



**Ministère de l'enseignement supérieur 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

**Hydro systèmes et Ressources en Eau**

Présenté par

**Aggoun mohamed abdjallal**

**Hamitouch Hatem**

**Étude de la fonction de production des écoulements au niveau du  
bassin versant de Béni-Bahdel**

**Soutenu publiquement devant le jury composé comme suit :**

<b>Mr SAFA Aïssa</b>	<b>Professeur</b>	<b>Président</b>
<b>Mr BOUZID Rabah</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mme BAKHETI Amel,</b>	<b>Maitre de conférences</b>	<b>Encadreur</b>

**Année académique 2022/2023**

## *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 BAKHTI 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 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 chers parents

Qui ne m'a jamais arrêté, forgé des prières pour moi, peu importe ce que je faisais ou disais, je ne pourrais pas te remercier comme je le devrais, ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence a toujours été stimulante et motivante moi pour atteindre mes objectifs.

Puisse ce travail refléter ma gratitude et ma gratitude Émotion.

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

Ce projet de fin d'études est donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qui m'ont suivi tout au long de ma carrière, et que cet humble dévouement est également apprécié.

A mes chers frères, Shukri, Hajar et Fatima pour leur soutien moral et leurs précieux conseils durant mes études.

Et enfin, à tous mes chers amis, en particulier la petite Sassi Sirène

Que Dieu vous accorde la santé, le courage, le bonheur et surtout la réussite

# Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Synthèse générale Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>3</b>
<b>I-1- Introduction.....</b>	<b>4</b>
<b>I-2- Localisation géographique de la zone d'étude.....</b>	<b>4</b>
<b>I-3- Aspect climatique .....</b>	<b>5</b>
<b>I-4- Contexte géologique : .....</b>	<b>6</b>
<b>I-4-1- La série lithostratigraphique .....</b>	<b>7</b>
<b>1-4-1-1- Primaire .....</b>	<b>7</b>
<b>I-4-1-2- Secondaire .....</b>	<b>8</b>
<b>I-4-1-3- Plio-Quaternaire.....</b>	<b>11</b>
<b>I-5- Synthèse hydrogéologique .....</b>	<b>12</b>
<b>I-5-1- Formations à fort potentiel aquifère .....</b>	<b>13</b>
<b>I-5-2- Formations à faible potentiel aquifère .....</b>	<b>14</b>
<b>I-5-3- Formations à faible potentiel aquifère .....</b>	<b>15</b>
<b>1-6. Le sol et végétation du bassin de Beni-Bahdel.....</b>	<b>16</b>
<b>I-7- Synthèse structurale : .....</b>	<b>20</b>
<b>I-8- Aperçu géomorphologique .....</b>	<b>21</b>
<b>1-8-1- Densité de drainage .....</b>	<b>24</b>
<b>1-8-2- Rapport de confluence .....</b>	<b>24</b>
<b>1-8-3- Rapport des longueurs .....</b>	<b>25</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>28</b>
<b>Chapitre II : Application à la zone d'étude.....</b>	<b>29</b>
<b>II-1. Introduction.....</b>	<b>30</b>
<b>II-2. Méthode appliquée.....</b>	<b>31</b>
<b>II-2-1. La concentration pluviométrique.....</b>	<b>31</b>
<b>II-3. Résultats et interprétations .....</b>	<b>33</b>
<b>II-3-1. Indice des précipitations saisonnières PCI :.....</b>	<b>33</b>
<b>II-3-2. Précipitations mensuelles .....</b>	<b>33</b>
<b>II-3-3. Précipitations mensuelles .....</b>	<b>34</b>
<b>II-3-4. Régime annuel des précipitations.....</b>	<b>35</b>
<b>II-4. Conclusion partielle .....</b>	<b>36</b>
<b>Chapitre III: Application de la méthode green &amp; aumpt au niveau du bassin étudié .....</b>	<b>37</b>
<b>III-1. Introduction .....</b>	<b>38</b>
<b>III-2-Définition de la méthode Green &amp; Ampt.....</b>	<b>39</b>

<b>III-3 Méthode PHI.....</b>	<b>39</b>
<b>III-4 Séparation de l'écoulement.....</b>	<b>40</b>
<b>III-5-Mise en œuvre de la méthode et synthèse.....</b>	<b>41</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>45</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>47</b>

# **INTRODUCTION GENERALE**

La présence d'eau est essentielle à la vie et a toujours été un facteur clé pour l'établissement de communautés humaines. Cependant, les eaux des oueds peuvent représenter à la fois une ressource précieuse et une menace pour les populations et les infrastructures.

Comme de nombreuses régions méditerranéennes, l'Algérie est confrontée aux défis de la gestion des ressources en eau, notamment en ce qui concerne le risque d'inondations. Les hydrologues jouent un rôle important dans l'étude des chemins de l'eau et des fluctuations des débits afin de prévoir les risques et les débits d'un cours d'eau.

Les courbes de production, obtenues à partir d'une étude statistique des événements extrêmes sur un bassin versant donné, sont essentielles pour évaluer les composantes de la gestion des ressources en eau.

Notre étude porte sur le bassin versant de Béni-Bahdel, qui se trouve dans une région semi-aride où la période pluvieuse s'étend d'avril au mai jusqu'à mi-octobre.

L'objectif principal de notre travail est de présenter les précipitations pour cette région, ce qui permettra de dimensionner les ouvrages de protection et de prévoir les risques d'inondation.

## **Chapitre 1 : Synthèse géologique et hydrologique générale**

L'objectif de ce chapitre est de présenter une vue d'ensemble du bassin versant de Beni-Bahdel en examinant ses aspects climatiques, géologiques, hydrogéologiques, structuraux, géomorphologiques et sa localisation géographique.

## **Chapitre 2 : L'étude des écoulements**

Dans ce chapitre, notre objectif est d'analyser les précipitations annuelles dans la région de Beni-Bahdel à l'Ouest de l'Algérie sur une période de 20 ans, de 1975 à 1995, en examinant leur variabilité pluviométrique.

### **Chapitre 3 : Application de la méthode green& Aumpt au niveau du bassin étudié**

L'application de la méthode Green & Ampt au niveau du bassin étudié a permis d'obtenir des résultats significatifs dans l'évaluation des écoulements. Cette méthode, basée sur les principes de l'infiltration et de la rétention d'eau dans les sols, a fourni des informations précieuses sur les processus hydrologiques spécifiques au bassin.

**Chapitre I**  
**Synthèse générale**  
**Présentation de la zone d'étude**



## **I-1- Introduction**

Effectuer une analyse d'un bassin versant implique en réalité l'étude de plusieurs points, tels que, l'inondation.

Notre mémoire de fin d'étude est organisé en trois chapitres qui sont :

- 1) Les caractéristiques physiques,
- 2) l'identification du comportement
- 3) l'étude du climat à travers le traitement statistique de son évolution spatiotemporelle via des données pluviométriques et hydrométriques, entre autres.

Dans ce chapitre, nous allons présenter une synthèse générale du bassin étudié, qui récapitulera sa situation géographique, son contexte géologique, le climat dominant et ses caractéristiques hydrogéologiques.

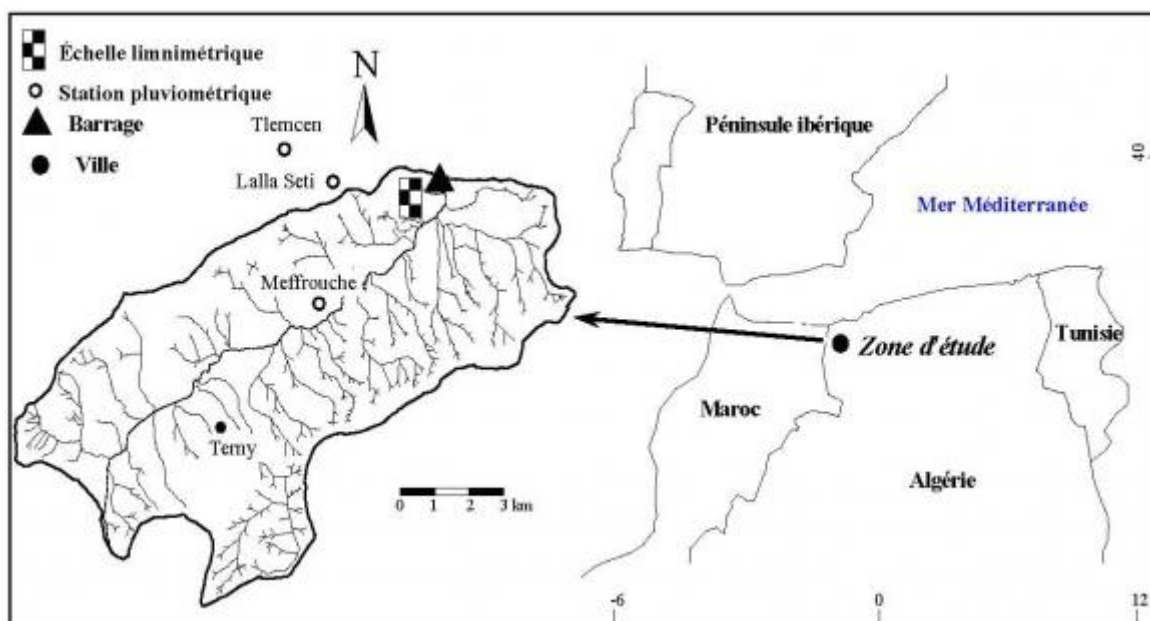
Nous incluons également dans cette synthèse le cadre structural et morphologique qui peut influencer directement les écoulements dans ce bassin.

## **I-2- Localisation géographique de la zone d'étude**

Le bassin versant de Beni-Bahdel est situé dans la région de Tlemcen, dans l'ouest de l'Algérie. Il est délimité par les montagnes de Tlemcen au nord, les monts de Ténès à l'ouest et les montagnes du Dahra au sud. Le bassin versant s'étend sur une superficie d'environ 1 300 km<sup>2</sup> et est alimenté par plusieurs cours d'eau, notamment l'oued Tafna et l'oued Isser.

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 Harcha.
- 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)**

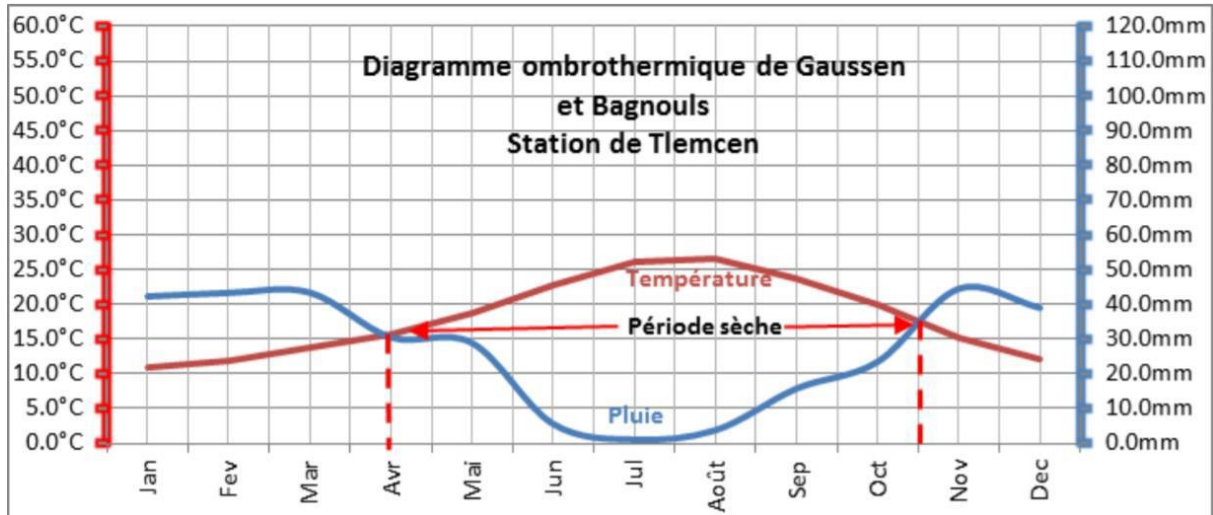
### **I-3- Aspect climatique**

Le climat dans le bassin versant de Beni-Bahdel est de type méditerranéen. Il se caractérise par un été chaud et sec, avec des températures moyennes allant de 28 à 32°C. Les hivers sont doux et humides, avec des températures moyennes allant de 10 à 15°C. La pluviométrie est concentrée sur la saison hivernale, avec une moyenne annuelle d'environ 800 mm.

Les précipitations dans le bassin versant sont influencées par la topographie et la proximité de la mer Méditerranée. Les montagnes de Tlemcen au nord-est du bassin versant entraînent des précipitations plus élevées dans cette région. En général, les précipitations diminuent à mesure que l'on s'éloigne des montagnes.

La gestion de l'eau dans le bassin versant est importante car les précipitations sont concentrées sur une période relativement courte de l'année. Les eaux de pluie sont collectées

dans des barrages et des retenues d'eau pour être utilisées ultérieurement pour l'irrigation et la consommation humaine.



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

#### **I-4- Contexte géologique :**

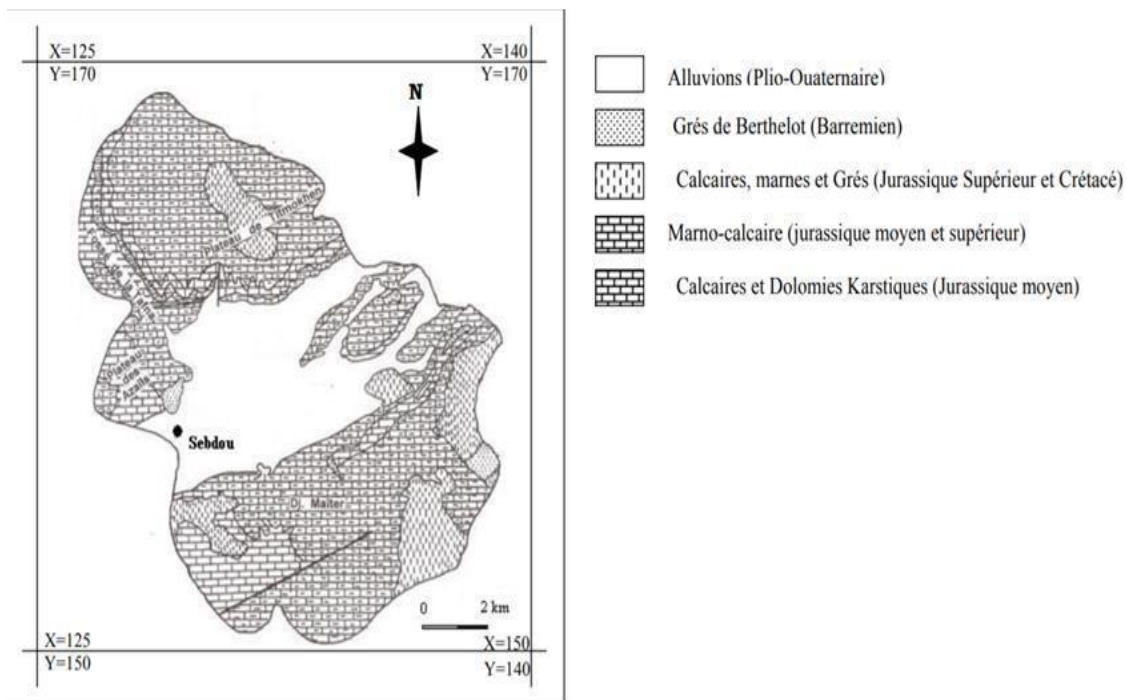
Le bassin versant de Beni-Bahdel est situé dans la partie occidentale de l'Algérie, dans la zone tellienne du Maghreb. La région est caractérisée par une complexe géologie qui comprend une série de formations rocheuses de différentes âges et compositions.

Le substrat géologique du bassin versant est principalement constitué de roches sédimentaires, principalement des marnes, des argiles, des grès et des calcaires. Ces roches se sont formées au cours des ères géologiques du Jurassique, du Crétacé et du Tertiaire.

La zone est également affectée par des structures tectoniques telles que des failles et des plis. Les montagnes de Tlemcen au nord du bassin versant sont un exemple de plis anticlinaux formés pendant la période tectonique alpine.

L'activité volcanique est également présente dans la région, bien que limitée. Des formations volcaniques datant du Tertiaire et du Quaternaire sont présentes dans le bassin versant, notamment des basaltes et des trachytes.

La géologie du bassin versant de Beni-Bahdel a un impact important sur l'hydrologie et la qualité de l'eau, car les roches sédimentaires peuvent être perméables ou imperméables, ce qui affecte le taux d'infiltration et de recharge des aquifères.



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

### **I-4-1- La série lithostratigraphique**

Le bassin en question possède une géologie très compliquée et est considéré comme étant de grande envergure en termes de tectonique. Les formations géologiques qu'on y trouve datent de différentes époques, allant 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**

Ces formations géologiques datent du Silurien au Dévonien et sont très plissées, s'étendant sur une grande zone. Dans les régions de Rhar-Roubane et djebel Fillaoucène.

les schistes sont associés à des quartzites très denses disposés en bancs de quelques décimètres d'épaisseur.

### **b)- granite**

On peut trouver le massif granitique au nord-est de la ville de Nedroma. Il possède une forme elliptique et sa couleur varie du blanc au rose.

### **c)- auréole de métamorphisme**

Lorsque l'intrusion granitique se produit dans la formation schisto-quartzique, elle provoque un métamorphisme qui crée une auréole

Cette zone métamorphisée contient des roches telles que 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**

On peut principalement trouver cette zone au nord d'Ain Tellout ainsi qu'au niveau de Béni-Bandel, et à l'est dans le bassin d'oued Mouilah.

Elle est composée d'argiles dolomitiques et gypseuses de différentes densités. et des marnes bariolées fortement teintées.

## **b)- Le Jurassique**

### **1) Les argiles de Saïda**

Ces couches géologiques consistent en des dépôts d'argile et de marne, qui peuvent parfois contenir des schistes et des passées gréseuses.

Ces formations s'étendent sur une épaisseur de 300 m à 500 m et sont datées du Callovo-Oxfordien. Parfois, il y a une transition progressive vers les grès de Boumediene.

### **2) Les grès de Boumediene**

Les formations géologiques en question datent de l'Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur. Elles sont principalement constituées de grès, avec parfois des zones argileuses qui sont souvent dissimulées par des éboulis ou de la végétation.

Les grès contiennent du ciment calcaire et forment des bancs solides, dont l'épaisseur varie et peut atteindre 500 m. Les grès de Boumediene sont particulièrement développés dans les forêts de Zarifet et de Hafir, situées au sud-ouest de Terny, ainsi qu'au niveau des cascades d'El Ourit dans le sud du bassin d'oued Sikkak.

### **3) Les calcaires de Zarifet**

La formation décrite se compose de couches de calcaire séparées par de fines intercalations de calcaire marneux écailléux qui peuvent parfois contenir des fossiles, et qui marquent généralement la limite inférieure du Kimméridgien. Ces couches reposent directement en concordance sur les grès de Boumediene, formant les falaises des environs de Tlemcen.

L'épaisseur de cette formation peut atteindre 25 mètres au col de Zarifet.

#### **4) Dolomies de Tlemcen**

Les dolomies cristallines grises, qui datent du Kimméridgien moyen au Kimméridgien supérieur, sont présentes dans la région d'Aïn Fezza, dans la forêt de Zarifet, au nord de Tlemcen, dans les djebels Teffatisset et Aïn E! Hout, ainsi que sur le plateau de Terny.

Ces dolomies ont de nombreuses cavités remplies de calcite. La formation peut atteindre 200 m aux environs de Tlemcen à E! Ourit et se trouve dans tous les sous-bassins étudiés. Il est possible que les calcaires de Stah se trouvent au-dessus des dolomies et n'aient pas subi la dolomitisation.

#### **5) Marno-calcaires de Raouraï**

Les roches en question sont des marnes grises qui présentent une surface blanchâtre et contiennent plusieurs couches et bancs de calcaires marneux durs.

Cette formation géologique est bornée en bas par les couches calcaires de Stah et en haut par les calcaires de Lato ou les premières strates des dolomies de Terny. Elle est particulièrement visible sur le plateau de Terny, dans le djebel Lato et à l'est d'Aïn Fezza.

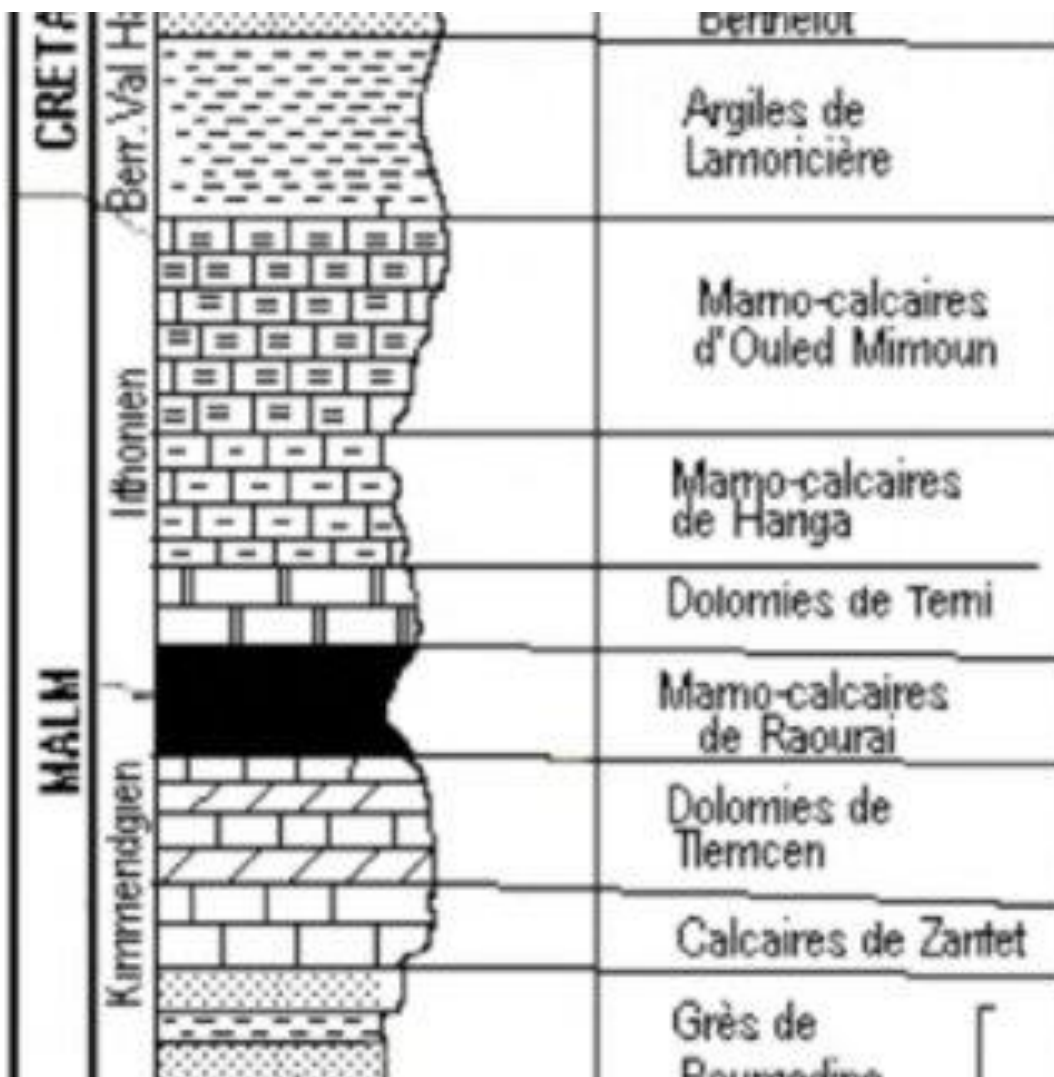
#### **6) Calcaires de Lato**

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

#### **7) Dolomies de Terny**

Ces roches sont des dolomies qui peuvent être vacuolaires et ont une structure avec de nombreuses stratifications obliques et un aspect massif, ce qui les différencie des dolomies de Tlemcen.

Elles se trouvent sur le plateau des Azails, le plateau de Temy et près du barrage de Meffrouch, avec une épaisseur d'environ 100 m sur le plateau de Temy. Elles sont bien présentes dans les trois bassins étudiés et sont considérées comme faisant partie du Tithonien inférieur.



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

### **I-4-1-3- Plio-Quaternaire**

Il s'agit d'une série de dépôts continentaux formés de sédiments d'âges similaires mais de natures différentes. Cette série est complexe, composée de dépôts hétérométriques et hétérogènes.

On y trouve plusieurs faciès, notamment les travertins villafranchiens qui se situent en bordure des monts de Tlemcen et qui sont constitués de travertins très consolidés et de calcaires lacustres.



Le complexe de sédiments plio-villafrachiens est marqué par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, dont l'épaisseur est variable mais généralement faible, soulignant la bordure des massifs secondaires.

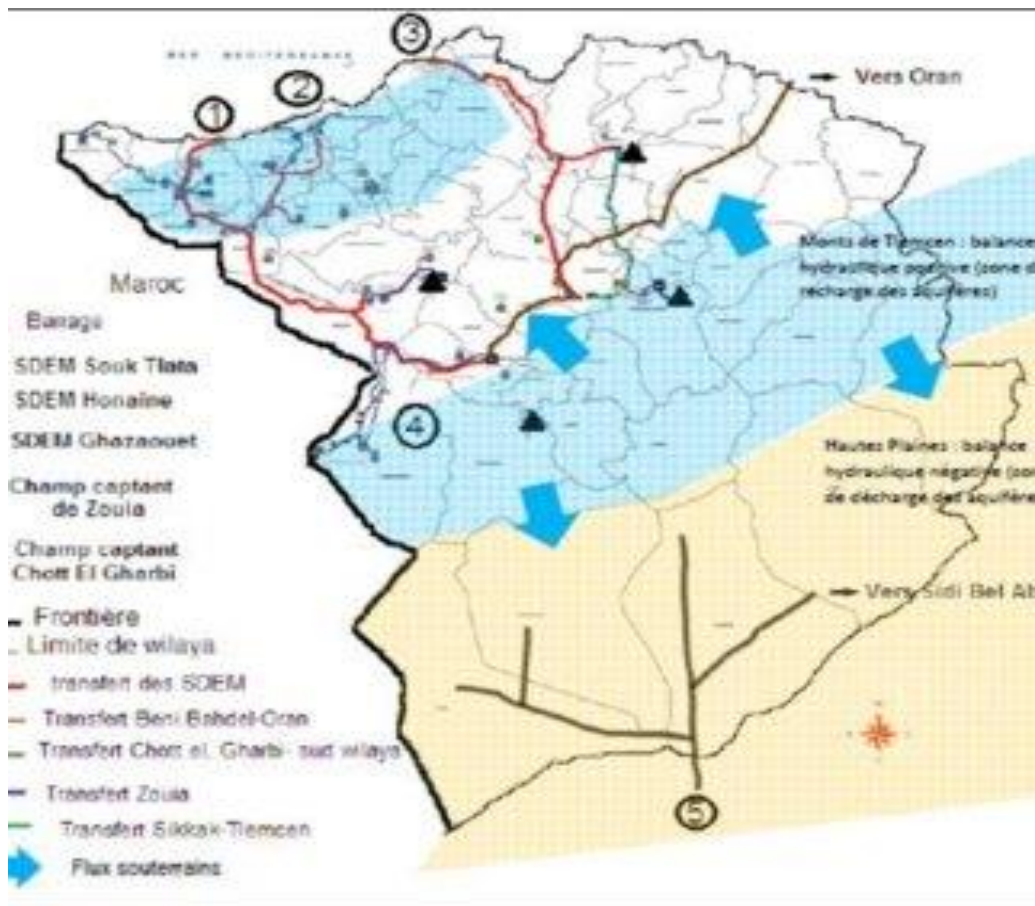
Les anciennes alluvions, quant à elles, comprennent des marnes alluvionnaires verdâtres, des limons, des graviers et des galets.

### **I-5- Synthèse hydrogéologique**

La nature des formations géologiques qui apparaissent dans les bassins versants a un impact sur la distribution des écoulements de surface.

Par exemple, un bassin composé de matériaux très perméables et couvert d'une végétation dense aura généralement une faible densité de drainage, ce qui permettra une infiltration optimale des eaux de surface.

D'autre part, un bassin formé de roches imperméables mais friables et érodables, telles que les marnes et les argiles, et présentant une végétation moins dense, aura souvent une densité de drainage élevée, favorisant ainsi l'écoulement des eaux de surface plutôt que leur infiltration.



**Figure 5:** L'exploitation des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie)

### I-5-1- Formations à fort potentiel aquifère

Ces formations géologiques comprennent des roches calcaréo-dolomitiques telles que la dolomie de Tlemcen et de Terny, des roches gréseuses comme le grès de Merchiche et des formations plus récentes datant du Plioquaternaire.

Bien qu'elles diffèrent en termes de structure physique et de composition chimique, ces formations ont en commun une capacité élevée d'accumulation d'eau, en particulier les massifs dolomitiques qui sont responsables de nombreuses sources karstiques.

## **Dolomie de Tlemcen**

Ces formations géologiques, appelées Dolomie de Tlemcen, sont principalement exposées dans les parties nord-ouest et nord-est du bassin, avec les calcaires de Zarifet qui les soutendent.

## **Alluvions plio-quaternaires**

Dans cette considération, nous incluons à la fois les sédiments récents déposés le long des cours d'eau, ainsi que les terrasses, les croûtes calcaires anciennes du Quaternaire et les conglomérats remplissant le fossé de Beni-Bahdel.

Bien que leur épaisseur soit généralement mince, ces formations s'étendent sur une grande superficie, ce qui favorise le développement d'une nappe phréatique plus ou moins continue et facilement exploitable. Parmi les sources qui proviennent de ces formations, on peut citer :

### **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 :

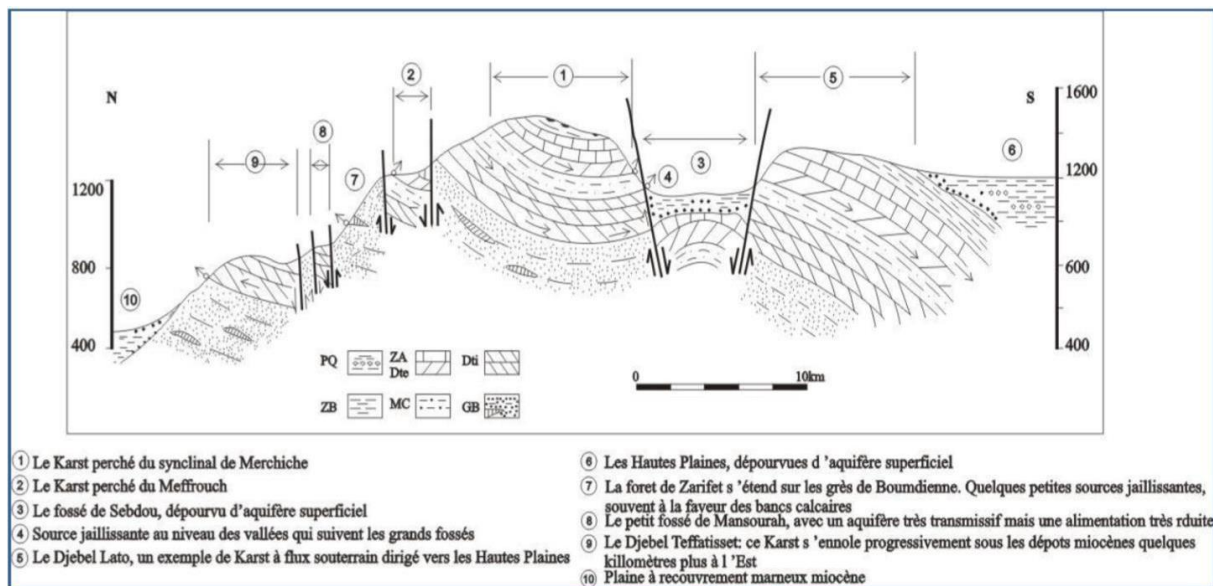
### **I-5-3- Formations à faible potentiel aquifère**

#### **Grès de Bou-Médine**

Ce paragraphe parle des propriétés des grès qui ont une perméabilité généralement faible ou nulle, à l'exception des bancs de grès plus épais qui ont une perméabilité accrue grâce aux diaclases et aux lentilles calcaires aquifères incluses. Ils maintiennent le niveau aquifère des dolomies de Tlemcen en raison des formations marneuses intercalées.

**Marno-calcaires de Raourai, Hariga et d'Ouled Mimoun** : Bien que les niveaux calcaires puissent être perméables, ils ne le sont pas dans le sens vertical.

- **Argiles de Lamoricière** : Il n'y a pas de réserves d'eau souterraine présentes ici. L'analyse des caractéristiques hydrogéologiques des différentes formations révèle la présence de trois types d'aquifères :
  - - Les aquifères perchés, qui sont entièrement confinés par des couches imperméables ;
  - - Les aquifères inclinés vers le nord, situés sous les terrains miocènes ;
  - - Les aquifères inclinés vers le sud, situés 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 du sol par la végétation a un impact direct sur le débit des cours d'eau, en complément des facteurs orographiques et climatiques.

Plus la couverture végétale est dense, plus la résistance à l'écoulement est forte. Dans les régions méditerranéennes, cette influence est considérable. Malheureusement, dans le bassin de l'Oued Beni-Bahdel, le paysage végétal a été largement dégradé par des pratiques agricoles intensives et le surpâturage, en plus des incendies.

Cela a entraîné une évaporation accrue de l'eau et une augmentation de l'érosion. En ce qui concerne la répartition de la végétation dans le bassin, nous avons classé les différentes formes de cultures comme suit

- **Cultures extensives :** Toutes les cultures annuelles, y compris les cultures céréalières, les cultures maraîchères et les systèmes agroforestiers associant la culture d'arbres fruitiers et de légumes, sont incluses dans cette catégorie.
- **Couvert forestier dégradé :** Dans cette catégorie, nous incluons les maquis et les forêts claires, ainsi que les zones en cours de reboisement. Nous y incluons également les forêts et les maquis qui ont subi une dégradation due à l'exploitation excessive des ressources

forestières, au pâturage sauvage et non réglementé qui empêche la régénération, au déboisement total pour permettre d'autres cultures, et aux dommages causés par les incendies.

- **Couvert forestier normal** : Ce paragraphe décrit une zone qui est principalement composée de forêts et de maquis qui n'ont pas été altérés par l'activité humaine (comme le pâturage excessif ou le déboisement) ou par des incendies.
- **Couvert mort** : Le terme "terrains nus" fait référence à toutes les surfaces qui ne présentent aucune forme de végétation ou de culture utilisable, et qui sont devenues nues en raison de l'érosion ou d'autres formes de dégradation.
- **Arboriculture** : On trouve principalement dans cette catégorie les vignobles, les oliveraies, ainsi que des plantations d'agrumes, de vergers et de mûriers en quantités moindres.
- **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
<b>Cultures extensives</b>	4123	16.14
<b>Couvert forestier dégradé</b>	8645	33.84
<b>Couvert forestier normal</b>	5564	21.78
	497	01.94
<b>Arboriculture</b>	2459	09.62
<b>Couvert mort</b>	4261	16.68
<b>Prairies et terrains de pacage</b>		

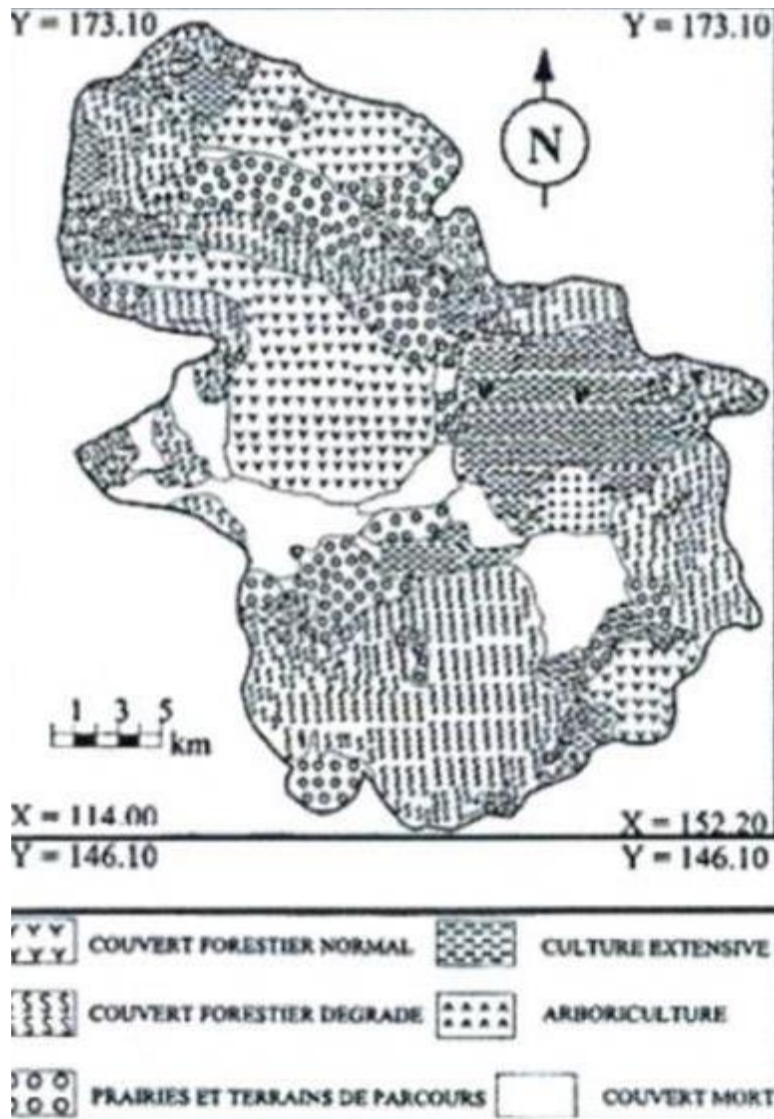
**Tableau 1:** Distribution du couvert végétal dans le bassin d'oued Beni-Bahdel (BNEDER, 1993)

La végétation dans le bassin est étroitement liée à la pluviométrie. Dans la partie Sud, les zones en cours de reboisement,

- les forêts claires et le couvert mort sont les plus dominants. Ces types de couverture végétale ne protègent pas suffisamment le sol contre l'érosion, ce qui est particulièrement préoccupant dans les zones où la pente dépasse 25 %.

Ces zones sont considérées comme étant très sujettes à l'érosion (Tableau 2). Les sols dans cette zone peuvent être divisés en trois classes : les sols calcaires, qui couvrent une grande partie du bassin et qui sont utilisés pour l'arboriculture et l'élevage de montagne ;

- les sols alluvionnaires de la cuvette de Sebdou, où se trouvent de nombreuses sources ; et les sols constitués de croûtes calcaréo-gréseuses, marno-gréseuses et argiles de calcification, qui sont recouverts de forêts bien développées (Bouanani, 2004).



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

La répartition de la végétation dans la région est étroitement liée à la pluviométrie, à la nature et à la texture du sol, ainsi qu'aux activités humaines.

Environ 9,62% de la superficie du bassin est recouvert d'un couvert végétal mort et 33,84% d'un couvert forestier dégradé, ce qui signifie que plus de 43% de la surface est vulnérable à l'érosion hydrique. Les zones de pâturage (souvent tassées) occupent 16,68% de la superficie et les cultures extensives (instables) sont pratiquées sur 16,14% de la superficie, ce qui offre une moindre protection du sol par rapport aux couverts forestiers et agroforestiers.

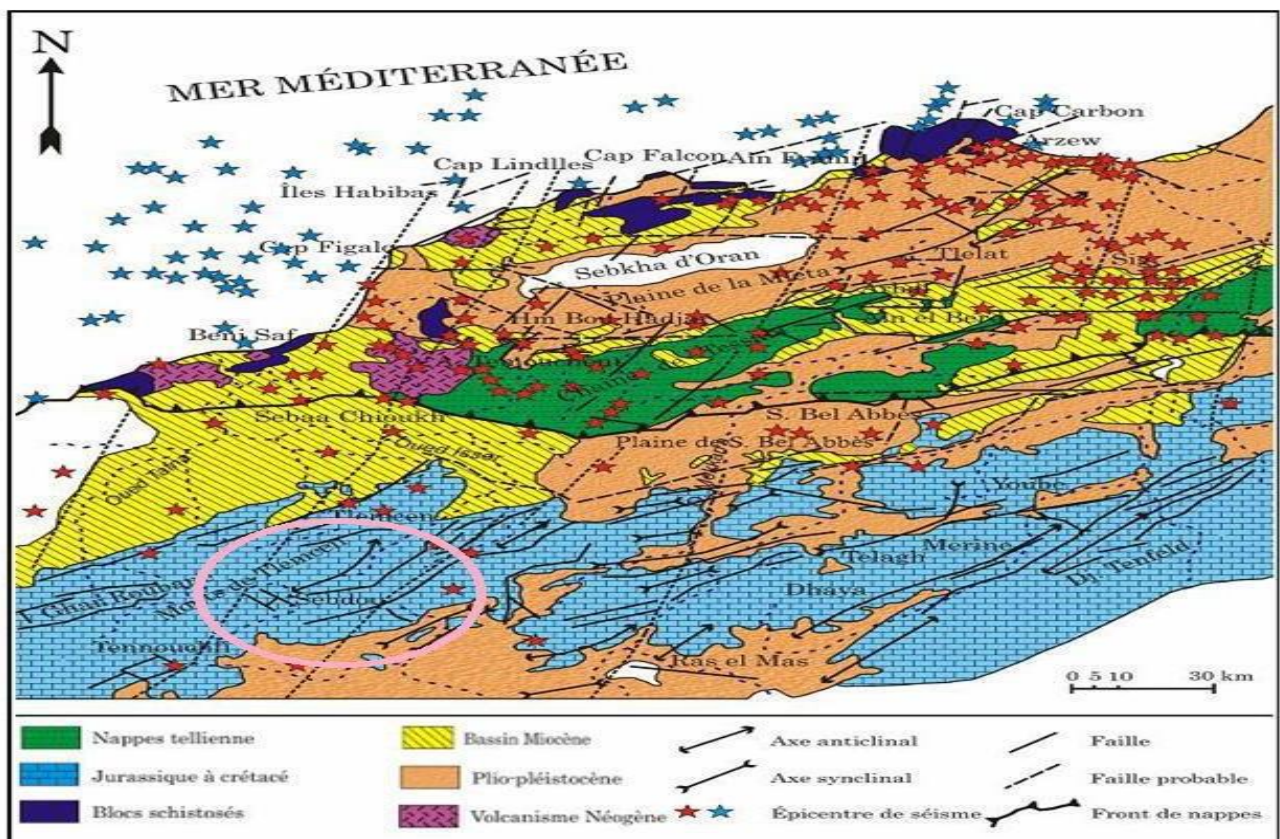


Dans la partie Sud du bassin, qui est en majorité composée de pentes raides (>25%) et de formations marneuses alternées, on trouve principalement des couverts forestiers dégradés ou morts, qui produisent des sédiments.

Les couverts forestiers normaux et l'arboriculture occupent respectivement 21,78% et 1,94% de la superficie totale du bassin versant. (Megnounif et al, 2003) ; (Bouanani, 2004).

### I-7- Synthèse structurale :

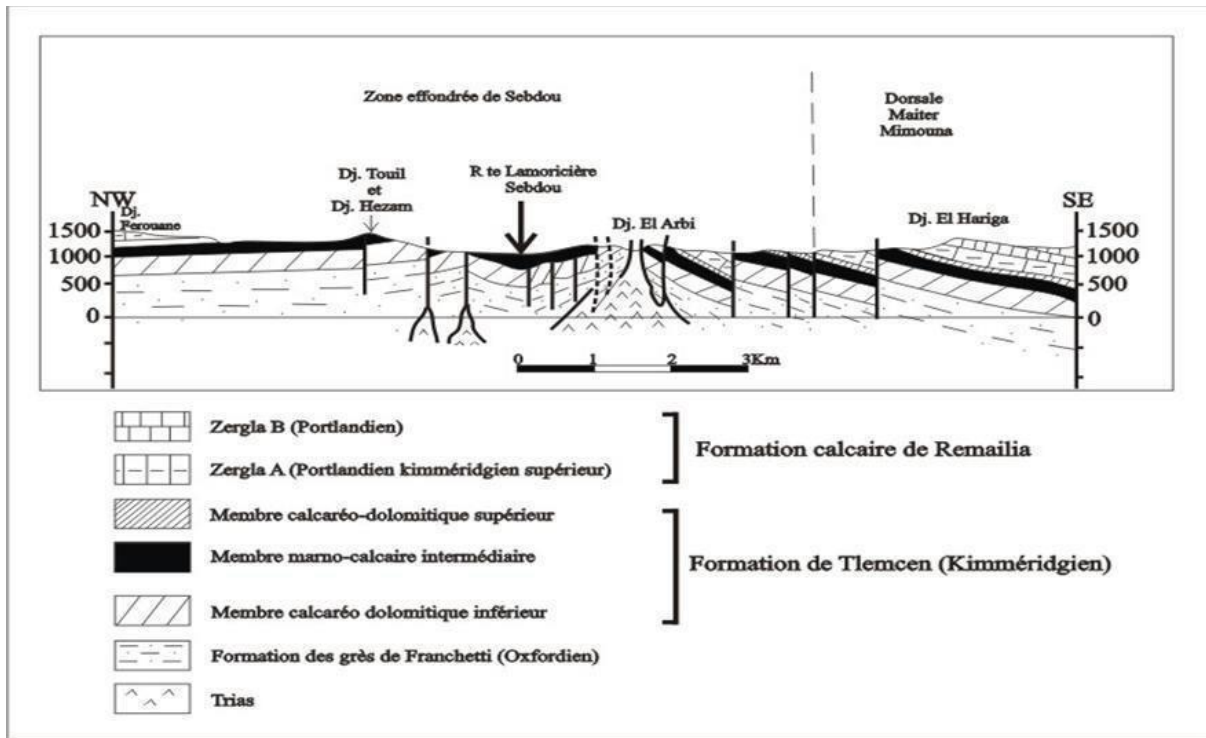
L'histoire géologique de l'Algérie du Nord est caractérisée par les mouvements hercyniens et alpins qui ont donné naissance à plusieurs régions distinctes.



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

Dans la région de l'Oranie, on trouve du Nord au Sud les domaines suivants : le domaine Tellien, les Monts de Tlemcen (parfois appelés Meseta Oranaise), le domaine atlasique et le domaine saharien.

Les Monts de Tlemcen, qui sont une région plissée située dans un craton, séparent le domaine nappé du Tell au nord du domaine stable des hautes plaines oranaises au sud.



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

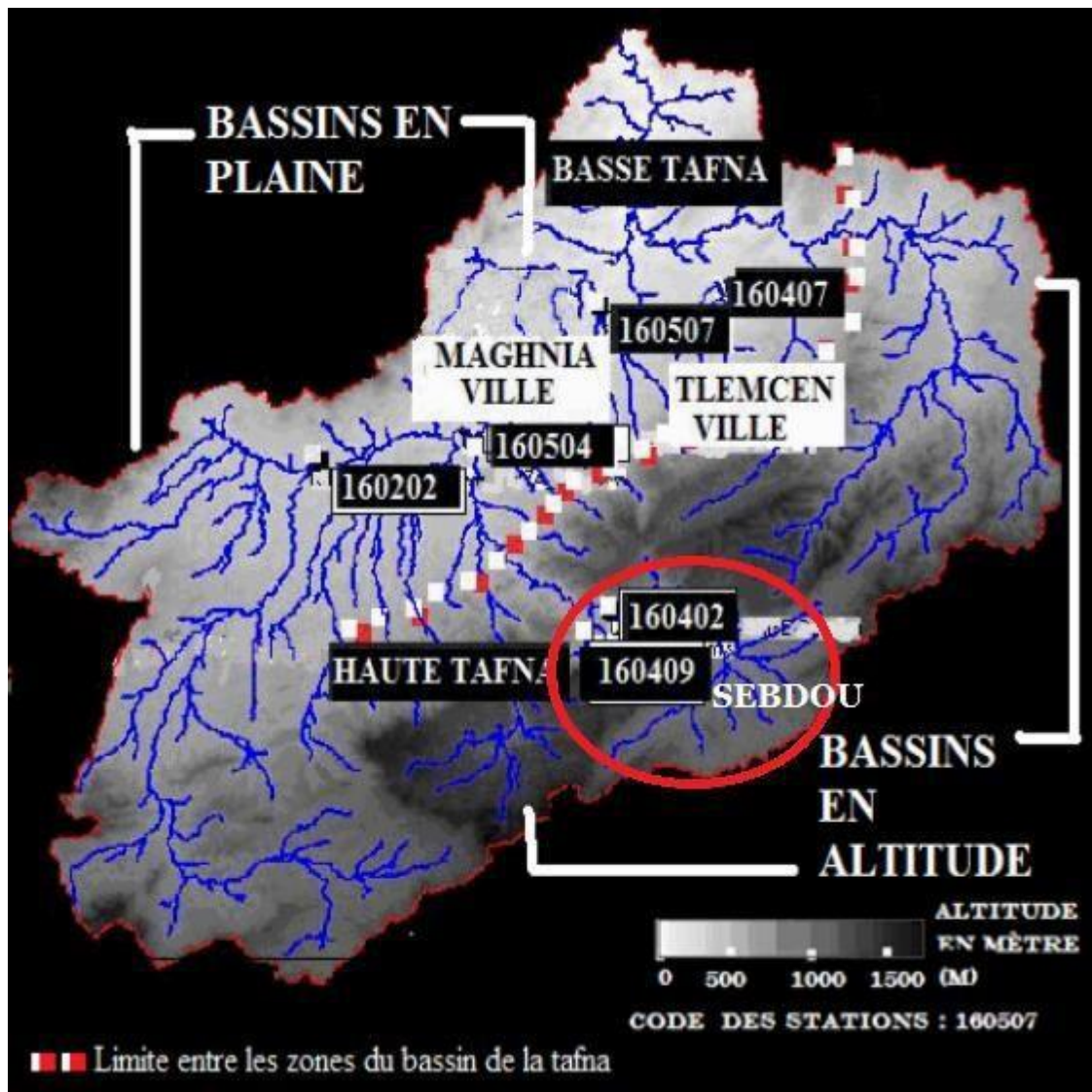
### **I-8- Aperçu géomorphologique**

Le tracé du réseau hydrographique est largement lié aux phénomènes structuraux qui ont affecté la région à travers les temps géologiques.

Le système hydrographique suit de près les principales caractéristiques qui ont impacté les formations carbonatées du Jurassique et change en fonction de l'évolution de la tectonique. Le bassin versant de l'Oued Beni-Bahdel a un réseau hydrographique peu organisé mais bien drainé ( $R_c < 2$ ).

Son cours d'eau principal est long de 28 km, partant d'Ouled Ouriach près de Ghar Boumaaza à une altitude de 1300 m et coule principalement aux abords de la ville de Beni-Bahdel à une altitude de 900 m.

Le cours de la rivière traverse une vallée étroite, partant de Beni-Bahdel et atteignant Sidi Medjahed, et suit une direction sud-est à nord-ouest jusqu'à ce qu'il atteigne le barrage de Beni Bahdel

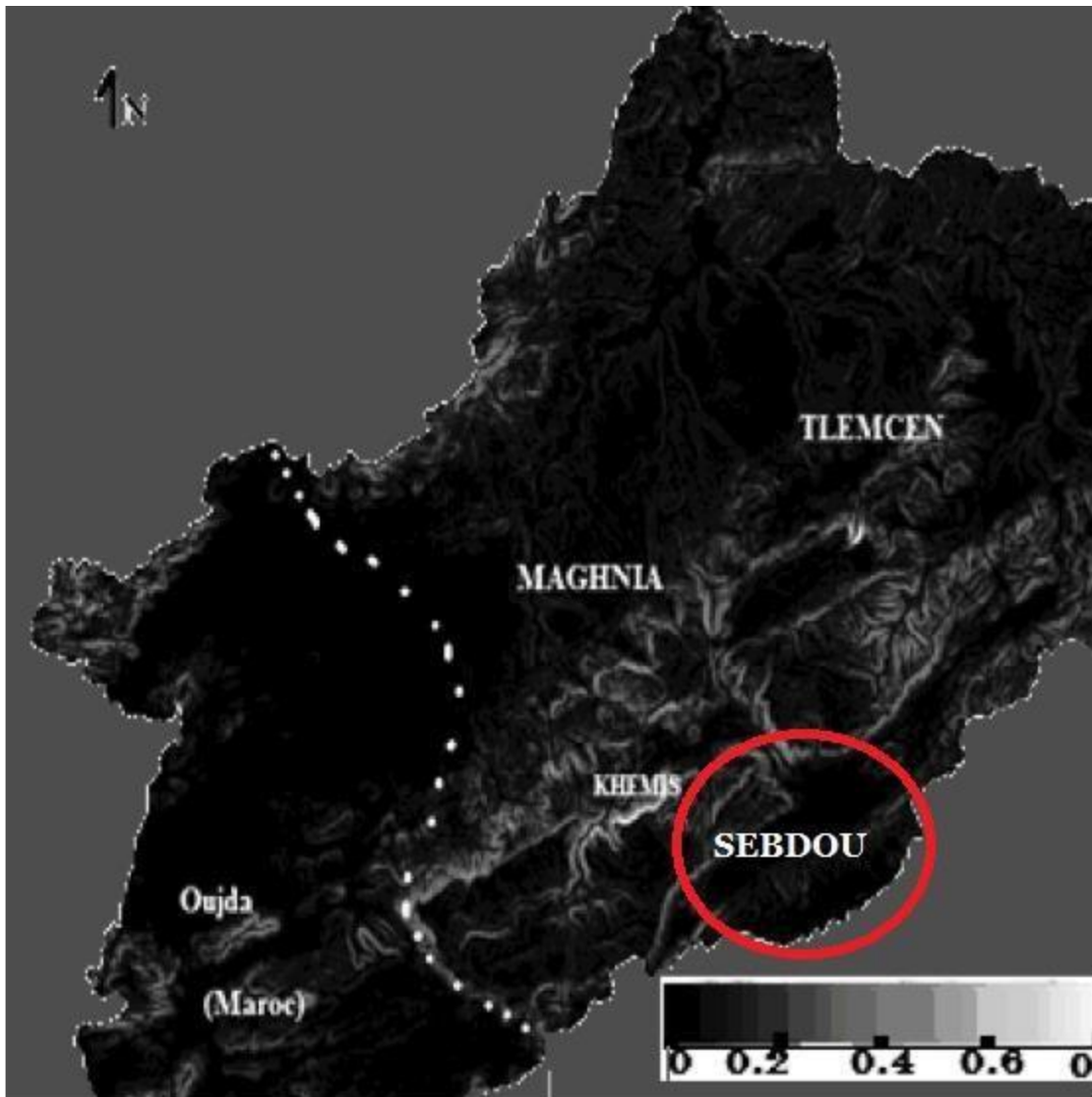


**Figure 10 : Le schéma représenté sur la met en évidence la morphologie du bassin de Béni-Bahde Topographie et réseau de thalwegs) (Bakreti, 2014).**

La zone étudiée par la station hydrométrique de Béni Bahdel couvre une superficie de 603 km<sup>2</sup>, dépassant ainsi la superficie habituellement attribuée au bassin de Beni-Bahdel. Cela suggère que la délimitation réelle du bassin est incertaine, comme le montre le modèle numérique de terrain.

Cette région comprend des horsts dont l'altitude dépasse 1110 m et des fossés d'effondrement correspondant à la zone dite effondrée de Beni-Bahdel, où l'altitude avoisine les 850 m.

L'état d'érosion dans ce bassin est similaire à celui du bassin de Khemis, avec une tendance vers un équilibre relatif, selon l'étude de Bakreti en 2014.



**Figure 11 : Géomorphologie du bassin de Beni-Bahdel (carte de pentes) (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 (Dd), le rapport de confluence (Rc) et le rapport des longueurs (Rl).

<b>bassin</b>	<b>D</b>	<b>Rc</b>	<b>RI</b>
<b>Beni_behdel</b>	<b>2,88</b>	<b>3,43</b>	<b>2,38</b>

**Tableau 2: Paramètres morphométriques des principales unités hydrologiques**

### **De l'Oued Beni-Bahdel**

#### **1-8-1- Densité de drainage**

La densité de drainage est définie par :

$$\mathbf{Dd} = \Sigma \mathbf{L} / \mathbf{A}$$

Où,

**Dd** : densité de drainage en km/km<sup>2</sup>.

**L** : longueur cumulée de tous les thalwegs du bassin en km. **A** : aire du bassin en km<sup>2</sup>.

#### **1-8-2- Rapport de confluence**

Il est défini par :

$$\mathbf{Rc} = \mathbf{Nn} / \mathbf{N(n+1)}$$

Où,

**Rc** : rapport de confluence.

**Nc** : 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.

### **1-8-3- Rapport des longueurs**

La définition est la suivante :

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

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

La densité de drainage mesurée dans ce bassin est de 2,88 km/km<sup>2</sup>, ce qui le place dans la catégorie des bassins les plus petits.

Cela indique que l'Oued Beni-Bahdel a un bon drainage en raison de la nature des formations géologiques qui le composent ainsi que des pentes raides des versants.

Le régime climatique, caractérisé par des précipitations irrégulières et intenses, joue également un rôle important dans l'importance du drainage.

La plupart des pentes dans le bassin sont très raides, avec 49,0% de la superficie ayant une pente supérieure à 25% (comme indiqué dans le Tableau 2 et la Figure 3).

Cette catégorie de pente est principalement localisée dans les zones montagneuses du nord et du sud du bassin. Dans la région du fossé de Beni-Bahdel, les pentes deviennent plus douces et oscillent entre 0 et 3%, couvrant 10,50% de la surface totale du bassin.

À partir de cette zone, les pentes augmentent pour atteindre des valeurs de 3 à 12% sur une superficie de 31,20% du bassin, et de 12 à 25% sur une superficie de 9,30% de la superficie totale du bassin.

<b>Tranches d'altitudes</b>	<b>Ai (Km2)</b>	<b>Ai cumulées (Km2)</b>	<b>Ai %</b>	<b>% Ai cumulés</b>	<b>% altitudes cumulés</b>
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)**

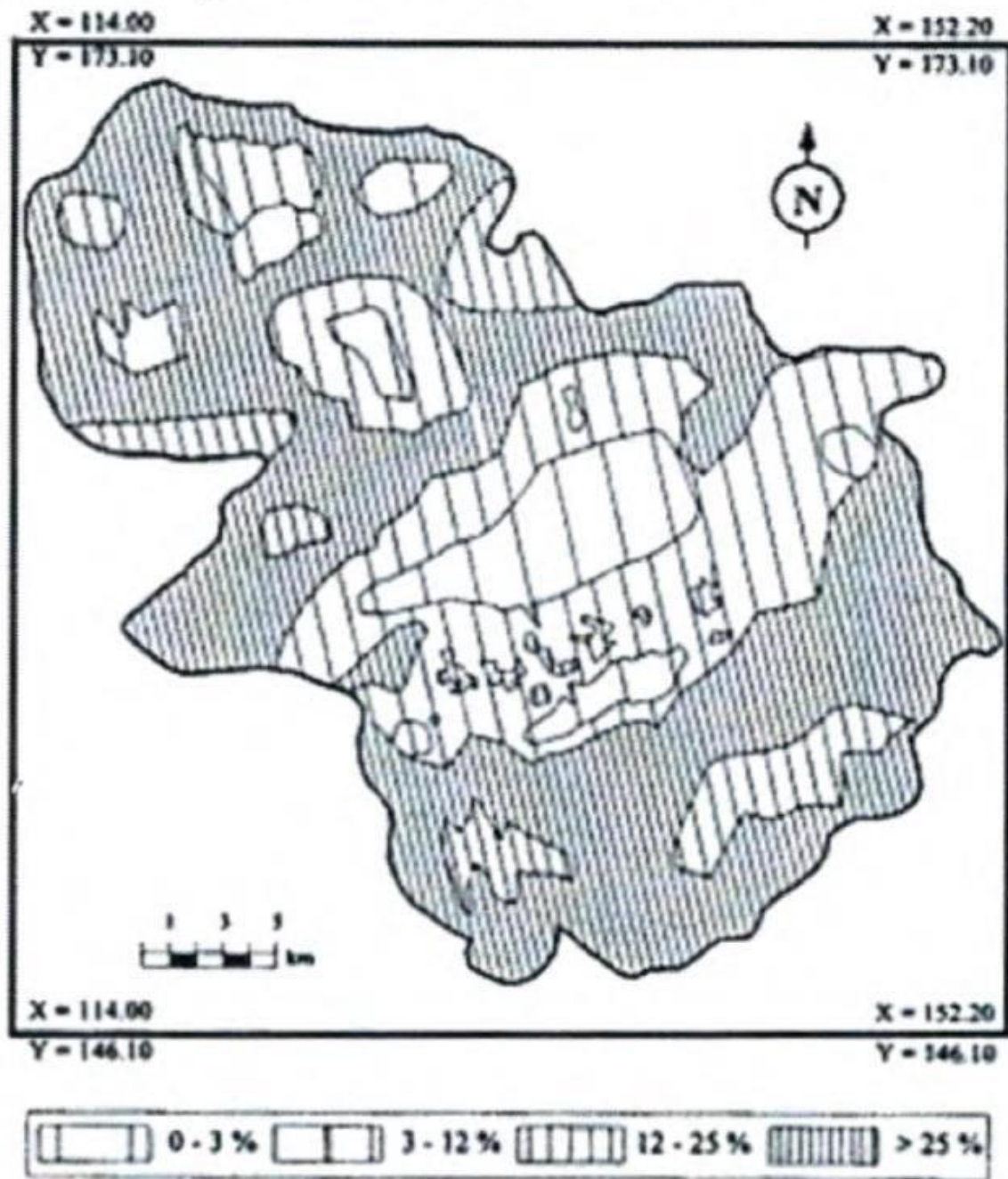


Figure 12 : Carte de pente de l'Oued Beni-Bahdel (Bouanani, 2004)



## **Conclusion**

En conclusion, le bassin versant de Beni-Bahdel présente des caractéristiques géologiques, physiques et hydrogéologiques uniques, qui ont une grande influence sur son climat et son hydrologie.

Le climat de type méditerranéen, les montagnes de Tlemcen, la géologie complexe et la série lithostratigraphique variée jouent tous un rôle dans les précipitations, la composition du sol et la densité de drainage de la région.

Les roches imperméables mais friables et érodables, telles que les marnes et les argiles, entraînent souvent un écoulement des eaux de surface plutôt qu'une infiltration.

Cette compréhension de la région de Beni-Bahdel est essentielle pour une gestion efficace des ressources en eau et une meilleure compréhension des risques liés aux inondations et aux sécheresses.

# **Chapitre II**

## **Application à la zone d'étude**

## II-1. Introduction

Les précipitations constituent le principal "apport" aux principaux systèmes hydrologiques continentaux, c'est-à-dire aux bassins versants. (Musy, 2005).

Les précipitations sont l'ensemble des eaux courantes qui tombent à la surface de la terre, sous forme liquide (brume, pluie et crachin) et solide (neige, grésil et grêle), ainsi que les précipitations déposées et cachées (rosée, gelée blanche, brouillard et glace). Elles sont causées par des changements de température et de pression atmosphérique. (Musy, 2005)

Par ailleurs, les précipitations sont l'un des processus hydrologiques les plus variables, d'une part, elles se caractérisent par une grande variabilité dans l'espace, quelle que soit l'échelle spatiale considérée (régionale, locale, etc.). D'autre part, les précipitations sont caractérisées par une grande variabilité dans le temps, tant à l'échelle annuelle qu'à l'échelle des événements pluvieux (Musy, 2005) .

En d'autres termes, les précipitations sont la composante la plus importante du climat, tant pour les organismes que pour l'environnement. C'est pourquoi la plupart des études et des analyses sont basées sur les précipitations plutôt que sur d'autres paramètres climatiques. Toutes les ressources en eau de surface et souterraines sont régulées par les précipitations. L'analyse de la variabilité des précipitations est d'une grande importance pour la prévision et la gestion des ressources en eau. Pour mieux l'étudier, il est intéressant d'essayer de situer les changements temporels des précipitations observés au cours des 42 dernières années dans la chronologie pluviométrique de cette période, de sorte que les précipitations soient considérées comme le paramètre le plus important dans l'évolution des ressources en eau.

En Algérie, les précipitations deviennent plus irrégulières. les précipitations diminuent du nord au sud et de l'est à l'ouest. Ainsi, en termes de quantité tombée, le climat algérien est caractérisé par un manque et une irrégularité des pluies dans différentes régions, non seulement irrégulières d'une saison à l'autre, mais aussi par une augmentation de la saison sèche d'une année à l'autre.

Ce chapitre rapporte les résultats d'une étude pluviométrique de la variabilité annuelle des précipitations sur une période de 20 ans (1975-1995) dans la région de Beni Bahdel à l'ouest de l'Algérie.

## **II-2. Méthode appliquée**

### **II-2-1. La concentration pluviométrique**

Le climat est de type méditerranéen semi-aride, avec une saison des pluies en hiver et une saison sèche en été. Les mois les plus humides sont décembre (74 mm) et mars (71 mm). Depuis 1939, les précipitations annuelles moyennes mesurées à la station de Beni-Bahdel (X = 34°42'33" ; Y = 01°29'48", Z = 660 m) sont de 481,5 mm.

D'autre part, depuis 1975, la région est confrontée à une sécheresse persistante. En conséquence, les précipitations ont diminué d'environ 18 %. La répartition de la végétation dans le bassin versant est fonction des précipitations, du type de sol et de l'activité humaine. Dans la partie nord du bassin versant, les croûtes de grès calcaire et marneux et l'argile décalcifiée sont recouvertes d'une végétation forestière (20 % de la superficie totale du bassin versant). On y pratique l'arboriculture fruitière et l'élevage de montagne.

Dans le sud, caractérisé par des pentes relativement élevées, on trouve des forêts claires. La protection des sols est toutefois insuffisante. Sur les pentes détruites par l'agriculture, le reboisement est en cours. Enfin, les sols alluviaux du bassin de Sebdou (16 % de la superficie totale du bassin) sont principalement utilisés pour la culture de céréales à grande échelle.

En ce qui concerne le régime des précipitations, les totaux annuels des précipitations ont été calculés pour 20 ans. Les totaux annuels ont également été calculés sur une base mensuelle. Pour obtenir plus d'informations sur les changements saisonniers, nous avons décidé d'estimer un indice de concentration des précipitations appelé PCI (Oliver, 1980), qui est le plus souvent proposé dans des études similaires. Cet indice est obtenu par l'équation suivante.

D'après le tableau suivant :

	Hydrom_b bahdel brge	pluvio_beni bahdel brge
	160402	160403
Années	OJ	PJ
01/09/1975	1,15	0
02/09/1975	1,15	0
03/09/1975	1,15	0
04/09/1975	1,15	0
05/09/1975	1,15	0
06/09/1975	1,15	0
07/09/1975	1,15	0
08/09/1975	1,15	0
09/09/1975	1,15	0
10/09/1975	1,15	0
11/09/1975	1,15	0
12/09/1975	1,15	0
13/09/1975	1,15	0
14/09/1975	1,08	0
15/09/1975	1,08	0

**Tableau 4 : Les données hydrom\_pluvio de Beni Bahdel**

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

i= 1, ...,12 avec Pi= précipitations mensuelles en mm et Pa= précipitations annuelles en mm.

Interprétation basée sur le commentaire du tableau 5.

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

**Tableau 5 :Indice de concentration des précipitations Oliver (1980).**

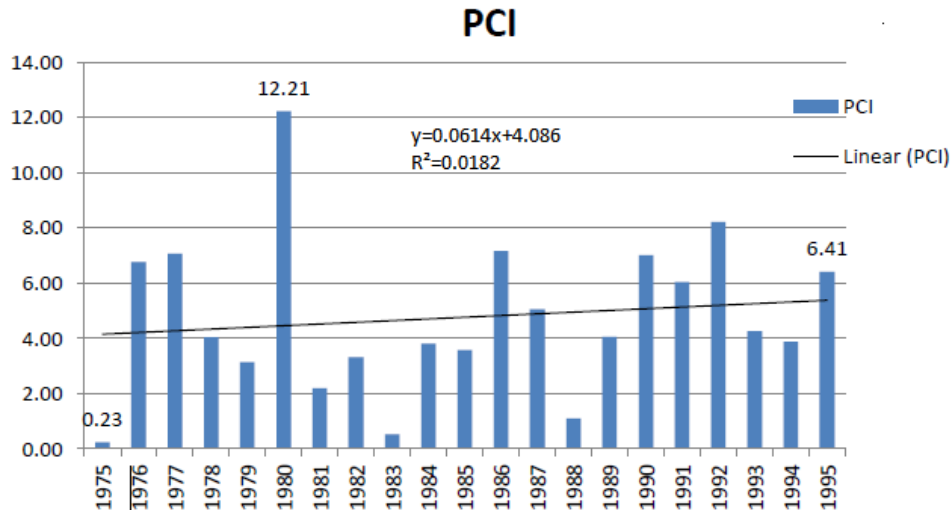
D'après Olivier :

- 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.

## II-3. Résultats et interprétations

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

La figure 13 montre l'indice saisonnier du PCI, la majorité des valeurs étant toutes inférieures à 10, ce qui reflète une saisonnalité uniforme, et une valeur comprise dans la fourchette [11-15] reflétant une saisonnalité modérée.



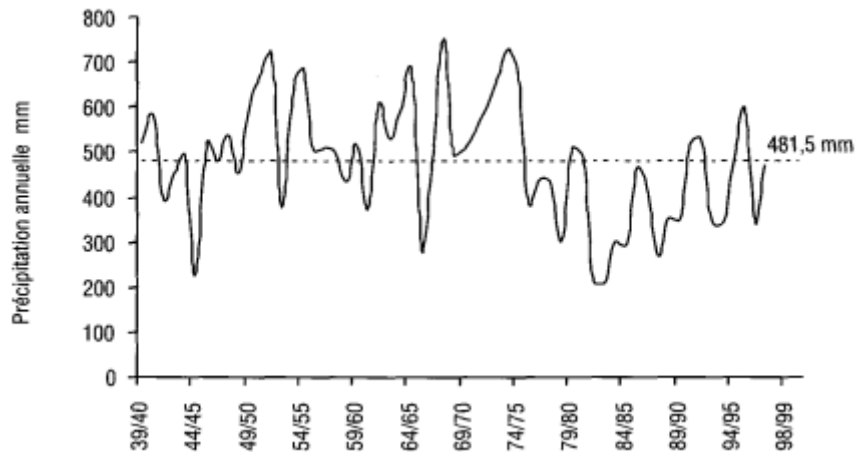
**Figure 13 : Représentations de l'indice de concentration des précipitations pour le bassin étudié de Béni- Bahdel**

### II-3-2. Précipitations mensuelles

La distribution spatiale des précipitations est influencée par le relief et varie de 85,8 à 623,4 mm en moyenne par an tableau 5. Elle augmente linéairement avec le temps figure 14.

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 6 : Principales caractéristiques des stations pluviométriques.**

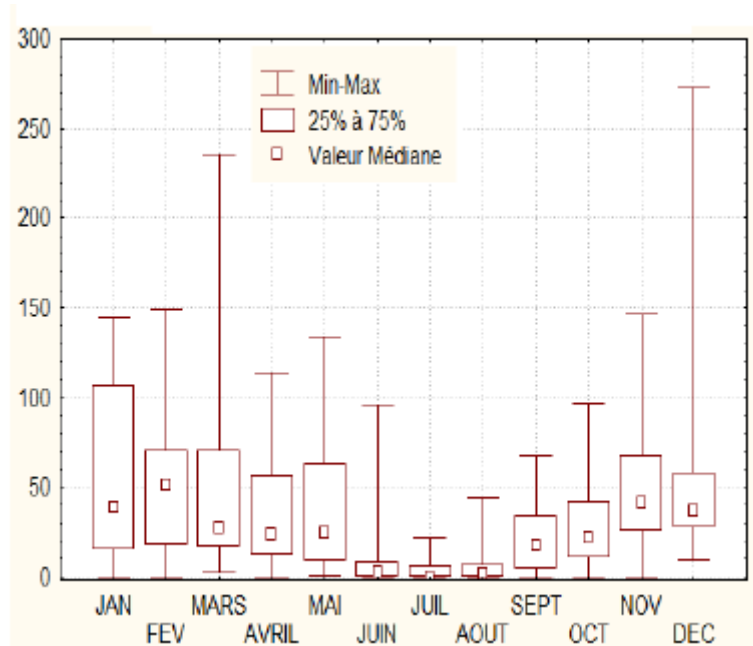


**Figure 14 :Variation inter annuelle des précipitations. Station de Beni Bahdel (1939-1940 a 1997-1998)**

### II-3-3. Précipitations mensuelles

Le schéma des précipitations mensuelles est présenté dans la figure 15. La période la plus sèche s'étend de juin à août pour toutes les stations. Des minima sont également observés pendant les mois d'été (juin, juillet et août), tandis que les mois d'hiver, de printemps et d'automne sont clairement les plus humides,

C'est au printemps et en automne que les précipitations sont les plus élevées. La même figure montre qu'il existe une forte variation interannuelle des précipitations pour chaque mois, qui est particulièrement évidente pour les mois les plus humides (automne et hiver). Il existe des différences relativement marquées dans les précipitations au cours de la période étudiée, avec des précipitations plus importantes dans les stations où des mesures d'allègement ont été prises.



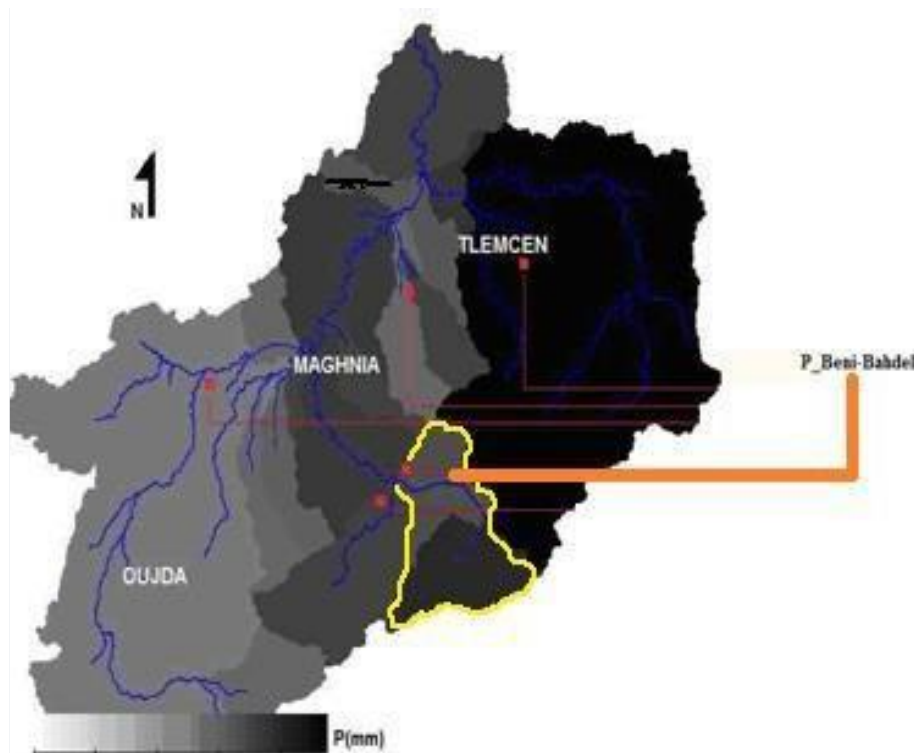
**Figure 15 Moyenne des précipitations mensuelles station de Beni-Bahdel**

#### II-3-4. Régime annuel des précipitations

La distribution annuelle des précipitations cumulées dans nos stations est illustrée. On constate que notre région est exposée à des conditions climatiques assez particulières.

La distribution des précipitations annuelles met en évidence le contraste entre les hautes et les basses terres. (La modélisation numérique du terrain par rapport à la distribution des précipitations annuelles illustre bien cette différence en examinant le niveau des stations en montagne (Beni-Bahdel) qui est de l'ordre de 400 mm). La figure 16 l'illustre. On observe des variations annuelles relativement importantes, avec un quartile d'environ 150 mm.





**Figure 16 : Carte de la répartition des précipitations du bassin étudié.**

#### **II-4. Conclusion partielle**

La distribution des précipitations dans la zone de Beni Bahdel étudiée dans ce chapitre montre un contraste marqué par rapport à la quantité de pluie reçue par le bassin versant. Le bassin versant de Beni Bahdel, qui comprend en partie la zone de Sebdou, semble recevoir plus de précipitations que la partie inférieure du bassin versant vers l'embouchure du barrage.

## **Chapitre 3**

### **Application de la méthode**

### **green & aumpt au niveau du bassin étudié**

### **III-1. Introduction**

Afin de mieux gérer les précipitations et de dimensionner correctement les ouvrages hydrauliques nécessaires pour gérer et contrôler les écoulements d'eau par des canaux, il est nécessaire de définir la pluie de projet.

Cette pluie est généralement fictive et est représentée par un hyétogramme synthétique qui indique l'intensité de la pluie sur une période spécifique. Une fréquence statistique, souvent exprimée en termes de période de retour, doit être attribuée à la pluie de projet en fonction des objectifs de protection visés.

Les propriétés d'une pluie de projet dépendent de plusieurs facteurs, notamment la durée de la pluie, l'intensité maximale et la hauteur totale de la pluie, pour une fréquence donnée.

La durée est souvent établie en fonction du temps de concentration du bassin versant drainé par l'ouvrage.

Pour les petits bassins versants ruraux et en milieu urbain, la durée de la pluie de projet peut être courte, allant de quelques minutes à quelques heures.

La période de retour est généralement comprise entre 2 et 100 ans. Les courbes de production jouent donc un rôle important dans la construction de pluies de projet. Leur élaboration est basée sur l'analyse statistique des intensités de pluie extrêmes en utilisant des séries de données pluviométriques.

Dans les bassins versants ruraux et urbains de petite taille, la durée de pluie peut être brève, allant de quelques minutes à quelques heures.

Ces courbes sont une composante importante de la construction des pluies de projet et leur élaboration implique une analyse statistique des intensités de pluie extrêmes à partir de séries de mesures pluviométriques. Cela est décrit dans l'étude de Sane et al. (2018).

Les courbes de production offrent plusieurs avantages car elles permettent de combler une lacune dans les études hydrologiques, étant donné qu'à notre connaissance, elles n'ont jamais été établies auparavant pour le bassin de Béni-Bahdel.

Elles sont le résultat de l'application de méthodologies probabilistes efficaces sur des récurrences importantes.

### **III-2-Définition de la méthode Green & Ampt**

La méthode Green et Ampt est une méthode utilisée en hydrogéologie pour estimer la vitesse d'infiltration de l'eau dans un sol non saturé. Elle a été développée par Green et Ampt en 1911 et est largement utilisée pour évaluer l'infiltration de l'eau dans les sols lors de la modélisation des écoulements souterrains.

La méthode Green et Ampt repose sur l'idée que l'infiltration de l'eau dans le sol se produit par la formation d'une surface mouillée à l'interface entre le sol sec et l'eau infiltrante. Cette méthode suppose que la tension capillaire à l'interface est suffisamment faible pour permettre la rupture des forces de rétention capillaire et l'infiltration de l'eau.

La méthode Green et Ampt prend en compte plusieurs paramètres, tels que la conductivité hydraulique du sol, la tension capillaire, la capacité de rétention en eau du sol, la profondeur initiale de l'eau et le temps d'infiltration. Elle permet de calculer le débit d'infiltration initial, c'est-à-dire la quantité d'eau qui pénètre dans le sol par unité de surface et de temps.

L'utilisation de la méthode Green et Ampt nécessite la connaissance de certaines propriétés du sol, qui peuvent être mesurées sur le terrain ou estimées à partir de données disponibles. Cette méthode est utilisée dans divers domaines, tels que la gestion des ressources en eau, l'agriculture, l'ingénierie environnementale et la modélisation des écoulements souterrains.

Il convient de noter que depuis le développement initial de la méthode Green et Ampt, plusieurs variantes et améliorations ont été proposées pour tenir compte de diverses conditions du sol et d'autres facteurs influençant l'infiltration de l'eau. Par conséquent, il existe différentes versions de la méthode Green et Ampt qui peuvent être adaptées en fonction des besoins spécifiques de l'étude ou de l'application.

### **III-3 Méthode PHI**

La méthode PHI (Potentiel Hydrogéologique d'Infiltration) est une approche utilisée en hydrogéologie pour évaluer le potentiel d'infiltration de l'eau dans un sol ou une formation géologique. Cette méthode vise à estimer la capacité d'un matériau à permettre le passage de l'eau à travers lui.

La méthode PHI repose sur la mesure de la conductivité hydraulique du sol ou de la formation géologique. La conductivité hydraulique représente la capacité d'un matériau à permettre le déplacement de l'eau à travers ses pores ou ses fissures. Elle est généralement exprimée en unités de vitesse, comme le mètre par jour (m/j) ou le centimètre par heure (cm/h) Pour

appliquer la méthode PHI, on effectue des mesures de la conductivité hydraulique sur le terrain ou on utilise des données de conductivité hydraulique déjà disponibles. Ces mesures peuvent être réalisées à l'aide de différentes techniques, telles que les tests de perméabilité in situ, les essais de pompage ou les mesures en laboratoire sur des échantillons de sol.

Une fois que la conductivité hydraulique est connue, on peut utiliser des courbes ou des équations spécifiques pour estimer le potentiel d'infiltration du matériau. Ces courbes ou équations prennent en compte d'autres facteurs tels que la profondeur de la nappe d'eau, la texture du sol, la structure géologique, les caractéristiques des fissures, etc.

La méthode PHI est utile pour évaluer la capacité d'un sol ou d'une formation géologique à permettre l'infiltration de l'eau, ce qui peut avoir des implications importantes en termes de recharge des nappes souterraines, de gestion des eaux pluviales, de conception de systèmes de drainage ou de sélection de sites pour l'implantation de puits ou de captages d'eau.

Il convient de noter que la méthode PHI peut varier en fonction du contexte géologique et des objectifs spécifiques de l'étude. Différentes approches peuvent être utilisées pour estimer la conductivité hydraulique et évaluer le potentiel d'infiltration, en fonction des ressources disponibles et des conditions du site.

### **III-4 Séparation de l'écoulement**

En hydrogéologie, la séparation des écoulements fait référence à la distinction entre les différents types d'écoulements qui se produisent dans les systèmes aquifères. Cette distinction est importante pour comprendre et modéliser les flux d'eau souterraine de manière plus précise.

Les écoulements en hydrogéologie peuvent être classés en trois catégories principales :

**III-4-1. Écoulement de surface :** Il s'agit de l'écoulement de l'eau à la surface du sol, généralement provoqué par les précipitations. Cet écoulement peut se produire sous forme de ruissellement sur la surface du sol ou dans les cours d'eau, les ruisseaux et les rivières. L'écoulement de surface est influencé par la topographie, les caractéristiques du sol, l'intensité des précipitations et d'autres facteurs.

**III-4-2. Écoulement interstitiel :** Cet écoulement se produit à travers les vides et les pores présents dans le sol ou les formations géologiques. L'eau circule à travers les interstices du matériau géologique, généralement lentement, en raison de l'effet de rétention capillaire et de la résistance hydraulique du milieu. L'écoulement interstitiel est souvent influencé par la perméabilité et la porosité du matériau géologique, ainsi que par les gradients de pression.

**III-4-3. Écoulement souterrain :** Il s'agit de l'écoulement de l'eau dans les aquifères souterrains, qui sont des formations géologiques capables de stocker et de transmettre de grandes quantités d'eau. L'écoulement souterrain peut se produire à différentes échelles, allant des écoulements locaux à petite échelle entre les pores individuels, aux écoulements régionaux à grande échelle à travers des formations aquifères étendues. L'écoulement souterrain est influencé par des facteurs tels que la perméabilité des formations aquifères, les gradients de pression, la géométrie des aquifères et les conditions des limites.

La séparation des écoulements en hydrogéologie implique l'utilisation de techniques et de modèles pour estimer les proportions relatives de chaque type d'écoulement dans un système aquifère donné. Cela peut être réalisé en utilisant des données de terrain, des mesures de débit, des tests de pompage, des études géophysiques et des modèles mathématiques, entre autres méthodes

La séparation des écoulements est essentielle pour comprendre le comportement hydraulique des systèmes aquifères, prédire les écoulements d'eau souterraine, évaluer la recharge des aquifères, concevoir des ouvrages de gestion de l'eau et prendre des décisions éclairées en matière de gestion des ressources en eau.

### **III-5-Mise en œuvre de la méthode et synthèse**

La pluie nette représente la quantité de pluie qui ruisselle strictement sur la surface du terrain lors d'une averse. La pluie nette est déduite de la pluie totale, diminuée des fractions interceptées par la végétation et stockée dans les dépressions du terrain.

Notre étude, nous a mené à appliquer la méthode de Green et Ampt, la préparation des données ainsi que leur mise en œuvre pour des résultats représentatifs. Il a fallu mettre un filtre de correction par l'équation de la régression linéaire pour mettre en évidence la stationnarité des données (voire section précédente).

L'estimation du temps de submersion autrement dit, l'estimation de l'intensité constante de la pluie a été déterminé comme suit :

Tout d'abord, il faut commencer par :

\*La détermination du seuil de submersion noté  $t_{s\ qui}$  consiste à chercher un temps pour lequel la fonction d'infiltration du sol  $f$  égale l'intensité des précipitations  $i$ , c'est à dire  $f = i$ . A partir de l'expression de la fonction d'infiltration de Green & Ampt, on obtient :

\* L'estimation de la lame infiltrée (pluie d'intensité variable) à ce niveau nous avons comparer pour chaque début d'intervalle le taux d'infiltration  $f$  avec l'intensité de la pluie  $i$ , pour voir si le sol est capable d'absorber la pluie qui tombe. Cette étape, nous a permis ;

### III-5-1-L'estimation de la lame ruisselée

La séparation entre écoulement de surface et écoulement de base peut de manière graphique s'effectuer comme suit (figure.17)

Le point de discontinuité de la courbe LN (débit total) survient approximativement au temps  $t = 7$  heures, le début du ruissellement commence après la première demi-heure. Le volume de ruissellement direct peut alors être directement obtenu par planimétrie ou calcul (prendre les débits moyens entre deux pas de temps), on obtient alors :  $V_r = 24000 \text{ m}^3$ . La surface du bassin étant de  $630 \text{ km}^2$ , **la lame d'eau ruisselée est de 6 mm.**

La pluie totale est de 36.3 mm d'où un coefficient de ruissellement (rapport de la pluie nette à la pluie brute) de 17 %.

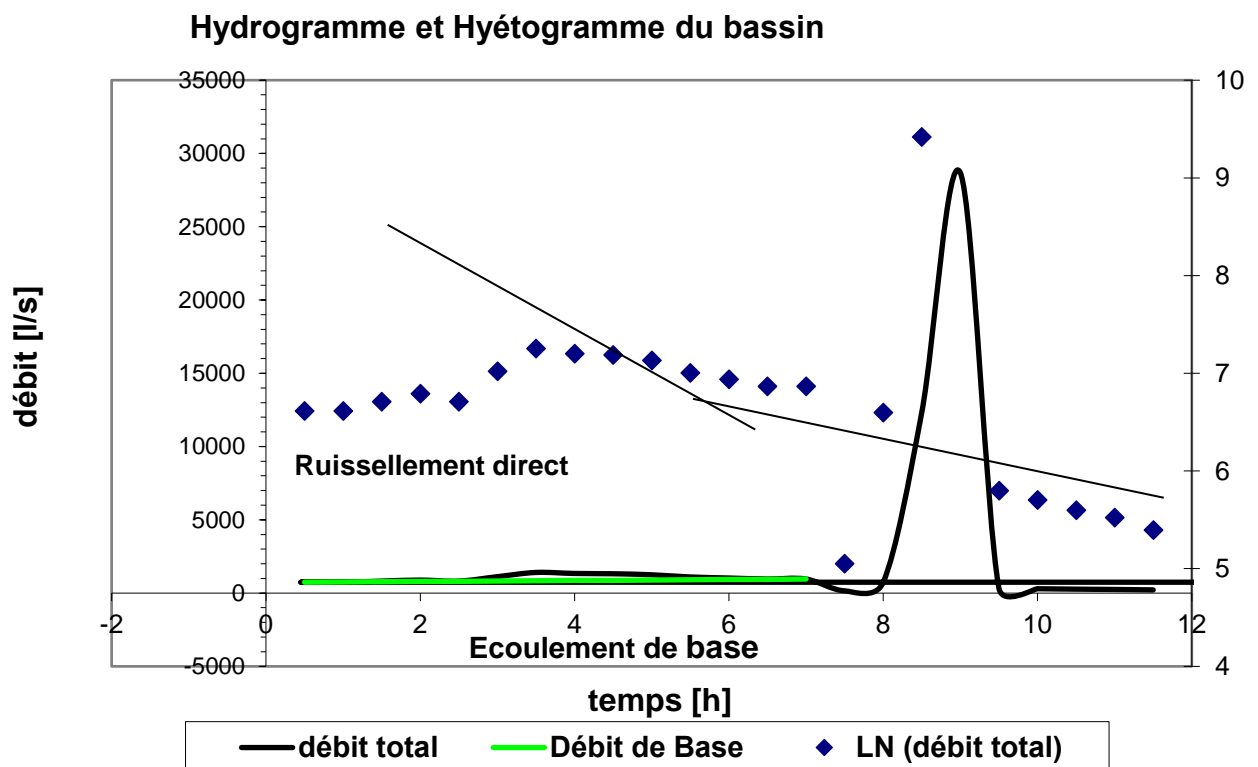


Figure17 : Estimation de la pluie nette à l'aide de l'indice Phi AVEC Pertes Initiales

Pour appuyer, les résultats plus haut, nous avons procédé par mesure de validation à calculer la pluie nette par la méthode dite et notée PHI ou  $\phi$ .

Pour obtenir une pluie nette de 6 mm, il faut choisir une capacité moyenne d'absorption de 16 mm/h. La pluie nette ne dure alors que 1 heure (deux pas de temps).

Si l'on suppose l'existence de 6 mm de pertes initiales au cours de la première heure (ces 6 mm de pluie brute s'infiltrent), le volume ruisselé total restant le même, cela signifie que la pluie nette est plus importante (12 mm/h) mais qu'elle ne débute qu'au bout de la 1 heure et ne dure plus qu'une demi-heure. La capacité d'absorption diminue pour atteindre 14 mm/h environ. (Figure.18) l'hydrogramme résultant donne une forme d'amplitude à pente très significative qui monte brusquement à la valeur de 25m<sup>3</sup>/s. avant l'évènement nous constatons qu'il y a toujours de l'eau sous le subsurface.

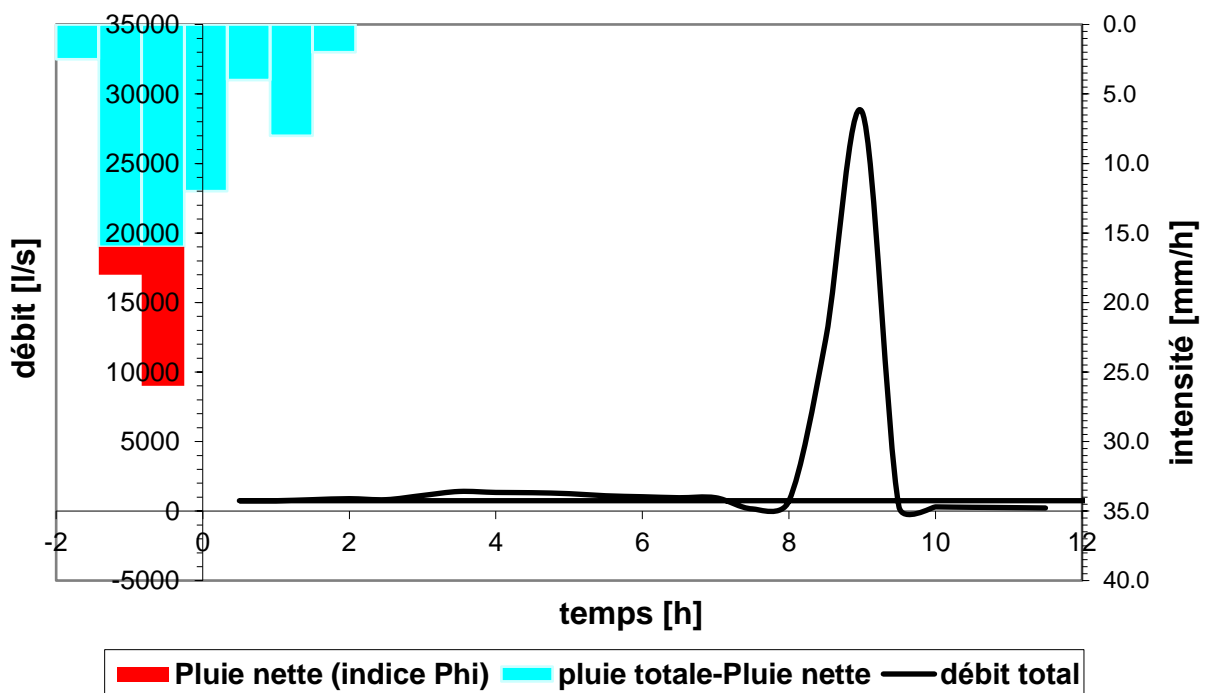


Figure 18 : Hydrogramme et Hyétogramme pour le bassin



Suite à l'application de la méthode nous avons obtenu, les résultats suivants :

coefficient de ruissellement	0.44
lame nette/ruisselée cumulée Q	120.0
pertes initiales =	2.5
pertes potentielles maximales S =	338.3
Curve Number =	42.9
lame brute cumulée P =	272.7
lame nette cumulée =	256.2
lame ruisselée cumulée =	120.0
coefficient de ruissellement	0.44
intensité limite	1.63 (mm/h)

**Tableau 7 : Récapitulatif des résultats**

Le tableau récapitule , les paramètres calculés issues de la méthode Green & Ampt , le coefficient de ruissellement calculé donne une valeur de 0.44 mm ce qui est une valeur plus ou moins importante suivi d'une valeur de 120 mm de la pluie nette qui contribue dans le déclenchement du ruissellement , les pertes sont aussi importante au niveau du bassins ce qui confirme l'aspect karstique de la région.

## Conclusion générale

L'étude de la fonction de production des écoulements au niveau du bassin versant de Beni Bahdal a permis d'obtenir des informations précieuses sur les relations entre les facteurs environnementaux et les écoulements d'eau dans cette région spécifique. Cette conclusion générale résume les principaux résultats et les implications de cette étude.

L'analyse de la fonction de production des écoulements dans le bassin versant de Beni Bahdal a révélé que les précipitations étaient le principal moteur des écoulements d'eau dans la région. Les pluies régionales ont une influence directe sur la quantité d'eau disponible dans le bassin. Les périodes de précipitations abondantes entraînent des débits plus élevés dans les cours d'eau, tandis que les périodes de sécheresse entraînent une diminution des écoulements.

La topographie du bassin versant joue également un rôle essentiel dans les écoulements d'eau. Les pentes abruptes peuvent entraîner une augmentation rapide des écoulements en cas de précipitations intenses, ce qui peut entraîner des risques d'inondation. Les vallées plus larges et les plaines permettent une meilleure répartition des écoulements et une réduction des risques d'inondation.

Les caractéristiques géologiques du bassin versant, notamment la nature des sols et la présence de couches imperméables, influencent l'infiltration de l'eau dans le sol et la recharge des aquifères. Ces facteurs peuvent avoir un impact significatif sur les écoulements et la disponibilité de l'eau.

L'étude de la fonction de production des écoulements au niveau du bassin versant de Beni Bahdal revêt une importance capitale pour la gestion des ressources en eau dans la région. Les résultats obtenus permettent de mieux comprendre les variations saisonnières et interannuelles des écoulements, ce qui est essentiel pour la planification de l'utilisation de l'eau, notamment pour l'agriculture, l'approvisionnement en eau potable et la production d'énergie hydroélectrique.

La prise de décisions éclairées en matière de gestion de l'eau dans le bassin versant de Beni Bahdal nécessite une surveillance continue des écoulements et une mise à jour régulière des modèles hydrologiques. Les changements climatiques et les pressions anthropiques peuvent modifier la fonction de production des écoulements au fil du temps, ce qui souligne l'importance de maintenir une vigilance constante dans la gestion des ressources en eau.

En conclusion, l'étude de la fonction de production par l'application de la méthode Green & Ampt des écoulements dans le bassin versant de Beni-Bahdal fournit des informations essentielles pour la gestion durable des ressources hydriques dans cette région. En comprenant les relations entre les facteurs environnementaux et les écoulements d'eau, il est possible de prendre des mesures adéquates pour la gestion de l'eau, la prévention des inondations et la préservation des écosystèmes aquatiques. Cependant, il est important de rester attentif aux changements environnementaux et de mettre à jour les modèles hydrologiques pour une gestion efficace et adaptative des ressources en eau.

## 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 .

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Situation géographique du bassin versant de Béni-Bahdel .....	5
<b>Figure 2</b> : Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls .....	6
<b>Figure 3</b> : Carte structurale de l'Oued Beni-Bahdel .....	7
<b>Figure 4</b> : Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines .....	11
<b>Figure 5</b> : L'exploitation des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie) .....	13
<b>Figure 6</b> : Coupe transversale aux Monts de Tlemcen, illustrant les principaux types d'aquifères .....	16
<b>Figure 7</b> : Carte d'occupation du sol de l'Oued Beni-Bahdel .....	19
<b>Figure 8</b> : Carte structurale de l'Oranie nord –occidentale .....	20
<b>Figure 9</b> : Coupe structurale au niveau du fossé d'effondrement de Sebdou .....	21
<b>Figure 10</b> : Le schéma représenté sur la met en évidence la morphologie du bassin de Béni-Bahde Topographie et réseau de thalwegs) .....	22
<b>Figure 11</b> : Géomorphologie du bassin de Beni-Bahdel (carte de pentes) .....	23
<b>Figure 12</b> : Carte de pente de l'Oued Beni-Bahdel (Bouanani, 2004) .....	27
<b>Figure 13</b> : Représentations de l'indice de concentration des précipitations pour le bassin étudié de Béni- Bahdel .....	33
<b>Figure 14</b> : Variation inter annuelle des précipitations. Station de Beni Bahdel (1939-1940 à 1997-1998) .....	34
<b>Figure 15</b> : Moyenne des précipitations mensuelles station de Beni-Bahdel .....	35
<b>Figure 16</b> : Carte de la répartition des précipitations du bassin étudié .....	36
<b>Figure 17</b> : Estimation de la pluie nette à l'aide de l'indice Phi AVEC Pertes Initiales .....	42
<b>Figure 18</b> : Hydrogramme et Hyétogramme pour le bassin .....	43

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Distribution du couvert végétal dans le bassin d'oued Beni-Bahdel .....	17
<b>Tableau 2</b> : Paramètres morphométriques des principales unités hydrologiques .....	24
<b>Tableau 3</b> : Répartition hypsométrique du bassin d'oued Beni-Bahdel (haute Tafna).....	26
<b>Tableau 4</b> : Les données hydrom-pluvio de Beni Bahdel .....	32
<b>Tableau 5</b> : Indice de concentration des précipitations Oliver (1980).....	32
<b>Tableau 6</b> : Principales caractéristiques des stations pluviométriques .....	3
<b>Tableau 7</b> : Récapitulatif des résultats .....	44