

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la terre et l'univers



Département de Géologie

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master en géologie appliquée

OPTION : HYDROSYSTÈME ET RESSOURCES EN EAU

THEME DU PROJET :

*Etude de propagation des crues par les méthodes
appliquées*

Présenté par : SABAOUI Aimene

: DAHADJ Abdelkadir

Devant Les membres de jury :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
SAFA Aissa	Professeur	Président
BOUZIDE Rabah	MCB	Examineur
BAKRETI Amel	MCB	Directrice

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Mon binôme et moi-même nous louons Dieu le tout puissant qui nous a ouvert la voie de la vérité et du savoir.

Nous avons une pensée pieuse et révérencieuse envers nos parents qui ne nous ont jamais ménagé leur disponibilité, leur aide et leur amour.

Nous remercions très vivement Mme BAKHTJ AMEL qu'ont bien voulu nous encadrer et nous dispenser leur science et leurs conseils.

Enfin tous nos remerciements également à Mr le président et les membres de jury d'avoir bien voulu nous consacrer de leur temps ô combien précieux.

Dédicaces

A toute notre familles.

A notre parents .

A mes amis TAHAR , BILLAL, Ahmed.

Je dédie ce mémoire

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Caractéristique morphologique du bassin de Beni-Bahdel</i>	<i>11</i>
<i>Tableau 2 : la variation de température.</i>	<i>24</i>
<i>Tableau : 3 stations choisies pour l'étude des précipitations</i>	<i>28</i>
<i>Tableau : 4 stations choisies pour l'étude des débits</i>	<i>28</i>
<i>Tableau : 5 indices de concentration de précipitations Oliver</i>	<i>31</i>

Liste des figures

<i>Figure 1 : carte de localisation de sous bassin de beni-bahdel</i>	10
<i>Figure 2: Log stratigraphique des Monts de Tlemcen</i>	15
<i>Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Tlemcen</i>	15
<i>Figure 4 : carte de la disposition des différentes reliefs dans la région de la tafna</i>	20
<i>Figure 5 : Extrait de la carte hydrogéologique de telmcen.</i>	21
<i>Figure 6 : Carte d'occupation du sol de bassin de Beni-Bahdel.</i>	23
<i>Figure 7: climat général du secteur étudié.</i>	24
<i>Figure.8 Représentations des cumuls simples.</i>	29
<i>Figure.9 méthode double cumuls appliquée à la station de Beni-Bahdel et Khemis.</i>	30
<i>Figure.10 Précipitations saisonnières et calcul du PCI.</i>	32
<i>Figure.11 : Variations annuelles des précipitations à la station de Beni-Bahdel</i>	32
<i>Figure.12 : Variations annuelles des précipitations à la station de khemis.</i>	33
<i>Figure.13 : Variations annuelles des débits à la station de khemis.</i>	34
<i>Figure.14 : Variations annuelles des débits à la station de Bebi-bahdel.</i>	34
<i>Figure.15 Répartition des précipitations saisonnières à la station de Beni-bahdel.</i>	36
<i>Figure.16 Répartition des débits saisonniers à la station de Beni-bahdel.</i>	37
<i>Figure.17 Répartition des précipitations saisonnières à la station de Khemis.</i>	37
<i>Figure.18 Répartition des débits saisonniers à la station de Khemis.</i>	38
<i>Figure.19 : Ex d'un hydrogramme de crue.</i>	41
<i>Figure.20 : Répartition des crues de station de Khemis.</i>	42
<i>Figure.21 : Répartition des crues de station de Beni-bahdel.</i>	42
<i>Figure.22 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 1980</i>	43
<i>Figure.23 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 1991.</i>	43
<i>Figure.24 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 1995</i>	44
<i>Figure.25 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis octobre 2000.</i>	44

<i>Figure.26 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis novembre 2001.</i>	44
<i>Figure.27 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 2004</i>	45
<i>Figure.28 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1980.</i>	45
<i>Figure.30 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel octobre 1986.</i>	46
<i>Figure.31 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1989.</i>	46
<i>Figure.32 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1991.</i>	46
<i>Figure.30 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel octobre 1986.</i>	47
<i>Figure.31 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1989.</i>	47
<i>Figure.32 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1991.</i>	47
<i>Figure.33 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1995.</i>	48
<i>Figure.34 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel octobre 2000.</i>	48
<i>Figure.35 : Répartition des crues dans les années d'études à Beni-Bahdel.</i>	49
<i>Figure.36 : Répartition des crues dans les années d'études à Khemis.</i>	50

Introduction générale

L'eau est l'origine de la vie, il est connu que notre pays a un grand problème en matière de ressources en eau pour satisfaire les besoins de la population. Ce déficit est causé par les importantes quantités d'eau de précipitation qui débouchent dans la mer.

Les débits extrêmes représentent les phénomènes de crues, allant de quelques heures à plusieurs jours. L'étude des crues permet de mettre en évidence la réaction du bassin versant pendant un pas de temps réduit à une averse ou séquence pluvieuse donnée. Cette réaction ou réponse du bassin, fonction des caractères propres des précipitations (hauteur, intensité et durée) est déterminée par la combinaison complexe des divers éléments caractérisant l'organisation fluviale : état de saturation des sols, importance des pentes, densité de drainage, taux de la couverture végétale, forme du bassin etc...

Notre travail consiste à faire l'étude des crues au niveau du bassin versant de Beni-bahdel pour la période (1976-2004). Les données des stations utilisées sont celles de Beni-bahdel et Khemis.

Chapitre 1 : Synthèse Générale

Ce chapitre est réservé à la présentation du bassin versant de Beni-bahdel dans son cadre climatologique, géologique, et sa situation géographique....

Chapitre 2 : Traitement et Analyse Des Précipitations

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à faire des analyses des précipitations, des débits.

Chapitre 3 : étude de crues

Dans ce chapitre, nous avons abordé l'étude du phénomène de crue dans le bassin versant du Beni-bahdel et l'analyse des événements extrêmes .

CHAPITRE 1
SYNTHESE GENERALE

Source (<https://www.researchgate.net/>)

2.1. Barrage Beni Bahdel :

C’est le premier ouvrage réalisé dans le bassin de la Tafna. Il a été construit dans la période coloniale de 1934 à 1940. Il se localise à la confluence des Oueds Tafna et Oued Khemis, situés à 28 Km au Sud-ouest de Tlemcen. Il contrôle un bassin versant de 1016 km² de surface. A l'origine, il était destiné à l’irrigation du périmètre de Maghnia. L’ouvrage construit en béton avait une capacité initiale de 63Hm³ et régularise un volume annuel de 55 Hm³.

Caractéristiques	Symbole	Unité	Bassin-versant de beni bahdel
Surface	S	Km ²	603
Périmètre	P	Km	163.37
Longueur du rectangle équivalent	L	Km	72.04
Largeur du rectangle équivalent	l	Km	9.64
Altitude 5%	H5%	M	1639.35
Altitude 95%	H95%	M	842.02
Indice de compacité	Kc	/	1.73
Indice de pente globale	Ig	m/km	0.018
Pente moyenne du bassin-versant	Im	%	0. 11
Longueur du cours d’eau principal	Lcp	Km	23.38
Densité de drainage	Dd	Km/ km ²	1.19
Temps de concentration	Tc	Heures	5.4

Tableau1 : Caractéristique morphologique du bassin de Beni-Bahdel

Source (salah+bensafi 2017)

3. Géologie du bassin de la Haute Tafna

Cette partie est un essai de synthèse tiré du travail de Thèse de Bouanani 2004.

4. 3.1. Cadre géologique général :

Le secteur d'étude fait partie des monts de Tlemcen qui se trouvent entre :

- le domaine des nappes du Tell au Nord,
- le domaine stable des hautes plaines oranaises au Sud.

Les assises sédimentaires attribuées au Jurassique supérieur et Crétacé inférieur sont principalement formées de carbonates. Cet ensemble constitue la bordure méridionale des monts de Tlemcen, situé dans le couloir délimité à l'ouest par l'accident de la Tafna et à l'est par celui d'oued Chouly.

3.2. Analyse lithostratigraphique :

La dépression de Sebdo se trouve entourée par des terrains appartenant essentiellement au Jurassique supérieur.

L'évolution verticale des terrains rencontrés va du Jurassique inférieur au Plio-quadernaire montre deux grandes séries lithostratigraphiques distinctes, qui sont décrites de bas en haut :

- les séries anciennes
- les séries récentes (Plio-Quadernaire)

3.3. les séries anciennes :

3.3.1. 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 calcaires, se présentent en bancs assez durs dont les épaisseurs varient de quelques mètres. Ces grès sont particulièrement développés au NW de notre secteur dans la région de Béni-Hassoune au niveau de Teltemda, où ils sont riches en figures sédimentaires.

3.3.2 Les calcaires de Zarifet

Il s'agit de bancs calcaires séparés par de minces intercalations de calcaires marneux écailloux, 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.

3.3.3. 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'Ain Fezza, dans la forêt de Zarifet, au Nord de Tlemcen, dans les djebels Teffatisset, Ain El Hout et sur le plateau de Terny. Elles peuvent être surmontées par les calcaires de Stah épargnés par la dolomitisation. Cette formation peut atteindre 200 m aux environs de Tlemcen à El Ourit et on la rencontre dans tous les sous-bassins étudiés.

3.3.4. Marno-calcaires de Raouraï

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 Ain Fezza.

3.3.5. 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 Terny et près du barrage Meffrouche, leur épaisseur est de l'ordre de 100 m dans le plateau de Terny. Elles sont bien représentées au niveau des bassins de l'oued Sebdou. Ces trois formations précédentes sont attribuées au Tithonique inférieur.

3.3.6. Marno-calcaires de Hariga

D'âge Tithonique moyen, il s'agit d'une alternance de marnes et de Calcaires. Elles sont bien exposées au djebel Hariga avec une épaisseur de 165 m dans le bassin de Sebdou.

3.3.7. Marno-calcaires d'Ouled Mimoun "Tithonique supérieur ",

Cette formation renferme les couches de passage du Jurassique au Crétacé, elle est limitée à sa base par les "grès de Merchiche", dans le secteur de Merchiche, sur le rebord sud du plateau de Terny. Elle affleure nettement dans le secteur d'Ouled Mimoun, ainsi qu'au niveau de la bordure nord du fossé de Sebdou.

3.3.8. Les argiles de Lamoricière (Berriasien-Valanginien) :

C'est une formation argilo-gréseuse, nettement calcaire au sommet. Elle affleure au niveau de Hassi Zerga dans le bassin de Sebdou.

3.3.9. grès de Berthelot (Hauterivien) :

Caractérisés par une récurrence de la smectite et surtout par l'application du chlorite (10 à 15 m). La base est riche en stratifications obliques, marquée par des bancs de dolomies pulvérulentes.

3.4. Les séries récentes :

Elles comportent de bas vers le haut d'après la synthèse tirée du travail de (Baba –Hamed et Kerzabi 1991).

3.4.1. Formation de Sebdou :

Attribuée au Plio-Quaternaire, elle occupe tout le fossé de Sebdou et correspond à une série à éléments hétérométriques et hétérogène, formant des couches redressées. Ce sont des dépôts conglomératiques, des calcaires blancs qui recouvrent la plupart des terrains anciens, ces dépôts ne sont pas consolidés.

3.4.2. Formation quaternaire :

On considère ici les alluvions anciennes formées le long des oueds que les terrasses, les formations de pentes et les croutes calcaires du Quaternaire ancien.

3.4.3. Travertin :

Anciens et récents, constituant de puissants dépôts disposés en masse. Ce sont des dépôts de source, formés en un laps de temps relativement court à l'échelle géologique.

3.4.4. Les alluvions récentes :

Constituées par des dépôts récents indifférenciés, essentiellement dans les vallées et sur les pentes des reliefs, ce sont des limons qui occupent les fonds des oueds.

Age	Colonne lithologique	Formations rencontrées	Description
Quaternaire		Formation conglomératique	Alluvions, croûte calcaires et dépôts continentaux avec au sommet des couches marneuses
Plio-Quaternaire		Formation de Sebdoou	Dépôts de conglomérats redressés Calcaires lacustres vacuolaires
Barremien		Grès de Berthelot	Grès avec de la chlorite
Berriasien supérieur		Argiles de Lamoricière	Argiles avec des passées gréseuses
Tithonique supérieur / Berriasien inférieur		Marno-calcaires d'Ouled Mimoun Grès de Merchiche	Grès, calcaires et marnes souvent biodétritiques
Kimmeridgien		Marno-calcaires de Hariga	Alternance de marnes et calcaires
		Dolomies de Terty Calcaire de Lato Marno-calcaires de Raourai Calcaires de Stah	Dolomies vacuolaires à patine rousse avec des stratifications obliques Micrite et pelmicrite, alternance de marnes grises verdâtres et de calcaires
		Dolomies de Tlemcen	Dolomies cristallines grises à patine rousse, dans les dolomies on observe des lentilles stromatolitiques
		Calcaires de Zarifet	Calcaires bleux
		Grès de Boumédine	Grès bruns en gros bancs séparés par des interlits argileux Au sommet, on trouve quelques passées marneuses et calcaires
Oxfordien supérieur		Grès de Boumédine	Grès bruns en gros bancs séparés par des interlits argileux Au sommet, on trouve quelques passées marneuses et calcaires

Figure 2: Log stratigraphique des Monts de Tlemcen

Source : Baba-Hamed et Kerzabi, 1991

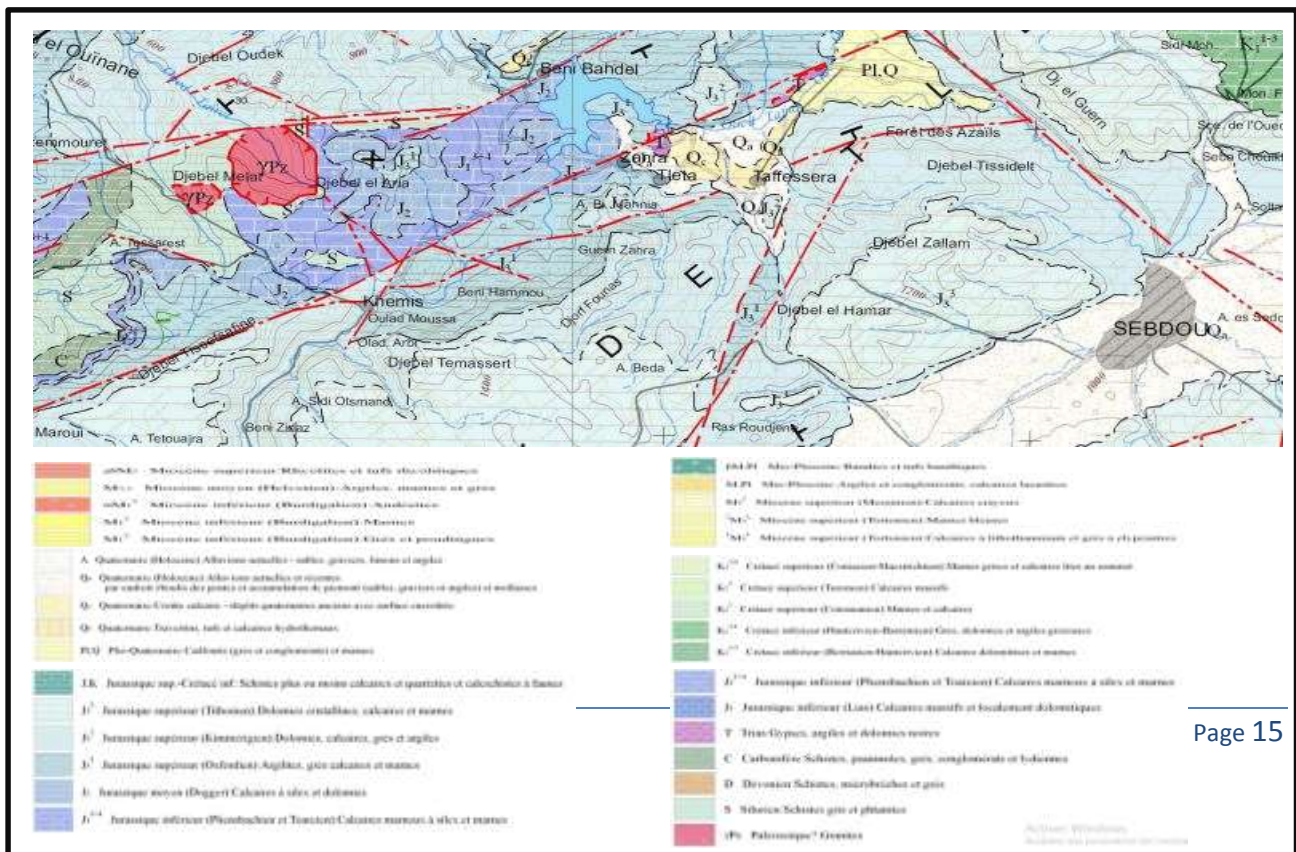


Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Tlemcen

Source: ANRH 2008

5. Série lithostratigraphique**5.1. Primaire**

Caractérisé par la présence d'une formation schisto-quartzique, d'âge Silurien à Dévonien, il s'agit de formation fortement plissée recouvrant une grande surface. A Rhar-Roubane, la série débute par les schistes et quartzites primaires qui forment les noyaux des plissements. Les schistes de couleur brune à rougeâtre sont alternés avec les quartzites très compactes en bancs décimétriques de couleur grisâtre à rougeâtre. (A.ghenim)

4.2. Secondaire**4.2.1. Trias**

Localisé essentiellement au niveau de Béni Bahdel. Il est constitué par des argiles plus ou moins dolomitiques et gypseuses et des marnes bariolées fortement teintées. Il est souvent traversé par des pointements d'ophite d'âge plus récent (Jurassique ou Crétacé) s'accompagnant d'un léger métamorphisme.

4.2.2. Jurassique**- Jurassique inférieur**

Caractérisé par les séries du Lias, visible au niveau du Rhar-Roubane, on y distingue :

- **Lias inférieur:** d'une épaisseur moyenne de 200m, caractérisé généralement par des calcaires massifs karstifiés surmontant des marnes vertes ou rouges, des calcaires blancs et gris foncés lités riches en fossiles, avec existence des dolomies puissantes.

- **Jurassique moyen**

Il est représenté par des argiles schisteuses verdâtres et des marnes.

- **Jurassique supérieur**

***Callovo-Oxfordien** : constitué par des sédiments fins, argiles, pelites et grès. Cette Formation est représentée dans tout le massif des Traras, avec une épaisseur qui varie entre 100m au Nord et 250m au Sud.

***Oxfordien supérieur** : Composé d'une épaisse formation argileuse ocre ou verdâtre dans la chaîne des Fillaoucène, une formation gréseuse de 300 à 500m d'épaisseur comprend des grès, des argiles et des calcaires.

***Lusitanien (300 et 400m)** : dans l'ensemble, le Lusitanien est remarquable par l'homogénéité et la puissance de ses dépôts. Ce sont des grès déjà connus dans la Région voisine. Une érosion les a entièrement enlevés au domaine du horst et on ne les trouve que dans les zones tectoniquement abaissées.

***Oxfordien supérieur-Kimméridgien supérieur** : correspond à la formation des grès de Boumediène au niveau des monts de Tlemcen. Il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse et à ciment calcaire dolomitique, en bancs entrecoupés par de nombreuses passées marneuses qui sont particulièrement développées au N-W, à sa partie orientale, on y observe des passées calcaires dont la plus représentative est la formation des calcaires de Zarifet. Cette formation est visible au djebel Fillaoucène.

***Calcaires de Zarifet** : reposent directement en concordance sur les grès séquaniens (Grès de Boumediène). Ce sont des calcaires massifs parfois dolomitiques (épaisseur 24100m au col de Zarifet), bien visible au Djebel Fillaoucène, atteignant une épaisseur de 200 à 300m ainsi que dans le Djorf de Deglen.

***Kimmeridgien terminal** : représenté par les dolomies de Tlemcen d'épaisseur de 200m, cette formation correspond aux grands escarpements dolomitiques qui dominent Tlemcen et couronnent le cirque des cascades. Ces dolomies sont parfois grossièrement cristallines en raison d'une dolomitisation tardive (Doumergue, 1910).

***Thithonien**

Il est composé de bas en haut par :

- ✓ **Marno-calcaires de Raourai**: ils comportent une alternance de marnes grises verdâtres ou blanchâtres et de calcaires marneux durs. Leur épaisseur est de 100m
- ✓ **Calcaires de Lato** : ce sont des calcaires massifs, en bancs épais, terminés par des laminites sombres calcaréo-argileuses à plaquettes de dessiccation. Leur épaisseur est d'environ 50m au djebel Lato.
- ✓ **Dolomies de Terny (Benest, 1982)** : elles présentent un aspect massif avec des stratifications obliques, ce qui permet de les différencier des dolomies de Tlemcen. Elles se caractérisent par la présence des bancs et des lentilles calcaires. Cette formation est visible au Djorf de Deglen.
- ✓ **Marno-calcaire de Hariga** : ils présentent une alternance de marnes jaunâtres et de calcaires centimétriques à décimétriques. Leur épaisseur est de 150m au Djebel El Hariga près d'El Gor (région de Sebdou).
- ✓ **Marno-calcaires d'Ouled Mimoun** : composés d'une alternance d'argiles rouges, de grès fins et de calcaires avec lumachelles d'huitres.

4.3. Tertiaire

- **Miocène**

Il s'agit d'une formation gréseuse transgressive qui s'appuie directement sur le Jurassique. Au Nord et au Sud de la plaine de Maghnia. En s'éloignant de ce contact, le pourcentage des marnes augmente et les grès sont remplacés progressivement par des argiles et des marnes.

- **Miocène moyen (Serravalien)**

Repose souvent en transgression et en discordance sur le Burdigalien déformé et Partiellement érodé. Il est constitué par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées dont la masse devenant ocre à l'affleurement (par altération). La base du Serravalien est marquée par un niveau discontinu de poudingues relativement peu consolidés à ciment argilo-gréseux, bien représenté à 4km à l'Est de Hammam Boughrara.

- **Miocène supérieur (Tortonien)**

Formé de dépôts de grès durs jaune d'or ou Citron peu consolidés atteignant 20 à 30m d'épaisseur. Ces grès s'appuient sur les marnes serravaliennes et ou directement sur le Jurassique comme c'est le cas au Nord et au Sud de la plaine de Maghnia (oued Mouilah).

5.2. Plio-Quaternaire

Il est représenté par des formations attribuées à des dépôts alluvionnaires. Il s'agit d'une Série complexe de dépôts discontinus formés d'éléments hétérogènes et hétérométriques (Marneux, sableux ou argileux). On y rencontre les facies suivants :

*Les travertins villafranchiens situés en bordure des monts de Tlemcen, ce sont des travertins fortement consolidés et des calcaires lacustres.

* le complexe de sédiments plio-villafranchiens: la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémonts plus au moins encroutés et remaniés, d'épaisseur très variable mais toujours assez faible.

* des marnes avec peu ou pas de galets, plus ou moins tufeuses, parfois très épaisses surtout au niveau du bassin de l'oued El Abbés (affluent de l'oued Mehaguene : la plaine de Maghnia)

*Des anciennes alluvions allant des marnes alluvionnaires verdâtres aux galets en passant par les limons et les graviers

*Les limons, sables et graviers récents qui s'étendent entre oued Mehaguene et Chaabet El Arneb au Nord-Est de la frontière algéro-marocaine.

* Les limons sont jaunes en général avec des couches rougeâtres et à leur base se trouvent les galets en lits.

* Quelques lambeaux de basaltes inter-stratifiés, témoins d'une activité volcanique sont situés au Nord-Ouest de la plaine de Maghnia.

6. Géomorphologie du bassin de Beni-Bahdel

La bassin versant de beni-bahdel couvre une superficie du 603 km² ,Ce sous bassin est caractérisé par la présence du zone horsts dont l'altitude dépasse 1100m et par des fossés d'effondrement correspondant à la zone dit effondrée de sebdou ou l'altitude avoisine les 850m l'état érosif du bassin s'apparente relativement à celui du bassin de khemise avec une tendance vers l'équilibre.

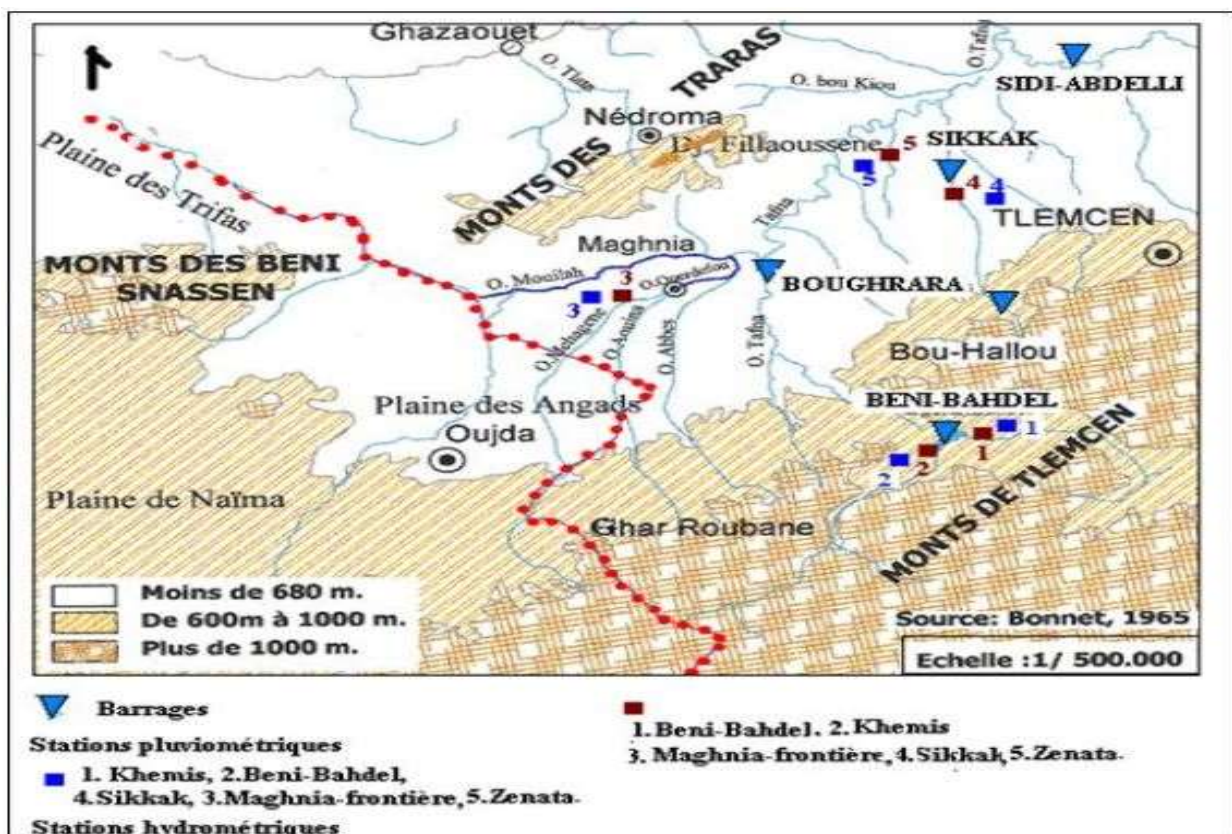


Figure 4 : carte de la disposition des différents reliefs dans la région de la tafna

Source : (Bonnet 1965)

7. Hydrogéologie du bassin de Beni-Bahdel

La structure et la nature lithologique des formations géologiques constituant le bassin de Beni-Bahdel ont permis d'individualiser plusieurs types d'aquifères :

- Les aquifères de type phréatique caractérisant les formations poreuses (gréseuses) occupant des zones restreintes dans le bassin étudié
- Les aquifères karstiques le plus souvent perchés dominant les zones de reliefs
- Les aquifères captifs représentés aussi par les formations carbonatées mais qui passent en profondeur sous les marnes du Serravallien.

L'abondance des failles dans le secteur d'étude serait la cause principale du compartimentage des différents systèmes aquifères et la première source aussi des différentes résurgences existant dans le bassin étudié. Ces accidents tectoniques sont aussi responsables de la distribution spatialement hétérogène de la majorité de ces systèmes.

La répartition des sols dans le bassin de la Tafna semble très dépendante de la nature lithologique des affleurements dominant les parties du bassin au niveau de la haute Tafna ce sont les calcaires qui abondent avec la présence des terra rossa ou les argiles de décalcification qui favorisent parfois le développement des couverts forestiers comme au niveau du bassin de Beni-Bahdel ou encore les cultures extensives très importantes au niveau du bassin de Sikkak. Les parties en plaine telles que le sous-bassin de Mouileh sont constituées de sols marneux, caillouteux parfois argileux. Le couvert végétal y est très peu développé, les terres dénudées sont présentes en fort pourcentage occupant presque la moitié de la superficie de ce bassin (Bouanani, 2004).



	Quaternaire	Travertins, tufs et calcaires hydrothermaux		Holocène	Alluvions actuelles, sables, graviers et argiles
	Mio-Pliocène	Basaltes et tufs basaltiques		Quaternaire	Alluvions actuelles et récentes, sables, graviers et argiles
	Miocène supérieur Messinien	Calcaires crayeux		Quaternaire	Craie calcaire - dépôts quaternaires anciens avec surface escarpée
	Miocène supérieur Tortonien	Calcaires à lithothamnium et grès à clypeo-sables		Pléistocène	Cailloutis (grès et conglomérats)
	Jurassique supérieur Tithonien	Dolomies cristallines		Mio-Pliocène	Argiles et conglomérats calcaires lacustres
	Jurassique supérieur Kimmeridgien	Dolomies, calcaires, grès et argiles			
	Jurassique supérieur Oxfordien	Calcaires, grès, marnes et argilles			
	Jurassique moyen Dogger	Calcaires à silex et dolomies			
	Jurassique moyen Crétacé inférieur	Dolomies, calcaires, grès et argiles			
	Jurassique inférieur Rhenisch, et Toar	Calcaires marneux à silex et marnes			

Figure 5 : Extrait de la carte hydrogéologique de telmcen

Source: ANRH 2008

Sols et végétations

Les sols des monts de Tlemcen constituent une véritable succession de divers types de sol variant de façon continue. Les sols sous couvert forestier sont assez étendus.

*Versant sud de mont de Tlemcen : On observe la dominance des lithosols, avec les sols bruns, les sols fercialitiques sont très peu représentés.

*vallée de Sebdou et Beniane : Ce sont essentiellement des sols rouges méditerranéens et les sols alluviaux.

*Vallées de Tad jemout –Tizi : On y trouve les sols bruns les plus dominants avec les sols alluviaux.

*zone de sidi Medjahed : Les plus dominants dans cette zone se sont les sols fercialitiques et les sols alluviaux.

*vallée d'oued Khemis : Les plus dominants se sont les sols alluviaux caractérisant la vallée des oueds en association avec les sols fercialitiques. La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. La présence de végétation va donc jouer le rôle de « Régulateur » dans le régime d'écoulement. L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien comme facteurs orographiques que climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Cette influence de la forêt sur le régime des eaux en domaine méditerranéen a un rôle considérable. Le paysage végétal du bassin de la Tafna a été largement dégradé et défriché en montagne par les incendies et par une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Ce qui a entraîné une perte d'eau par

évaporation et une accélération de l'érosion. (Bouanani A, 2004) l'occupation du sol au niveau du bassin de la Haute Tafna.

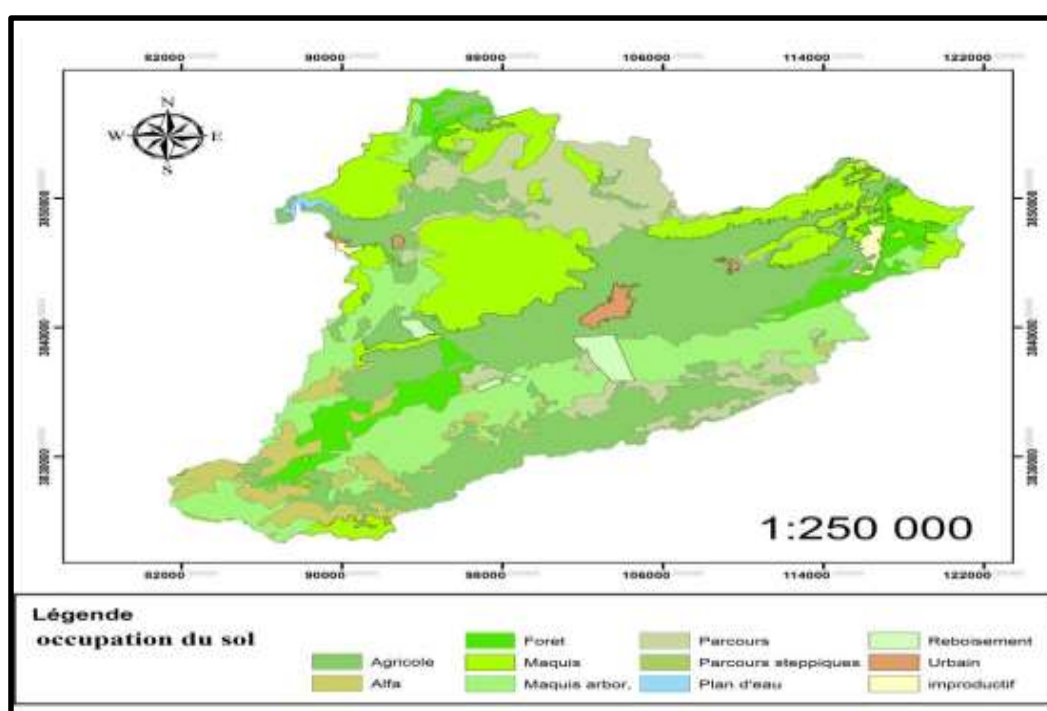


Figure 6 : Carte d'occupation du sol de bassin de Beni-Bahdel

Source : (salah+bensafi 2017)

8. Synthèse climatologique du bassin de beni-bahdal

L'agencement géologique de la zone d'études sert de couloir à l'air marin qui tempère la rigueur des hivers et la chaleur des étés. Le climat dominant sur la région de Beni Bahdel est le climat semi-aride (BERDANE K 2012)

8.1. Température

Le tableau suivant représente la variation de température de la zone d'études. Valeurs des températures de la région de Beni Bahdel

Mois	jan	fév.	mars	avr	mai	juin	jui	août	sep.	oct.	nov.	déc.	année
T min (°C)	5	7	8	10	12	16	19	20	18	13	10	7	12
T moy (°C)	10	12	13	15	18	22	25	26	24	19	15	12	17
T max (°C)	15	16	18	20	23	27	31	32	30	24	20	16	23

Tableau 2 : la variation de température.

Source : Site de Weatherbase, statistiques sur 12 ans.

Les températures moyennes de la région subissent des variations saisonnières. Le contraste saisonnier est bien marqué entre l'hiver et l'été. Les minima thermiques sont généralement atteints en janvier, les maxima en juillet / août qui peut atteindre les 32 °C.

8.2. Précipitations

Le bassin reçoit entre 219 et 500 mm de pluie par an (ANRH). Après une étude critique des éléments antérieurement obtenus, la précipitation annuelle moyenne du bassin versant a été fixée à 341 mm/an.

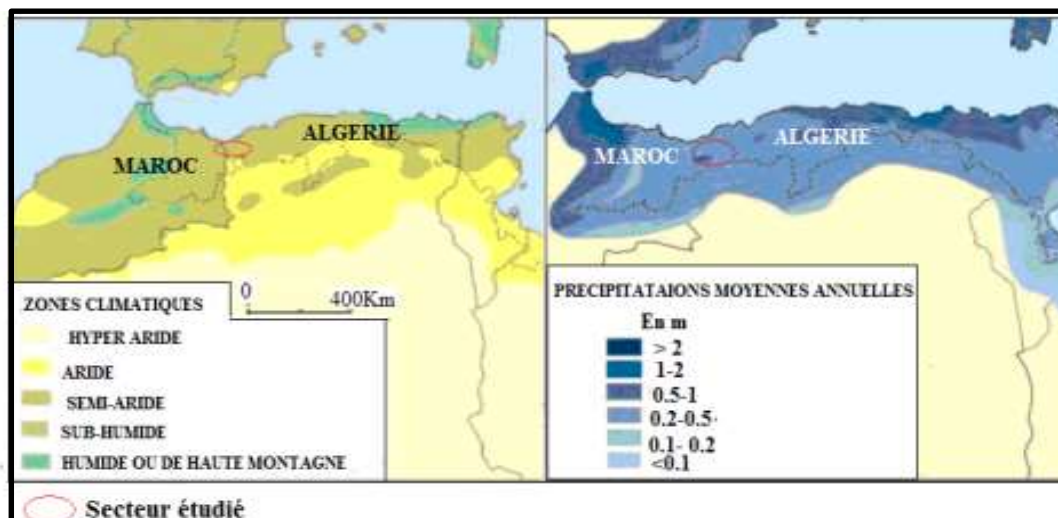


Figure 7: climat général du secteur étudié

Source : (http://www.planbleu.org/donnés/eau_simed_bassin_versant.html)

Le climat du secteur d'étude est de type semi-aride avec un très chaud et sec et un hiver froid et pluvieux parfois neigeux. Les apports pluvieux du bassin sont élevés en printemps et moindres en hiver. En été (juin à septembre), les précipitations sont quasi nulles (Meddi et Hubert 2003). C'est la période la plus sévère en étiage. (Bakreti 2014)

9. Conclusion partielle

Dans ce chapitre, nous avons présenté un aperçu du sous bassin du Bani-Bahdel. Qui est situé dans la partie occidentale comprenant la Haute Tafna.

L'analyse lithostratigraphique et tectonique des différentes formations, nous permet de mettre en évidence leur diversité (Les dolomies de Tlemcen, Les grés tortoniens, ...), ces différentes formations jouent un rôle très important dans l'hydrogéologie de la région, la perméabilité de ces différentes formations et la diversité des failles et des diaclases entraînent un compartimentage complexe des formations karstiques qui se développe en profondeur, ce qui influence globalement la circulation des eaux souterraines et superficielles.

L'analyse climatologique nous a permis de dire que que notre région d'étude est caractérisée par un climat semi-aride.

CHAPITRE 2

TRAITEMENT DES DONNEES

1. Critique des données

La mesure en hydrologie (soit pour les données des précipitations ou des débits) constitue la connaissance de base. Son acquisition représente l'étape la plus sensible sur laquelle repose la qualité de l'ensemble des analyses ultérieures (Renard, 2006 ; Bois et al., 2007). Il est important de signaler que malgré toutes les précautions prises lors de la mesure (in situ), il arrive que certaines erreurs puissent affecter les chroniques.

Plusieurs auteurs classent ces erreurs en deux catégories (Bois *et al.* (2007), Morell *et al.* (2008),...), suivantes:

1.1. Erreurs aléatoires qui influent particulièrement la *précision* de la donnée. Elles sont principalement liées à la surévaluation ou la sousévaluation de la valeur obtenue par rapport à la valeur réelle.

1.2. Erreurs systématiques qui affectent principalement la *fiabilité* de la mesure. Elles résultent d'une surévaluation ou sous évaluation permanente de la valeur mesurée.

Notre recherche bibliographique nous a montré que la plupart des études, quand elles abordent la partie critique des données, commencent par la recherche de l'homogénéité. Cette étape essentielle consiste à examiner la stationnarité du phénomène étudié en recherchant à montrer que les caractéristiques de la série chronologique étudiée n'évoluent pas dans le temps et gardent une certaine stabilité (Beaulieu, 2009). Cette étape s'effectue sur deux niveaux par rapport à :

1.2.1. **La donnée**: on recherche à déterminer si les mesures appartiennent bien à une même population et ne proviennent pas de plusieurs échantillons.

1.2.2. **La station** : on choisit une station repère considérée comme étant correcte et prise comme une référence à condition que son homogénéité ait déjà été validée par des études antérieures. Cette station nous servira à comparer la fiabilité des autres stations dont les mesures sont douteuses en respectant, toutefois le critère de proximité spatiale.

Par ailleurs, nous maintenons que cette étape est décisive pour toute utilisation ultérieure, et conditionne la fiabilité des analyses qui en seront déduites.

2. Choix des stations

Avant de se lancer dans l'étape du choix des stations pluviométriques, nous nous sommes fixés deux critères de sélection. Le premier consiste à n'accepter que les stations ayant des chroniques couvrant de longues périodes, une durée minimale de 30 ans. Le second critère consiste à ne prendre en considération que les séries comportant un minimum de lacunes.

Compte tenu des conditions de sélection que nous nous sommes imposées, la seule issue qui nous restait pour un choix définitif et fiable des stations a été de rechercher les stations implantées dans les anciens barrages ou à proximité.

Le tableau 3 représente la répartition des stations pluviométriques et hydrométriques au niveau du bassin de la Tafna et celle choisi pour l'étude du bassin de Beni-Bahdel.

Stations pluviométrique	Codes	Altitudes (m)	Durée (an)	Coordonnées (Lambert algérien)	
				X (km)	Y (km)
1) Beni-Bahdel	16-04-03	650	31	115.2	165.5
2) Khemis	16-04-06	870	31	109.3	157.1

Tableau : 3 stations choisies pour l'étude des précipitations

Stations hydrométrique	Codes	Altitudes (m)	Durée (an)	Superficie (km ²)	Coordonnées (Lambert algérien)	
					X (km)	Y (km)
1) Beni-Bahdel	16-04-02	665	31	603	118,80	163,400
2) Khemis	16-04-09	760	31	343	114,65	161,5

Tableau : 4 stations choisies pour l'étude des débet

2.1. Contrôle des données pluviométriques

2.1.1. Méthode des cumuls simples appliquée sur les mesures pluies

Nous avons effectué un premier examen pour évaluer l'organisation interne des données dans une même station à travers la méthode des cumuls simples. Cette méthode nous permet de détecter si les données collectées appartiennent bien à la même population.

Nous avons reporté pour les deux chroniques de pluies, en abscisse le temps en années et en ordonnée le cumul des précipitations, tels que :

$$Y_k = \sum_{i=1}^k p_i \text{ pour les précipitations}$$

Les cumuls simples obtenus correspondent aux totaux annuels des précipitations sur la période de 31 ans. Quand il y a stationnarité, les points relatifs de pluies sur le graphique devraient s'aligner (Brunet-Moret, 1971). Dans le cas contraire, les données vont s'individualiser en formant plusieurs segments indiquant la présence d'incohérences.

Pour le cas étudié (figure.8), l'ensemble des points s'alignent bien selon une droite, les mesures se répartissent de part et d'autre de la droite). Ce résultat suggère que l'échantillon de données a été bien tiré d'une même population. Cette méthode reste peu utilisée par la communauté des chercheurs ; elle n'aide pas vraiment à identifier s'il y a lieu de tendance et ou de rupture sur les séries étudiées et ne fait pas intervenir la notion de corrélation entre stations puisqu'on ne travaille qu'avec des chroniques individuelles (Brunet-Moret, 1971) mais, elle reste un bon moyen de vérification de données d'une même station.

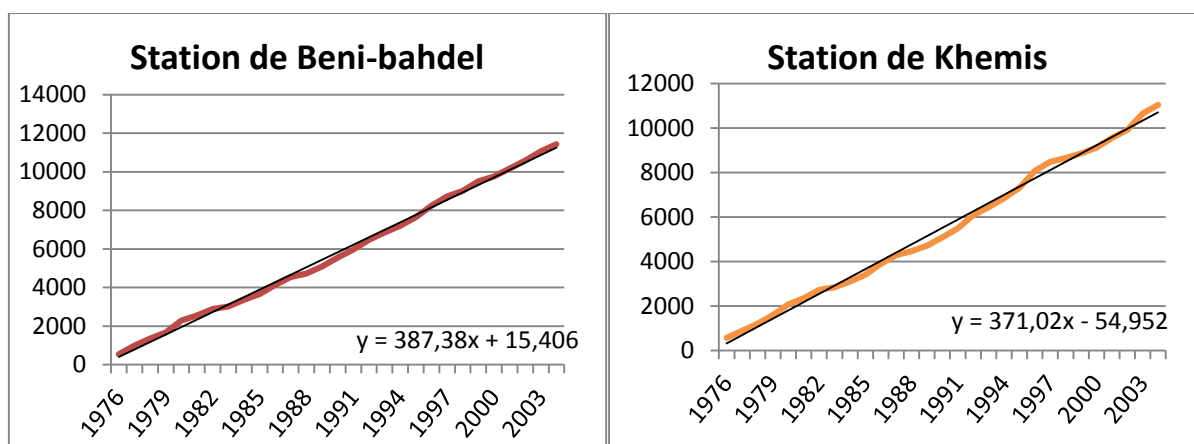


Figure.8 Représentations des cumuls simples

2.1.2. Méthode des doubles cumuls appliquée aux données pluviométriques

Partant du principe que les précipitations ont un comportement régional, nous avons essayé de mettre en évidence, à travers cette méthode, que deux stations spatialement voisines ont un même comportement. La méthode consiste à représenter graphiquement une station de référence en fonction d'une autre à vérifier. Il en résulte un nuage de points qui devrait se présenter selon une droite bien définie. La non homogénéité des points se traduit par le regroupement de ces derniers selon des segments non alignés. Si ce cas se présente, la station comporte nécessairement des données douteuses qui seront identifiables sur les graphes à partir des points d'inflexion ou de rupture.

On construit le graphe comportant en abscisse les cumuls de la station de référence et en ordonnée ceux de la station à vérifier.

$$Xi = \sum_{i=1}^i xi$$

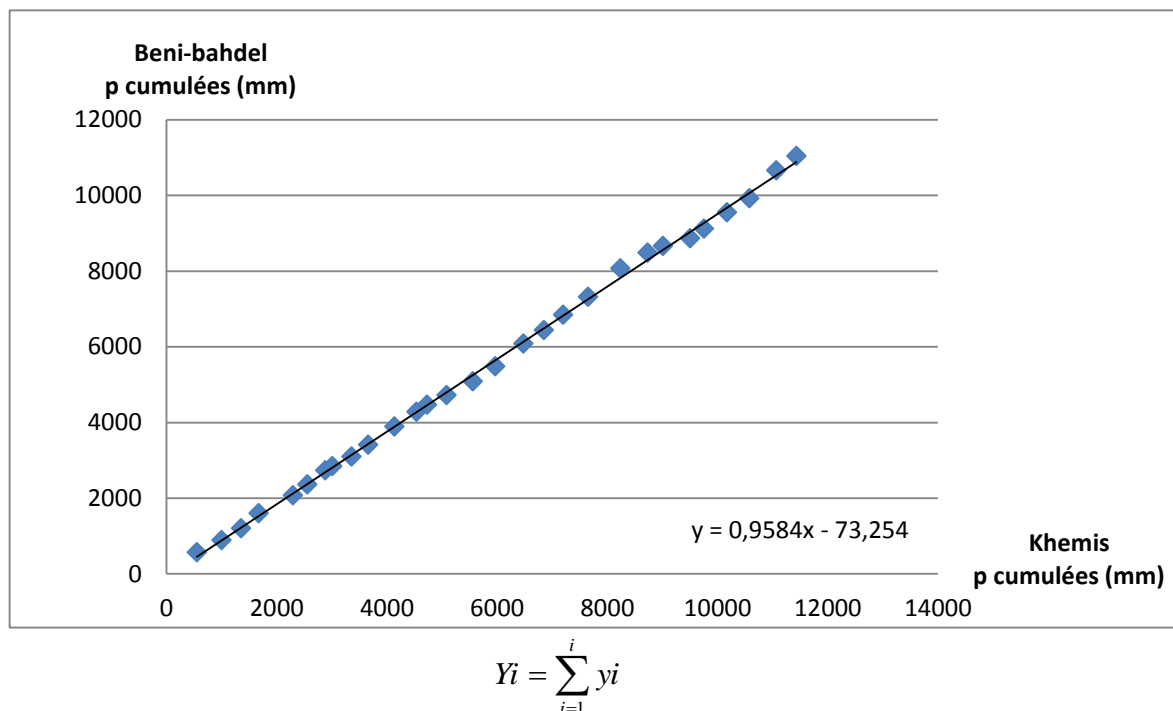


Figure.9 méthode double cumuls appliquée à la station de Beni-Bahdel et Khemis

Les résultats de la méthode sont reportés sur la figure.9. Nous avons pris en considération le critère de proximité spatiale pour cette application. Selon le principe de voisinage nous avons choisi d'effectuer les comparaisons entre les stations de Béni-Bahdel/ Khemis. La majorité des points représentés sur la figure, ci-dessus, suivent une droite sauf quelques points qui se dégagent relativement du nuage obtenu mais, sans qu'ils manifestent un état net de non homogénéité.

2.2. ANALYSE DES REGIMES PLUVIOMETRIQUES

Dans cette section, nous présentons quelques approches qui nous ont permis d'avoir une synthèse sur l'évolution des précipitations dans le bassin étudié. Bien que l'analyse se soit avérée difficile au début compte tenu de l'incohérence des données, nous avons néanmoins réussi à proposer une synthèse sur les régimes de pluies et leurs variations dans le bassin étudié. Une synthèse bien détaillée se trouve dans la thèse de Bakreti (2014).

Les grandeurs calculées pour mettre en exergue ces variations sont : les régimes annuels et mensuels des pluies, et l'indice de concentration saisonnier des pluies (PCI) et l'étude des événements extrêmes (pluies).

Sur la plupart de ses grandeurs, nous avons appliqué des tests de détection de rupture et de tendance. L'objectif visé est d'identifier les tendances à la sécheresse qui pourrait présenter un risque menaçant le bassin étudié.

2.2.1. Régime pluviométrique

Pour la description des régimes pluviométriques, nous avons calculé, sur les 31 années disponibles, les cumuls annuels de pluie. Ces derniers ont été aussi calculés à l'échelle mensuelle, année par année, ce qui nous a permis d'examiner leur variabilité interannuelle.

Pour avoir plus d'information sur leur régime saisonnier, nous avons recherché à estimer l'indice de la concentration des précipitations, noté PCI (Oliver, 1980) le plus souvent suggéré dans des études similaires. Il est déterminé par la formule :

$$PCI = 100 \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P_a^2}$$

i= 1, ...,12 avec P_i= précipitations mensuelles en mm et P_a= précipitations annuelles en mm.

Nous nous sommes appuyés pour nos interprétations sur le tableau 6 l'explication

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

Tableau : 5 indices de concentration de précipitations Oliver

L'indice saisonnier PCI est présenté sur la **Figure.10**, le PCI traduit pour les deux stations une saisonnalité modérée avec des valeurs toutes comprises dans l'intervalle [11-15].

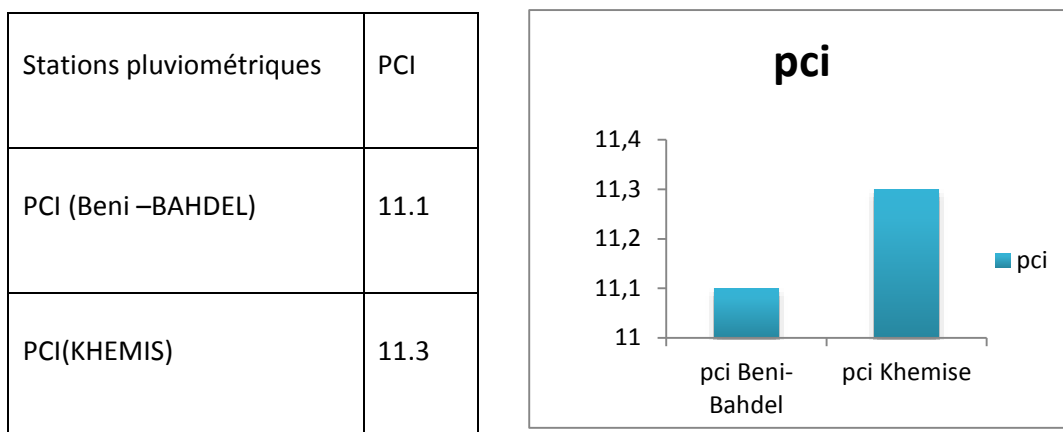


Figure.10 Précipitations saisonnières et calcul du PCI

2.2.2. Précipitations annuelles

Les variations interannuelles des précipitations à la station de Beni-bahdel présentent des irrégularités assez prononcées. La région est caractérisée par des périodes humides dont les valeurs sont supérieures à la moyenne avec un maximum de 579.4 mm en 1997/1998 et des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne avec un minimum de 179,9 mm enregistré en 1979-1980, la moyenne interannuelle le long de la période d'étude est de 381,56 mm, **Figure.11**

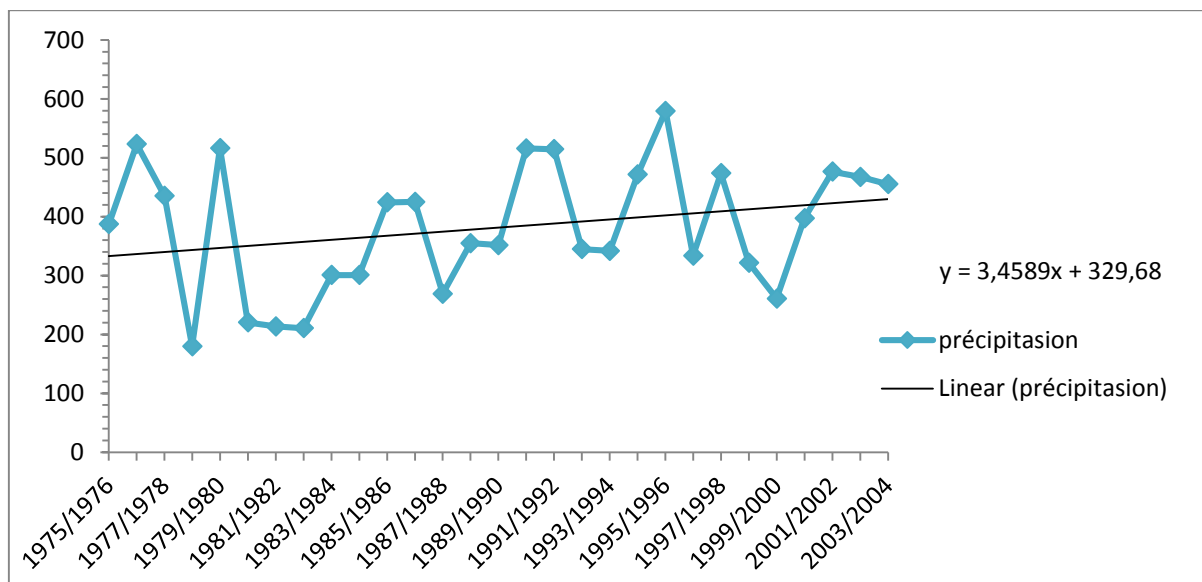


Figure.11 : Variations annuelles des précipitations à la station de Beni-Bahdel

Et à la station de khemise présentent des irrégularités assez prononcées. La région est caractérisée par des périodes humides dont les valeurs sont supérieures à la moyenne avec un maximum de 724 mm en 1991/1992 et des périodes sèches dont les valeurs sont inférieures à la moyenne avec un minimum de 116,6mm enregistré en 1997-1998, la moyenne interannuelle le long de la période d'étude est de 381,56 mm, **Figure.12**

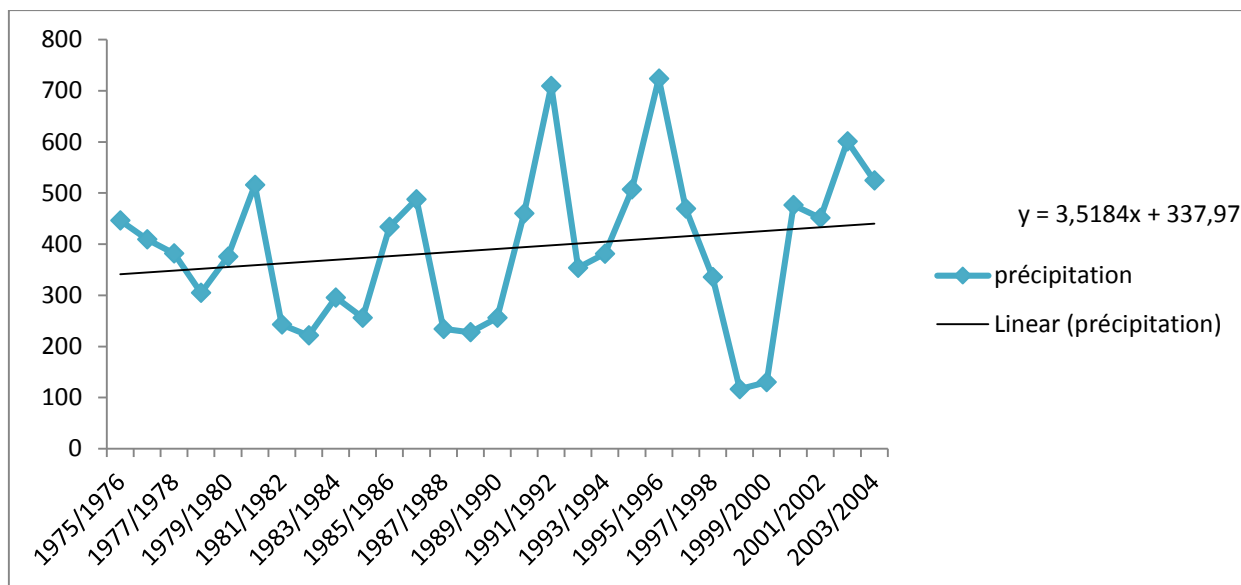


Figure.12 : Variations annuelles des précipitations à la station de khemis

3. Analyse des débits

Le débit en hydrologie s'utilise essentiellement dans le processus de transformation de la pluie en débit dans un bassin versant et sa modélisation, la prévention du risque de crue et d'inondation.

Les variations mensuelles des débits de la station de Khemise sont représentées par un histogramme **figure.13**. On observe une irrégularité pas assez prononcée, la période de **1980-1981** on remarque que le débit est fort, il mesure 484.75.6 m³/s

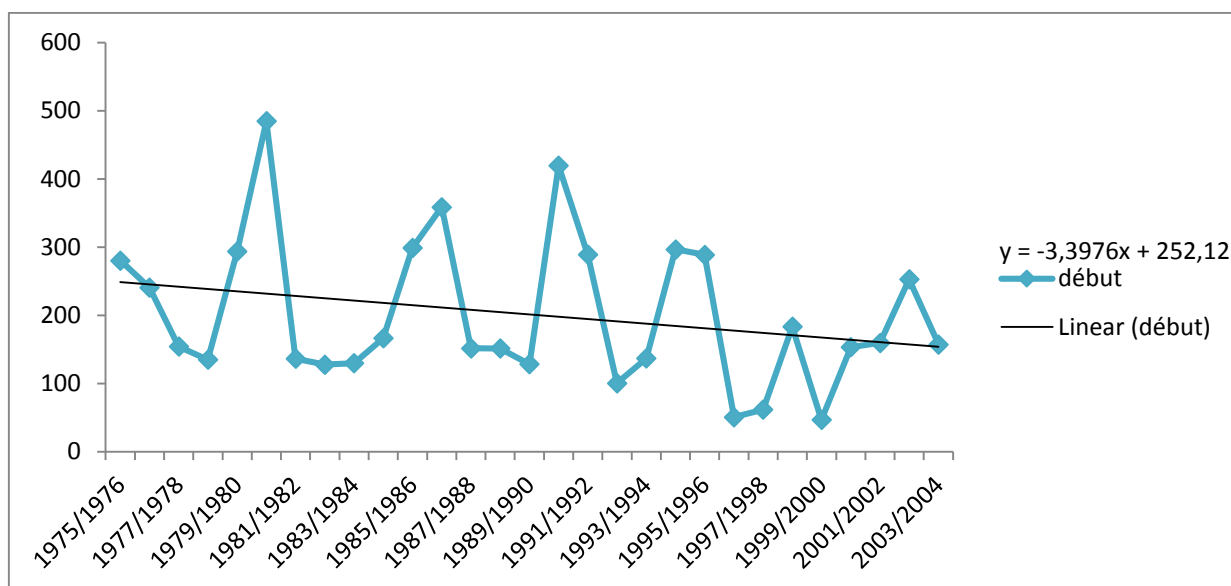


Figure.13 : Variations annuelles des débits à la station de khemis

Les variations mensuelles des débits de la station de Beni-bahdel sont représentées par un histogramme **figure.14**. On observe une irrégularité pas assez prononcée, la période de **1980-1981** on remarque que le débit est fort, il mesure 538.48 m³/s

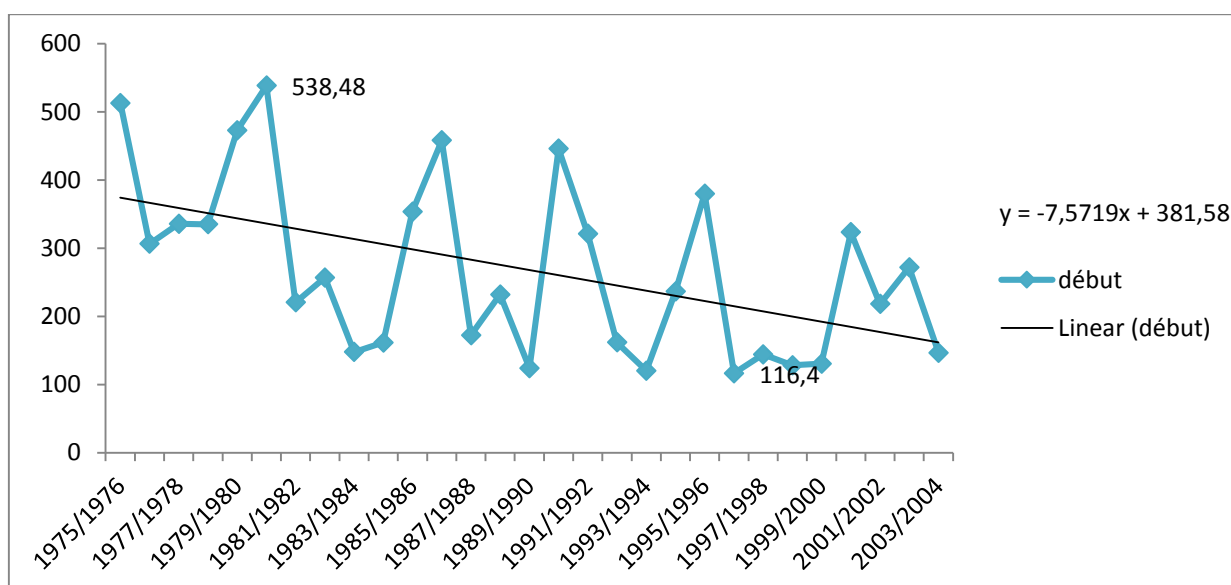


Figure.14 : Variations annuelles des débits à la station de Bebi-bahdel

3.1. Précipitations et Débits saisonnières

D’après l’histogramme des précipitations saisonnières et l’histogramme des débits saisonniers de la station du Beni-bahdel **Figure.15**. **Figure.16** sont de type HPAE, les précipitations important ce trouvent dans la saison de l’hiver 1486 avec un débit de 842 puis

le printemps 1224 de précipitations et 902 de débit, après l'automne avec 960 et un débit de 531 enfin la saison d'été qui est la plus sèche 167 et 324 de débit.

L'histogramme des précipitations de la station de khemis **Figure.17. Figure.18** est de types HP AE, les précipitations les plus importants sont de la saison d'hiver (1525) suivi par le printemps puis l'automne et la saison la plus sèche et l'été, par contre l'histogramme des débits montres que les débits les plus important sont dans la saison de printemps suivi par l'hiver et automne et finalement l'été

Cette différence entre le taux des précipitations et le taux des débits est probablement dû à la forte infiltration des terrains carbonatés, l'infiltrions est important dans la saison de automne et l'hiver après une saison de sécheresse (été), et les débits importantes dans les saisons de printemps est dû à la faible infiltration à cause de la saturation des terrains carbonatés.

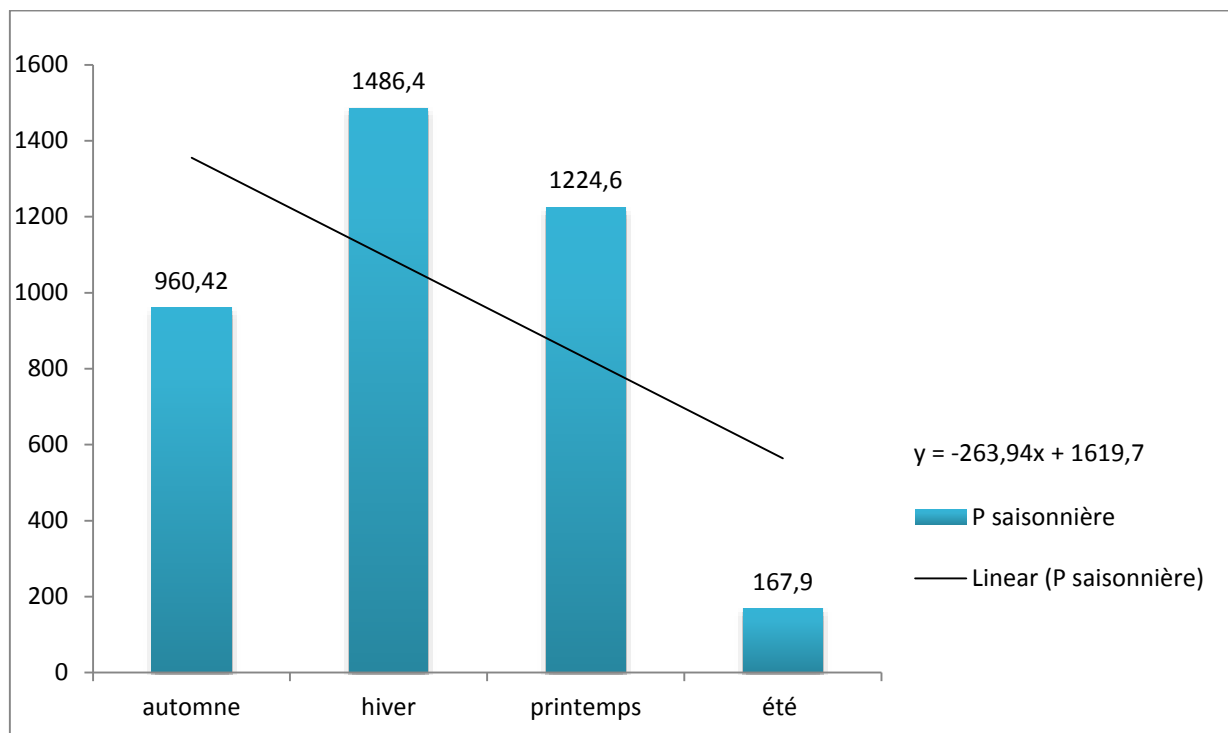


Figure.15 Répartition des précipitations saisonnières à la station de Beni-bahdel

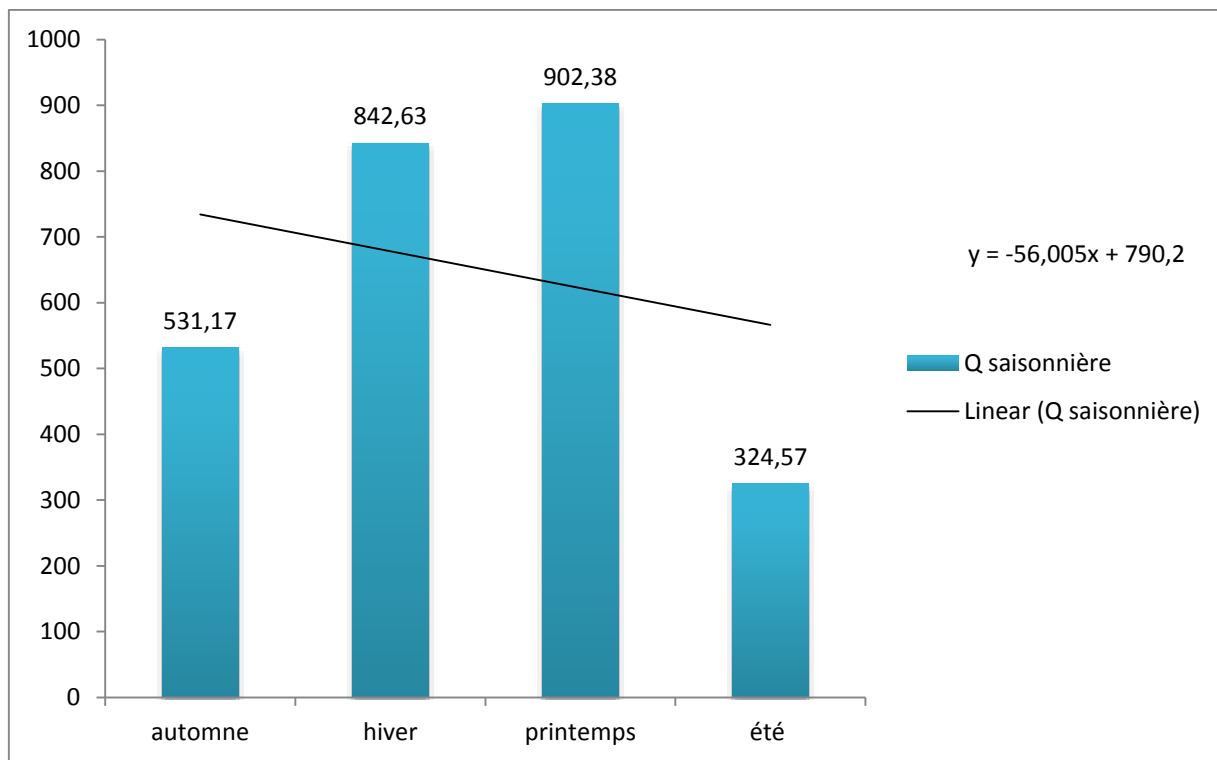


Figure.16 Répartition des débits saisonniers à la station de Beni-bahdel

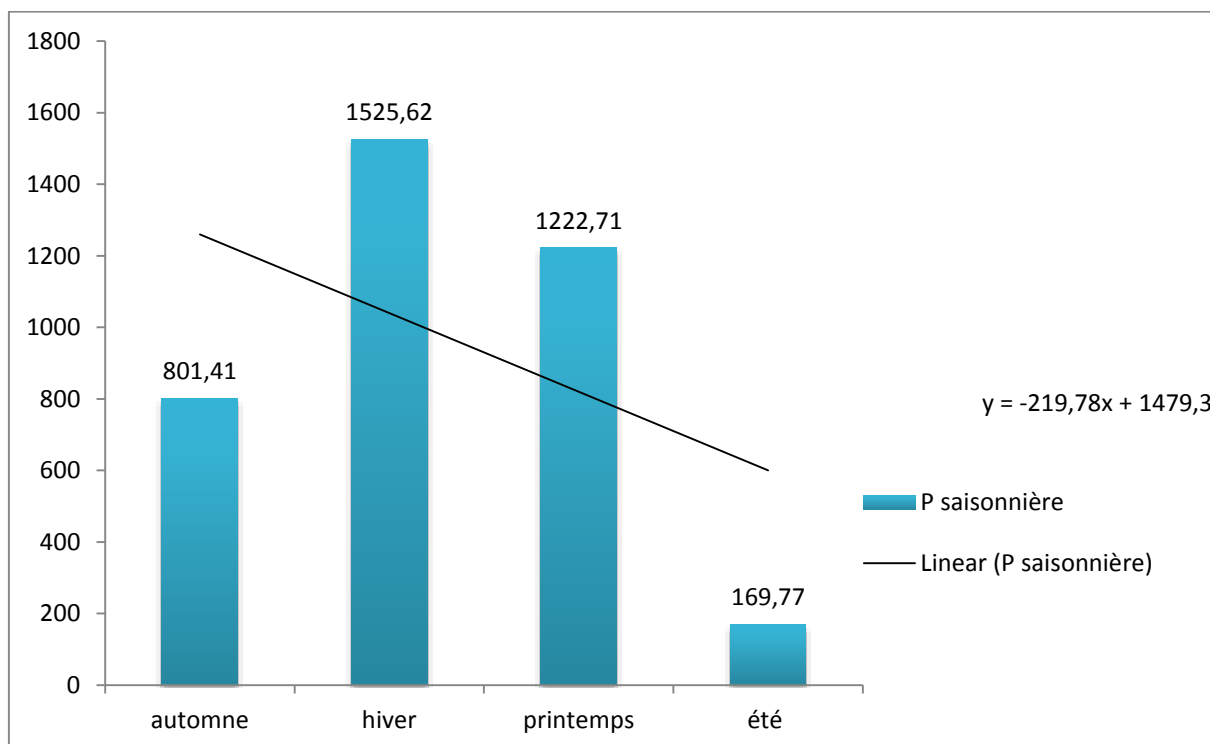


Figure.17 Répartition des précipitations saisonnières à la station de Khemis

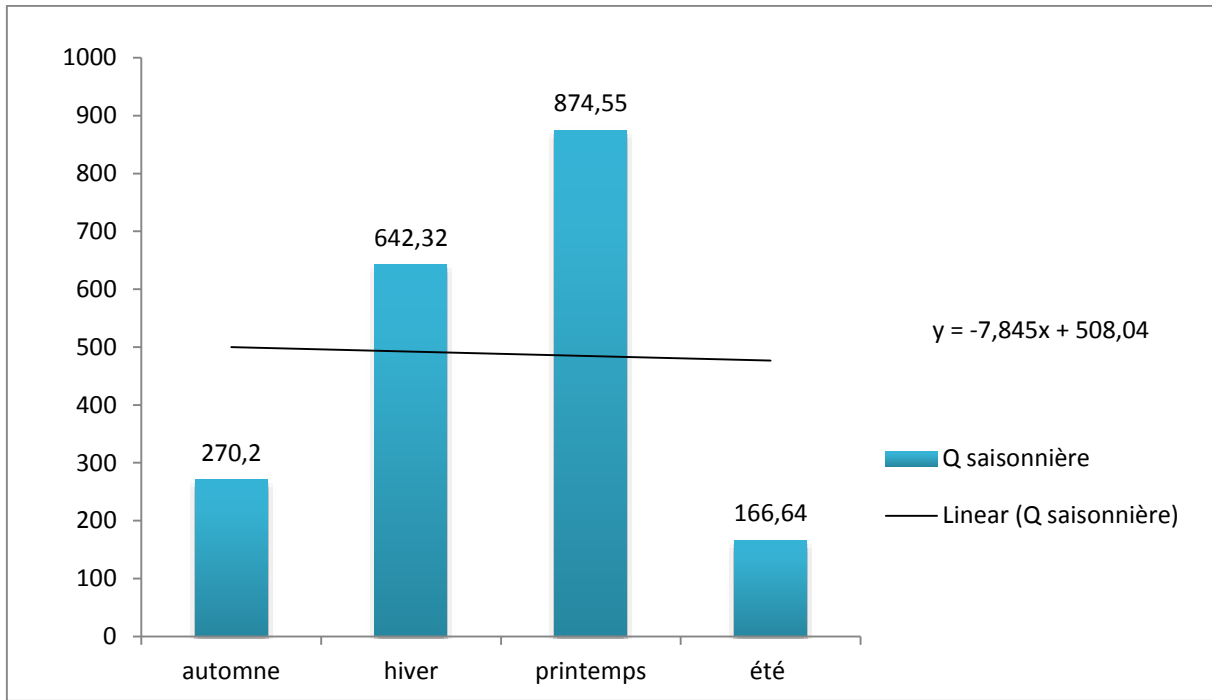


Figure.18 Répartition des débits saisonniers à la station de Khemis

CHAPITRE 3

ETUDE DE CRUES

1. Introduction :

Les crues en général, on ne désigne pas par ce vocable « les hautes eaux ordinaires, saisonnières, définies par les moyennes mensuelles et les débits, mais des phénomènes différents, amplifiés, soit isolés, soit survenant en séries » parfois d'une manière capricieuse, imprévue, parfois à des dates attendues à quelques semaines près. Se détachant des hautes eaux soutenues habituelles ou surgissant au-dessus de débits normaux ou bas, elles ont des causes météorologiques qui se sont manifestées avec une intensité particulière (grandes averses, fontes des neiges ou de glaces, embâcles de glaçons et débâcles consécutives), sauf quand elles résultent de la rupture d'un barrage naturel. Les crues jouent donc, dans la vie des rivières, un rôle marquant et leur compréhension approfondie présente un intérêt scientifique et pratique de premier ordre, non seulement pour les Potamologues, mais encore pour les Climatologues, les Morphologues, les Hydrauliciens, les Ingénieurs, les Urbanistes, etc. : pour s'en protéger efficacement, il importe qu'on connaisse les causes et les caractéristiques des phénomènes naturels que l'on doit prévoir avec d'autant plus de soin qu'ils peuvent être désastreux et meurtriers. Aussi le Géographe cherchera-t-il à savoir avec exactitude quelle est la genèse des inondations (les submersions du lit majeur ou inondations sont une conséquence des crues; elles se produisent dans presque toutes les vallées alluviales lorsque les caractéristiques du chenal ou lit mineur ne permettent pas l'écoulement par l'aval de l'afflux des eaux d'amont; l'onde s'élève alors à un niveau supérieur à celui des berges et s'étale quand elle peut s'épanouir dans un espace libre; les inondations résultent donc d'une inadaptation du lit mineur aux débits réalisés) : d'une part, les faits météorologiques (types atmosphériques de temps, précipitations et fontes de neiges ou de glaces responsables), d'autre part, les faits fluviaux (évolution, puissances respectives des débits maximaux, volumes totaux des intumescences, vitesse et turbulence des courants, altération des lits et tous les genres de dommages). Toute élévation du niveau d'un cours d'eau est appelée crue lorsqu'elle a pour cause un apport important en eau consécutif à un évènement pluvieux ou à la fonte des neiges. Pour certains auteurs, les crues sont des débits égaux ou supérieurs à un certain multiple du module annuel. Une crue annuelle est le débit le plus fort observé dans l'année.

2. Les causes de la crue :

La crue est la conjugaison brutale de plusieurs facteurs :

- l'augmentation brutale du débit en amont provoqué soit par des précipitations importantes en amont et sur site, soit par une décharge brutale des eaux en amont due à un réchauffement rapide (fonte des neiges ou de glacier) ou un évènement accidentel (rupture de barrage...).

Cet apport excessif est renforcé par une diminution de l'infiltration et du stockage en amont (urbanisation excessive et non contrôlée, antécédents pluvieux récents), par l'encombrement du lit du cours d'eau provoquant des mini barrages qui cèdent lorsque la pression des eaux est trop forte.

- La baisse de l'écoulement sur le site et en aval causée par l'encombrement du cours d'eau à caractère accidentel (éboulement, glissement de terrain, travaux dans le lit du cours d'eau) ou due à la négligence (urbanisation, absence de nettoyage).

Parmi ces facteurs, certains sont prévisibles, d'autres ne le sont pas, certains sont imparables, d'autres peuvent être évités. En ce qui concerne les causes imparables (précipitations, sol saturé ...).

3. Le processus de formation des crues

Comprendre ce processus revient à analyser les différents facteurs concourant à la formation et à l'augmentation temporaire des débits d'un cours d'eau. En simplifiant, on distingue:

- l'eau mobilisable, constituée de l'eau reçue par le bassin versant.
- Le ruissellement, qui correspond à la part de l'eau qui n'a pu s'infiltrer dans le sol. Il dépend de la nature du sol, de son occupation de surface et de l'intensité de l'épisode pluvieux
- Le temps de concentration, qui est défini par la durée nécessaire pour qu'une goutte d'eau partant du point le plus éloigné de l'exutoire du bassin versant parvienne jusqu'à celui-ci.
- La propagation de l'onde de crue, qui est fonction de la structure du lit et de la vallée alluviale, notamment de la pente.

4. L'hydrogramme de crue

L'hydrogramme de crue représente la variation des débits d'un cours d'eau en fonction du temps, il permet de déterminer les caractéristiques de la crue, forme, volume, temps de montée et temps de descente.

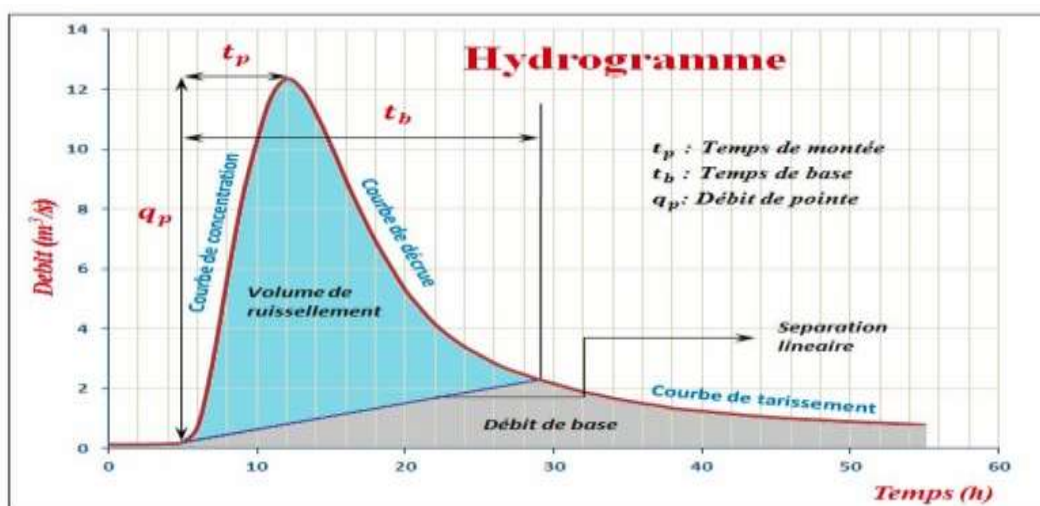


Figure.19 : Ex d'un hydrogramme de crue

Pour notre étude nous avons procédé des années Suivante :

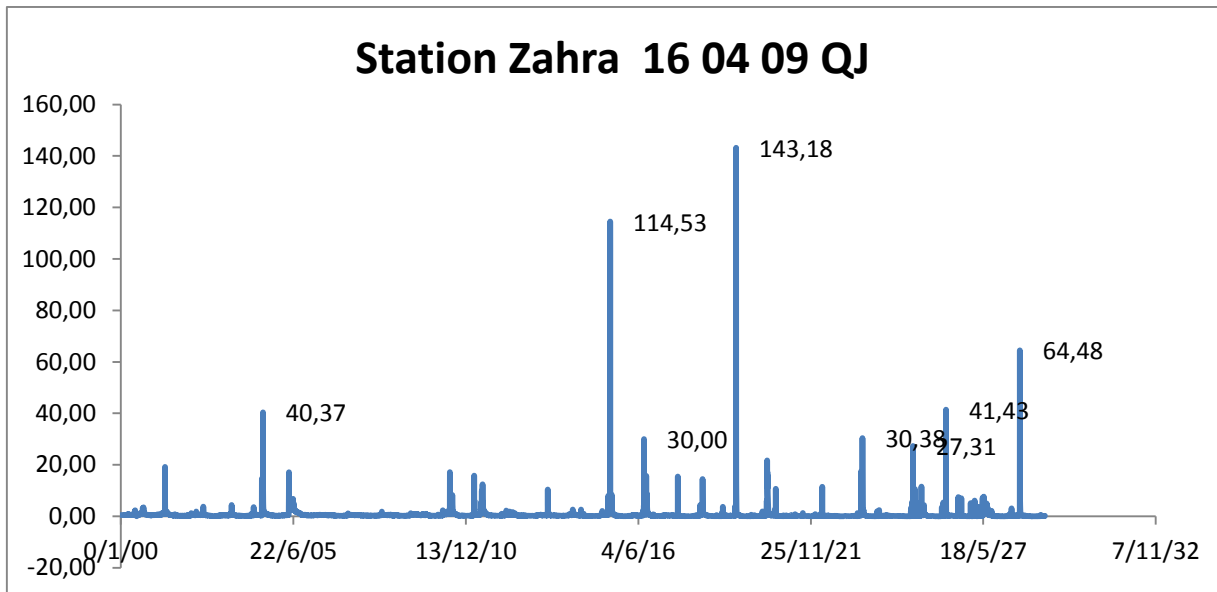


Figure.20 : Répartition des crues de station de Khemis

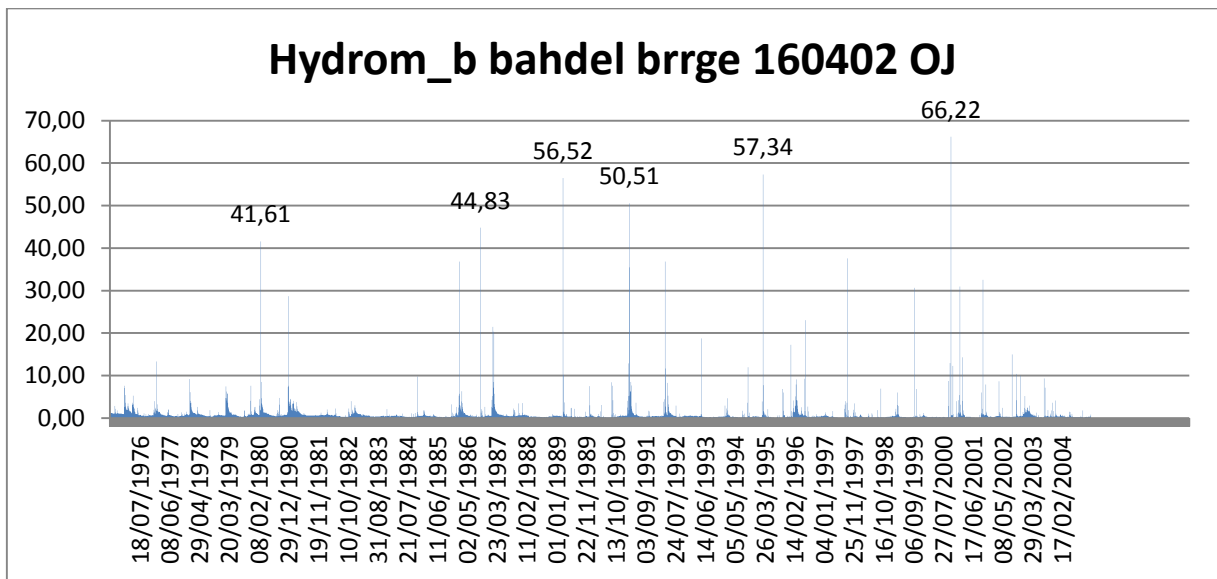


Figure.21 : Répartition des crues de station de Beni-bahdel

Les séries chronologiques des débits est présenté dans la figure montre que les évènements observés varient d'une valeur minimale du débit moyen de 0.83 m³/s à une valeur maximale de 143.18 m³/s,(station de Khemis) et 66.22 m³/s(station de Beni-bahdel). On remarque que la zone d'étude a connu des périodes sèches et des périodes humides.

5. Analyse des événements extrêmes :

Cette partie a porté sur l'observation la détection l'extraction de tous les événements extrêmes de niveau de notre zone d'étude durant la période (1976/2004).

5.1.Pour la station de Khemis :

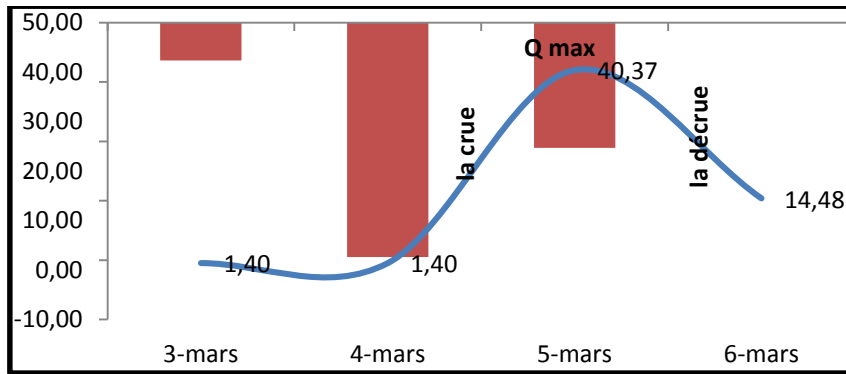


Figure.22 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 1980

Dans l'événement n°1 (mars 1980) L'impulsion pluie de 04 mars est 39.5mm et le débit est 1.40m³/j et après 24 heure le 05 mars1980 on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 40.37m³/s

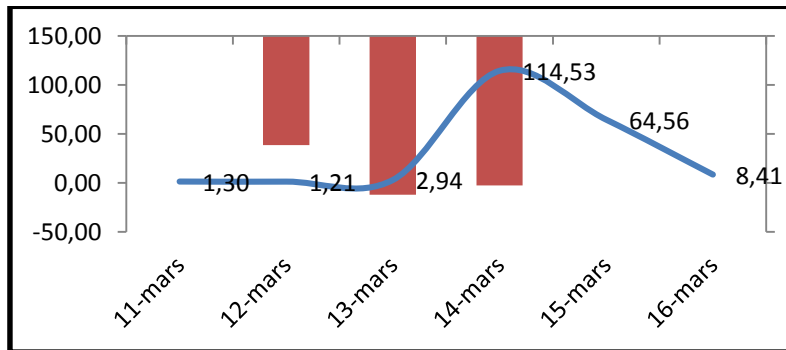


Figure.23 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 1991

Dans l'événement n°2 (mars 1991) L'impulsion pluie de 13 mars est 32.4mm et le débit est 1.21m³/s et après 24 heure le 14 mars1991 on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 114.53m³/s.

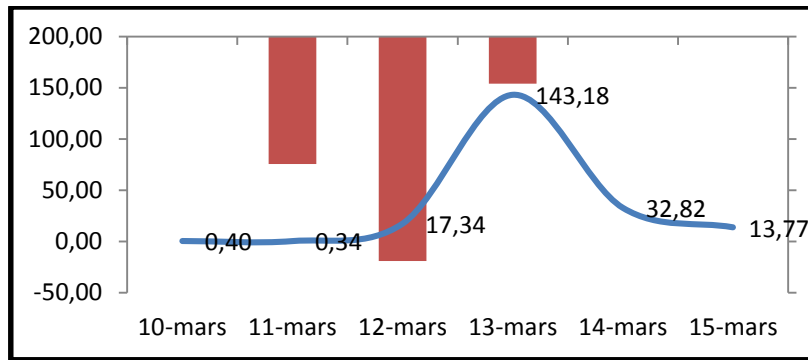


Figure.24 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 1995

Dans l'événement n°3 (mars 1995) L'impulsion pluie de 12 mars est 87.6mm et le débit est 0.34m³/s et après 24 heure le 13 mars on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 40.37m³/s

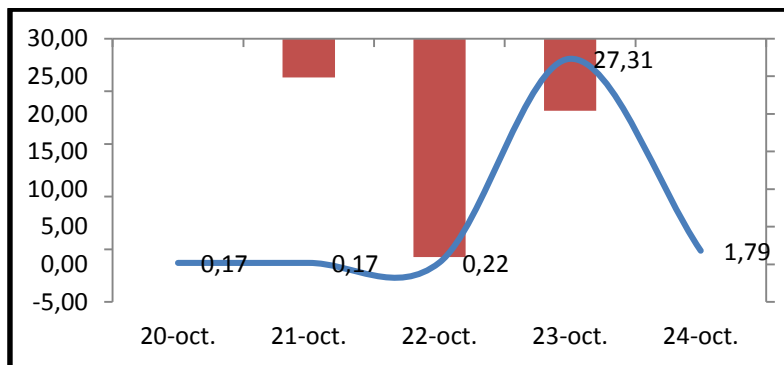


Figure.25 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis octobre 2000

Dans l'événement n°4 (octobre 2000) L'impulsion pluie de 22octobre est 41.5mm et le débit est 0.22m³/s et après 24 heure le 23octobre on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 27.31m³/s.

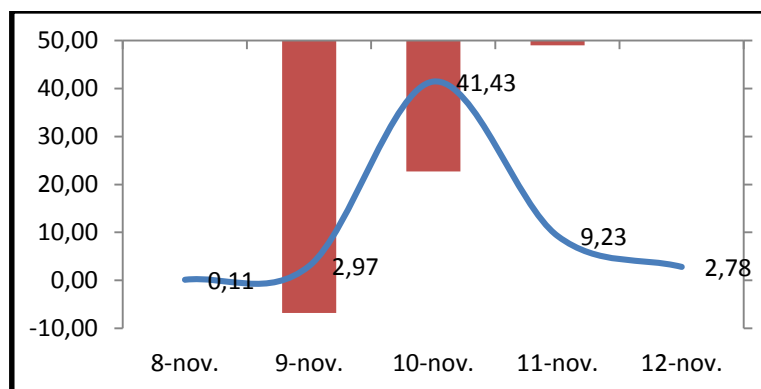


Figure.26 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis novembre 2001

Dans l'événement n°5 (novembre 2001) L'impulsion pluie de 09 novembre est 56.8mm et le débit est 2.97m³/s et après 24 heure le 10 novembre on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 41.43m³/s.

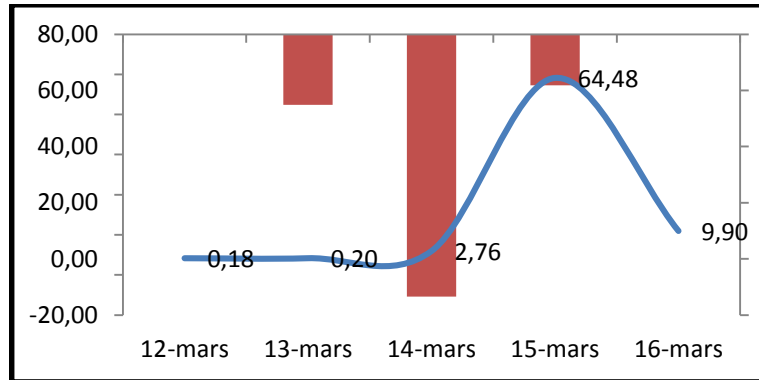


Figure.27 : Hydrogramme du débit observé à station de Khemis mars 2004

Dans l'événement n°6 (mars 2004) L'impulsion pluie de 14 mars est 65.4 mm et le débit est 2.76 m³/j et après 24 heure le 15 mars on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 64.48 m³/s.

5.2.Pour la station de Beni-bahdel:

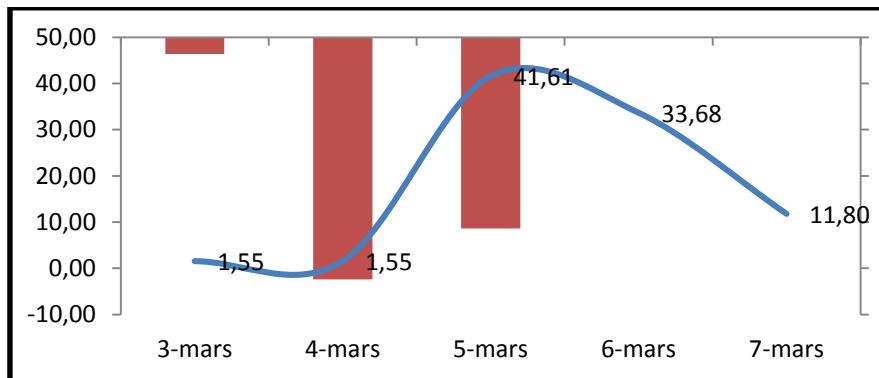


Figure.28 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1980

Dans l'événement n°1 (mars 1980) L'impulsion pluie de 4 mars est 52.4 mm et le débit est 1.55 m³/s et après 24 heure le 5 mars on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 41.61m³/s.

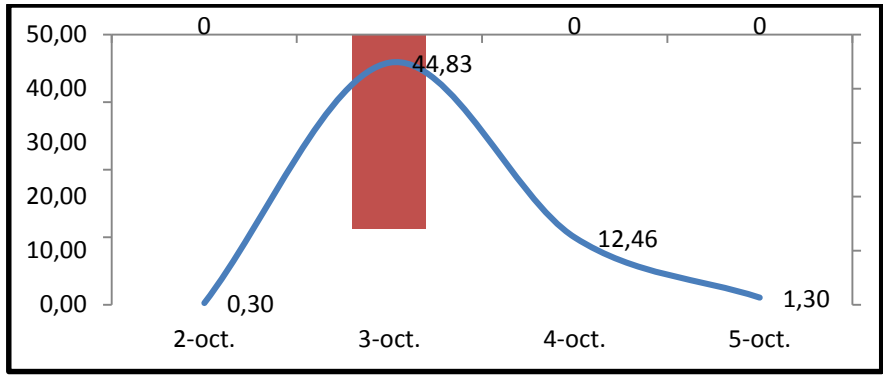


Figure.30 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel octobre 1986

Dans l'événement n°2 (octobre 1986) L'impulsion pluie de 02 octobre est 0 mm et le débit est 0.30 m³/s et après 24 heures le 03 octobre observe une précipitation de 14.4mm accompagnée d'un fort débit de 44.83m³/s le même jour.

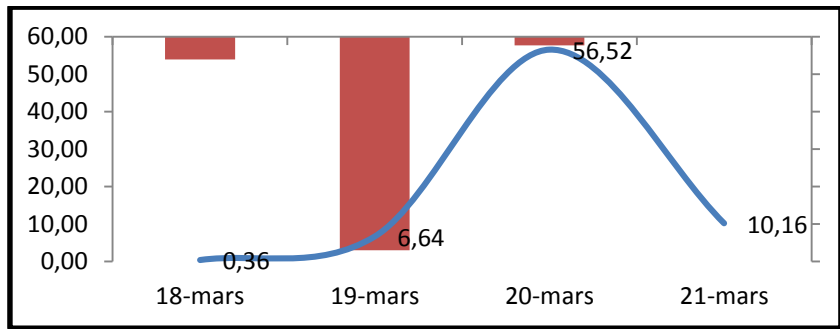


Figure.31 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1989

Dans l'événement n°3 (mars 1889) L'impulsion pluie de 19 mars est 142.2 mm et le débit est 6.64 m³/s et après 24 heure le 20 mars on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 56.52 m³/s.

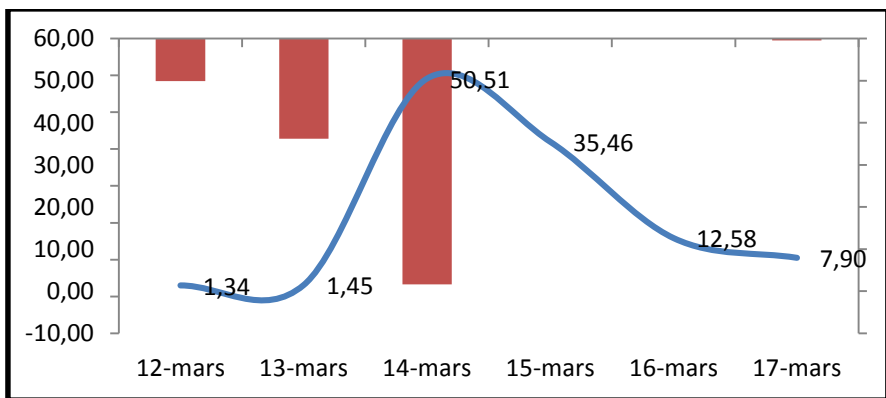


Figure.32 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1991

Dans l'événement n°4 (mars 1991) L'impulsion pluie de 13 mars est 27.2 mm et le débit est 1.45 m³/s et après 24 heures le 14 mars observe une précipitation de 66.7 mm accompagnée d'un fort débit de 50.51 m³/s le même jour.

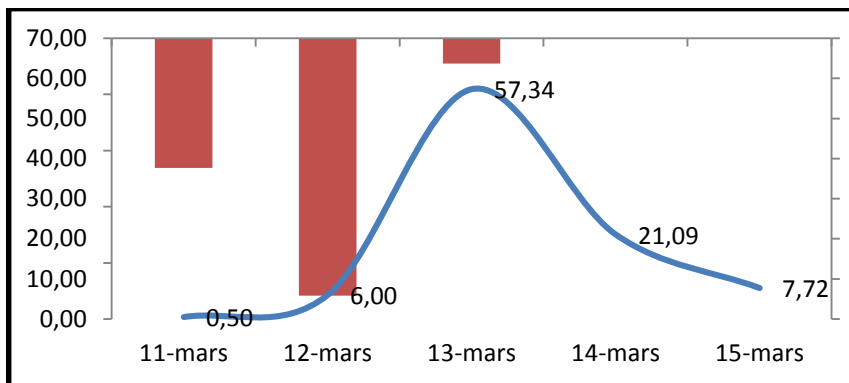


Figure.33 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel mars 1995

Dans l'événement n°5 (mars 1995) L'impulsion pluie de 12 mars est 91.7 mm et le débit est 6 m³/s et après 24 heure le 13 mars on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 57.34 m³/s.

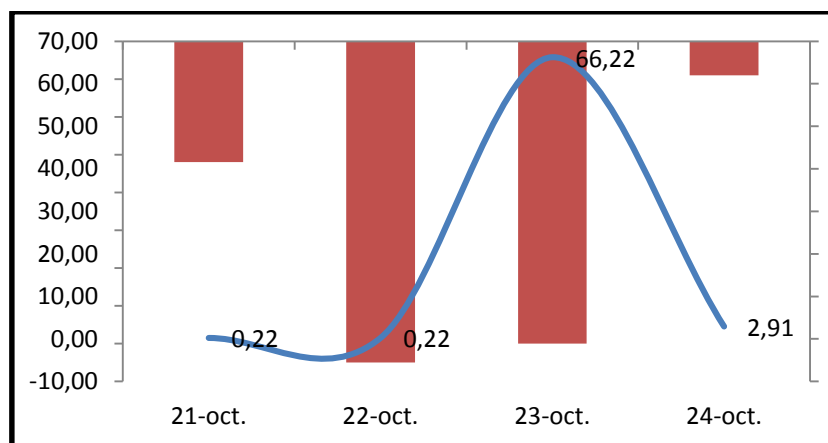


Figure.34 : Hydrogramme du débit observé à station de Beni-bahdel octobre 2000

Dans l'événement n°6 (octobre 2000) L'impulsion pluie de 22 octobre est 17 mm et le débit est 0.22 m³/s et après 24 heure le 23 octobre on observe la réponse de bassin versant avec un débit allant jusqu'à 66.22 m³/s.

6. Analyse de la forme des hydrogrammes des crues

La forme des hydrogrammes est déterminante pour connaître le volume des crues ainsi que la durée du maintien d'un débit donné. Hydrogramme met en évidence leur analyse On note la présence de plusieurs types de torrents dans le bassin du Beni-bahdel la plupart des événements analysés ont un temps de réponse, après 24 heures ou parfois le même jour ça veut dire un hydrogramme uniforme uni-modale.

On remarque que les hydrogrammes sont longs, plus volumineux avec un temps de montée et de décrue très allongé. 3 jours, 4 jours et parfois 5 jours peut être expliqué par l'effet des précipitations neigeuses, qui ne commence à fondre qu'à partir du mois de Mars et l'épisode pluvieux (L'automne), les précipitations associées à la fonte de neige provoquent de très longues crues avec un énorme volume d'eau mobilisé.

7. Répartition des crues

Un inventaire similaire des crues observées à Beni-bahdel et Khemis a donné les répartitions mensuelles suivantes :

Les mois de février et mars sont les mois les plus riches en épisodes de crue à Beni-bahdel et Khemis.

Et ce sont aussi les mois les plus pluvieux aux stations de Beni-bahdel et Khemis.

La répartition mensuelle est assez variable bien que la saison chaude (mai, juin, juillet, août) soit dépourvue d'événements de crue.

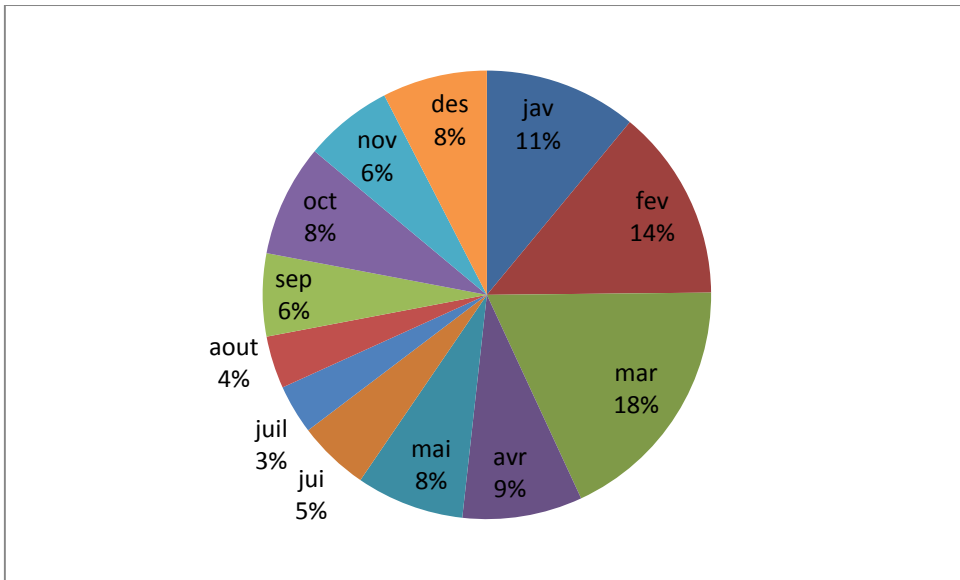


Figure.35 : Répartition des crues dans les années d'études à Beni-Bahdel

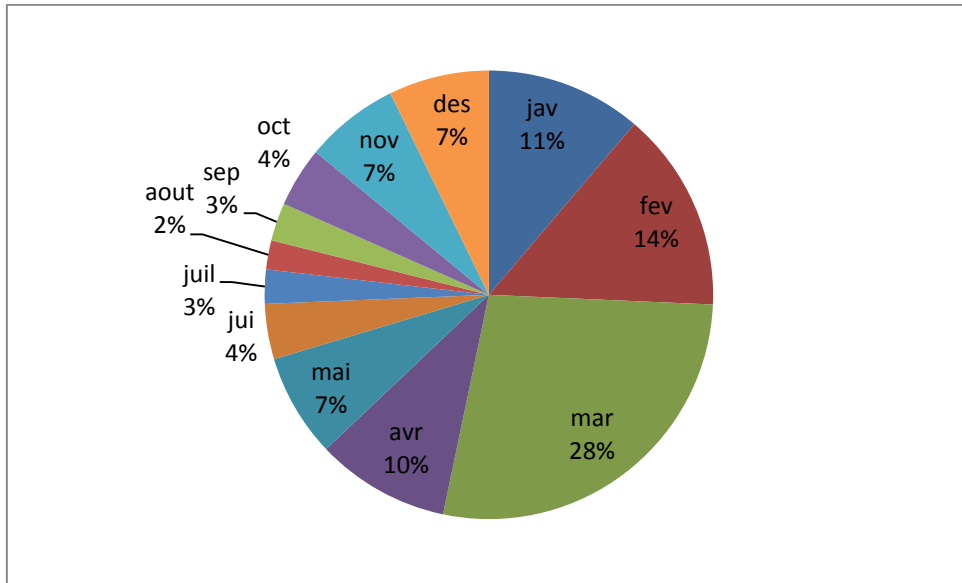


Figure.36 : Répartition des crues dans les années d'études à Khemis

Conclusion générale

L'étude que nous avons menée, nous a permis d'apporter notre contribution à la connaissance des caractéristiques hydrologiques de bassin de Beni-bahdel.

Le bassin de Beni-bahdel est occupé par une série géologique allant du Primaire au Quaternaire, il se creuse dans du matériel à résistance fort variable. D'une manière générale, les sols dans ce bassin sont constitués par des sols calcaires, les sols alluviaux et les sols rouges.

L'étude climatologique montre que notre bassin étudié est caractérisé par un climat semi-aride avec des influences méditerranéennes.

Ce travail a permis l'estimation des quantiles des crues extrêmes du bassin versant de Beni-Bahdel.

Le régime des crues de l'oued Tafna est caractérisé par des débits qui varient entre 46 et 143 m³/s. Ces débits sont assez élevés pour les périodes de retour. Le deuxième paramètre calculé est celui de la durée caractéristique de la crue comprise entre 2 et 3 jours ce qui est très important. Ces deux paramètres rendent compte que le bassin de Beni-Bahdel est très exposé aux crues rapides et torrentielles.