

Ministère de l'enseignement supérieure et de la recherche scientifique

Université d'Oran2 Mohamed Ben Ahmed

Faculté de sciences de la terre et de l'univers

Département de sciences de la terre et de l'univers



Mémoire du grade Master

Option

Hydrosystèmes et Ressources en Eau

Présenté par

BEY Khadidja

Etudes des précipitations au niveau du bassin de Beni-Bahdel

~ Selon la méthode de Montana ~

Soutenu publiquement devant le jury composé comme suit :

- **Mr SAFA Aissa,** Maitre de conférences : **Président**
- **Mr BOUZID Rabah,** Maitre de conférences : **Examineur**
- **Mme BAKRETI Amel,** Maitre de conférences : **Encadreur**

Remerciement

Je remercie le Dieu le tout puissant, de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme BAKRETI Amel**, on la remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent à **Mr BOUZID Rabah** pour son aide et son soutien moral et ses encouragements. Mes remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Enfin, mes remerciements s'adressent aussi à l'ensemble de mes proches qui ont supporté mes palabres sur l'autogestion.

Dédicace

A mes très chers parents

Qui ne m'ont jamais cessé, de formuler de prières à mon égard, quoi que je fasse ou quoi je dise, je ne saurais point vous remercier comme il se doit, votre affection me couvre, votre bienveillance me guide et votre présence m'a été toujours poussé et motivé pour atteindre mes objectifs. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

Sans eux, je n'aurais certainement pas fait telle que cette étude.

Ce projet de fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements, qui m'ont suivi tout au long de mon parcours, qu'ils soient appréciés aussi par ce modeste Dédicace.

A mes très chers frères Mohamed, Fouzia et Ibtissam

Pour leur soutien moral et leurs conseils précieux durant mes études.

Et finalement, à mes chers amis

Mon âme sœur Ahlem et à tout ce qui m'aiment Yy, Sr et Lh et qui m'ont aidé et subventionné dans les moments difficiles.

Puisse Dieu vous donner santé, courage, bonheur et surtout réussite.

A feu Khadidja BEY

Table des matières

Introduction générale	5
Chapitre I.....	7
Synthèse générale	7
Présentation de la zone d'étude	7
I-1- Introduction	8
I-2- Localisation	9
I-3- Synthèse climatique	10
I-4- Synthèse géologique	11
I-4-1- La série lithostratigraphique.....	13
1-4-1-1- Primaire	13
I-4-1-2- Secondaire:.....	13
I-5- Synthèse hydrogéologique	17
I-5-2- Formations à faible potentiel aquifère.....	19
1-6. Le sol et végétation du bassin de Beni-Bahdel.....	20
I-7- Synthèse structurale	24
I-8- Synthèse géomorphologique	26
Conclusion partielle	31
Chapitre II.....	32
L'étude des écoulements	32
II-1. Introduction	33
II-2. Méthode appliquée.....	34
II-3. Résultats et interprétations	35
II-4. Conclusion partielle	38
Chapitre III	39
Application sur IDF	39
Intensité-Durée-Fréquence.....	39

III-1. Introduction	40
III-2. Concept et mise en œuvre	41
III-3. Représentation statistique	42
III-3-2. Résultats et interprétation	45
3-3-2-1. Lames précipitées maximales annuelles	46
III-3-2-2. Estimation des lames précipitées	47
III-3-2-3. Estimation des intensités pluviométrique	48
III-3-2-4. Estimation des intensités pluviométriques	48
Conclusion partielle	49
Conclusion générale.....	50
Références Bibliographiques.....	51

Introduction générale

Essentielle au développement de la vie, la présence de l'eau qui a été toujours une condition fondamentale à l'implantation des communautés humaines, sa disponibilité représente l'un des principaux facteurs d'essor de civilisations dans le monde.

Les eaux des oueds sont une ressource de plus en plus utilisée pour les divers besoins de l'humanité comme elles peuvent également représenter un danger et une menace sur les populations et les ouvrages (l'infrastructure).

L'Algérie, comme le reste du monde, souffre des problèmes de la gestion des ressources en eau ; ainsi il est parmi les régions méditerranéennes confrontées au phénomène des inondations, y compris les régions arides et semi-arides.

Les hydrologues, dans ces cas sont l'objet d'étude. Ils ne peuvent évidemment pas empêcher une précipitation de survenir, leur rôle principal consiste plutôt à étudier les cheminements de l'eau et les fluctuations des débits, et à concevoir des modèles pour estimer les risques et pour prévoir en continu les débits d'un cours d'eau

L'Algérie, comme le reste du monde, souffre des problèmes de la gestion des ressources en eau. Ces problèmes nécessitent une bonne connaissance de différentes composantes. Celles-là sont établies en fonction de l'intensité des pluies et de leur période de retour. Cette information est souvent exprimée sous la forme de courbes IDF (Intensité - Durée – Fréquence) obtenues à partir d'une étude statistique des événements extrêmes enregistrés sur un bassin versant donné.

Notre région d'étude est classée dans le climat semi-aride où la température moyenne annuelle est d'environ de 16,29° et la précipitation moyenne annuelle est de 52,11mm. La période pluvieuse s'étend de Avril/Mai jusqu'à la mi-Octobre. Deux à trois mois au plus totalise près de 70% de la hauteur pluviométrique annuelle.

L'objectif principal de ce travail est de présenter des courbes IDF (intensité- durée- fréquence) des précipitations pour la station du bassin versant de Beni-Bahdel afin de déterminer les zones où l'intensité de pluie est forte, pour dimensionner les ouvrages de protection et éviter les risques d'inondations sur cette région.

Et par la suite, notre mémoire de fin d'étude se base sur trois (3) chapitres, s'organise comme de suit :

Chapitre 1 : Synthèse générale

Ce chapitre est réservé à la présentation du bassin versant de Beni-Bahdel dans son cadre climatologique, géologique, hydrogéologique, structural et géomorphologique ; ainsi que sa situation géographique.

Chapitre 2 : L'étude des écoulements

Notre travail dans ce chapitre, consiste à faire une étude pluviométrique de la variabilité des précipitations annuelles dans la région de Beni-Bahdel à l'Ouest de l'Algérie dans une période de 20 ans comprise entre (1975-1995).

Chapitre 3 : Application de la méthode IDF

Ce chapitre est basé sur l'établissement des courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) qui se peuvent généralement représentées sur un graphique. Cette dernière illustre l'évolution de l'intensité de la pluie en mm/h en fonction de sa durée et de sa période de retour.

Chapitre I
Synthèse générale
Présentation de la zone d'étude

I-1- Introduction

Effectuer une analyse sur un bassin versant revient en réalité à étudier les points suivants : 1) caractéristiques physiques, 2) identification du comportement, 3) Etude du climat à travers un traitement statistiques de son évolution spatiotemporelle via des données pluviométriques et hydrométriques ...etc.

Dans ce chapitre, nous allons présenter une synthèse générale du bassin étudié qui va récapituler sa situation géographiquement, son contexte géologique, le climat dominant, ainsi que ses caractéristiques hydrogéologiques. Nous avons joint à cette synthèse le cadre structural voire morphologique qui peut influencer directement sur les écoulements dans le bassin en question.

I-2- Localisation

Le bassin versant de BENI-BAHDEL représente un des sous bassin de l'Oued Tafna qui se situe en amont du barrage de Beni Bahdel. Il s'étend sur la partie sud de la wilaya de Tlemcen. Ses coordonnées géographiques sont de 34°39'7" N et 1°19'49" W. La superficie du bassin versant est estimée à 603 km² avec un périmètre de 78 km (H. Belarbia, 2015).

Il est limité, au nord, par les plaines de Maghnia et Hennaya.

- Au sud, par les hautes plaines oranaises, Djebel Lato, Toumiet et Koudiat El Hracha.
- A l'Ouest par le plateau des Azaïls.
- A l'Est, par Djebel Mazoudjène, Djebel El Ahmer, et Djebel el Arbi.

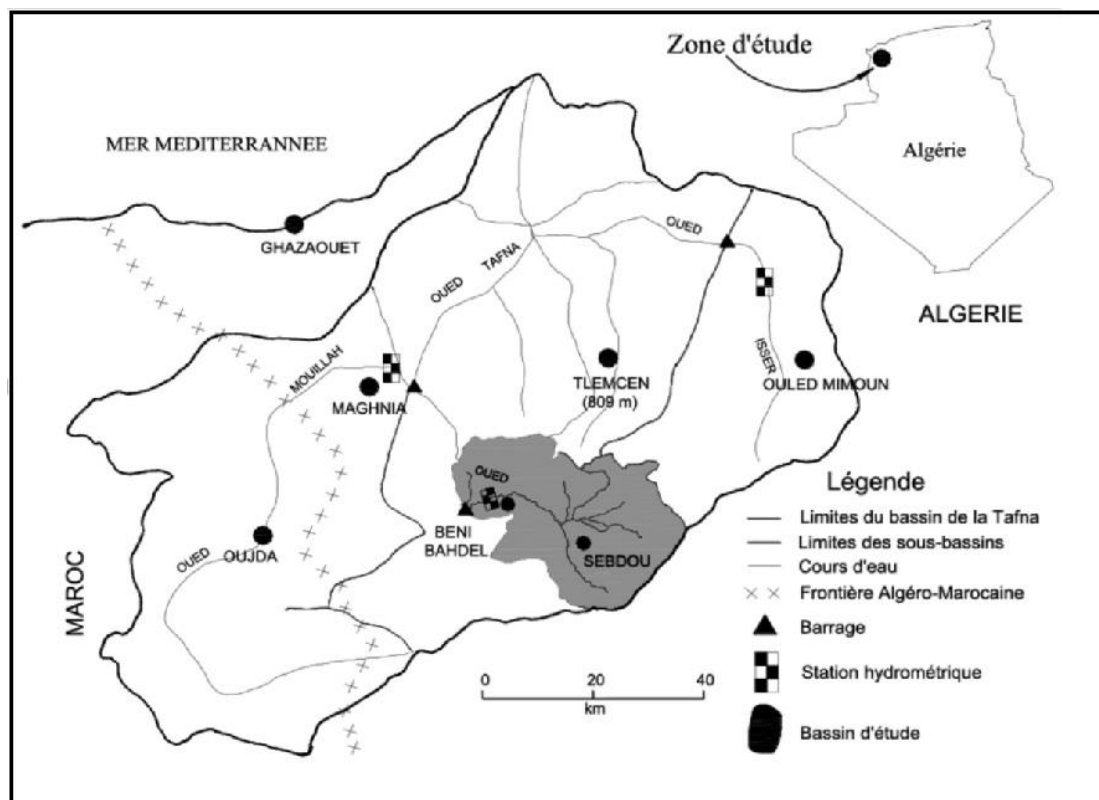


Figure 1: Situation géographique du bassin versant de Béni-Bahdel (Ghennim, 2011)

I-3- Synthèse climatique

Le bassin versant de Beni-Bahdel à climat semi-aride (Bouanani et Als, 1999) est caractérisé par un nombre de jours de pluies réduit et très inégalement réparties durant le cycle hydrologique (un hiver plus ou moins froid et semi humide pendant la période hivernale). Deux à trois mois au plus totalise près de 70% de la hauteur pluviométrique annuelle. Aussi, ce bassin se caractérise, par une sécheresse estivale marquée (moins de 1 m en juillet et août),

Selon (Huber et Meddi, 2003), les apports pluvieux du bassin sont élevés en printemps et moindre en hiver. En été du mois de juin à septembre, les précipitations sont quasi nulles. C'est la période la plus sévère en étiage.

La température annuelle moyenne est d'environ 16,29°C, les précipitations moyennes quant à elles avoisinent les 52,11 mm. Enfin, l'humidité de la région atteint les 61% pendant l'été et varie entre (74-77)% pendant l'hiver.

¹Selon le diagramme Ombrothermique de Gaussen issue du projet de l'Office National de la Météorologie de l'Algérie (2018) (Figure.2) montre une période déficitaire qui s'étend du mois d'avril jusqu'au mi du mois d'octobre. Les périodes excédentaires sont à noter, dans un premier temps, entre le mois de janvier jusqu'au mois d'avril et dans un second temps, entre le mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de décembre.

¹ Office nationale de la Météorologie, rédaction d'échelle et modélisation climatique avec une application à la gestion des forêts en Algérie, Mars 2018.

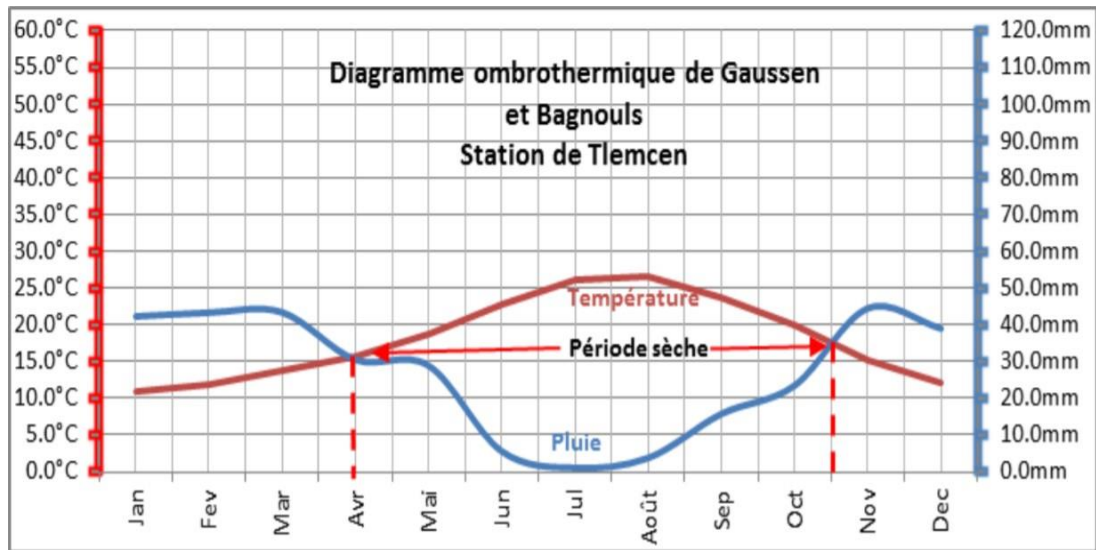


Figure 2: Diagramme ombrothermique de Gausson et Bagnouls (station de Tlemcen, 2015)

I-4- Synthèse géologique

Le bassin versant de Béni-Bahdel, dans l'ensemble est occupé par des montagnes de l'orogénèse alpines dont l'altitude de ses sommets arrivent jusqu'à 1465 m. Ces Monts dits de Tlemcen constituent un édifice régulier comportant essentiellement des terrains mésozoïques et cénozoïques. Les assises sédimentaires attribuées au Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur sont principalement formées par des carbonates. Cet ensemble constitue la bordure méridionale des Monts de Tlemcen qui est délimité à l'Ouest par l'accident de la Tafna et à l'Est par celui d'Oued Chouly

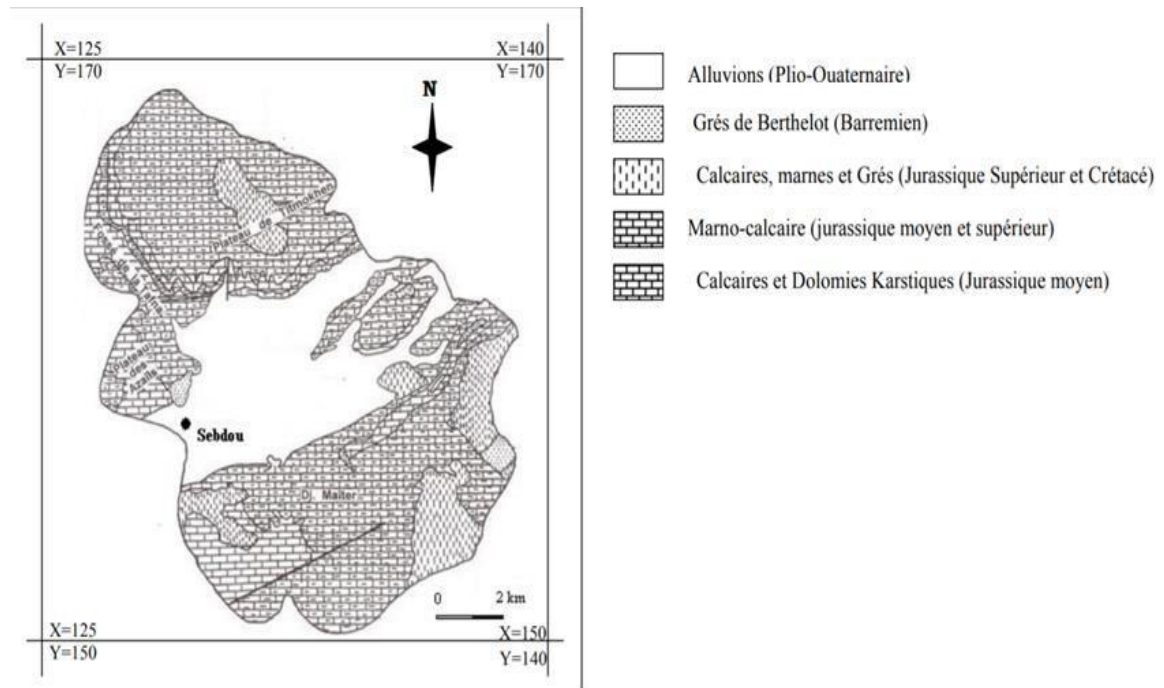


Figure 3: Carte structurale de l'Oued Beni-Bahdel (Thomas, 1985)

Le Nord et le Nord-Est du bassin versant correspondent à un horst jurassique principalement carbonaté. Au Sud et à l'Est, on trouve un graben rempli de sédiments plioquaternaires représentant le Fossé de Sebdu, et correspond à une série à éléments hétérométriques et hétérogènes, formant des couches redressées. Ce sont des dépôts conglomératiques, des calcaires blancs et vacuolaires, qui recouvrent la plupart des terrains anciens, ces dépôts ne sont pas consolidés et forment parfois des sols arables.

Les montagnes de cette région sont formées de calcaire fissuré. Les roches de ces montagnes reposent sur du grès poreux reposant sur des argiles et des marnes. Leurs sommets, toujours plats, sont des terres calcaires comme ceux situés à proximité immédiate de Tlemcen: Lalla Setti, Ain Fezza. C'est une formation composée principalement de calcaire et de dolomies alternant avec des lits de marnes et de grès. Le lit rocheux principal forme la base des hautes plaines, qui sont constituées de calcaires lacustres de sable conglomérat dans un compartiment effondré de terres secondaires.

Les montagnes de Sidi-Djilali correspondent à une avancée septentrionale des hautes

plaines des hautes terres Benest. Plus loin, les montagnes jurassiques du Tell séparent la plaine de Moulouya (située dans les territoires marocains). La lithologie brièvement présentée dans cette étude peut avoir une influence prépondérante sur la pédogenèse en milieu semi-aride, d'une part, et sur certaines conditions de vie végétale, d'autre part.

I-4-1- La série lithostratigraphique

Le grand bassin est caractérisé par une géologie très complexe et qualifiée de grande tectonique. L'évolution des terrains rencontrés va du Primaire au Plio-Quaternaire.

1-4-1-1- Primaire

Il affleure dans le bassin de l'oued Mouilah au niveau des Monts de Ghar roubane à l'ouest et les Fillaoucen à l'Est. Il est représenté par:

a)- formations schisto-quartziques:

D'âge silurien à dévonien, il s'agit de formations fortement plissées recouvrant une grande surface. A Rhar-Roubane et djebel Fillaoucène, les schistes sont alternés avec des quartzites très compacts en bancs décimétriques.

b)- granite:

Le massif granitique est situé immédiatement au NE de la ville de Nedroma. Il est de forme elliptique et de couleur blanchâtre à rosâtre.

e)- auréole de métamorphisme:

L'intrusion granitique développe une auréole de métamorphisme dans la formation schisto quartzique. On y trouve des cornéennes, des schistes à andalousites et des schistes tachetés.

I-4-1-2- Secondaire:

Il occupe une grande partie de nos bassins versants étudiés et forme l'essentiel des monts de Tlemcen. La série lithostratigraphique schématisée par le log de la figure 11 est représentée par:

a)- Trias:

Localisé essentiellement au Nord d'Ain Tellout et au niveau de Béni-Bandel et à l'Est dans le bassin d'oued Mouilah. Il est constitué par des argiles plus ou moins dolomitiques et gypseuses

et des marnes bariolées fortement teintées.

b)- Le Jurassique:

1) Les argiles de Saïda:

Elles correspondent à des dépôts argileux et marneux, parfois schisteux à passées gréseuses. La formation peut atteindre 300 m jusqu'à 500 m est attribuée au Callovo-Oxfordien, elle offre parfois une transition assez progressive aux grès de Boumediene.

2) Les grès de Boumediene:

D'âge Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur, il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse, avec des passées argileuses masquées le plus souvent, par des éboulis ou la végétation. Ces grès à ciment calcaire, se présentent en bancs assez durs, dont les épaisseurs sont variables pouvant atteindre 500 m.

Les grès de Boumediene sont particulièrement développés dans les forêts de Zarifet et de Hafir au SW de Terny et au niveau des cascades d'El Ourit au Sud du bassin d'oued Sikkak.

3) Les calcaires de Zarfet:

Il s'agit de bancs calcaires séparés par de minces intercalations de calcaires marneux écaillieux, parfois quelque peu fossilifères, marquant presque partout la base très nette du Kimméridgien et reposent directement en concordance sur les grès de Boumediene formant les falaises des environs de Tlemcen. L'épaisseur de cette formation peut atteindre 25 m au col de Zarifet.

4) Dolomies de Tlemcen:

D'âge Kimméridgien moyen-Kimméridgien supérieur, il s'agit de dolomies cristallines grises, avec de nombreuses cavités remplies de calcite. Elles affleurent autour d'Aïn Fezza, dans la forêt de Zarifet, au Nord de Tlemcen, dans les djebels Teffatisset, Aïn E! Hout et sur le plateau de Terny.

Elles peuvent être surmontées par les calcaires de Stah épargnées par la dolomitisation. Cette formation peut atteindre 200 m aux environs de Tlemcen à E! Ourit et on la rencontre dans tous les sous-bassins étudiés.

5) Marno-calcaires de Raourai:

Ce sont des marnes grises, blanchâtres en surface, intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires marneux durs. Cette formation est limitée à sa base par les lits calcaires de Stah et au

Sommet par les calcaires de Lato, ou les premières assises des dolomies de Terny. Elle affleure Particulièrement sur le plateau de Terny, dans le djebel Lato et à l'Est de Mn Fezza.

6) Calaires de Lato:

Ce sont des calcaires massifs en bancs épais, leur épaisseur est d'environ 50 m au djebel Lato.

7) Dolomies de Terny:

Elles correspondent à des dolomies parfois vacuolaires avec de nombreuses stratifications obliques et un aspect très massif, qui permet de bien les distinguer des dolomies de Tlemcen. Elles sont développées au niveau du plateau des Azaïls, de Temy et près du barrage Meffrouch, leur épaisseur est de l'ordre de 100 m dans le plateau de Temy. Elles sont bien représentées au niveau des trois bassins étudiés. Ces trois formations précédentes sont attribuées au Tithonique inférieur.

Ces trois formations précédentes sont attribuées au Tithonique inférieur.

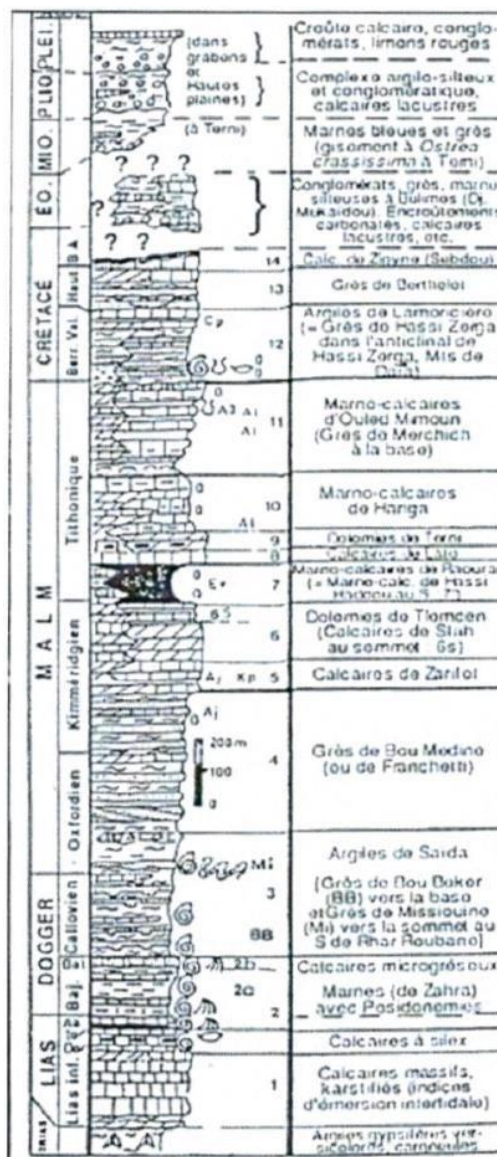


Figure 4: Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines (Benest et Bensalah, 1999)

I-4-1-3- Plio-Quaternaire

Représenté par des sédiments continentaux d'âges comparables, bien que de natures variables. Il s'agit d'une série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérométriques et hétérogènes. On y rencontre les faciès suivants:

Les travertins villafranchiens situés en bordure des monts de Tlemcen, qui sont représentés par des travertins fortement consolidés et des calcaires lacustres.

Le complexe de sédiments plio-villafrachiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur très variable mais toujours assez faible. - Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers.

I-5- Synthèse hydrogéologique

Le type de formations géologiques qui affleurent dans les bassins versants a une influence sur la répartition des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables avec une couverture végétale continue aura en générale une densité de drainage faible assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles. Par ailleurs, un bassin formé de roches imperméables mais meubles et érodables, comme des marnes et des argiles, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement des eaux superficielles aux dépens de l'infiltration.

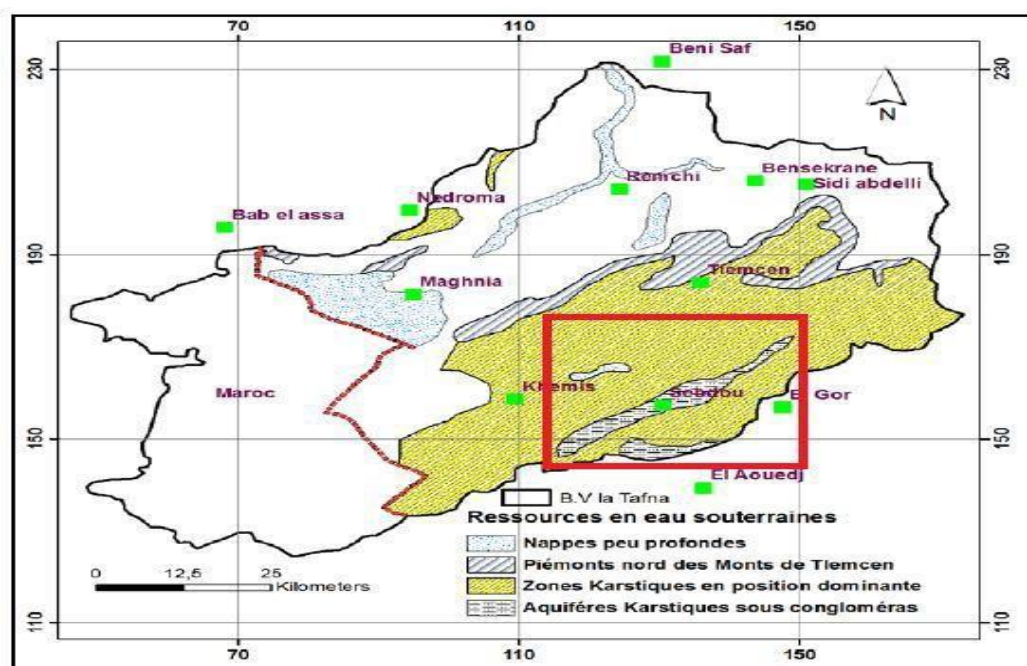


Figure 5: Localisation des aquifères dans la zone d'étude (Collignon, 1986)

I-5-1- Formations à fort potentiel aquifère

Ce sont les formations calcaréo-dolomitiques (dolomie de Tlemcen et de Terny), les formations gréseuses (grès de Merchiche) et les formations du Plioquaternaire. Il s'agit d'un ensemble lithologiques forts tant en ce qui concerne leur structure physique, que leur composition chimique, mais ils ont pour caractère commun une capacité d'accumulation en eau élevée, surtout en ce qui concerne les massifs dolomitiques qui donnent naissance à de nombreuses émergences karstiques.

- **Dolomie de Tlemcen** : Avec à leur base les calcaires de Zarifet, elles affleurent en grande partie vers le Nord-Ouest et le Nord-Est du Bassin.
- **Alluvions plio-quaternaires** : Nous considérons ici, aussi bien les alluvions récentes formés le long des Oueds que les terrasses, croûtes calcaires du Quaternaire ancien et les conglomérats qui comblent le fossé de Beni-Bahdel. Bien que leur épaisseur soit généralement faible, ces formations ont une extension spatiale considérable, ce qui favorise l'extension d'une nappe phréatique plus ou moins continue et facilement exploitable. Parmi les sources qui drainent ces formations, nous citons :

I-5-2- Formations à faible potentiel aquifère

Ce sont les formations calcaréo-dolomitiques (dolomie de Tlemcen et de Terny), les formations gréseuses (grès de Merchiche) et les formations du Plioquaternaire. Il s'agit d'un ensemble lithologiques forts tant en ce qui concerne leur structure physique, que leur composition chimique, mais ils ont pour caractère commun une capacité d'accumulation en eau élevée, surtout en ce qui concerne les massifs dolomitiques qui donnent naissance à de nombreuses émergences karstiques.

- **Dolomie de Tlemcen** : Avec à leur base les calcaires de Zarifet, elles affleurent en grande partie vers le Nord-Ouest et le Nord-Est du Bassin.

- **Alluvions plio-quaternaires** : Nous considérons ici, aussi bien les alluvions récentes formés le long des Oueds que les terrasses, croûtes calcaires du Quaternaire ancien et les conglomérats qui comblent le fossé de Sebdou. Bien que leur épaisseur soit généralement faible, ces formations ont une extension spatiale considérable, ce qui favorise l'extension d'une nappe

phréatique plus ou moins continue et facilement exploitable. Parmi les sources qui drainent ces formations, nous citons :

I-5-2- Formations à faible potentiel aquifère

Cet ensemble regroupe un ensemble de formations de nature lithologique très variée, mais où les séries à dominance argileuse ou marneuse occupent une place prépondérante. L'ensemble des formations concernées présente une faible perméabilité d'interstices ou de fissures, il n'y existe donc pas d'aquifères notables.

• **Grès de Bou-Médine** : Ces grès présentent une perméabilité généralement faible ou nulle, sauf cependant pour les bancs de grès puissants qui s'intercalent dans les marnes, montrant une augmentation de perméabilité grâce aux diaclases qu'ils présentent et au rôle aquifère des lentilles calcaires qui y sont incluses. Le rôle principal de ces grès est de maintenir, grâce aux formations marneuses intercalées le niveau aquifère des dolomies de Tlemcen.

• **Marno-calcaires de Raourai, Hariga et d'Ouled Mimoun** : Même si les niveaux calcaires présentent une certaine perméabilité, ils sont imperméables dans le sens vertical.

• **Argiles de Lamoricière** : Ne recèlent aucune réserve aquifère. L'étude des propriétés hydrogéologiques des différentes formations montre trois grands types d'aquifères:

- les aquifères perchés, entièrement limités par les terrains imperméables,
- les aquifères à plongement nord, sous les terrains miocènes,
- les aquifères à plongement sud, sous les conglomérats des hauts plateaux.

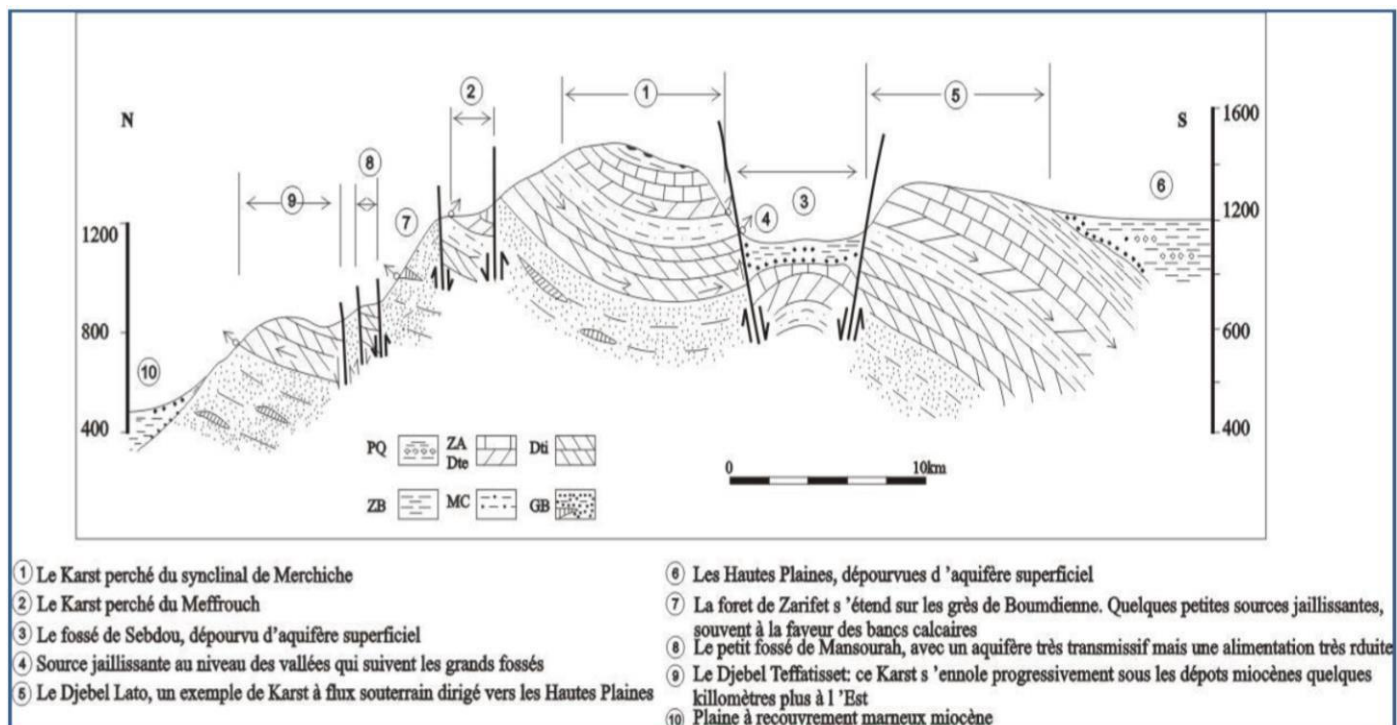


Figure 6: Coupe transversale aux Monts de Tlemcen, illustrant les principaux types d'aquifères (Collignon, 1986)

1-6. Le sol et végétation du bassin de Beni-Bahdel

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plu dense.

Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable. Le paysage végétal du bassin a été largement dégradé et défriché en montagne par les incendies et par une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique (la Tafna). Ce qui a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion.

Concernant la distribution du couvert végétal du bassin de l'Oued Beni-Bahdel, nous avons rassemblé et classé les diverses formes de culture de la façon suivante :

- **Cultures extensives** : elles rassemblent toutes les cultures annuelles telles que les céréalicultures, les cultures maraîchères et l'association entre l'arboriculture et le maraîchage.

- **Couvert forestier dégradé** : sont rassemblés sous ce thème les maquis et les forêts claires, les zones en cours de reboisement, les forêts et les maquis dégradés par l'utilisation excessive du sous-sol forestier, le pâturage sauvage et irrationnel compromettant la rénovation, le déboisement intégral pour installer d'autres cultures et les effets des incendies.

- **Couvert forestier normal** : représenté essentiellement par les forêts et les maquis denses n'ayant subi aucune dégradation que ce soit par l'action de l'homme (pâturage sauvage, déboisement) ou par l'effet des incendies.

- **Arboriculture** : représentée principalement par les vignobles et l'olivieraie, et les agrumes, vergers et murais en quantité inférieure.

- **Couvert mort** : sont désignés par ce terme tous les terrains sur lesquels n'est présente aucune forme de végétation ou de culture utilisable, rendu nu par l'érosion ou par d'autres formes de dégradation.

- **Prairies et terrains de pacage** : représentés par les surfaces qui sont utilisées pour la plupart en pâturage direct des animaux, les terres occupées par l'alfa et la lavande.

Occupation des sols	Surfaces (ha)	% des surfaces
Cultures extensives	4123	16.14
Couvert forestier dégradé	8645	33.84
Couvert forestier normal	5564	21.78
Arboriculture	497	01.94
Couvert mort	2459	09.62
Prairies et terrains de pacage	4261	16.68

Tableau 1: Distribution du couvert végétal dans le bassin d'oued Beni-Bahdel (BNEDER, 1993)

La végétation dans le bassin reste étroitement liée à la pluviométrie. En effet, dans le secteur Sud, les zones en cours de reboisement et les forêts claires ainsi que le couvert mort dominant.

Ce type de couvert végétal qui protège mal la texture du sol contre les agents de l'érosion, correspond à la partie du bassin où la pente dépasse 25%. Celle-ci constituerait une zone où l'activité érosive serait très importante (Tableau 2).

Les sols dans cette zone peuvent être subdivisés en trois classes:

- les sols calcaires couvrant une grande partie du bassin où se développent une arboriculture non irriguée et un élevage de montagne
- les sols alluvionnaires constituant la cuvette de Sebdou où émergent de nombreuses sources,
- Les sols constitués par des croûtes calcaréo-gréseuses ou marno-gréseuses ainsi que des argiles de calcification où l'on retrouve un couvert forestier bien développé (Bouanani, 2004) (figure 9).

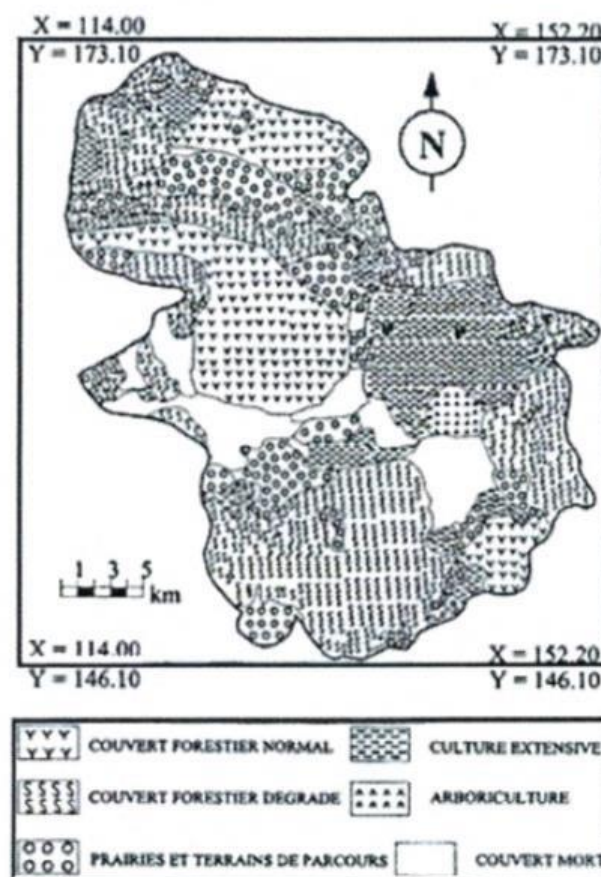


Figure 7: Carte d'occupation du sol de l'Oued Beni-Bahdel (Bouanani, 2004)

La végétation est étroitement liée à la distribution des précipitations dans la région, à la nature, à la texture du sol et aux activités anthropiques. Presque 9,62% de la surface du bassin versant est d'un couvert végétal mort et 33,84% d'un couvert forestier dégradé. Il résulte que plus de 43% du bassin versant est mal protégé contre l'érosion hydrique. Les terres de pâturage (souvent tassées) occupent une aire de 16,68% et les cultures extensives (instables) sont pratiquées dans 16,14% de la superficie. Ces deux types de couvert végétal protègent moins le sol par rapport au couvert forestier et agro-forestier (Sabir et al., 2007).

La partie Sud du bassin versant est occupée dans sa grande partie par un couvert forestier dégradé ou mort sur des pentes fortes (>25%) et sur des formations constituées d'une alternance marneuse. Elle constitue une zone productive en sédiments. Le couvert forestier normal et l'arboriculture occupent respectivement 21,78 % et 1,94 % de la surface globale du bassin versant (Megnounif et al, 2003) ; (Bouanani, 2004).

I-7- Synthèse structurale

²La structure actuelle de l'Algérie du Nord est liée aux mouvements hercyniens et alpins qui ont permis l'individualisation de plusieurs domaines. En Oranie, nous avons du Nord au Sud :

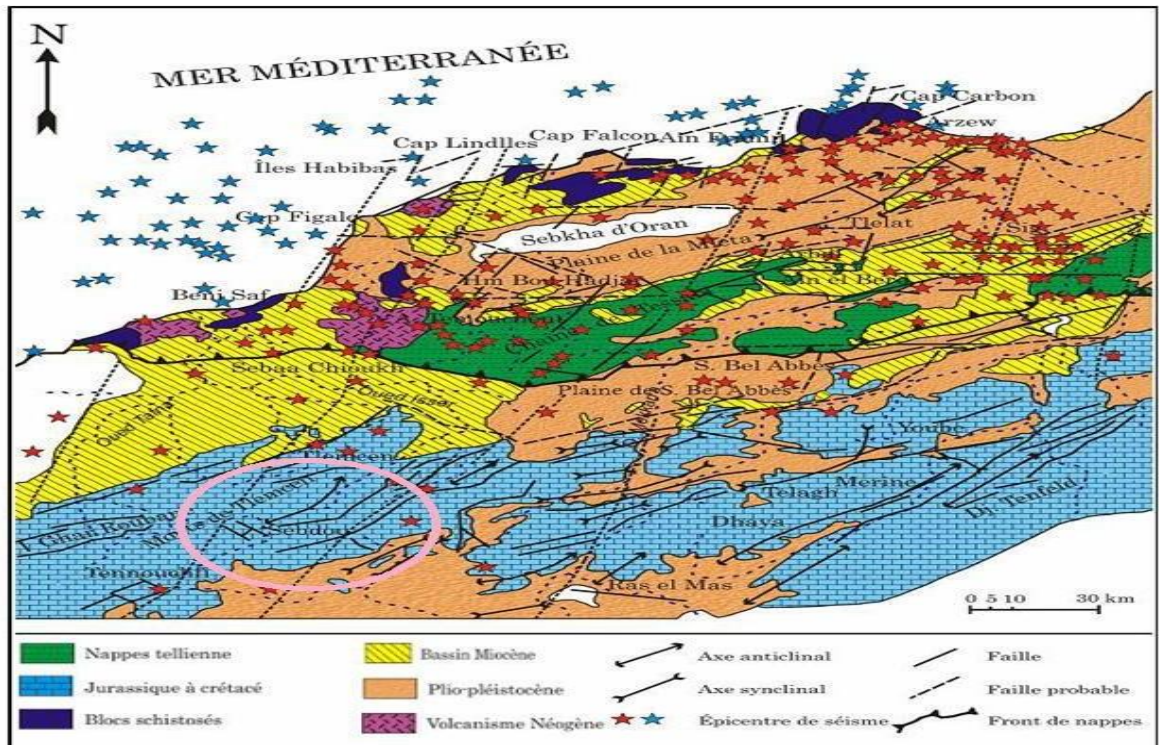


Figure 8: Carte structurale de l'Oranie nord-occidentale (Thomas, 1985)

- Le domaine Tellien,
- Les Monts de Tlemcen parfois qualifiés de Meseta Oranaise,
- Le domaine atlasique,
- Le domaine saharien. Les Monts de Tlemcen, domaine intracratonique plissé, s'interposent entre :
- Le domaine nappé du Tell au Nord,
- Le domaine stable des hautes plaines oranaises, au Sud.

² OUCI Fatima Zohra, Mémoire de Master, Etude de la performance du modèle hydrologique HBV appliqué au bassin versant d'oued Beni-Bahdel (Tafna, Algérie), Université de Tlemcen. 2018

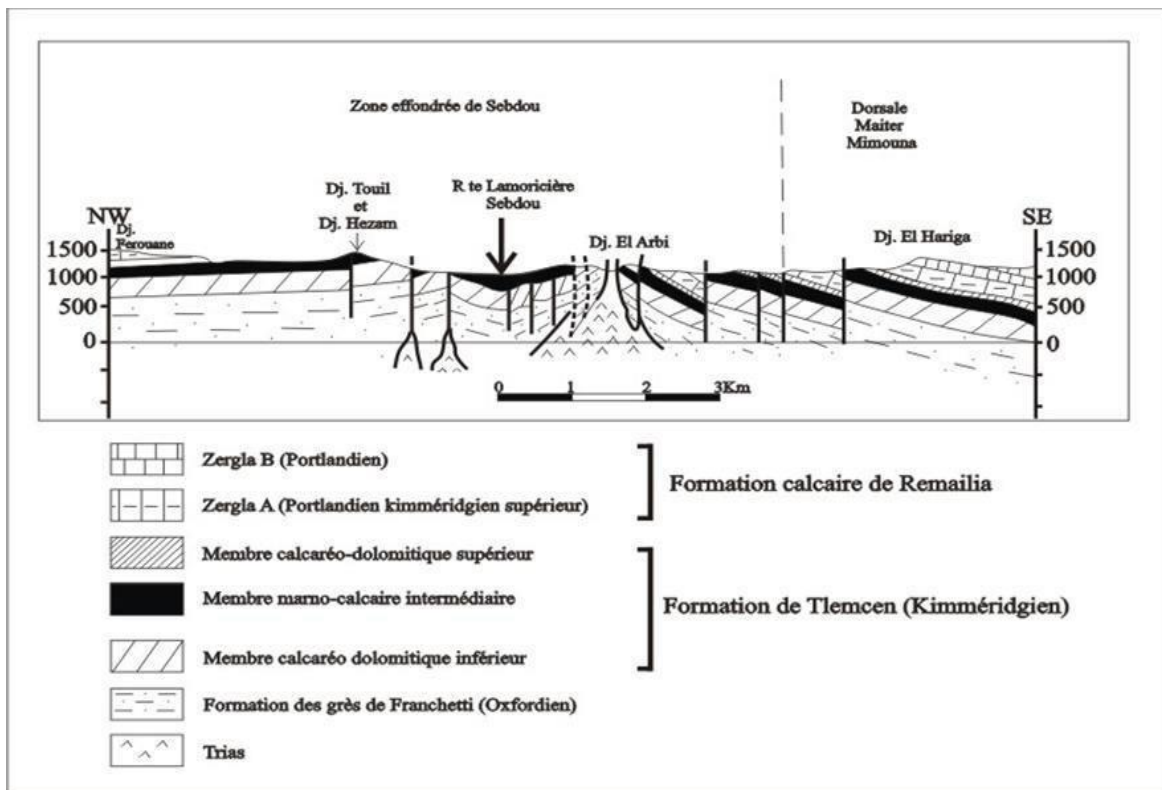


Figure 9 : Coupe structurale au niveau du fossé d’effondrement de Sebdo (Auclair et Biehler, 1967)

I-8- Synthèse géomorphologique

La disposition du réseau hydrographique est liée en grande partie à l'évolution des phénomènes structuraux qui ont affecté la région au cours des temps géologiques.

Le chevelu hydrographique suit pratiquement les accidents importants qui ont affecté les formations carbonatées du Jurassique et se modifie avec l'évolution de la tectonique.

Le bassin versant de l'Oued Beni-Bahdel avec sa mauvaise organisation hydrographique est bien drainé ($R_c < 2$), la longueur de son cours d'eau principal est de 28 km, il commence de Ouled Ouriach au niveau de Ghar Boumaaza à 1300 m d'altitude, mais il est destiné nettement qu'à la périphérie de la ville de Beni-Bahdel à 900 m d'altitude, le cours de l'oued suit une vallée encaissée en commençant de Beni-Bahdel en arrivant jusqu'à Sidi Medjahed. Donc ce dernier, il suit une direction sud-est à nord-ouest jusqu'au barrage de Beni Bahdel.

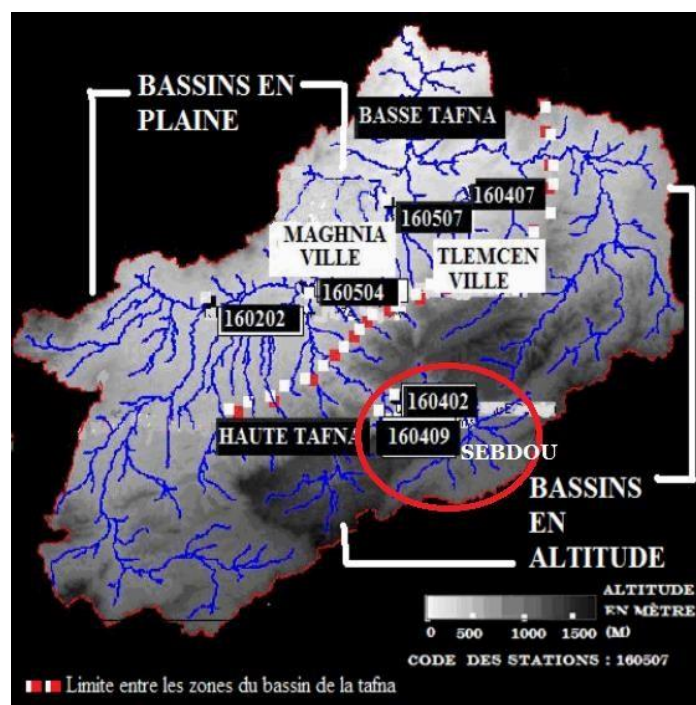


Figure 10 : Géomorphologie du bassin de Béni-Bahdel (Topographie et réseau de thalwegs) (Bakreti, 2014).

³La superficie de ce bassin que nous avons étudié par la station hydrométrique de Béni Bahdel couvre une superficie de 603 km². Cette aire dépasse largement la superficie attribuée habituellement au bassin de Beni-Bahdel ce qui donne à penser que la délimitation réelle du bassin pose question comme cela est établi par MNT. Ce sous bassin est caractérisé par la présence de zones de horsts dont l'altitude dépasse les 1110 m et par des fossés d'effondrement correspondant à la zone dite effondrée de Beni-Bahdel où l'altitude avoisine les 850 m. L'état érosif du bassin s'apparente relativement à celui du bassin de Khemis avec une tendance vers l'équilibre (Bakreti, 2014).



Figure 11 : Géomorphologie du bassin de Beni-Bahdel (carte de pentes) (Bakreti, 2014).

³ Bakreti 2014

Le réseau hydrographique du bassin de l'Oued Beni-Bahdel a été réalisé à la base des cartes au 1/50000.

Les paramètres importants qui régissent le régime hydrologique d'un cours d'eau sont : la densité de drainage (D_d), le rapport de confluence (R_c) et le rapport des longueurs (R_l).

Bassin	D_d	R_c	R_l
Beni-Bahdel	2,88	3,43	2,38

Tableau 2: Paramètres morphométriques des principales unités hydrologiques De l'Oued Beni-Bahdel

1-7-1- Densité de drainage

La densité de drainage est définie par :

$$D_d = \Sigma L / A$$

Où,

D_d : densité de drainage en km/km².

L : longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en km. A : aire du bassin en km².

1-7-2- Rapport de confluence

Il est défini par :

$$R_c = N_n / N_{(n+1)}$$

Où,

R_c : rapport de confluence.

N_c : nombre de cours d'eau d'ordre n .

Si l'on admet que, pour un bassin parfaitement organisé $R_c = 2$; les sous bassins de la Tafna sont mal hiérarchisés.

1-7-3- Rapport des longueurs

La définition est la suivante :

$$RL = L (N+1) / LN$$

L_n : longueur de cours d'eau d'ordre n.

⁴La valeur de densité de drainage obtenue est de 2,88 km/km², elle nous permet de classer ce bassin avec les bassins les plus petits comme nous avons distingué que le bassin de l'Oued Beni- Bahdel à un bon drainage.

L'importance du drainage est due principalement à la nature des formations qui forment le bassin ainsi qu'aux pentes assez fortes des versants d'une part et d'autre part au régime climatique, caractérisé par ses pluies irrégulières et violentes.

Les pentes au niveau du bassin sont en majorité très fortes (tableau2, fig3), 49.0% de la superficie est à pente supérieure à 25%. Cette classe de pente est localisée principalement au Nord et au Sud du bassin correspondant à la zone montagneuse. Au niveau du fossé de Beni-Bahdel, les pentes s'adoucissent et oscillent entre 0 et 3% occupant 10.50% de la superficie du bassin. A partir de cette zone, les pentes augmentent pour atteindre des valeurs de 3 à 12% s'étalant sur une superficie de 31.20% du bassin et de 12 à 25% sur une superficie de 9.30% de la surface totale du bassin.

⁴ Bouanani 2011

Tranches d'altitudes	Ai (Km2)	Ai cumulées (Km2)	Ai %	% Ai cumulés	% altitudes cumulés
1465-1400	1.40	1.40	0.55	0.55	100
1400-1300	13.975	15.375	5.47	6.02	91.63
1300-1200	31.725	47.1	12.42	18.44	78.76
1200-1100	52.50	99.6	20.55	38.99	65.89
1100-1000	70.50	170.1	27.59	66.58	53.02
1000-900	59.30	229.4	23.21	89.79	40.15
900-800	16.30	245.7	6.38	96.17	27.28
800-700	9.60	255.3	3.76	99.93	14.41
700-688	0.20	255.5	0.08	100	1.54

Tableau 3: Répartition hypsométrique du bassin d'oued Beni-Bahdel (haute Tafna)

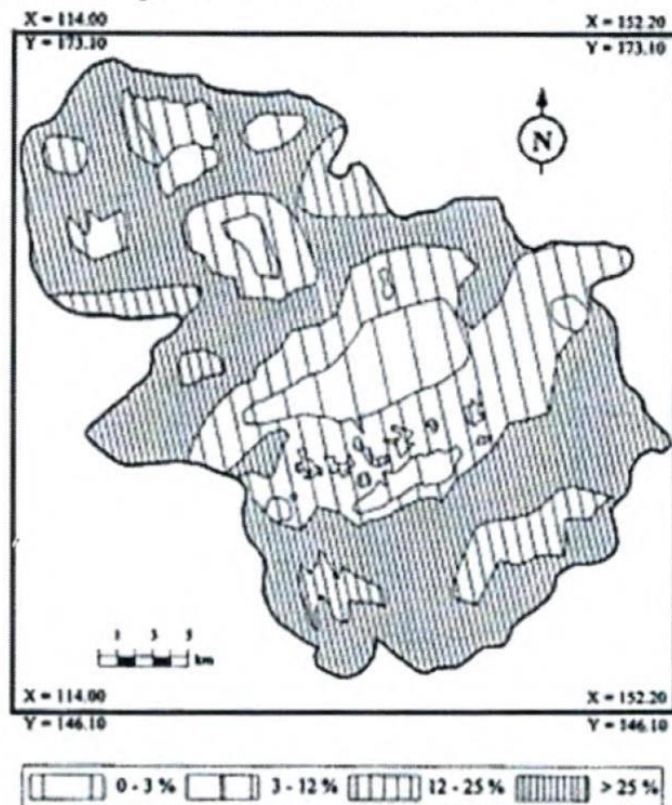


Figure 12 : Carte de pente de l'Oued Beni-Bahdel (Bouanani, 2004)

Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons essayé de mettre en évidence quelques caractéristiques physiques géologiques et hydrogéologiques pour bien définir le comportement du bassin versant du bassin versant de Beni-Bahdel qui se trouve en amont de la Tafna, ce bassin est bien drainé avec des pentes très fortes.

Chapitre II
L'étude des écoulements

II-1. Introduction

Les précipitations constituent la principale « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. (Musy, 2005)

Ce sont l'ensemble des eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. (Musy, 2005)

Autrement, les précipitations sont un des processus hydrologiques les plus variables. D'une part, elles sont caractérisées par une grande variabilité dans l'espace et ceci quelle que soit l'échelle spatiale prise en compte (régionale, locale, etc.). D'autre part, elles sont caractérisées par une grande variabilité dans le temps, aussi bien à l'échelle annuelle qu'à celle d'un événement pluvieux. (Musy, 2005)⁵

D'une autre façon, les précipitations représentent l'élément le plus important du climat tant pour les êtres vivants que pour les milieux. Tant de raisons qui font que la majorité des études et analyses s'appuient sur les précipitations bien plus que sur d'autres paramètres du climat. Toutes les ressources en eaux superficielles ou souterraines sont conditionnées par les précipitations. L'analyse de la variabilité pluviométrique est très importante pour la prévision et la gestion des ressources hydriques. Afin de mieux l'étudier, il est intéressant, de chercher à situer le changement temporel de la pluviométrie constatée depuis 42ans dans la chronologie pluviométrique de cette période donc la pluviométrie est considérée comme un paramètre le plus important dans l'évolution des ressources en eau.

En Algérie, les précipitations deviennent de plus en plus irrégulières. Une grande variabilité à travers le temps et l'espace rendant ainsi le climat de semi-aride .En Algérie la pluviométrie diminue du Nord au Sud mais aussi d'Est à l'Ouest. Ainsi du point de vue pluviométrie, le climat algérien est caractérisé par une insuffisance et une irrégularité des pluies selon les régions irrégularités d'une saison à l'autre mais aussi entre les années avec une saison sèche de plus en plus d'une année à l'autre.

Notre travail dans ce chapitre, consiste à faire une étude pluviométrique de la variabilité des précipitations annuelles dans la région de Béni-Bahdel à l'Ouest de l'Algérie dans une période de 20 ans comprise entre (1975-1995).

⁵André MUSY

II-2. Méthode appliquée

II-2-1. La concentration pluviométrique

La concentration des précipitations dans une année est un aspect important du climat. Une répartition inégale des précipitations évoque périodes d'excès de précipitations et des périodes de sécheresse qui rendent la croissance de la plante et récolte difficile. La concentration des précipitations doit être prise en compte dans l'évaluation et la prévision des pertes de sol par érosion hydrique. (Michiels P, 1992)

Pour l'analyse des régimes pluviométriques, nous avons calculé les cumuls annuels de pluie sur une série d'observation de 20 ans. Comme ils ont été calculés aussi à l'échelle mensuelle, année par année, ce qui nous a permis d'étudier leur variabilité interannuelle.

Pour plus d'information sur le régime saisonnier, nous avons recherché à estimer l'indice de la concentration des précipitations PCI (OLIVIER, 1980). Cet indice est proposé comme indicateur de la concentration des pluies et du pouvoir érosif de la pluie (Iskander, 2014) et (al., 2014). Il a été développé pour quantifier la variabilité pluviométrique à des échelles de temps multiples et exprimé mathématiquement comme suit:

$$ICP = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{(P_t)^2} \times 100$$

Avec P_i la pluie du mois dans l'année i en mm, P_t le total de la pluie annuelle en mm. ;yt

Cet indice traduit un excédent ou un déficit hydrologique pour le mois ou l'année considéré. Plusieurs auteurs (Murugan, 2008); (Nastos, 2010); (Vincent, 2011) ont effectué une classification de l'intensité quotidienne et de la distribution de la pluviométrie.

D'après Olivier :

- une valeur de $PCI < 10$ traduit des précipitations relativement uniformes dans l'année.
- Une valeur comprise entre 11 et 15 est caractéristique d'une concentration modérée des précipitations
- une valeur entre 16 et 20 traduit une concentration moyenne des précipitations.
- Enfin, une valeur de $PCI > 20$ est signe de forte concentration des précipitations (tableau4).

indice de concentration des précipitations PCI	Saisonnalité
<10	Uniforme
11-15	Modérée
16-20	Saisonnier
>20	Forte

Tableau 4: Indice de concentration des précipitations PCI Olivier (1980).

II-3. Résultats et interprétations

II-3-1. Indice des précipitations saisonnières PCI :

La figure 16 représente l'indice saisonnier du PCI, ce dernier traduit une saisonnalité uniforme avec la majorité des valeurs toutes inférieures à 10 et on observe aussi qu'il y'a une valeur comprise dans l'intervalle [11-15] ce qui traduit une saisonnalité modérée.

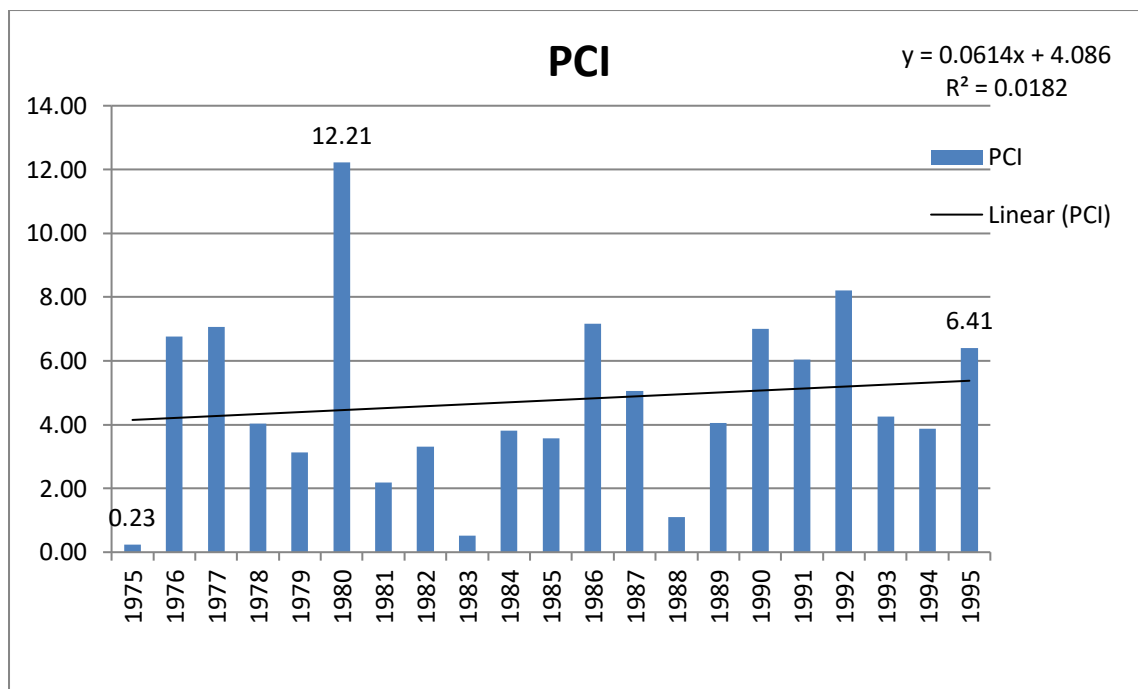


Figure 13 : Représentation de l'indice de concentration des précipitations pour le bassin étudié de Beni-Bahdel

II-3-2. Résultat de la répartition pluviométrique :

La répartition spatiale des précipitations est influencée par le relief (tableau5), en moyenne interannuelle, elles varient entre 85,8 et 623,4 mm. Elles augmentent de manière linéaire en fonction du temps (figure 15).

Station	Latitude	Longitude	Altitude(m)	Période	Moyenne (mm)
Barrage Beni Bahdel	34°38'44''	-1°19'31''	875	1975-1976 à 1994-1995	368,58

Tableau 5: Principales caractéristiques des stations pluviométriques.

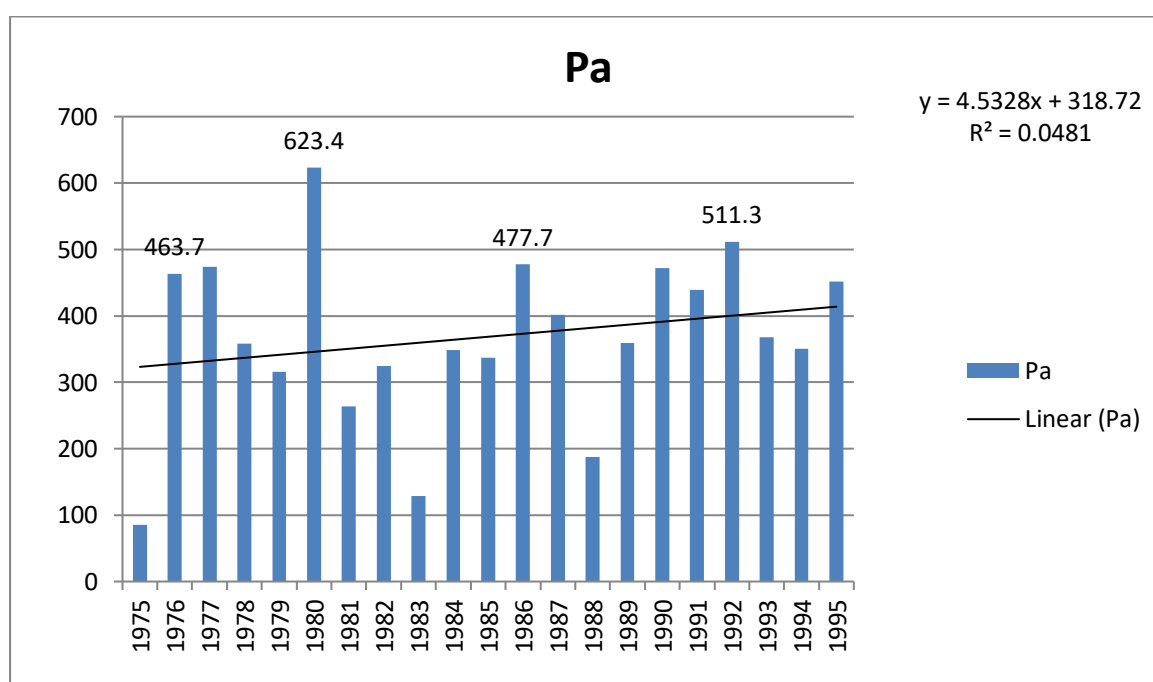


Figure 14 : Précipitations annuelles (mm) en fonction du temps

II-3-3. Précipitations mensuelles

Le régime des pluies mensuelles est présenté sur la figure.16. Les périodes les plus sèches s'étendent de juin à août pour toutes les stations. On distingue clairement que les minima sont observés en période d'été (juin, juillet, août) alors que les périodes d'hiver, de printemps et d'automne sont les plus humides. La même figure révèle une forte variabilité interannuelle des précipitations des différents mois, surtout sur les périodes les plus pluvieuses (automne et hiver).

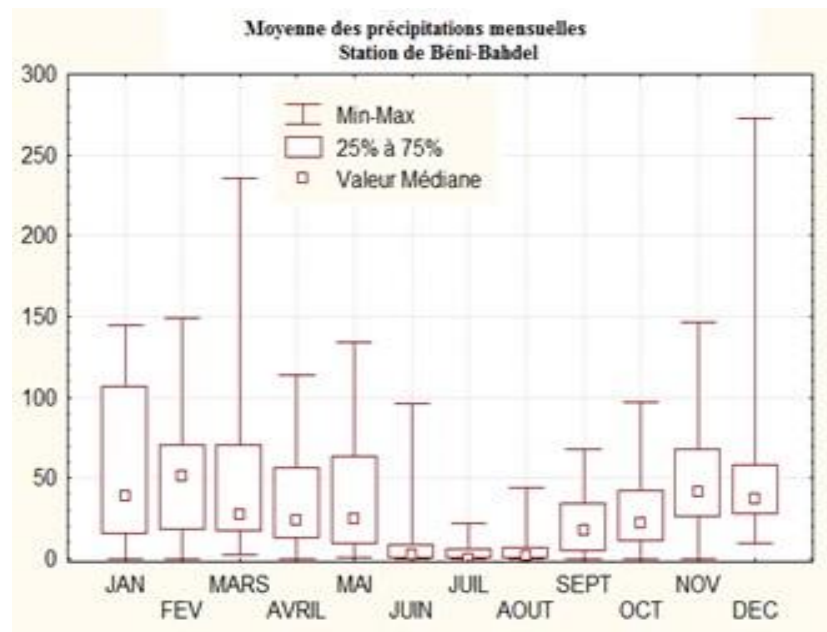


Figure 15 : Précipitations

II-3-4. Régime annuel des précipitations

Nous avons présenté la distribution annuelle des cumuls pluviométriques au niveau de notre station. Elle montre que notre zone est soumise à des conditions climatiques assez particulières.

Les totaux annuels des précipitations mettent en évidence le contraste des quantités reçues entre les parties en altitude et celles en plaine. Le modèle numérique de terrain auquel est associé la distribution des totaux annuels illustre bien cette distinction à travers l'examen des quantités reçues au niveau des stations en montagne (Beni-Bahdel) de l'ordre de 400 mm). La figure 17 en donne une illustration. On y observe une variabilité interannuelle relativement forte avec un intervalle interquartile de l'ordre de 150 mm.

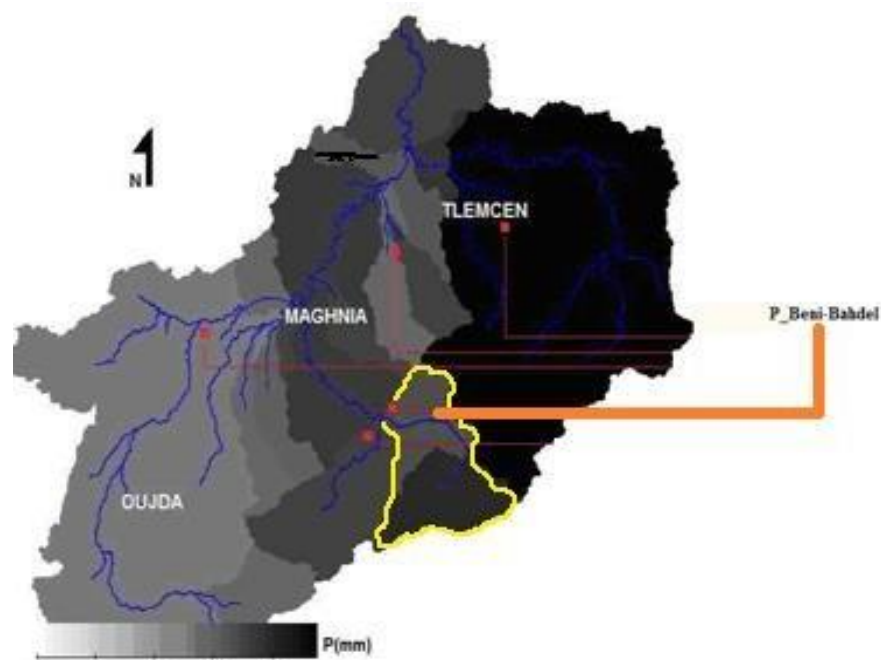


Figure 16: Précipitations

II-4. Conclusion partielle

Nous avons présenté dans ce chapitre, l'étude de la distribution des précipitations au niveau de la zone de béni Bahdel a montré un contraste prononcé par rapport à la quantité reçu par le bassin. Il faut noter que le bassin de béni- Bahdel englobe en partie la zone de Sebdou qui semble plus arrosée que la partie plus basse du bassin en allant vers l'embouchure du barrage.

Chapitre III
Application sur IDF
Intensité-Durée-Fréquence

III-1. Introduction

Pour une gestion plus rationnelle des quantités de pluies tombées et pour une maîtrise de dimensionnement des ouvrages hydrauliques qui vont permettre de gérer et contrôler le cheminement des écoulements via des canaux. Il va falloir dans un premier temps de définir la pluie de projet. Cette pluie, généralement fictive, est définie par un hyétogramme synthétique qui représente l'intensité de la pluie sur une durée donnée. Une fréquence statistique, exprimée le plus souvent en période de retour, est affectée à la pluie de projet et dépend des objectifs de protection visés.

Pour une fréquence (ou période de retour) donnée, les caractéristiques d'une pluie de projet dépendent de la durée de la pluie, l'intensité maximale de la pluie et la hauteur totale de la pluie. La durée est généralement fixée par rapport au temps de concentration du bassin versant drainé par l'ouvrage.

Cette durée peut être courte (quelques minutes à quelques heures) pour les petits bassins versants ruraux et en milieu urbain. Dans ce contexte les courbes IDF dites aussi (Intensité–Durée–Fréquence) représentent l'évolution de l'intensité de la pluie $i_T(d)$ en fonction de la durée d de la pluie (généralement de quelques minutes à quelques heures) et de la fréquence de la pluie exprimée en période de retour T (souvent quelques valeurs échantillonnées entre 2 et 100 ans). Elles sont donc une composante majeure de la construction des pluies de projet. Leur élaboration repose sur l'analyse statistique des intensités de pluie extrêmes à partir de séries de mesures pluviométriques. Sane et al. 2018

A fin de limiter les biais et fournir une estimation robuste, cette analyse requiert des données journalières de qualité stationnaire sans lacunes enregistrées sur une période longue pour échantillonner des événements rares.

Les courbes intensité-durée-fréquence (IDF) proposées présentent de nombreux atouts.

Elles comblent d'abord un manque pour les études hydrologiques car elles n'ont, à notre connaissance, encore jamais été produites au niveau du bassin de Béni-Bahdel.

Deuxièmement, les courbes sont estimées de façon très robuste car elles reposent sur des séries de précipitations plus ou moins longues disponibles sur la période 20ans. Elles résultent de l'application des méthodologies probabilistes sur de grandes récurrences les plus performantes.

III-2. Concept et mise en œuvre

Les courbes IDF (courbes d'Intensité, Durée et Fréquence) sont des synthèses des événements de précipitations ponctuelles qui organisent les valeurs des intensités maximaux moyennes selon leurs durées et leurs fréquences d'occurrence. Les allures des courbes sont semblables dans le monde entier dans le sens où l'on observe toujours une décroissance des intensités avec l'augmentation des durées et des fréquences d'occurrence. Cependant il n'existe pas de loi universelle et on est obligé pour un site donné de la calculer avec des données locales. On peut la calculer empiriquement en ajustant une expression mathématique quelconque, ayant l'intensité comme variable dépendante, et la durée et la période de retour (liée à l'inverse de la fréquence d'occurrence) comme variables indépendantes.

Une autre manière de calculer les courbes repose sur l'ajustement de lois théoriques de probabilités, une pour chaque durée, représentant l'intensité en fonction de la période de retour, dont les paramètres sont déterminés généralement par la méthode des moments ou la méthode du maximum de vraisemblance. Desbordes (1984) classifie cette dernière méthode de "modélisation probabiliste conceptuelle" puisque dans la pratique on n'arrive pas à tester avec fiabilité la validité d'une hypothèse de distribution particulière et on tombe dans le choix d'une meilleure loi parmi plusieurs lois testées définies a priori (Normale, LogNormale, Gumbel, etc.).

On peut affirmer que les courbes n'existent que pour fournir des éléments de calcul de hyétogrammes de projet qui, à leur tour, sont utilisés habituellement dans la modélisation des débits de projets des ouvrages d'assainissement pluvial.

Les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) ou Hauteur-Durée-Fréquence (HDF) permettent d'estimer les fréquences de dépassement F des événements pluvieux observés à partir de leur durée et de leur intensité moyenne I ou de leur hauteur H , par interpolation graphique ou mathématique. En pratique, on remplace généralement la fréquence de dépassement F par la période de retour T associée, définie comme l'intervalle de temps moyen séparant deux événements dont l'intensité moyenne ou la hauteur atteint ou dépasse un seuil donné. La période de retour T est généralement exprimée en années (KRAJEWSKI, 2007).

Il faut signaler que pour estimer avec une incertitude acceptable un événement de période de retour T , il faut disposer d'observations sur une durée minimale d'environ 3 à 5 fois la période de retour T . Ainsi, une estimation raisonnable d'une hauteur de pluie décennale demande au minimum 30 à 50 ans de donnée. (KRAJEWSKI, 2007).

III-3. Représentation statistique

L'approche choisie pour la détermination des courbes IDF a un caractère statistique conceptuel car les calculs ont été faits par le biais d'une loi théorique de probabilité sélectionnée parmi celles les plus utilisées en hydrologie.

Les courbes IDF sont établies sur la base de l'analyse d'averses enregistrées à une station au cours d'une longue période. L'analyse fréquentielle peut s'appliquer si on ne présuppose pas une loi connue (de type Montana, etc.) et si on s'intéresse à des événements rares, donc extrêmes. Les données recueillies sont alors ajustées, à un pas de temps choisi, à une loi statistique qui doit décrire relativement bien la répartition des extrêmes. La loi de Gumbel (figure 18) est la plus utilisée. Si l'opération est répétée sur plusieurs pas de temps, on obtient la variation de l'intensité avec la durée de la pluie pour différents temps de retour, c'est à dire des courbes IDF de la station considérée sur la période analysée (Musy, Hydrologie Générale, les précipitations et le régime hydrologique Section SIE et GC 4ème semestre, 2005).

La modélisation mathématique des courbes IDF permet de déterminer l'exposant climatique de la station ou de la zone d'étude, par la recherche d'un modèle régressif entre l'intensité maximale moyenne et la durée de l'intervalle de référence Δt (heures).

Les courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) sont représentées sur le graphique ci-dessous (figure 16). Elles illustrent l'évolution de l'intensité de la pluie en mm/h en fonction de sa durée et de sa période de retour. Elles ont été obtenues par la formule de Montana :

$$i(t_c, T) = a \times t_c^{-b}$$

Avec

i (mm/min) intensité de la pluie de durée égale au temps de concentration t_c

T : durée de retour

a et b paramètre de Montana fonction de la pluviométrie valables pour une période de retour T et une durée de pluie donnée t_c

Et en fonction de l'utilisation de l'Excel, en se basant sur les résultats d'ajustement, nous avons tracé les courbes IDF suivantes (figure 16).

III-3-1. Mise en œuvre sur le bassin de Beni-Bahdel

La méthode appliquée au bassin d'Oued Sebdou a pu mettre en exergue, les résultats reportés dans cette section :

*D'après l'observation des courbes d'IDF tracés, nous avons remarqué que plus la durée d'analyse (le D d'IDF) augmente, plus l'intensité diminue (le I d'IDF).

*Dans les premières 24h, nous avons observé qu'il y'a des valeurs de plus en plus intenses dans les premiers temps, y comprises entre [0,16 – 0,59] mm/h. Ce sont les valeurs les plus importantes pour l'estimation de la lame d'eau précipitée.

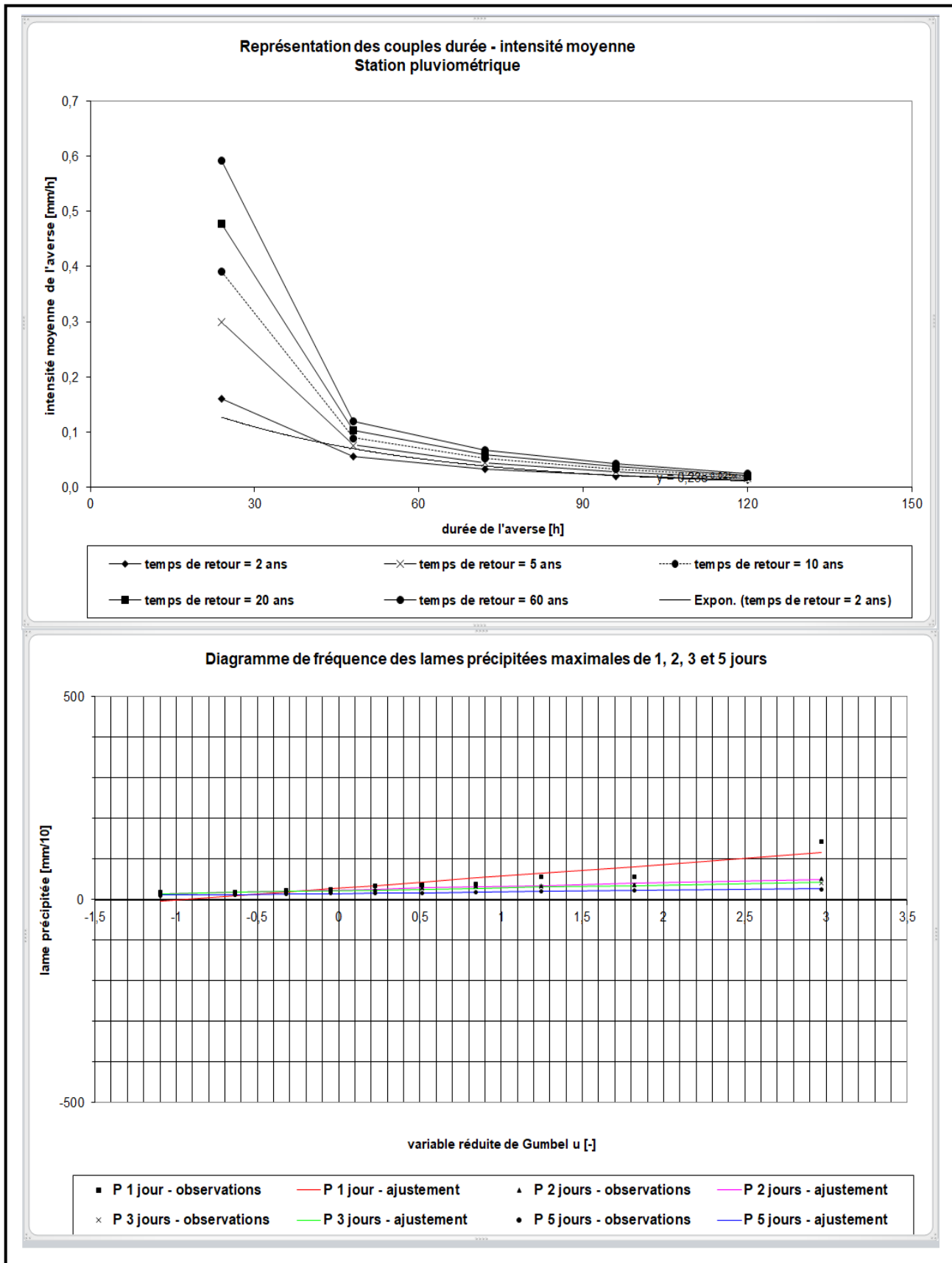


Figure 17: Courbes IDF

Cette intensité continue pratiquement à diminuer après les 24h en arrivant jusqu'à les 120h (dans notre cas, nous avons pris que 5 jour pour effectuer cette étude). Les averses les plus brèves sont souvent les plus violentes, par contre les pluies qui sont longues, sont généralement assez faibles (une faible intensité).

III-3-2. Résultats et interprétation

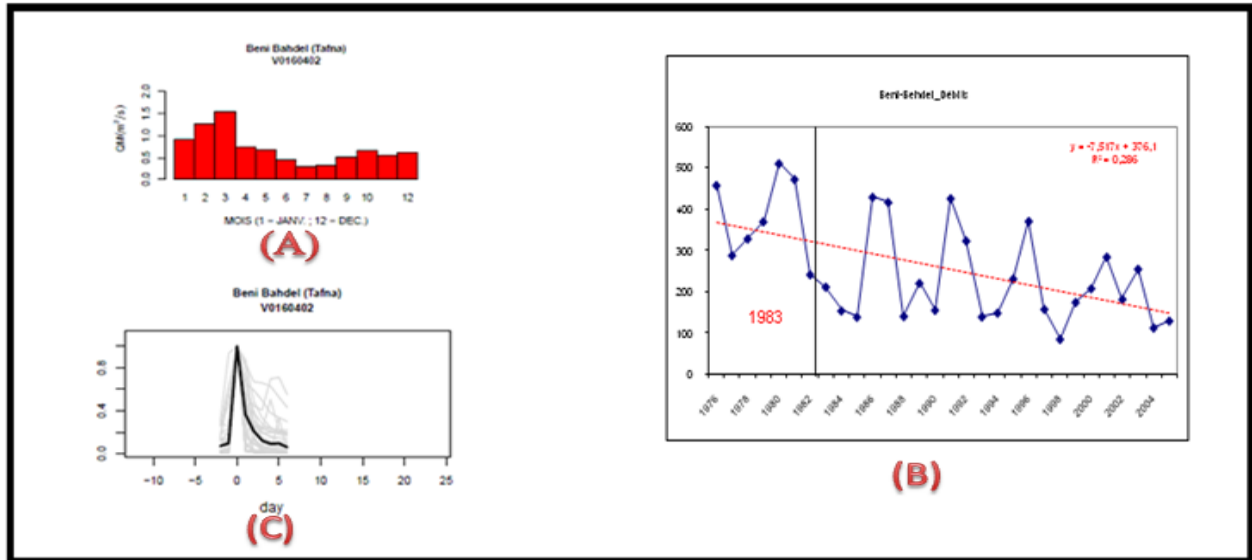


Figure18. Evolution des écoulements au niveau du bassin de Beni Bahdel

La figure précédente (figure 18) montre l'évolution des écoulements au niveau du bassin versant donné (bassin de Beni Bahdel) dans trois graphiques. Et à travers ces derniers, nous allons faire une étude afin d'évaluer le comportement des écoulements.

•Premier graphique (A)

Histogramme de variation de régime de débits au niveau du sous bassin de Beni-Bahdel : on constate, l'existence de deux modes. Le premier régime est celui qui est du à la lame d'eau écoulee en d'autres termes issu des pluies. Le deuxième mode est celui de la fonte des neiges. Le régime du bassin en question est caractérisé par une forme composite en termes d'apport d'écoulement.

•Deuxième graphique (B)

Représente la moyenne des hydrogrammes calculés sur la période d'étude, nous constatons qu'il s'agit d'un écoulement très bref et intense. La pente de l'hydrogramme montre que les écoulements au niveau du barrage sont extrêmes et court en durée.

•Troisième graphique (C)

A travers ce graphique, nous essayons de mettre en exergue l'évolution des écoulements transitant le bassin. La figure montre bien que les écoulements étudiés au niveau du bassin une baisse prononcée à partir del'année2000. Nous avons même procédé à une étude de régression où la baisse est vérifiée durant la période étudiée.



Figure 18: Distribution Gumbel de la station de Beni Bahdel

3-3-2-1. Lames précipitées maximales annuelles

Paramètres a et b des droites d'ajustement (méthode des moments) :						
	pluie de 1 jour	pluie de 2 jours	pluie de 3 jours	pluie de 4 jours	pluie de 5 jours	
paramètre b =	29	9	7	6	4	[mm/10]
paramètre a =	28,0	23,9	21,7	18,2	14,9	[mm/10]

Figure 19: paramètres ab calculés

	temps de retour = 2	temps de retour = 5	temps de retour = 10	temps de retour = 20	temps de retour = 50	
cumulée de non dépassement F =	0,50	0,80	0,90	0,95	0,98	[an]
variable réduite de Gumbel u =	0,37	1,50	2,25	2,97	3,90	[-]

Figure 20: calculs des temps de retour selon la loi de Gumbel

III-3-2-2. Estimation des lames précipitées

Durée de la pluie[h]	Lame précipitée [mm/10]	Lame précipitée [mm/10]	Lame précipitée [mm/10]	Lame précipitée [mm/10]	Lame précipitée [mm/10]
24	39	72	94	115	142
48	27	37	43	49	57
72	24	32	37	42	49
96	20	27	32	36	42
120	16	20	23	26	29

Tableau 6: Estimation des lames précipitées

Dans ce tableau, nous avons observé que l'estimation des lames précipitées pour les deux ans (temps de retour = 2 ans), ce sont des valeurs moins importantes y comprises entre [(39 mm/h) et (16 mm/h)], et ça commence à augmenter pour les cinq ans, les 10 ans en arrivant jusqu'à une période de retour de 50 ans, ces valeurs y comprises entre [(142 mm/h) et (29 mm/h)] (Tableau 6).

Par la suite, pour les lames précipitées dans les premières 24h [entre (39mm/h) et (142mm/h)], nous avons pris que ce sont les lames les plus importantes par rapport aux autres jours restants (dans notre cas, nous avons pris cinq jours), ces valeurs y comprises entre (16mm/h) et (29mm/h). (Tableau 6).

III-3-2-3. Estimation des intensités pluviométrique

Durée de la pluie[h]	intensité moyenne [mm/h]	intensité moyenne [mm/h]	intensité moyenne [mm/h]	intensité moyenne [mm/h]	intensité moyenne [mm/h]
24	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
48	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
72	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
96	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
120	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 7: Estimation des intensités pluviométrique

III-3-2-4. Estimation des intensités pluviométriques

Ce tableau (tableau 7) nous montre l'estimation des intensités pluviométriques en mm/h pour les cinq jours obtenus.

Pour les 24h avec un temps de retour de deux ans, l'intensité est moins importante que pour une période de retour de 5, 10, 20, et 50 ans, elle atteint 0,2mm/h et puis elle commence à augmenter au fur et à mesure pour les temps de retour de 5 ans en arrivant jusqu'à 50 ans, marquant une valeur de 0,5mm/h. Et au contraire, cette dernière traduit la valeur de l'intensité la plus importante que pour les 48h en arrivant jusqu'aux 120h.

Pour les 48h, nous avons observé sur le tableau 7 que l'intensité est restée dans son état stable, une valeur comprise de 0,1mm/h pour les temps de retour de 2 ans à 50 ans.

Et par la suite, nous avons remarqué pour les 72h (tableau 7), que l'intensité pluviométrique en fonction du temps est tombée pendant trois jours pour les temps de retour de 10, 20 et 50 ans (0,1mm/h).

Et après, nous voyons que l'intensité va disparaître au bout du troisième jour avec un palier stable. Ce qui nous montre que l'intensité la plus importante est celle-là du deux premiers jours presque.

Conclusion partielle

Nous avons présenté dans ce chapitre, les données des précipitations des sept stations étudiées sous forme de graphiques illustrant ainsi, l'intensité des précipitations en fonction du nombre de jours de pluie. Nous avons aussi établi les courbes IDF pour la station de Beni Bahdel; nous notons que l'intensité de la pluie au niveau de la station de Beni Bahdel est moins importante en fonction du nombre de jours.

Conclusion générale

Dans ce présent travail, qui se peut être compté comme un complément aux divers travaux, il s'est fait réaliser afin de déterminer les ouvrages de protection et de protéger la zone d'étude de risque d'inondations. Le bassin versant de Beni-Bahdel dans l'ensemble, est caractérisé par une forme moyennement allongée avec une influence du relief est encore plus déterminante.

Pour une gestion plus rationnelle des quantités de pluies tombées, les courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) sont établies afin de déterminer l'exposant de la station ou de la zone d'étude où l'intensité de pluie est forte.

Les données de précipitations de la station étudiée de Beni-Bahdel représentées sous forme graphiques. Cette dernière, illustre l'intensité des précipitations en fonction du nombre de jours de pluies, d'ailleurs elle nous a permis de déterminer que les périodes pluvieuses sont à noter, dans un premier temps, entre le mois de janvier jusqu'au mois d'avril et dans un second temps, entre le mois d'octobre jusqu'à la fin du mois de décembre ce qui est tout à fait normale selon le climat semi-aride de la région étudiée.

Au niveau de la station étudiée de Beni-Bahdel, nous avons noté que l'intensité de pluie est moins importante en fonction de nombres de jours. C'est pour cela nous avons fait l'application de la méthode IDF (Intensité-Durée-Fréquence), et par la suite de l'application de cette méthode sur la région étudiée, nous avons retenu pour le temps de retour $T=2$ ans l'intensité est moins importante, entre les 24h et 48h que pour les autres périodes de retours, et aussi beaucoup plus intenses dans les premières heures. Au-delà de ce temps, nous remarquons une augmentation de 48h de pluie et tend à être importante au-delà de 120h. Alors par cette étude, nous avons conclu qu'au niveau de la station d'oued Sebdou, la pluie a une durée de trois (03) jours pour les temps de retour $T= 2$ ans, $T= 5$ ans et $T= 10$ ans, $T=20$ ans et $T=50$ ans.

Enfin, pour conclure ce travail, il faut noter que l'établissement des courbes IDF (Intensité-Durée-Fréquence) pour la station du bassin versant de Beni-Bahdel, sur une série de données pluviométriques est indispensable pour l'estimation des fréquences ainsi, pour bien déterminer les événements pluvieux dans l'aspect du changement climatique. Et c'est le but pour la maîtrise de dimensionnement des ouvrages hydrauliques et de la prévention du risque d'inondations.

Références Bibliographiques

- Auclair et Biehler. (1967). Etudes géologiques des hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda. Algérie.
- Benest et Bensalah. (1999). La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine tlemcenien (avant pays d'Algérie occidentale). *Stratigraphie, paléo-environnement*, .
- BNEDER. (1993).
- Bouanani et Als. (1999).
- Bouanani, A. (2004). hydrologie, transport solide et modélisation, étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW–Algérie). *Doctorat d'Etat Es-Science*. Tlemcen, Algérie: Université Abou Baker .
- Collignon, B. (1986). Hydrogéologie appliquée des aquifères des monts de Tlemcen (Algérie). *thèse de doctorat d'hydrogéologie nouveau régime*. Avignon, France.
- Ghennim, A. (2001). Contribution à l'étude des écoulements liquides et des dégradations du bassin versant de la Tafna cas d'Oued d'Isser, Oued Mouillah et la haute de Tafna. *Mémoire de Magister*. Algérie: université de Tlemcen.
- Ghennim, A. (2011).
- H. Belarbia. (2015). Sécheresse et modification de la relation pluie–débit: cas du bassin versant de l'Oued Sebdou. *Journal des Sciences Hydrologiques*.
- Huber et Meddi. (2003).
- Iskander. (2014).
- KRAJEWSKI, J. L. (2007). Cours d'Hydrologie Urbaine partie 2 (La pluie). Lyon.
- Mann. (1945). On a test of whether one of two random variable is stochastically larger than the other .
- Megnounif et al. (2003).
- Michiels P, G. D. (1992). catena, volume 19, issue 1, copyright © 1992. published by elsevier b.v.
- Murugan. (2008).
- Murugan, 2. e. (s.d.).
- Musy, A. (2005). *Hydrologie Générale, les précipitations et le régime hydrologique Section SIE et GC 4ème semestre*.
- Nastos. (2010).
- OLIVIER. (1980). Monthly precipitation distribution.
- OUCI, F. z. (2018). *Etude de la performance du modèle hydrologique HBV appliqué au bassin versant de l'Oued Sebdou*. Tlemcen: Université de Tlemcen.
- Pettitt. (1975). A non parametric approach to the change-point problem. *Applied statistics* .
- Sabir et al. (2007).

Thomas, G. (1985). Géodynamique d'un bassin intramontagneux Le Bassin du Bas Chélif occidental (Algérie) durant le Mio-Plio-Quaternaire. *Thèse Es-Sciences*.

Vincent. (2011).

Liste des figures

Figure 1: Situation géographique du bassin versant de Béni-Bahdel (Ghennim, 2011)	9
Figure 2: Diagramme ombrothermique de Gausсен et Bagnouls (station de Tlemcen, 2015)	11
Figure 3: Carte structurale de l'Oued Beni-Bahdel (Thomas, 1985)	12
Figure 4: Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines	16
Figure 5: Localisation des aquifères dans la zone d'étude (Collignon, 1986	17
Figure 6: Coupe transversale aux Monts de Tlemcen, illustrant les principaux types d'aquifères (Collignon, 1986)	20
Figure 7: Carte d'occupation du sol de l'Oued Beni-Bahdel (Bouanani, 2004).....	22
Figure 8: Carte structurale de l'Oranie nord –occidentale (Thomas, 1985).....	24
Figure 9 : Coupe structurale au niveau du fossé d'effondrement de Sebdou	25
Figure 10 : Géomorphologie du bassin de Béni-Bahdel.....	26
Figure 11 : Géomorphologie du bassin de Beni-Bahdel (carte de pentes)	27
Figure 12 : Carte de pente de l'Oued Beni-Bahdel (Bouanani, 2004)	30
Figure 13 : Représentation de l'indice de concentration des précipitations pour le bassin étudié de Beni-Bahdel.....	35
Figure 14 : Précipitations annuelles (mm) en fonction du temps.....	36
Figure 15 : Précipitations	37
Figure 16: Précipitations	38
Figure 17: Courbes IDF	44
Figure 18: Distribution Gumbel de la station de Beni Bahdel	46
Figure 19: paramètres ab calculés	46
Figure 20: calculs des temps de retour selon la loi de Gumbel.....	47

Liste des tableaux

Tableau 1: Distribution du couvert végétal dans le bassin d'oued Beni-Bahdel	21
Tableau 2: Paramètres morphométriques des principales unités hydrologiques	28
Tableau 3: Répartition hypsométrique du bassin d'oued Beni-Bahdel (haute Tafna)	30
Tableau 4: Indice de concentration des précipitations PCI Olivier (1980).	35
Tableau 5: Principales caractéristiques des stations pluviométriques.	36
Tableau 6: Estimation des lames précipitées	47
Tableau 7: Estimation des intensités pluviométrique	48