	16,7	36,9	50,3	63,2	79,8	92,3	133,5	
19,5	13,0	28,8	39,2	49,2	62,1	71,8	103,9	
20,5	9,8	21,6	29,4	36,9	46,6	53,9	78,0	
21,5	7,0	15,4	21,0	26,4	33,4	38,6	55,8	
22,5	4,7	10,3	14,1	17,7	22,3	25,8	37,3	
23,5	2,8	6,2	8,5	10,7	13,5	15,6	22,5	
24,5	1,4	3,2	4,3	5,4	6,8	7,9	11,4	
26,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Tableau V-07 : Valeurs des débits de décrue pour différentes fréquences

D'après le tableau V-07, nous pouvons remarquer la baisse du débit pour les différentes périodes de retour, à partir de la valeur extrême (débit de pointe) dans un axe de temps plus long que la période de crue, jusqu'à la fin de la décrue ou le débit s'annule.

Après la déduction de différentes valeurs de débits liés à des périodes de retours différentes, l'hydrogramme de crue pour différents périodes de retour est représenté par la Figure V-02 ci-dessus.

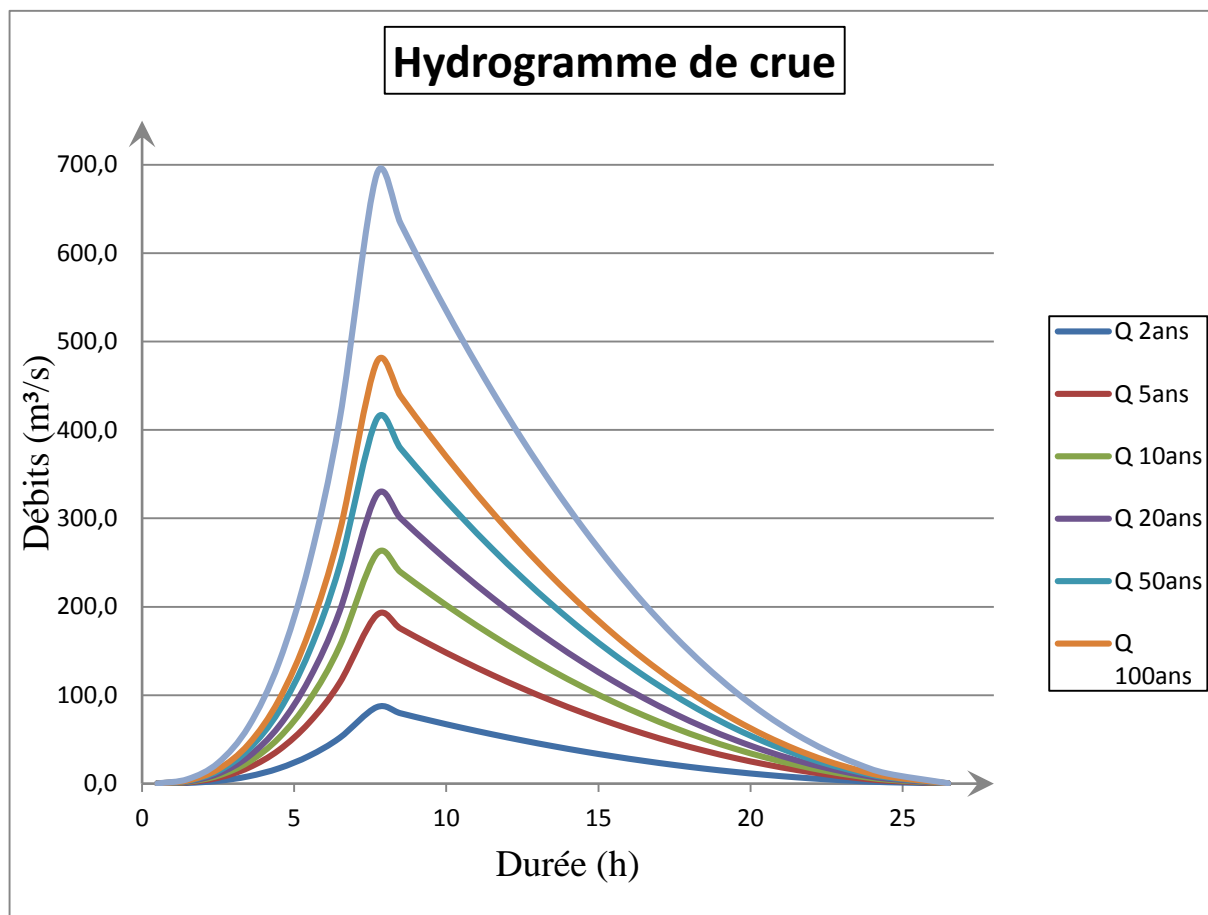


Figure V-02 : Hydrogramme de crue

Nous pouvons remarquer que l'hydrogramme est divisé en deux parties non asymétriques, les courbes de débits de chaque période de retour, sont croissantes jusqu'à ce qu'elles atteignent la durée de 7,71 h (t_c) avec un débit max, puis décroissantes jusqu'à ce qu'elles s'annulent.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons réalisé une étude des crues pour le bassin versant de Souk Tleta, en passant par l'analyse statistique des débits précédents, en utilisant la loi de GUMBEL, dans le but de déduire les débits de pointes pour différentes périodes de retour en utilisant la formule de Sokolovski.