



République Algérienne démocratique et  
Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

Université d'Oran 2 MOHAMED BEN AHMED

Département De Géologie

**MÉMOIRE**

Pour l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Eau Et Ressources En Eau

Thème

Etude de Tarissement au niveau  
Du bassin versant De l'oued Zenata

**Présenté par:**

**Encadrer Par :**

- Bousmaha Nesrine - Mme Bekreti A

**Devant le jury composé de :**

Mr. Safa Mr. Bouzid

**Année universitaire 2020/2021**

A mon dieu, tout puissant que la gloire et l'honneur vous soit rendus pour les  
grâces que vous m'accordait.

Je tiens a exprimé toute ma reconnaissance à mon professeur encadreur Madame  
Bekreti A.

Je la remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé, conseillé.

J'adresse mes sincères remerciement a de l'agence national des ressources en  
eau d'Oran en particulier Monsieur Boudalia pour son aide et sa contribution  
bénéfique a la réalisation de mon mémoire.

Un grand merci à mes parents pour leur amour, leurs conseils et leur soutien  
inestimable.

Je souhaite particulièrement remercier mes frères Sofiane et Nabil pour leurs  
encouragements.

A la mémoire de La défunt grand-mère Reguia et la défunt Leila.

## Sommaire

INTRODUCTION GENERALE.....	01
----------------------------	----

### PREMIÈRE PARTIE

#### CHAPITRE I

1- Synthèse générale .....	03
2-Synthèse structurale .....	06
3- La série litho stratigraphique.....	06

### DEUXIEME PARTIE

#### CHAPITRE II

4 -Critique des données hydrométriques.....	13
5 – Description des régimes pluviométriques.....	14
6- Régime hydrologique .....	15
7- Ecoulement mensuel.....	18
8-Interprétation tarissement .....	19
9--Méthodes conceptions du tarissement.....	19
CONCLUSION GENERALE.....	24

## Tables Des Matières

INTRODUCTION GENERALE .....	01
-----------------------------	----

### PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I.....	03
-----------------	----

1- Synthèse générale.....	03
---------------------------	----

1-1: Situation géographique du lieu d'étude.....	04
--------------------------------------------------	----

2-Synthèse structurale.....	06
-----------------------------	----

3- La série litho stratigraphique.....	06
----------------------------------------	----

I.3.1 Primaire.....	06
---------------------	----

A- formations schisto-quartziques.....	06
----------------------------------------	----

B- granite.....	07
-----------------	----

C- auréole de métamorphisme.....	07
----------------------------------	----

II.3.2- Secondaire.....	07
-------------------------	----

B- Trias.....	07
---------------	----

C- Le Jurassique.....	07
-----------------------	----

I.Les argiles de Saïda.....	07
-----------------------------	----

II.Les grès de Boumediene.....	07
--------------------------------	----

III.Les calcaires de Zarifet.....	09
-----------------------------------	----

IV. Dolomies de Tlemcen.....	09
------------------------------	----

V.Marno-calcaires de Raouraï.....	10
-----------------------------------	----

VI.Calcaires de Lato.....	10
---------------------------	----

VII.Dolomies de Terny.....	10
----------------------------	----

VIII.Marno-calcaires de Hariga.....	10
-------------------------------------	----

## Tables Des Matières

IX.Marno-calcaires d'Ouled Mimoun.....	10
D- Crétacé.....	11
I. Les argiles de Lamoricière.....	11
II. grès de Berthelot (Hauterivien).....	11
II.3. 3 Tertiaire.....	11
a) Eocène.....	11
b) Miocène.....	11
c) Miocène inférieur.....	11
d) Miocène moyen.....	12
e) Miocène supérieur.....	12
II.2.4 Plio-Quaternaire.....	12

## DEUXIEME PARTIE

CHAPITRE II.....	13
4 -Critique des données hydrométriques.....	13
5 – Description des régimes pluviométriques.....	14
1- Régime pluviométrique.....	14
6- Régime hydrologique.....	15
a) Hydraulicité.....	15
b) Hydro grammes normés.....	16
c) Courbe des débits classés.....	17
7- Ecoulement mensuel .....	18
8-Interprétation tarissement .....	19
9-Méthodes conceptions du tarissement .....	19

## Tables Des Matières

a) La méthode des « courbes enveloppes » .....	19
b) La méthode des « courbes séquences » .....	20
c) Extraction des courbes sequences (Algorithme ALECS).....	20
Conclusion Général .....	24

## Liste Des Figures

Figure. 1 Le Bassin versant de Zenata.....	23
Figure. 2 Schéma structurale de la chaine alpine de la méditerranée ( Benest 1985).....	20
Figure. 3 Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines (Benest & Bensalah 1999).....	18
Figure. 4 Carte lithologique du bassin étudié.....	17
Figure. 5 Ecoulement dans le sous bassin étudié sur un cycle hydrologique	16
Figure. 6 Représentation des débits spécifiques en fonction de la surface du sous bassin .....	15
Figure. 7 Représentation de l'hydraulicité dans le sous bassin étudiée .....	14
Figure. 8 Hydro grammes normé extrait de sous bassin étudiée.....	13
Figure. 9 Représentation courbe de débits classée normalisés par le module annuel et des débits spécifiques classés.....	09
Figure. 10 Régime mensuel de sous bassin de Zenata .....	08
Figure.11 Algorithme d'Extraction des Courbes Séquences (ALECS).....	06
Figure 12 : Corrélation entre les débits $Q_0$ et les débits ( $Q_3$ ) des courbes séquences.....	04
Figure 13 : courbe de tarissement du sous bassin étudiée.....	25

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau.1 Indice de concentration des précipitations Oliver (1980).

## INTRODUCTION Générale

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue.

Dans cette étude, nous nous intéressons plus particulièrement à l'analyse des bilans hydrologiques établis à l'aide des modèles de simulation des écoulements dans des bassins versants dont les échelles spatiales varient de quelques dizaines à quelques milliers de kilomètres carrés et les échelles temporelles d'ordre mensuel et journalier, on se projetant dans un volet important des sciences hydrologiques qu'est la modélisation pluie-débit qui permet d'entreprendre l'étude du comportement des bassins versants à travers l'établissement de leur bilan hydrologique.

Plusieurs questions relatives à l'identification des processus dont ils sont le siège ainsi qu'aux modes de cheminement de l'eau y sont traitées.

Dans le cadre de l'étude hydrologique de la nouvelle orientation du sous bassin Zenata, nous avons apporter une contribution utile consistant a la coïncidence de ce dernier avec une étape très importante dans le développement de l'Algérie, qui accorde un intérêt particulier à la valorisation du potentiel hydraulique. Cette vision a été rendue nécessaire pour s'adapter à toutes les mutations nées des bouleversements climatiques, de l'évolution socio-économique, de la perception du coût réel de l'eau.

En effet, les exigences accrues en eau d'un pays méditerranéen en pleine phase de construction et disposant de plus de sept millions d'hectares de terres agricoles majoritairement sèches ont aidé à prendre conscience plus que jamais du rôle capital de l'eau.

Notre travail a pour finalité plus qu'une présentation orographique et monographique, une approche à la fois analytique et synthétique des modalités

## INTRODUCTION Générale

de l'écoulement, du régime hydrologique, leur variabilité spatio-temporelle, ainsi que l'action de l'eau sur le bassin versant.

Aussi, notre étude s'articulera en trois parties principales :

- le diagnostic physico- géographique, première étape de la connaissance de bassin versant,

permettra de caractériser les principaux facteurs naturels intervenant dans l'alimentation en eau et dans l'écoulement ; facteurs morphologiques, lithologiques, climatiques et

Biogéographiques. Leur interaction est déterminante dans le comportement hydrologique de ce bassin.

- En seconde partie, l'étude hydrologique, portera sur le sous-bassin représentatif.

Cette étude qui, sera basée sur le traitement statistique des données hydrométriques, mettra en

Lumière les aspects fondamentaux de l'écoulement et l'évaluation des apports liquides annuels, saisonnier, mensuel et des crues dans le sous-bassin concerné.

-Nous tenterons également d'établir quelques modèles analytiques et descriptifs pluie - débit, débits liquides - débits solides, basés sur une approche statistique d'analyse des chroniques de données et de corrélations simples. Ces modèles préciseront l'interrelation entre les différents paramètres hydrologiques. Les outils de travail qui aideront à une meilleure conception des ouvrages hydrauliques et une meilleure connaissance du fonctionnement de sous bassin étudié est ainsi développés.

## **1-Synthèse générale**

## Chapitre 01 :

### 1-: Situation géographique du lieu d'étude :

Le bassin versant de ZENATA est occupé la partie nord orientale du bassin de la Tafna il est limité en nord par les monts des TRARAS au sud par l'oued Mouileh à l'est par l'oued Sikkak et dans sa partie occidentale se trouve la ville de Maghnia. Figure.1

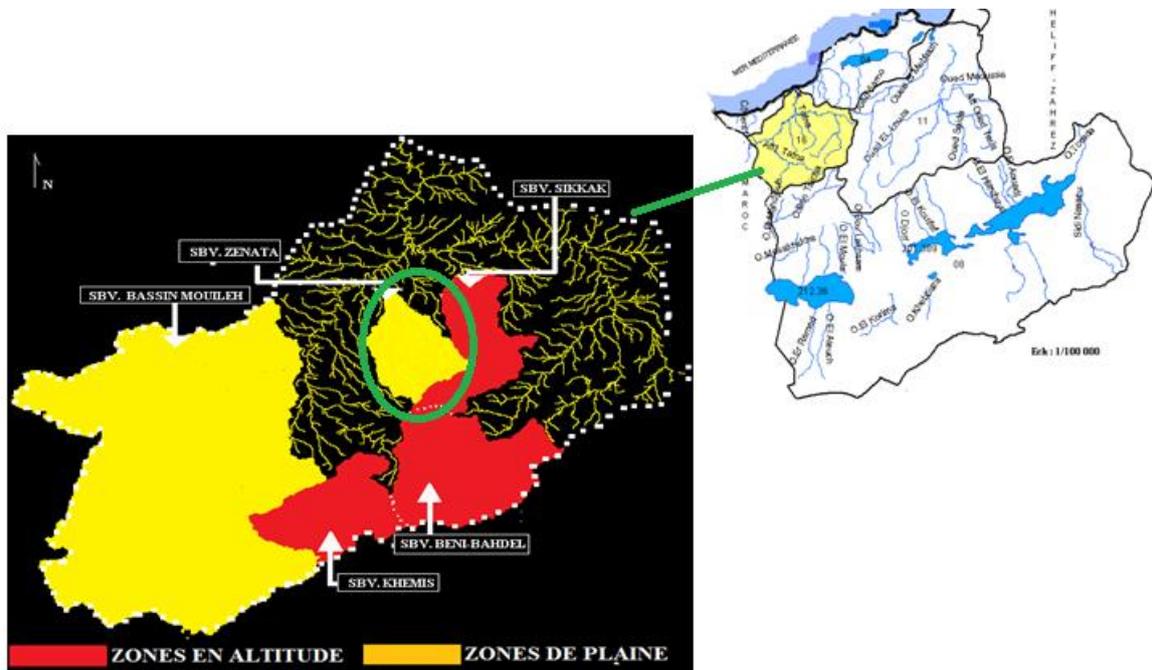


Figure 1 : Le bassin versant de ZENATA

Le bassin étudié s'insère dans la partie dite la basse Tafna : on y trouve le cours inférieur de la Tafna qui s'étend depuis les gorges de Tahouaret vers le village de Pierre Chat jusqu'à la plage de Rechgoune en mer Méditerranée, sur une distance de 20 Km. Ce bassin de plaine couvre une superficie de 236 km<sup>2</sup>. Il a été délimité par le modèle numérique de terrain sous HydroDem permet de délimiter son cours vers l'exutoire au niveau de la plage de Rechgoune.

## **2-Synthèse structurale**

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

- le domaine tellien représenté dans la zone d'étude par les monts des Traras et des Sebâa Chioukh,
- le domaine tlemcenien dominé essentiellement par les monts de Tlemcen,
- les hautes plaines oranaises,
- le domaine atlasique,
- et le domaine saharien.

Le bassin de la Tafna comprend de grandes plaines, dont les deux principales sont celle de Maghnia à l'Ouest et celle des Ghossels à l'Est entourées de massifs élevés :

- le massif des Traras comprenant la chaîne des Fillaoucène qui s'étend vers l'Ouest par le massif des Béni-Snassen.
- les monts de Tlemcen dessinant la bordure sud du bassin et s'interposent entre deux domaines bien définis :
  - le domaine des nappes du Tell au Nord,
  - le domaine stable des hautes plaines oranaises au Sud.

La terminaison occidentale des monts de Tlemcen qui s'élève graduellement du Nord vers le Sud est occupée par un massif montagneux représenté par les monts de Rhar-Roubane.

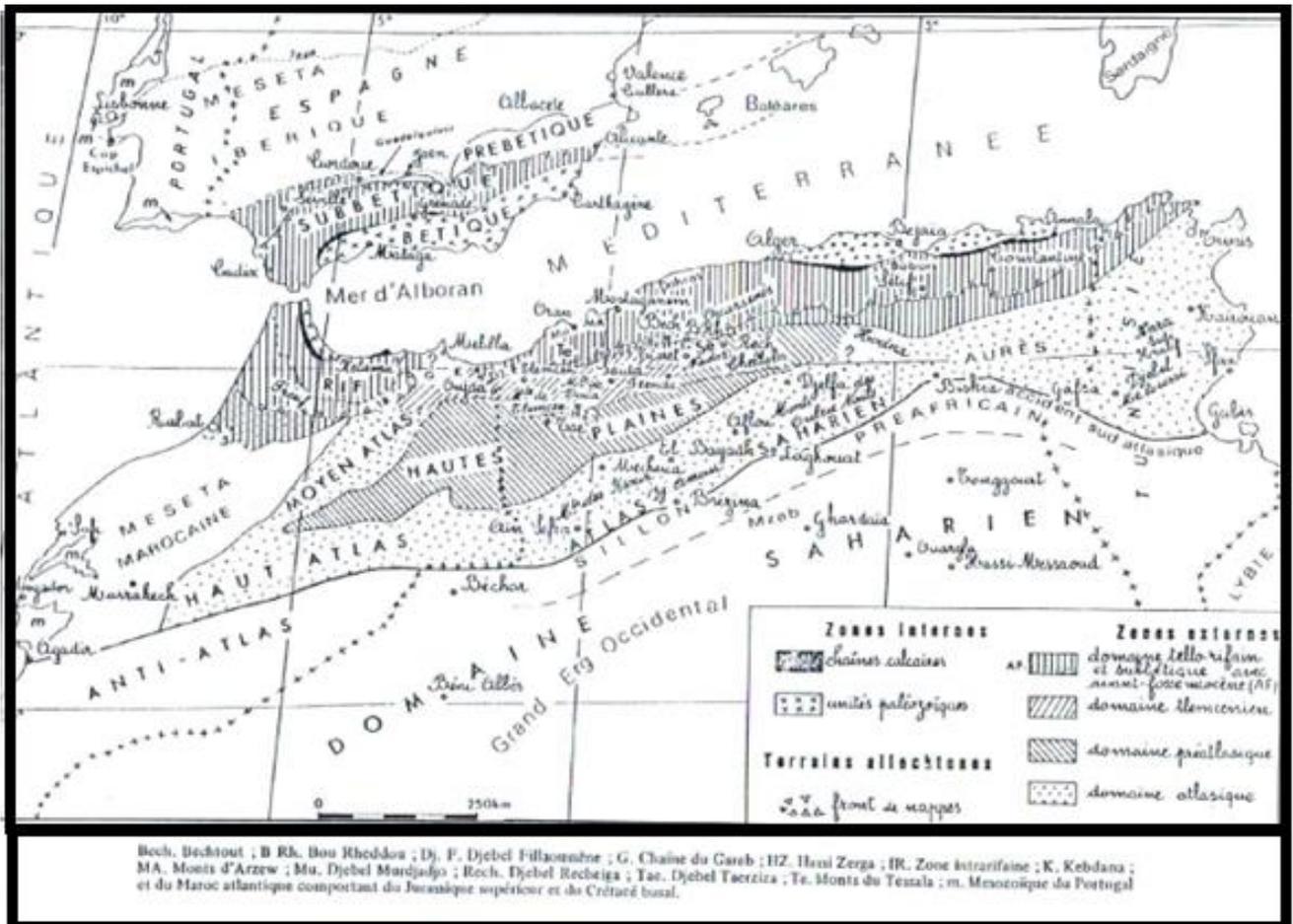


Figure 2 : Schéma structurale de la chaîne alpine de la Méditerranée occidentale (Benest, 1985).

### 3 La série litho stratigraphique :

Le grand bassin de la Tafna est caractérisé par une géologie très complexe et qualifiée de grande tectonique. L'évolution des terrains rencontrés va du Primaire au Plio-Quaternaire (fig.3).

#### I.3.1 Primaire

Il affleure dans le bassins de l'oued Mouilah (Fig.3) au niveau des Monts de Ghar rubane à l'ouest et les Fillaoucen à l'Est. Il est représenté par :

##### a)- formations schisto-quartziques :

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

##### b)- granite :

Le massif granitique est situé immédiatement au NE de la ville de Nedroma. Il est de

forme elliptique et de couleur blanchâtre à rosâtre.

**c)- auréole de métamorphisme :**

L'intrusion granitique développe une auréole de métamorphisme dans la formation schistoquartzique.

On y trouve des cornéennes, des schistes à andalousites et des schistes tachetés.

**II.3.2- Secondaire :**

Il occupe une grande partie de nos bassins versants étudiés et forme l'essentiel des monts de Tlemcen. La série litho stratigraphique schématisée par le log de la figure 4 est représentée par :

**b)- Trias :**

Localisé essentiellement au Nord d'Aïn Tellout et au niveau de Béni-Bahdel et à l'Est dans le bassin d'oued Mouilah (fig.3). Il est constitué par des argiles plus ou moins Dolomitiques et gypseuses et des marnes bariolées fortement teintées. Il est souvent traversé par des époinements d'ophite d'âge plus récent (Jurassique ou Crétacé) s'accompagnant, d'un léger métamorphisme. On y distingue :

**c)- Le Jurassique :**

*i) Les argiles de Saïda :*

Elles correspondent à des dépôts argileux et marneux, parfois schisteux à passées Gréseuses. La formation peut atteindre 300 m jusqu'à 500 m est attribuée au *Callovo-Oxfordien* ,

Elle offre parfois une transition assez progressive aux grès de Boumediene.

*ii) Les grès de Boumediene*

*D'âge Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur*, il s'agit d'un ensemble à dominance gréseuse, avec des passées argileuses masquées le plus souvent, par des éboulis ou la végétation.

Ces grès à ciment calcaire, se présentent en bancs assez durs, dont les épaisseurs sont variables pouvant atteindre 500 m.

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

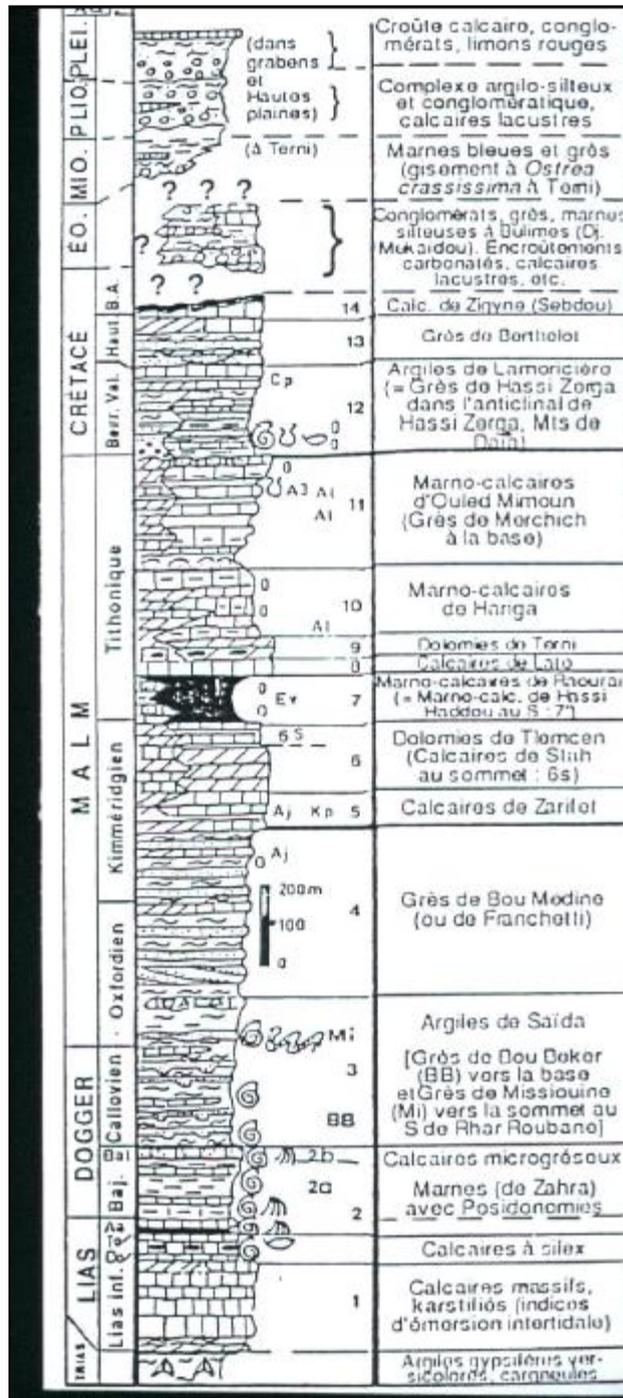


Figure.3 :: Colonne stratigraphique des monts de Tlemcen jusqu'aux hautes plaines (Benest & Bensalah 1999)

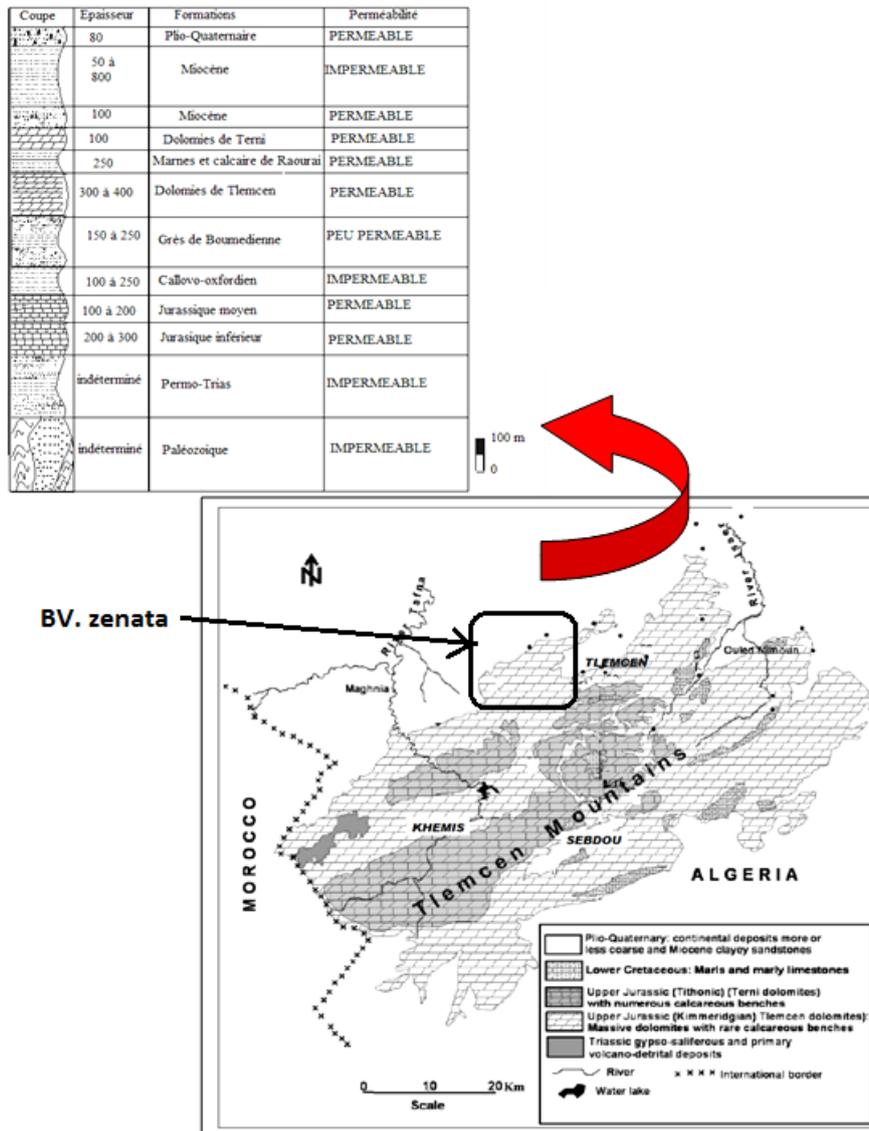


Figure 4 : Carte lithologique du bassin versant étudié.

**iii) Les calcaires de Zarifet**

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

**iv) Dolomies de Tlemcen**

D'âge Kimméridgien moyen-Kimméridgien supérieur, il s'agit de dolomies cristallines grises, avec de nombreuses cavités remplies de calcite. Elles affleurent autour d'Aïn Fezza,

Dans la forêt de Zarifet, au Nord de Tlemcen, dans les djebels Teffatisset, Aïn 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.

**v) *Marno-calcaires de Raourai***

Ce sont des marnes grises, blanchâtres en surface, intercalées de nombreux lits et bancs de calcaires marneux durs; cette formation est limitée à sa base par les lits calcaires de Stah et au sommet par les calcaires de Lato, ou les premières assises des dolomies de Terny. Elle affleure particulièrement sur le plateau de Terny, dans le djebel Lato et à l'Est de Aïn Fezza.

**vi) *Calcaires de Lato***

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

**vii) *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 Meffrouch, 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 Sebdu, Isser et Sikkak (fig.3 et 4)

Ces trois formations précédentes sont attribuées au *Tithonique inférieur*.

**viii) *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 du Sebdu, ainsi qu'au Bled El Gliia dans le bassin de L'Isser qui vont jusqu'à 270 m.

**ix) *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 Merchich", dans le secteur de Merchich, 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 Sebdu.

**d)- Crétacé :**

Représenté par la série du Crétacé inférieur, on y distingue du bas vers le haut :

**i) 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.

**ii) grès de Berthelot (Hauterivien) :**

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

**II.2. 3 Tertiaire :**

**a) Eocène :**

La formation affleure sur une très faible surface au niveau d'Ain Berkouk, c'est un ensemble gréseux avec passage de bancs de poudingues. Dans la basse vallée de l'oued Isser, près de la confluence avec l'oued Tafna, le massif de Sebâa Chioukh est constitué de grès siliceux, jaunes à rougeâtres, assez friables à ciment argileux alternant avec des marnes argileuses verdâtres. Ces alternances forment une série de 100 à 150 m d'épaisseur, elles ont été attribuées à l'Eocène supérieur.

L'Eocène est surmonté par des poudingues, des grès plus ou moins grossiers et des marnes rouges ou verdâtres très ferrugineux à la base: c'est le terrain rouge de la basse Tafna, attribué à l'Oligocène par L.Gentil, 1902 pouvant correspondre à une émergence momentanée du bassin.

**b) Miocène :**

**i) Miocène inférieur :**

"Burdigalien", débute par un niveau de poudingues très durs, à blocs bien roulés hétérométriques et polygéniques, formés d'éléments calcaires dolomitiques à ciment calcaréogréseux, très résistants pouvant atteindre 20 m de puissance.

La partie supérieure est constituée par des argiles marneuses de teinte verdâtre, au sein desquelles s'intercalent des bancs décimétriques de grès ferrugineux friables formant un ensemble d'une épaisseur pouvant dépasser 100 m.

Le Miocène inférieur affleure surtout de part et d'autre de la Tafna, essentiellement, entre la vallée de l'oued Zitoun et le djebel Fillaoucène.

**ii) Miocène moyen :**

"Serravallien", repose souvent en discordance sur le miocène inférieur, déformé et partiellement érodé. Il est constitué essentiellement par une épaisse série d'argiles marneuses grises ou bleutées, qui par altération deviennent ocre. Au sein de cette série, pouvant atteindre 50 à 300 m d'épaisseur dans la vallée de l'oued Isser, s'intercalent de nombreux bancs décimétriques de grès jaunes, plus fréquents au sommet de la série. La base du Serravallien, en particulier dans le bassin de la Tafna, est marquée par un niveau discontinu de poudingues relativement peu consolidés à ciment argilo-gréseux, bien représenté à 4 Km à l'Est de Hammam Boughrara.

**iii) Miocène supérieur :**

"Tortonien", formé par des dépôts de grès durs, jaunes d'or ou citron, peu consolidés atteignant 20 à 30 m d'épaisseur. Ces grès s'appuient sur les marnes sérravalliennes comme entre Tlemcen et Remchi dans le bassin du Sikak, ou, directement sur le Jurassique comme c'est le cas au Nord et au Sud de la plaine de Mania dans le bassins du mouilah.

**II.2.4 Plio-Quaternaire :**

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

- Les travertins villafranchiens situés en bordure des monts de Tlemcen, qui sont représentés par des travertins fortement consolidés et des calcaires lacustres.
- Le complexe de sédiments plio-villafranchiens : la bordure des massifs secondaires est soulignée par des éboulis de piémont plus ou moins encroûtés et remaniés, d'épaisseur très variable mais toujours assez faible.
- Des marnes avec peu ou pas de galets, plus ou moins tufeuses, parfois très épaisses surtout au niveau du bassin de l'oued Mouilah.
- 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 Mehaguène et Chaâbet 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 interstratifiés, témoins d'une activité volcanique. Ils sont situés au Nord-ouest de la plaine de Maghnia dans le bassin du Mouilah.

## Deuxième Partie

### 4-critique des données hydrométriques :

Comme premier examen des données de débits (figure.06), nous avons adopté les mêmes techniques de détection d'homogénéité que pour les pluies, à savoir les méthodes de doubles cumuls et celle des des résidus. Ces examens nous ont permis d'établir un graphique explicitant la concordance des évènements pluvieux avec les débits qui en résultent. On observe que la majorité des épisodes pluvieux coïncide avec ceux des débits.

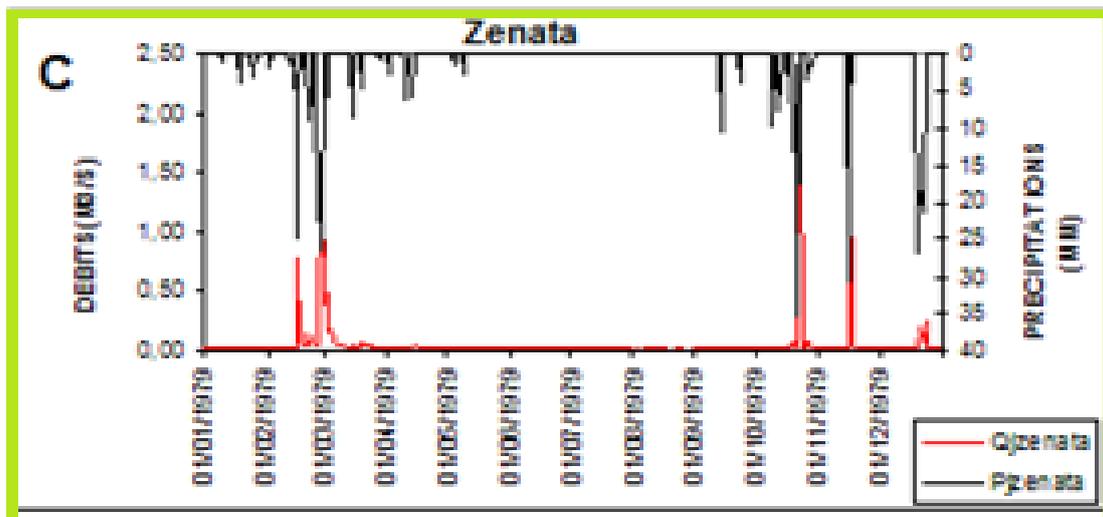


Figure. 5 Ecoulements dans le sous bassin étudié sur un cycle hydrologique.

Les forts débits sont constatés durant les mois de mars et de décembre sur l'ensemble du sous bassin. Nous avons, entre autres, reporté les débits spécifiques maxima en fonction de la surface du bassin étudié (figure.7). Les mesures ont été ajustées avec une loi puissance selon le modèle de Myer (Gaume et al., 2009, Boutoutaou et al., 2011). :

$$Q_{s\_max} = \alpha A^{\beta}$$

$Q_s$  : débits maxima en  $l/s/km^2$ .

$\alpha$  : Coefficient de Myer.

$\beta$  : Exposant variant entre 0,4 et 0,8.

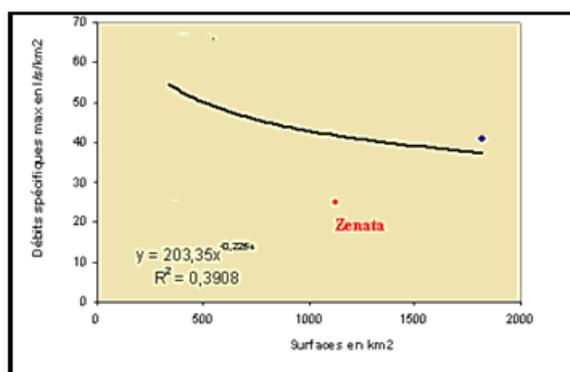


Figure. 6 Représentation des débits spécifiques en fonction de la surface du sous bassin

La figure 7 présente une adéquation à la loi puissance, la station de Zenata a entraîné une dégradation de la loi recherchée. L'explication proposée est que la variabilité des écoulements dans le bassin est tellement importante que l'écoulement maximum ne dépend pas de la seule surface disponible sur chaque sous bassin à fortiori quand le bassin n'est pas homogène. Par ailleurs, quand la karstification est importante, la surface présente une aire plus faible à la circulation des eaux. La présence d'exokarst favorise l'infiltration précoce des eaux de ruissellement. Dans un tel contexte, l'influence de la surface est affectée.

## 5- DESCRIPTION DES REGIMES PLUVIOMETRIQUES ET HYDROLOGIQUES

### 1- Régime pluviométrique

Pour la description des régimes pluviométriques, nous avons calculé, sur les 30 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 à travers les box-plots.

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 :

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

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

Nous nous sommes appuyés pour nos interprétations sur le tableau 1 l'explication

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

Tableau 1. Indice de concentration des précipitations Oliver (1980).

Valeurs du PCI SUR ZENATA = 0.25

### 6- Régime hydrologique

Nous avons consacré beaucoup de temps pour synthétiser l'évolution des écoulements à l'échelle du bassin étudié. Notre objectif était de présenter de la manière la plus explicite possible la contribution en termes d'apport du bassin étudié pour nous renseigner soit sur les lames d'eau écoulées soit encore sur les comportements particuliers du système afin de présenter un état général des écoulements du bassin en question.

Pour la description des régimes hydrologiques, nous avons calculé sur les 30 années disponibles, les cumuls annuels et mensuels de débits pour mettre en évidence leur variabilité avec entre autres le calcul des paramètres suivant : L'indice d'hydraulicité, les débits classés, les hydrogrammes normés, BFI, ...

#### *a-Hydraulicité*

Cet indice est utilisé lorsqu'il s'agit d'analyser un régime d'écoulement à travers la recherche d'une éventuelle irrégularité interannuelle. Il est obtenu en rapportant les valeurs des modules annuels aux modules interannuels couvrant la période d'observation. Après calcul, le résultat correspond à un ensemble d'indice oscillant autour de l'unité. Une valeur d'hydraulicité < 1 traduit une année sèche, par contre une valeur > 1 définit une période humide.

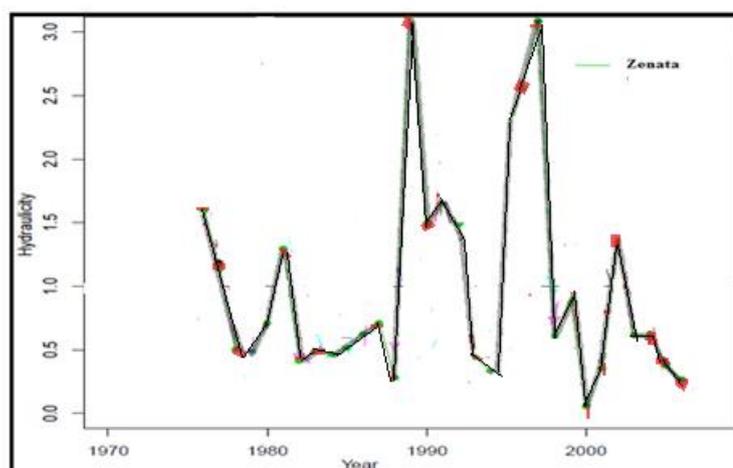


Figure.7 Représentation de l'hydraulicité dans le sous bassin étudiée.

Pour notre application, le coefficient d'hydraulicité a été calculé pour chaque année puis synthétisé sur la figure 8. Le graphique traduit un comportement assez particulier du sous bassin étudiée. Le bassin de Zenata définit un comportement surprenant des débits écoulés durant les années 1989 et 1998 au vu du faible apport pluviométrique.

#### *b-Hydrogrammes normés*

La technique de l'hydrogramme normé fournit des indications précieuses concernant l'identification des évènements extrêmes notamment la dispersion de la dynamique des crues (Latapie, 2011). Cette technique a été très étudiée ces dernières années par Sauquet (2009) et Lang et al. (2007). Le principe consiste à sélectionner puis d'extraire pour chaque année de la chronique étudiée des évènements extrêmes le plus souvent identifiés par des pics bien distincts.

Cette application nous a demandé l'utilisation du script développé par Sauquet (2009) sous l'environnement R. La méthodologie consiste à sélectionner des événements pluvieux identifiés par les de pics de crues. Une normalisation est affectée par la suite, à tous les événements extraits de telle façon que les débits max = 1. Une durée maximale de crue est aussi extraite renseignant sur l'importance de la dynamique des crues dans le bassin. Le traitement des différents événements conduit à la construction de plusieurs hydrogrammes à partir desquels un hydrogramme unitaire normé moyen est déduit.

Le bassin de Zenata ( Figure10) est caractérisé par une durée de 2 jours. Cela signifie que ces régions sont le siège potentiel de crues.

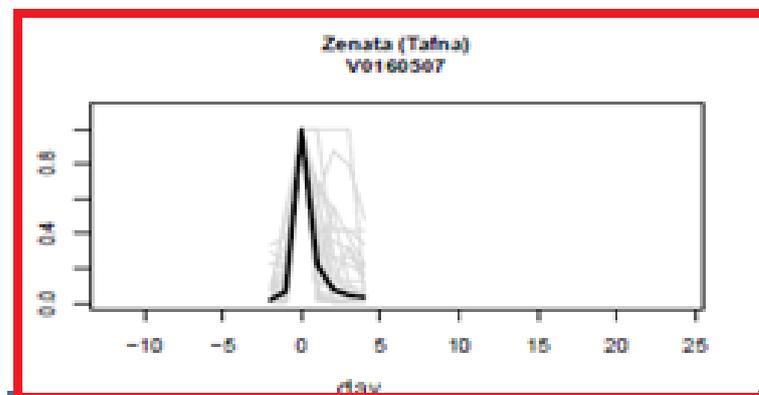


Figure. 8 Hydrogramme normé extrait de sous bassin étudiée.

### *c- Courbes des débits classés*

Cette technique est adoptée quand on est amené à quantifier les variations des débits s'écoulant à travers un bassin versant soit par leur importance ou leur faiblesse. La méthode consiste donc à organiser les débits selon leur fort volume enregistrés selon un seuil de dépassement indiqué par le module annuel calculé (dépassement par valeurs supérieures, ou inférieures). La représentation graphique repose sur le report en abscisse des périodes de dépassement sous forme de fréquences relatives et en ordonnée les débits moyens par ordre décroissant.

la méthode des débits classés a été appliquée en utilisant des valeurs normés sur les modules (les valeurs de débits sont rapportées au débit moyen), notamment sur les débits spécifiques.

Le recours à la normalisation a permis non seulement de rendre compte du comportement du sous bassin en étiage mais aussi la mise en évidence de l'influence de sa surface.

Après application aux données des débits journaliers et aux débits spécifiques, nous avons pu dégager les constatations suivantes:

La figure 9 illustre le comportement du sous bassin étudié :

-Le sous bassin de Zenata manifeste un comportement particulier en atteignant la fraction nulle à seulement 30%. Ses débits normés sont très faibles.

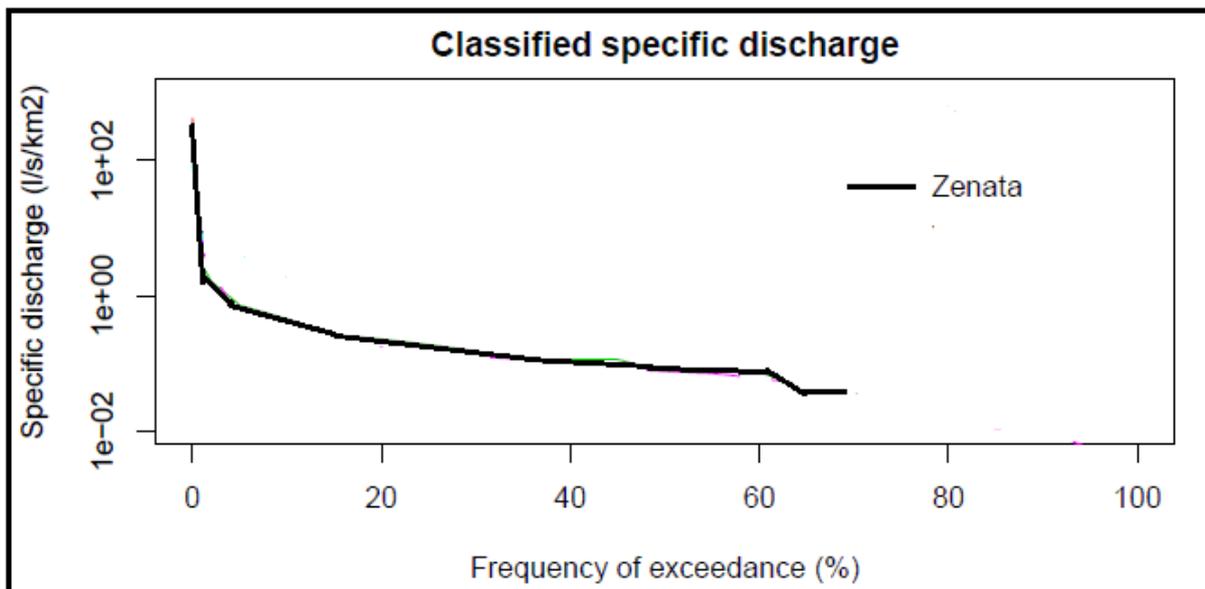


Figure. 9 Représentation courbe de débits classés normalisés par le module annuel et des débits spécifiques classés

## 7- Ecoulement mensuel

La Figure.10 présente les débits moyens mensuels de station étudiée. L' histogramme illustre nettement la variation de l'écoulement au sein du bassin de la Tafna. Les régimes résultants sont de type pluvial-évaporal (Bakreti et al, 2012), on observe que les écoulements sur ce bassin se comportent d'une manière différente à haute et à basse altitude. Le systèmes en plaine de Zenata est caractérisé par des courbes bimodales. Les deux pics représentent les maxima de volumes écoulés, le premier est noté en automne alors que le deuxième, plus important, se situe au printemps.

les écoulements deviennent plus faibles en été sur l'ensemble du sous-bassin. Ce bassin en plaine semblent plus secs ; on enregistre sur la station plus de 5 mois correspondant à une période faible en apports.

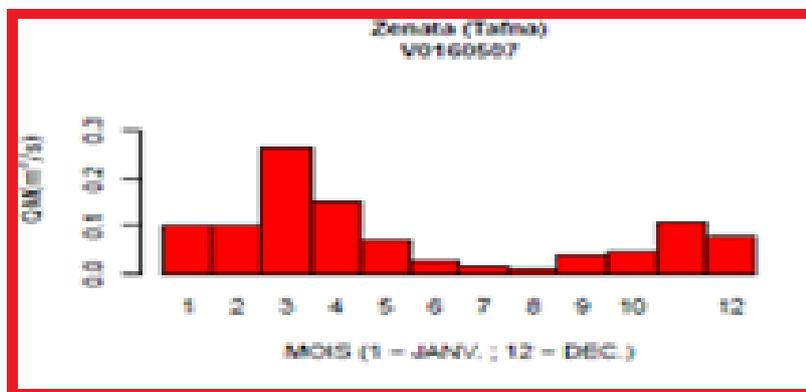


Figure. 10 Régime mensuel de sous bassin de Zenata

## Chapitre 03 :

### **8-Interprétation Tarissement :**

#### **8-a- Définition :**

Le tarissement est un événement hydrologique qui a lieu au moment de la décrue, en l'absence de précipitations, après l'écoulement superficiel et hypodermique (écoulement des couches supérieures des sols).

Pendant le tarissement, les débits se réduisent et les nappes souterraines se vident, en approvisionnant le cours d'eau. La décroissance des débits se fait de façon exponentielle, ce qui veut dire que les débits se réduisent de plus en plus lentement (GONOT, 1996 ; GIRET, 2007).

La dynamique de tarissement des nappes pendant des longues périodes d'étiage a été expliquée par la loi de Maillet (1905) :

$$Q_t = Q_0 \cdot e^{-\alpha \cdot t}$$

Où :

$Q_t$  = débit à l'instant  $t$  donné ;

$Q_0$  = débit initial de la phase de tarissement ;

$\alpha$  = coefficient de tarissement de la nappe (appelé aussi coefficient  $k$ ).

#### **8-b- *extraction des épisodes de tarissement :***

L'analyse des épisodes de tarissement permet d'appréhender l'apport provenant des nappes, et le rythme de vidange des réservoirs souterrains. Différentes lois mathématiques proposent le calcul d'un coefficient de tarissement, à partir du rythme de décroissance des débits.

### **9-Méthodes conceptions du tarissement :**

#### **Deux « conceptions » du tarissement :**

La méthode d'extraction des phases consiste à sélectionner les débits en décroissance durant les phases non influencées par les précipitations. Cependant, dans des régions au climat océanique, la fréquence des épisodes pluvieux contraint, soit à retenir délibérément des phases de tarissement intégrant de faibles épisodes de précipitations, soit à se contenter de périodes très courtes de tarissement pur .

#### **a-La méthode des « courbes enveloppes »**

Cette première méthode, classiquement utilisée par les opérateurs, consiste à relier les points bas d'un hydrogramme s'alignant en échelle semi-logarithmique. Le graphique montre que cette méthode intègre, au sein d'une même phase, des remontées de débits qui peuvent être liées à des épisodes pluvieux. Le tracé des courbes enveloppes s'inscrit donc dans une démarche empirique pour laquelle les épisodes de tarissement sélectionnés vont souvent résulter des choix ou des possibilités offertes à l'opérateur.

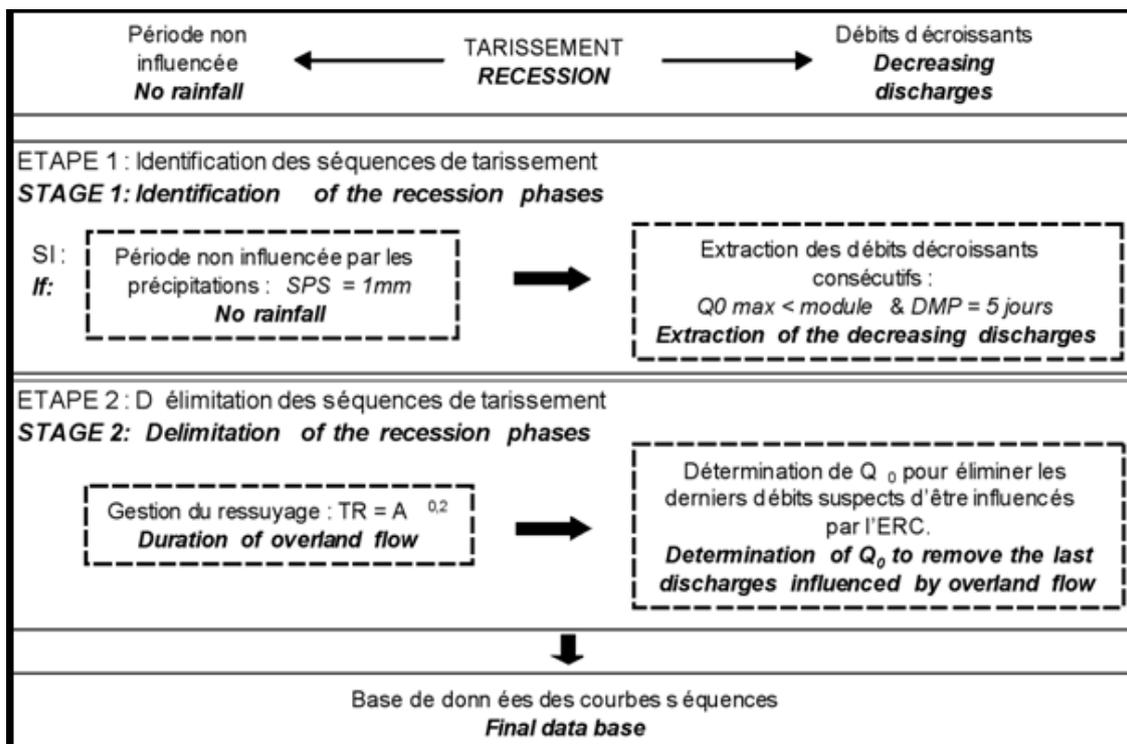
**b-La méthode des « courbes séquences » :**

À cette méthode s'oppose une démarche plus rigoureuse qui autorise la sélection des débits décroissants consécutifs strictement non influencés par les précipitations. Cette méthode de sélection présente l'avantage de l'homogénéité de l'échantillon, mais subordonne la durée des épisodes de tarissement aux conditions climatiques.

Un travail préalable a montré que les coefficients de tarissement calculés pour des phases extraites par la méthode des courbes enveloppes sont significativement inférieurs à ceux calculés pour les épisodes sélectionnés à partir de la méthode des courbes séquences (Gille et Lang, 2003).

**c-Extraction des courbes séquences (Algorithme ALECS) :**

La sélection des courbes séquences constitue un travail long et fastidieux que nous avons souhaité automatiser. L'extraction des courbes séquences s'appuie sur un algorithme posant les deux conditions relatives à la définition du tarissement : il s'agit des débits décroissants consécutifs non influencés par les précipitations. Or ces deux seuls critères s'avèrent insuffisants car il s'agit également d'éliminer au mieux les débits influencés par le ressuyage en début de séquence ainsi que les débits sujets à des influences anthropiques (pompages, prises et rejets pour les canaux, etc.) ou entachés d'imprécisions hydrométriques. L'algorithme que nous proposons se compose de deux étapes (fig. 11).



**Figure11: ALgorithme d'Extraction des Courbes Séquences (ALECS)**

### Étape 1 : identification des séquences de tarissement

En premier lieu, au-delà d'un certain seuil, le débit ne peut pas être représentatif d'un tarissement. Nous avons éliminé toutes les périodes où le débit est supérieur au module. Le module constitue une valeur assez élevée, mais il ne s'agit là que d'une procédure automatique aboutissant à un premier tri avant d'introduire des critères de sélection plus précis.

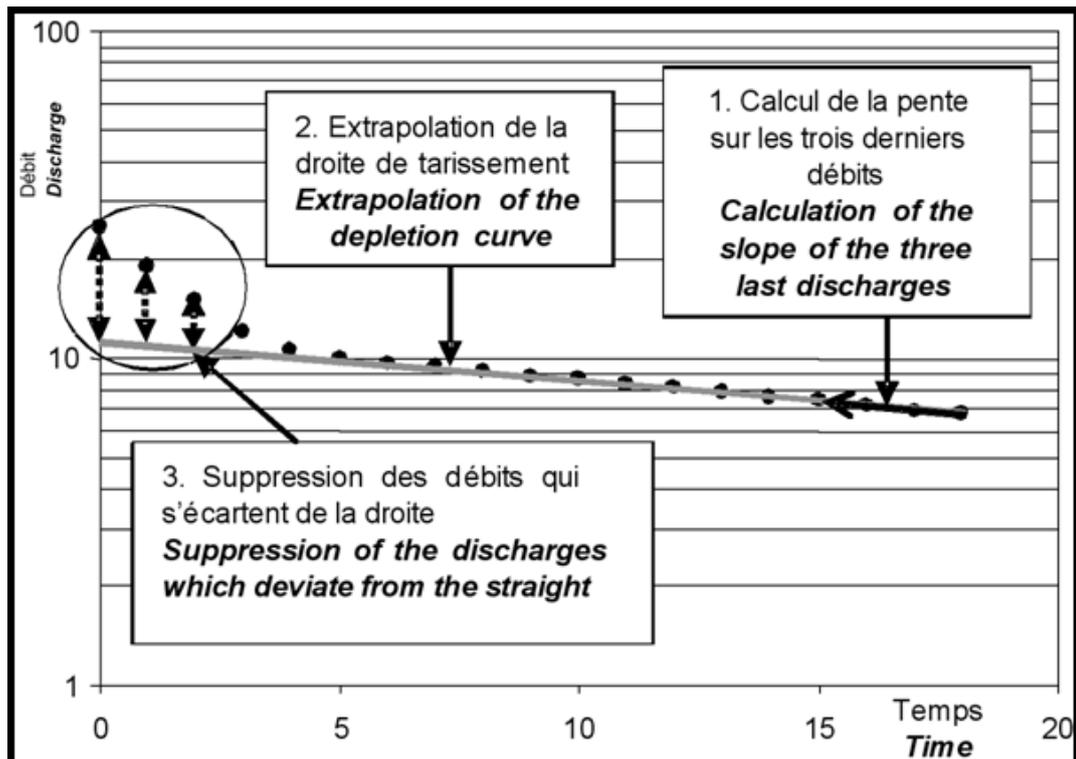
Par ailleurs, en dessous d'un certain seuil, les précipitations ne sont pas en mesure d'influencer l'écoulement. Après une phase exploratoire, par précaution et en raison de l'impossibilité de déterminer un seuil unique, le seuil des précipitations significatives (SPS) a été fixé à 1 mm/jour. Ce seuil pourrait en effet encore être augmenté, surtout durant la période chaude où l'évaporation peut atteindre 7 mm/jour. Si l'on ne tolérait aucune précipitation durant la période de tarissement, le nombre d'épisodes extraits serait nettement réduit.

Enfin, pour avoir un sens, la phase de tarissement doit avoir une durée minimum (DMP). Afin de supprimer les phases trop courtes elle a été fixée à 5 jours.

### Étape 2 : délimitation des séquences

Cette seconde étape consiste à vérifier l'homogénéité des débits de chaque séquence précédemment retenue. Pour éliminer les débits encore influencés par l'écoulement rapide de crue en début de tarissement, nous avons utilisé deux procédures : la première consiste à introduire un temps de ressuyage minimum entre la fin de l'épisode pluvieux et le début de la séquence.

Cette procédure ne pouvant pas être optimale en raison des caractéristiques physiques propres à chaque bassin-versant, nous avons ajouté une méthode de détermination du débit de départ de la séquence ( $Q_0$ ), la méthode s'appuyant sur les derniers débits de la séquence.



### -Traitement des courbes séquences :

Les valeurs des coefficients de tarissement (pentes des courbes séquences extraites par l'algorithme présenté ci-dessus) montrent souvent une dispersion trop importante pour n'en retenir qu'une seule valeur expérimentale. Cependant, d'une part la représentativité de la valeur moyenne n'est pas forcément acquise, et d'autre part il peut être intéressant de caractériser cette dispersion en termes de probabilité. Aussi, afin de proposer une valeur unique de coefficient et de la valider, les courbes séquences sont-elles soumises à deux traitements distincts. En premier lieu, l'élaboration d'une courbe maîtresse de tarissement, puis une analyse statistique des coefficients de tarissement.

### Construction de la courbe maîtresse de tarissement

La démarche se fonde sur la méthode des corrélations (Langbein, 1938, *in* Tallaksen, 1995) pour laquelle les auteurs proposent de corréler des valeurs de débits à pas de temps différents entre eux. Selon les auteurs, cette méthode est appliquée, soit pour déterminer la pente moyenne d'un épisode de tarissement (Tallaksen et Van Lanen, 2004), soit pour calculer le rapport  $a_t = Q_t/Q_0$  en corrélant les débits  $Q_0$  et  $Q$  à  $t$  jours ( $Q_t$ ), à partir de toutes les phases observées : sur le graphique de corrélation, il est possible, en effet, de faire passer une droite de régression dans le nuage de points, aboutissant à une fonction affine d'équation :  $Q_t = a_t \cdot Q_0$ .

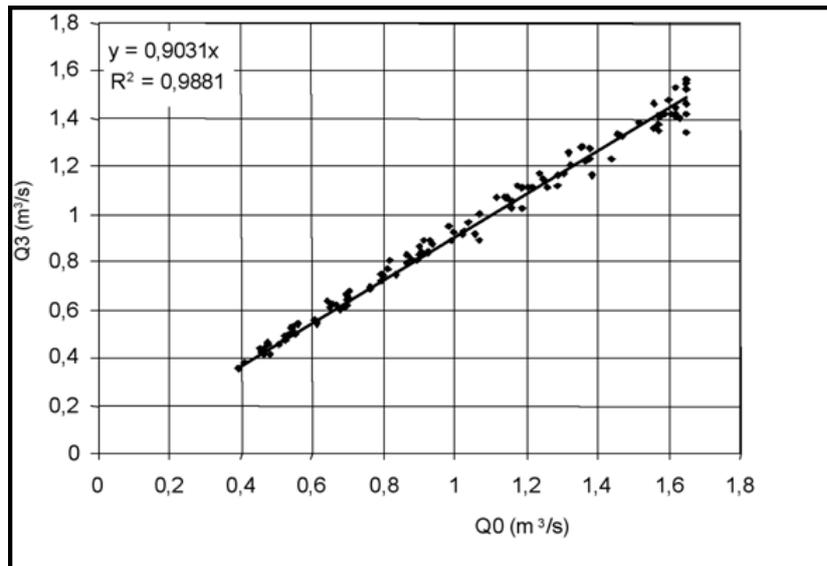


Figure 12 : Corrélation entre les débits  $Q_0$  et les débits ( $Q_3$ ) des courbes séquences.

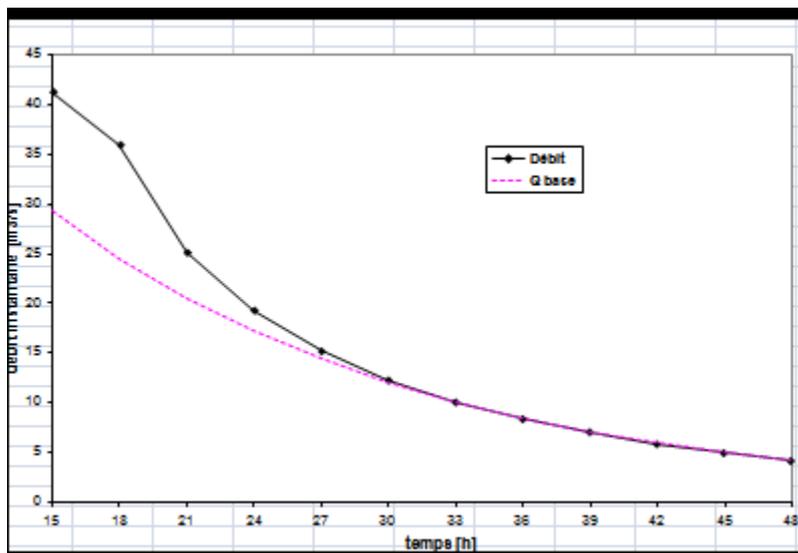


Figure 13 : courbe de tarissement du sous bassin étudiée .

## Conclusion

Ce travail a d'abord constitué une approche globale du tarissement des cours d'eau pour sélectionner des méthodes d'approche automatisées susceptibles d'en décrire les modalités et permettre la prévision. La détermination du tarissement moyen des cours d'eau offre la possibilité d'élaborer un outil simple et directement opérationnel. L'analyse statistique permet, en outre, d'assortir les prévisions d'une marge d'incertitude renvoyant à des valeurs de probabilité. À travers la diversité des épisodes de tarissement il a néanmoins été possible de régionaliser des comportements type en relation avec la géologie, permettant d'envisager d'approcher ceux de bassins versants non jaugés.

## Conclusion Général

Au fil des résultats étudiés, il a été présenté certaines conclusions pratiques quant aux différents traitements factoriels effectués. De manière plus générale, nous pensons avoir montré l'intérêt de l'approche statistique multi variée en matière de méthodologie tant dans la régionalisation ou l'optimisation du réseau pluviométrique que dans la régression en hydrologie.

Notre travail apporte une contribution et représente une application d'un modèle hydrologique en l'adaptant aux différentes contraintes que subit le sous bassin étudié.

Avant d'entamer la modélisation, il nous a fallu identifier la variation des écoulements sur le sous bassin étudié à travers des analyses conjointes de débits et de pluies.

Les résultats ont permis de dresser un diagnostic synthétisant les différents comportements du sous bassin qui ont servi d'éléments de base pour la mise en œuvre du modèle hydrologique.

Quant aux différents traitements relatifs aux potentialités superficielles, entre autres, le bilan hydrique du sous bassin, l'opération d'analyse des apports suscite énormément de tâches minutieuses pour pouvoir rassembler, critiquer et synthétiser l'information hydro pluviométrique en vue de la régionalisation des paramètres caractéristiques de l'écoulement des cours d'eau.

Les relations établies et les graphiques élaborées dans le cadre de cette étude, permettent d'estimer en tout point d'un cours d'eau les principales caractéristiques hydro pluviométrique d'écoulement.

Pour ce faire, différentes approches sont réalisables afin d'établir une méthodologie hydrologique en matière d'évolution des ressources superficielles. Au fil des résultats présentés dans ce travail, il a été avancé certaines conclusions pratiques quant aux méthodologies adoptées pour l'analyse des régimes hydrologique du sous bassin.

Enfin, on croit en avoir donné, à travers cette étude, les principales applications statistiques utiles pour analyser le fichier d'observation d'un sous bassin. Ce travail, ayant été réalisé sur la base d'un paramètres "pluie" observé sur un réseau climatique très réduit, ne peut en cas être considéré comme une référence suffisamment fiables en matière d'interprétation destinée à l'établissement des projets.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

\_BAKRETI,A,(2014) Modélisation hydrologique du bassin de la Tafna , Thèse doctorat .Univ .d'Oran, Es Sénia

\_ Adjim, H.,(2004) Evaluation et affectation des ressources en eau de surface du bassin versant de la Tafna : Approche pluviométrique », Mem.Magister. Univ. Tlemcen.

\_ Agence des bassins hydrographiques « ABH » (2006) Bilan des ressources en eau en Algérie. Rapp. A.B.H. <http://www.abhoranie.dz/bdd/reseau.htm#bge>

\_ Ambroise, B., (1998) La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant -Processus, Facteurs, Modèles. \*H\*G\*A\* (Ed.), Bucarest,.

\_ Bouanani. A(2004) Hydrologie, transport solide et modélisation : Etude de quelques sous bassins de la Tafna. Th. Doct. Es-sciences, Univ. Tlemcen,

\_ANRH Hydrologie ,1988: Pententialité de ressources en eau de L'Algérie ,1988.

\_ANRH Hydrologie ,2001 : Projet d'évaluation des ressources superficielles (pays),2001

\_ Bendriss & al. 1992 : Analyse du régime pluviométrique de la Macta USTA Alger ,1992.

\_ Bourouche J.M., 1974 : Analyse des données. Collection que sais-je ? Univ. Paris ,1980.

\_ Dakkiche A, .2000 : Evaluation des pluies interannuelles de l'Ouest du pays , ANRH ,2000

\_ Bakreti, A., Braud, I., Leblois, E., & Benali, A., (2013) Analyse conjointe des régimes pluviométriques et hydrologiques dans le bassin de la Tafna (Algérie Occidentale). Hydrologie Sciences Journal .HSJ-2011-0078.R1

- Banque mondiale. Groupe pour le développement socio-économique Région Moyen-Orient et Afrique du Nord (2007) République algérienne démocratique et populaire. A la recherche d'un investissement public de qualité. Revue des dépenses publiques. Vol. n°1. Rapport n°36270. World Bank. Washington. DC
- Beaulieu, C., (2009). Homogénéisation des séries de précipitations : identification des techniques les plus prometteuses et nouveaux développements. Doctorat. Thèse Univ, Québec INRS-ETE, 299P.
- Benblidia. M, et Thivet. G (2010) Gestion des ressources en eau: Les limites d'une politique de l'offre. Rapp. Analyse. CIHEAM. n°58,.
- Benest, M. (1985) Evolution de la plate forme de l'Ouest algérien et du Nord - Est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé : Stratigraphie,

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- milieux de dépôts et dynamique sédimentaire. Thèse, Doctorat, Lab., Géol. Univ, Lyon. Fasc. 1.,
- Benkaci, T.A., & Dechemi, N., (2004) Modélisation pluie débit journalière par des modèles conceptuels et "boite noire"; test d'un modèle neuroflou. Hydrological.Sciences.J., 49(5)
- \_ Bessaoud,O., (2008) Changement climatique et agriculture au Maghreb. Sem. Régional "Changement climatique en Méditerranée". MPM. Pharo. Marseille.
- Dakkiche, A., (2004) Contribution à l'étude des régimes hydrologiques des bassins versants de la Tafna. Evaluation du bilan des ressources en Eau superficielles. Mém. Magister. Univ. Oran. USTO,.
- \_Dechemi, N., Bermad, A., et Hamriche,A., (1994) Simulation des débits moyens mensuels en zone semi-aride par l'analyse en composante principales(ACP).Hydro.Continet,vol., n°1,1994:17-241
- Degré. A., Dautrebande S., Sohier C., Débauche, O., (2008) Statistique des extrêmes dans les bassins faiblement jaugés : application d'un modèle global pluie-débit à cinq bassins versants en région wallonne (Belgique) Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2008 12(4), 379-391
  - Gaume, E., (2002) Eléments d'analyse des crues éclair, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts,.
  - Gentil, L.(1903). Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie). Serve. Carte géol. France. et Carte géol. Algérie.
  - L'hôte, Y., (1986) .Contrôle de la qualité et de l'homogénéité des données pluviométriques par la méthode du vecteur des indices annuels de précipitation. Comptes rendus géographiques zurichois.
  - Linsley, R.K., (1982). Rainfall-runoff models - An overview. In: Rainfall-runoff relationship, V. P. Singh (Ed.), Water Resources Publications, 3-22.
  - Lubès, H., Masson, M., J, Paturel, J. and Servat, E., (1998) Variabilité climatique et statistiques. Etude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité des chroniques. Rev. Sci. Eau, 3, 383-408.
  - Makhoulouf Z. et Michel C.( 1994) A two-parameter monthly water balance model for French watersheds. Journal of Hydrology 162, 299-318

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mann, H. B. and Whitney, D. R., (1947) On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann. Math. Statist.*, 18(1), 50-60.
  - Mathevet, T., (2005) Quels modèles pluie-débit globaux pour le pas de temps horaire? Développement empirique et comparaison de modèles sur un large échantillon de bassins versants. These de Doctorate, ENGREF (Paris), Cemagref (Antony), France,
  - McDonnell, J.J., Mendiondo, E. M., O'Connell P. E., Oki T., Pomeroy J. W., Schertzer, D., Uhlenbrook ,S., and Zehe, E., (2003) IAHS decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003-2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences. *Hydrological Sciences Journal-Journal Des Sciences Hydrologiques*, 48, 857-880.
  - Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosion topology", *Geological Society of America Bulletin* 63 (11): 1117–1142
  - Tallasse, L., M. and Van Lanen, H., A., J., (2004) Hydrological drought : processes and estimation methods for streamflow and groundwater. *Developments in water science* 48 Elseiver, Amsterdam, the Netherlands, 579p.
  - Tidjani, A., E., B., Yebdri, D., Roth, J., C and Derriche, Z., (2009) Exploration des séries chronologiques d'analyse de la qualité des eaux de surface dans le bassin de la Tafna (Algérie). *Rev. Scie. Eau, Journal of Water Science*, 19(4), 315-324.
  - Veldhuisen D.A.V., Lamont G.B. On measuring multi-objective evolutionary algorithm performance. D.A.V In Congress of evolutionary computation. Piscataway. New Jersey. Volume 1, 204-211, July 2000.
  - Versiani,B., (1983) Modélisation de la relation pluie/débit pour la prévision de crues. PhD, INPG, Grenoble, France. 129p.
  - Viramontes, D. and Descroix, L., 2000. Dégradation progressive du milieu par le surpâturage et le déboisement et conséquences hydrologiques. Etude de cas de la sierra Madré occidentale(Mexique). *Rev. Géographie Alpine*, 2, 28-41
  - Vrugt et al. (2003) - A Shuffled Complex Evolution Metropolis algorithm for optimization and uncertainty assessment of hydrologic model parameters
  - Wilcoxon, F., (1945) Individual comparisons by ranking methods. *Bull. Biometrics*, 1(6), 80-83
- \_Wood, E., Lettenmaier, D., and Zartarian, V. (1992).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A land-surface hydrology parameterization with subgrid variability for general circulation model.
- Yapo P., Gupta H.V., Sooroshian S. (1996)- Calibration of conceptual rainfall - runoff models : sensitivity to calibration data. Journal of hydrology, 181,
- Yapo.P. O. H.V Gupta et S.Sorooshian (1998) Automatic calibration of conceptual rainfall-runoff models : sensitivity to calibration data.Journal of Hydrology 181,
- Yebdri. D, Tidjani.A, Errih.M, Hamlat.M (2007) Evaluation des ressources superficielles dans un hydrosystème complexe par l'utilisation du modèle SWAT: Application au bassin versant de la Tafna. African.Water. Journal.Vol.n°1, ISBN 92-1-125089-7,.
- Yue, S. and Wang, C. Y., 2004. The mann-kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. Water Resources Management Journal, , .
- Yue, S., Pilon, P. and Cavadias, G., 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. Journal of Hydrology,
- Zhang, Y.Q., et Chiew, F.H.S., (2009) Evaluation of regionalization methods for predicting runoff in ungauged catchments in southeast Australia. 18 th world IMACS/ MODISM Congress, Cairns, Australia.
- Zin.I (2002) Incertitudes et ambiguïté dans la modélisation hydrologique "Discussion, développements méthodologiques et application à l'hydrologie de crue en Ardèche".Ph.D.These. INPG.
- Ziqi Yan, Lars Gottschalk, Etienne Leblois, Jun Xia, 2012 Joint mapping of water balance components in a large Chinese basin, Journal of Hydrology, in press
- Zizler E and Thiele L. (1998) - An evolutionary algorithm for multiobjective optimization: the strength Pareto approach. Technical report, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich)