

## Les écoulements superficiels dans le plateau de Settatt-Ban Ahmed et la plaine de Berrechid : Hydrographie Endoréique

### [ Surface flows in the plate of Settatt-Ben Ahmed and the plain of Berrechid: Endoreic hydrography ]

*EL Houssine EL GASMI, Bouabid EL MANSOURI, and Mohammed TAMMAL*

Laboratoire Géosciences des Ressources Naturelles,  
Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, B.P 133. 14000,  
Kenitra, Maroc

---

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The plate of phosphate is a geographical zone distributed between three basins slopes: The catchment area of Oum Rbia, the catchment area of Mallah Wadi and the basins slopes of Chaouia. These basins slopes are located in Morocco power station. They are thus exposed to disturbed oceanic flows coming from North and of Western North. The basins slopes of Chaouia and particularly those of the plate of Settatt-Ben Ahmed are characterized by a little developed hydrographic network. It is hardly made up by the ends down streams of the wad is going down from the plate. These water ways, not having a discharge system towards the sea, they cross the plain of Berrechid on about ten kilometers before atrophying itself there. They are with temporary flow, their water arrive on the plain, they are then evaporated or percolate towards the tablecloth, therefore one speaks about a endoreic hydrography.

**KEYWORDS:** flash floods, Semi-arid, Watershed area,

**RÉSUMÉ:** Le plateau du phosphate est une zone répartie géographiquement sur trois bassins versants : le bassin versant d'Oum Rbia, le bassin versant d'Oued Mallah et les bassins versants de Chaouia. Ces bassins versants sont situés dans le Maroc centrale. Ils sont donc exposés aux flux océaniques perturbés en provenance du Nord et du Nord Ouest. Les bassins versants de Chaouia et particulièrement ceux du plateau de Settatt-Ben Ahmed sont caractérisés par un réseau hydrographique peu développé. Il est à peine constitué des bouts avals des oueds descendants du plateau. Ces cours d'eau, n'ayant pas d'exutoire vers la mer, ils traversent la plaine de Berrechid sur une dizaine de kilomètres avant de s'y atrophier. Ils sont à écoulement temporaire, leurs eaux arrivent sur la plaine, ils sont ensuite évaporés ou percolent vers la nappe. D'où le fonctionnement endoréique de ce réseau dont la gestion peut contribuer à la recharge du bassin hydrogéologique de la plaine de Berrechid et également limiter les inondations qui touchent de temps en temps la zone situé à l'aval de ce réseau.

**MOTS-CLEFS:** crues, semi-aride, bassin versant.

## 1 INTRODUCTION

Les bassins versants du plateau de Settatt-Ben Ahmed sont des entités hydrologiques et hydrographiques bien individualisées. Ils sont disposés côte à côte sur une bande orientée SW- NE, d'une dizaine de kilomètres de largeur et d'une trentaine de kilomètres de longueur. Ces bassins s'étendent de l'Est à l'Ouest. Les cours d'eau les plus importants: Boumoussa, El Himmer, Mazer et Tamdrost (Fig.1). Leur intérêt réside dans le fait qu'ils contribuent à l'alimentation de la

nappe de Berrechid. Leurs apports à la nappe sont d'autant plus importants en période de crues. Ces bassins appartiennent au bassin du Chaouia, ils font partie de l'Agence de bassin hydraulique de Bouregreg et le Chaouia.

Le régime d'écoulement de ces cours d'eau est formé de longues périodes de débits faibles ou inexistantes et de quelques crues parfois violentes mais de courte durée et d'occurrence pendant les mois de novembre, décembre et février.

Le climat qui règne dans la région est de type aride à semi-aride, la température moyenne annuelle est d'environ 18°C. La population est très inégalement répartie entre des centres ruraux et urbains. La principale activité socio-économique est l'élevage et la culture des céréales en bour.

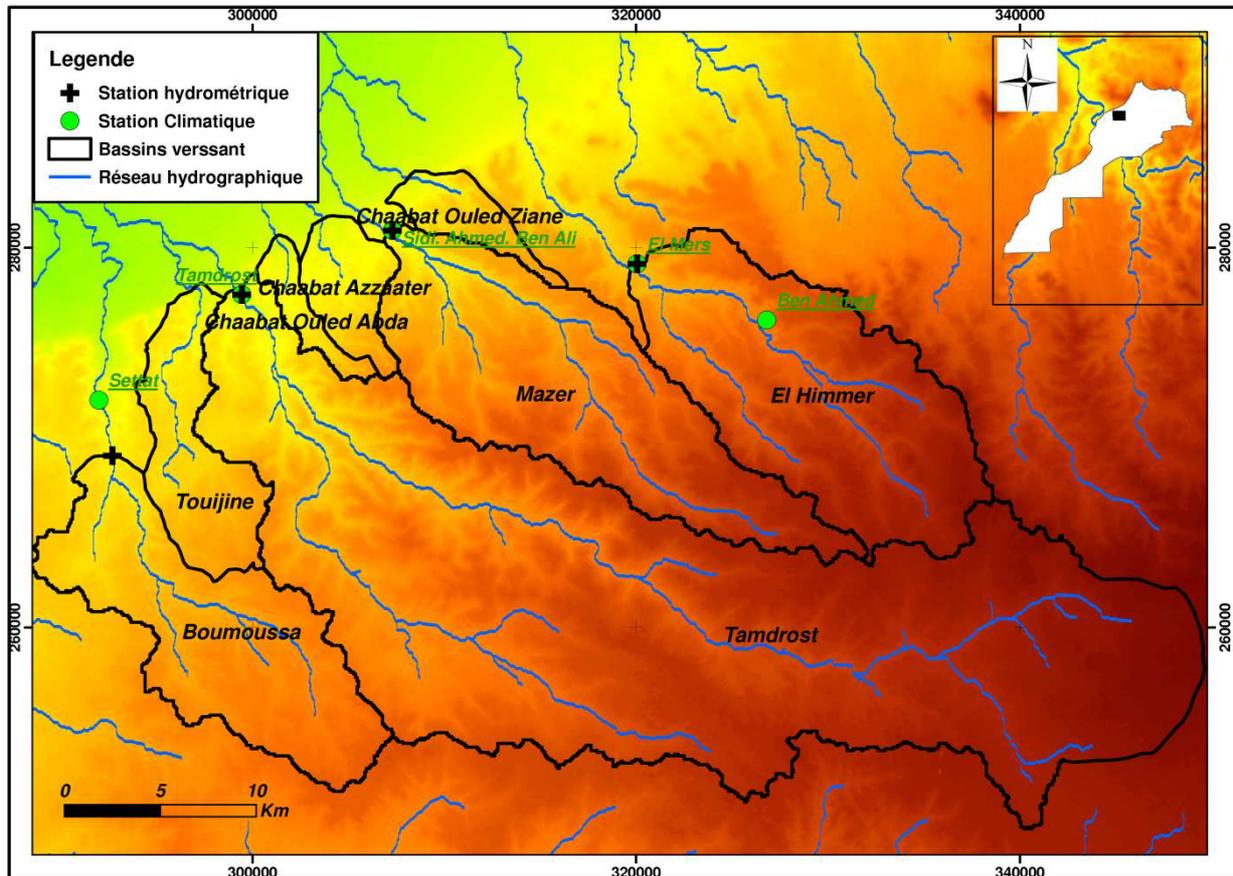


Fig. 1. Plan de situation des bassins versants

## 2 MORPHOMETRIE ET GEOLOGIE GENERALE

### 2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET LITHOLOGIQUE

La série lithologique dans le plateau de Settat-Ben Ahmed débute par les formations d'âge paléozoïques, essentiellement les quartzites plissées et faillées. Le Trias est formé d'argiles rouges affleurent largement dans la région [1]. Après une lacune du Jurassique, le Crétacé est représenté par des calcaires de l'Infra Cénomaniens et du Cénomaniens [2]. Le Tertiaire est représenté par une série d'âge pliocène caractérisée par des variations importantes de faciès et d'épaisseur. Cette formation est absente sur le plateau de Settat Ben Ahmed. Mais dans la plaine elle est gréseuse et constituée par une succession de conglomérats, de sables calcaires, de calcaires détritiques, renfermant des débris de coquillés [3]. Les formations quaternaires sont généralement couvertes dans la plaine de Berrechid par des limons subactuels à actuel.

Le Bassin de Berrechid et le plateau de Settat ont subi les effets de la compression alpine [4], dont les conséquences sont l'existence quasi permanente d'une légère flexion dans le secteur. Une phase compressive plus tardive de direction NNE-SSW à ENE-WSW entraîne un léger soulèvement du bassin accompagné par quelques déformations tardives sur les bordures [1]. Les failles les plus importantes du secteur sont, en partie ou en totalité, des failles de sub-surface. Les failles de direction NNE-SSW à NE-SW (Faille de Mediouna) qui borde à l'ouest le bassin de Berrechid, la flexure limitant le plateau des phosphates et passant par El Gara. Cette faille a manifestement contrôlé la limite sud-est du bassin de Berrechid [5]. La faille

de Settat cartographie par Gigout [6], l'accident de Béni Sekten de direction NW-SE, elle mise en évidence par l'interprétation structurale des logs de forage, et une famille de failles d'orientation NW-SE caractérisées par une grande continuité sans décalage apparent, avec un rejeu marqué par un déplacement à forte composante horizontale [7], ces failles jouent un très grand rôle dans l'orientation de l'écoulement des oueds du plateau de Settat Ben Ahmed.

## 2.2 CARACTÉRISTIQUES DES BASSINS VERSANTS

Le plateau de Settat-Ben Ahmed constitue la terminaison occidentale du plateau des phosphates, ce plateau s'incline doucement depuis le SE, où son altitude atteint 700m, vers la plaine de Berrechid en direction du NW, suivant une pente générale d'environ 1,3 %. Les différents compartiments du paysage dans la région se sont élaborés aux dépens d'une structure simple faisant partie-intégrante du domaine mesétien [8].

Les bassins versant des cours d'eau du plateau de Settat-Ben Ahmed sont relativement allongés avec des indices de compacité compris entre 1,8 et 2,4. Les superficies drainées oscillent entre 134 km<sup>2</sup> pour le bassin d'oued Boumoussa et 631 km<sup>2</sup> pour le bassin versant d'oued Tamdrost (tableau 1).

Il s'agit, en fait de petits bassins de forme allongée mais qui ensemble, présentent une superficie totale de 1153 km<sup>2</sup>. Leur pente moyenne est modérée, et est inférieure à 1,2 %. Ces bassins versants reposent sur des terrains peu perméables composés de marnes et de marno-calcaires d'âge crétacé.

Table 1. Caractéristiques géométriques des bassins versants

Caractéristiques géométriques	Tamdrost	Mazer	El Himmer	Boumoussa
Surfaces (km <sup>2</sup> )	631	183	173	166
Périmètres (km)	215	99	83	82
Longueur (km)	54	32	27	24.7
Indices de compacité	2.4	2.1	1.8	1.8
Altitudes minimums (m)	306	324	448	360
Altitudes maximums (m)	774	689	771	603
Pentes moyennes (%)	0.87%	1.14%	1.20%	0.98%
Longueurs du rectangle équivalent (km)	54.0	32.0	27.0	24.7
Largeurs du rectangle équivalent (km)	11.7	5.7	6.4	6.7
Exutoire	St Tamdrost	St S.Ahmed Ben Ali	St El Mers	Entrée canal enterré

Ces bassins versants sont quasiment tous exposés vers le Nord-Ouest. Ceci leur permet de faire face aux perturbations pluvieuses en provenance de l'Océan atlantique. Par ailleurs, le réseau hydrographique de ces bassins est particulièrement caractérisé par une faible densité. Le niveau de ramification est caractérisé par la classification de Strahler.

Table 2. Caractéristiques des oueds du secteur étudié [9].

Bassin	Surface (km <sup>2</sup> )	Module moyen (70-02)	Débit spécifique (l/s/km <sup>2</sup> )	Niveau de ramification
Tamdrost	631	65.1	0.1	5
El Himmer	173	60	0.34	3
Mazer	183	71.8	0.39	3
Boumoussa	166	63.7	0.38	3

## 3 PLUVIOMETRIE ET REGIME DES COURS D'EAU

L'étude des séries chronologiques des précipitations fournies par l'Agence de Bassin Hydraulique de Bouregreg (ABHBC), qui couvre une période de 40 ans (1968 à 2010), nous a permis de constater que les bassins versants du plateau de Settat jouissent dans l'ensemble d'une pluviométrie moyenne pour des latitudes semi aride. De l'Ouest à l'Est, les exutoires de ces bassins reçoivent annuellement en moyenne 328 mm sur les sept stations (Fig. 1).

Table 3. Situation des stations Pluviométriques

Station	X	Y	Z	Période d'observation
El Gara	329000	299000	360	1968-2002
Ben Ahmed	326800	276200	600	1969-2002
El Mers	320050	279150	448	1975-2002
S. A. Ben Ali	307300	280900	324	1973-2002
Tamdrost	299450	277540	306	1975-2002
Settat	292000	272000	330	1973-2010
Khouribga	358750	257180	802	1972-2010

### 3.1 PRÉCIPITATIONS MENSUELLES

L'observation des histogrammes des pluies moyennes mensuelles (Tab. 4) et (Fig. 2) indique que :

Les précipitations connaissent une grande variabilité selon les saisons. La période pluvieuse s'étend de Novembre à Avril. Durant cette période, les précipitations connaissent une répartition irrégulière avec prédominance dans le mois de janvier ou décembre ou même du mois de mars dans certaines années.

A partir de Mai, les pluies deviennent de plus en plus rares, et en juillet août, les précipitations sont quasi inexistantes.

Le tableau et le graphe suivants présentent la pluviométrie mensuelle moyenne calculée sur l'ensemble des stations traitées sur la période (1972-2005).

Table 4. Pluviométrie moyenne mensuelle sur les 7 stations

Station \ Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Khouribga	9.16	25.02	43.11	57.17	52.21	49.45	41.91	35.20	15.05	6.17	1.80	1.82
S. Ahmed Ben Ali	2.91	21.51	31.69	63.60	51.15	46.35	35.99	33.60	8.06	0.94	0.13	0.49
El Mers	4.80	23.30	44.23	58.19	52.11	42.26	36.18	30.42	13.13	2.07	0.16	0.18
Tamdrost	4.35	21.61	36.53	55.16	48.58	42.12	33.08	32.08	9.27	1.10	0.47	0.28
Settat	6.35	28.80	42.91	61.89	52.32	48.61	36.85	29.70	11.87	2.42	0.63	0.28
El Gara	7.37	31.08	49.37	69.99	56.59	50.33	43.63	38.82	16.48	4.00	2.41	2.45
Ben Ahmed	7.11	27.62	52.87	56.90	56.12	44.67	45.64	39.89	16.64	4.55	2.31	3.38
Moyenne	6.01	25.56	42.96	60.42	52.73	46.26	39.04	34.24	12.93	3.04	1.13	1.27

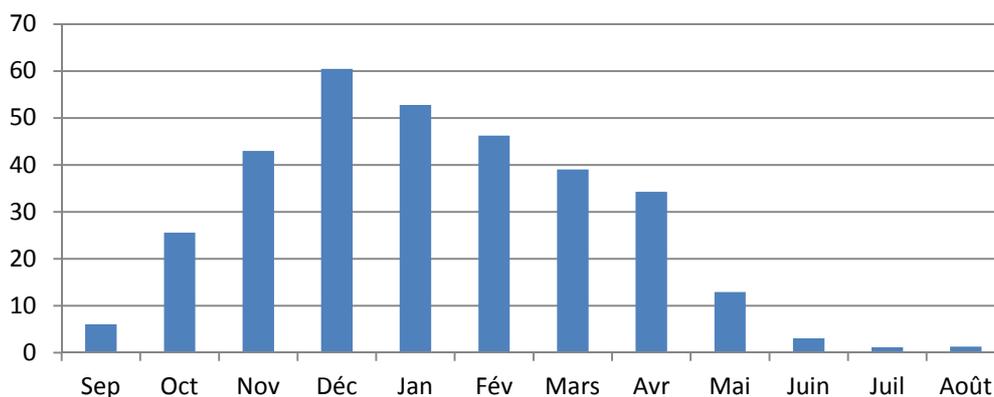


Fig. 2. Pluviométrie moyenne mensuelle calculée sur les 7 stations en (mm)

### 3.2 PRÉCIPITATIONS ANNUELLES

L'examen des données, année par année, révèle que certaines années s'annoncent sèches très tôt ; normalement, les premières pluies font leur apparition au mois de Septembre, mais il n'est, cependant, pas rare qu'aucune précipitation n'ait lieu jusqu'au mois d'Octobre ou même jusqu'au mois de Novembre.

La figure ci-après représente l'évolution de la pluviométrie annuelle. Elle fait apparaître la grande variabilité d'une année à l'autre des précipitations comme l'illustrent les importantes fluctuations que l'on observe. Ce schéma qui permet de mettre en évidence les années à fort déficit pluviométrique par rapport à celles excédentaires indique des périodes sèches entre les années 1979 et 1988, 1992 et 1994 et 1998 et 2000. Ces périodes sont entrecoupées d'épisodes plus pluvieux de cycles plus courts en général (2 à 4 ans).

La pluviométrie annuelle moyenne sur l'ensemble des stations oscille entre 150 mm et 550 mm, suivant que l'on se situe en année sèche ou en année humide.

L'analyse comparative des données annuelles de chaque station met en évidence une variabilité spatiale des pluies. En effet, alors que la moyenne annuelle des précipitations à Tamdrost est la plus faible de la zone d'étude, El Gara et Ben Ahmed sont relativement bien arrosés. D'après les données de ces stations, les précipitations diminuent nettement en allant de l'Ouest vers l'Est. Une diminution s'observe également en partant vers le Sud. Très logiquement la hauteur de précipitation augmente en fonction de la proximité de l'Océan et aussi de l'altitude et des reliefs rencontrés.

Les moyennes annuelles de précipitation sur le plateau de Settat s'établissent dans une fourchette de 285 à 373 mm/an.

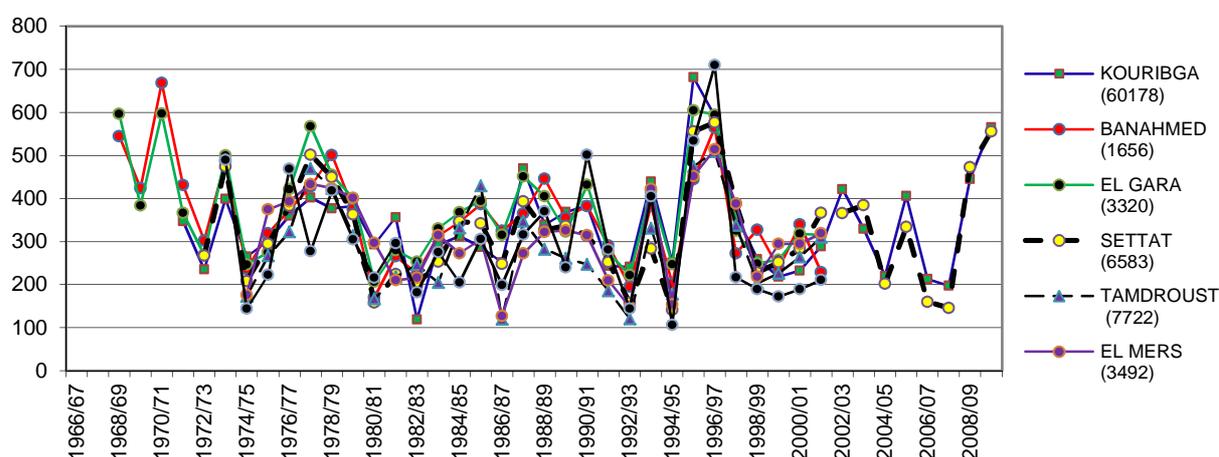


Fig. 3. Pluviométrie annuelles pour les 7 stations en (mm)

## 4 ANALYSE DES DÉBITS

Pour le régime des écoulements superficiels, le débit est assez irrégulier pour tous les bassins versants, avec une grande variation inter-annuelle et aussi une variation intra-annuelle.

### 4.1 DÉBITS MENSUELS

Les débits sont généralement faibles avec un régime très irrégulier au cours de l'année, les cours d'eau coulent pendant un nombre de mois restreints. Ces écoulements ne se font pas pendant tous les jours du mois. A partir de l'analyse des données hydrométriques, nous avons relevé que le maximum hydrologique mensuel est enregistré sur les quatre bassins aux mois de décembre, janvier, février, mars, et Avril (Fig 4), on peut conclure que dans cette région du Maroc central, c'est l'écoulement hivernal qui prime. Au cours des mois d'été, les débits diminuent brutalement (période d'étiage) et les oueds sont pratiquement à sec.

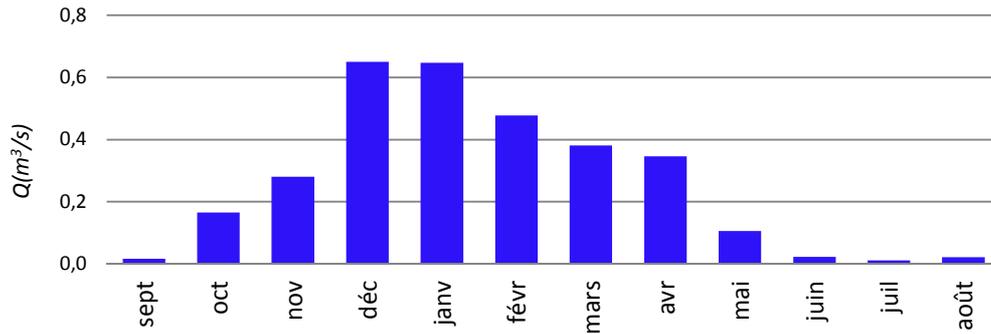


Fig. 4. Débit moyen mensuel Sept 1970 - Aout 2002 pour les quatre Oueds

En comparant les débits mensuels des quatre stations, on constate que les stations de Tamdrost et Mazer présentent des valeurs supérieures à celles des autres stations, mais en générale les quatre Oueds se caractérisent des débits faibles qui ne dépassent pas 0.5 m3/s.

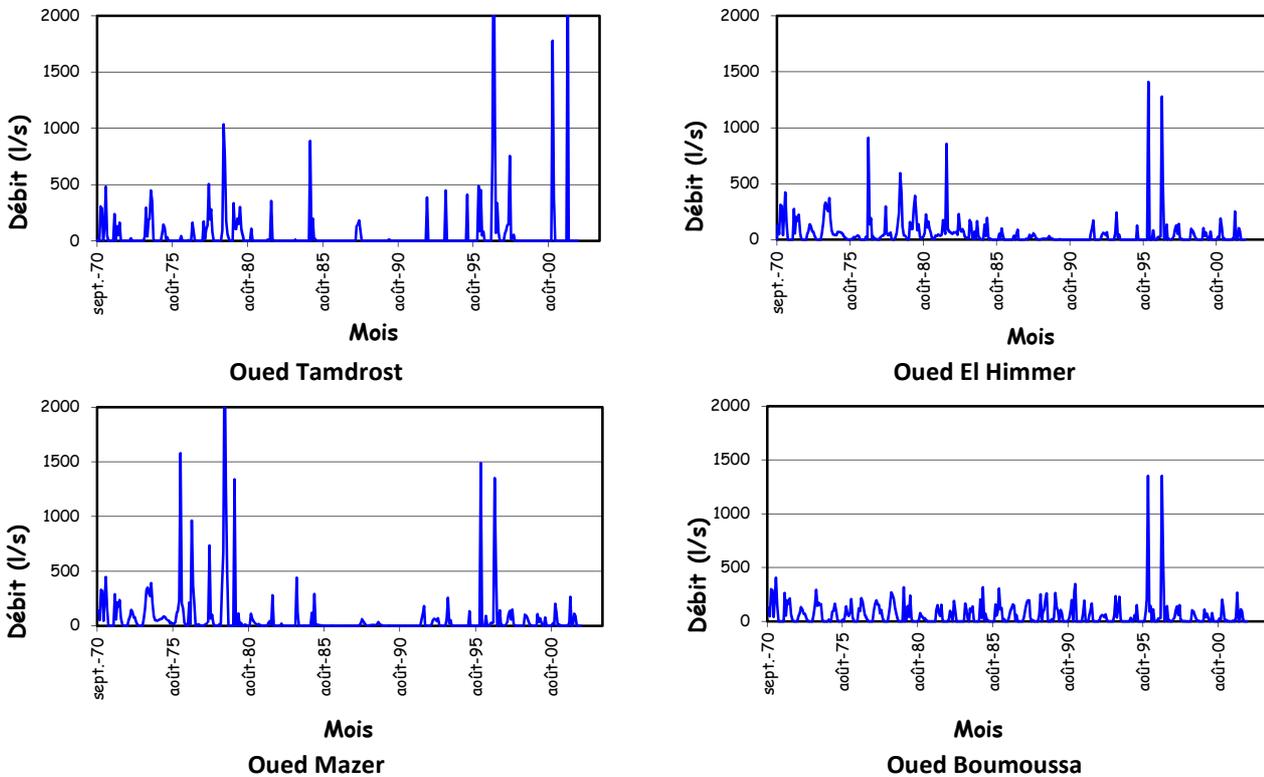


Fig. 5. Débits moyens mensuels des oueds Tamdrost, El Himmer, Mazer et Boumoussa [5].

Pour s'assurer de l'homogénéité des débits et la cohérence de l'information qu'ils présentent, on a eu recours à des essais de corrélation linéaire entre débits/débits des différentes stations hydrométriques afin de mieux juger les relations qui lient ces différentes stations. Ces essais consistent à examiner la tendance d'un nuage de points à s'aligner selon une droite oblique. Les corrélations moyennes mensuelles débits/débits (Tableau 5), sont fortes, et supérieur à 0.85 pour toutes les couples, ceci peut être expliqué par une forte liaison saisonnière entre les stations.

Table 5. Coefficients de corrélations des débits mensuelles (l/s) des oueds étudiés

Station débit en l/s	Oued Tamdrost	Oued El Himmer	Oued Mazer	Oued Boumoussa
Oued Tamdrost	1			
Oued El Himmer	0.96	1		
Oued Mazer	0.85	0.85	1	
Oued Boumoussa	0.90	0.94	0.87	1

Un autre essai de corrélation linéaire entre les débits et la pluviométrie (Tableau 6), qui permet de déduire la relation linéaire mensuelle avec des coefficients de corrélation supérieurs à 0,80 pour toutes les stations témoignant d'une étroite dépendance saisonnière.

Table 6. Coefficients de corrélations des débits mensuelles des oueds et les précipitations moyennes mensuelles

	Oued Tamdrost	Oued El Himmer	Oued Mazer	Oued Boumoussa
Khouribga	0.83	0.87	0.89	0.95
S. Ahmed Ben Ali	0.92	0.92	0.92	0.96
El Mers	0.83	0.88	0.85	0.97
Tamdrost	0.87	0.90	0.89	0.97
Settat	0.83	0.85	0.87	0.94
El Gara	0.83	0.86	0.85	0.95
Ben Ahmed	0.75	0.82	0.82	0.94

La variation des débits mensuelle est donc semblable à celle des précipitations, montrant une bonne corrélation entre les deux variables, les coefficients de corrélation R sont supérieurs à 0,80 pour toutes les couples sauf entre les précipitations de Ben Ahmed et le débit de Tamdrost où le coefficient de corrélation R=0.75, certaines stations montrent un décalage au niveau des mois de l'été à cause des averses, le temps de réponse peut être évalué à quelques heures seulement.

#### 4.2 DÉBITS ANNUELS

Le régime annuel est très irrégulier d'une année à l'autre, l'observation de l'évolution annuelle du module d'écoulement des oueds indique la succession d'années où le régime est très bas (période 80-94) et d'années de modules un peu plus significatifs (période 70-80).

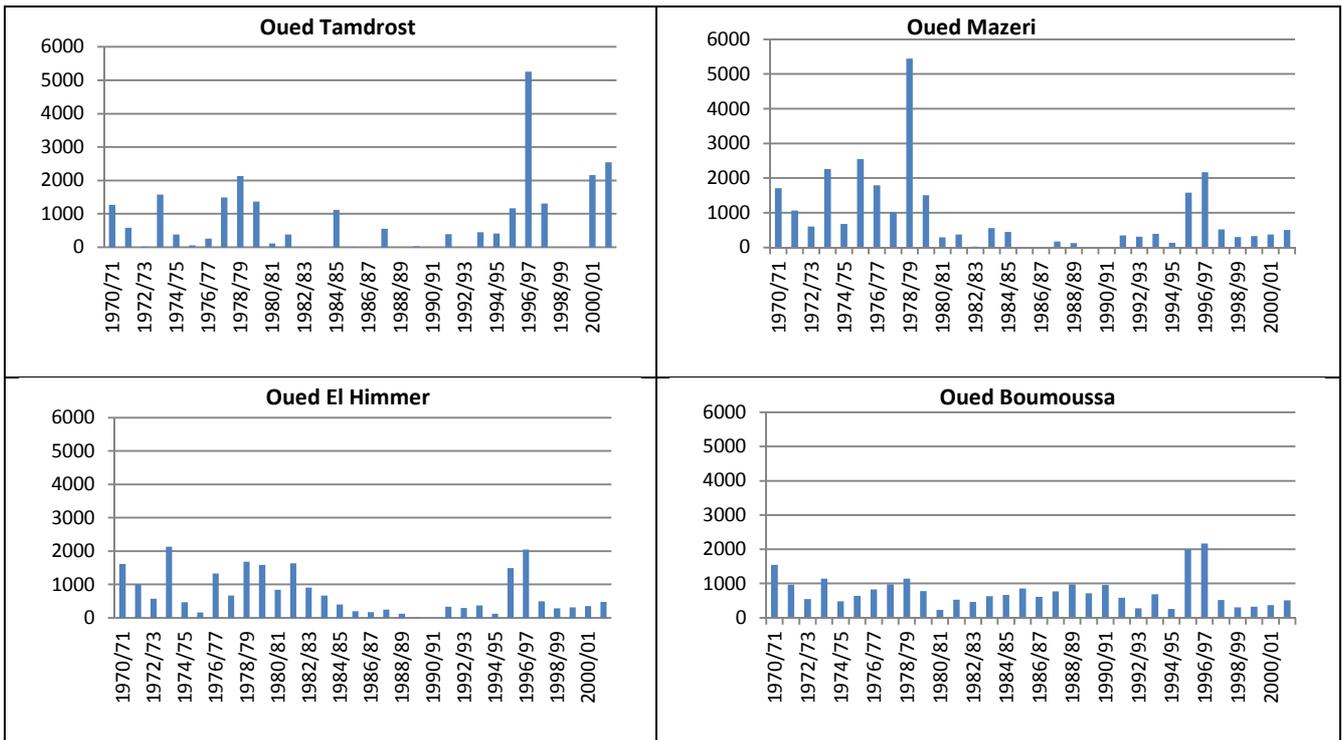


Fig. 6. Histogrammes des débits moyens annuels en l/s [5].

Au cours des années soixante dix, les débits sont plus significatifs (période 70-80) et représentent une période humide.

Pour les années quatre vingt, les débits sont faibles, les oueds sont plutôt secs correspondant généralement aux périodes de sécheresses qui ont sévi dans la région. D'ailleurs durant ces dernières années, ces oueds sont pratiquement à sec, sauf pour oued Boumoussa dont le débit est soutenu par les rejets des eaux usées de la ville de Settat.

En comparant les débits annuels des quatre stations, on constate que les débits sont irréguliers d'une année à l'autre. Mais en générale les quatre Oueds se caractérisent des débits faibles qui ne dépassent pas 1 m<sup>3</sup>/s annuellement.

Pour déterminer la relation entre les précipitations annuelles et les moyennes annuelles des débits des oueds, la figure 7 montre une bonne relation linéaire pour la station de Settat et oued Boumoussa avec un coefficient de corrélation linéaire  $r = 0,74$ .

Pour les autres stations, la liaison linéaire est moins marquée, avec des coefficients plus faibles, ceci peut être expliqué probablement par la faible part des ruissellements de la précipitation totale, qui laisse cette corrélation moins significative, les débits moyennes annuelles sont généralement faibles voire même nulles, avec un régime très irrégulier au cours de l'année.

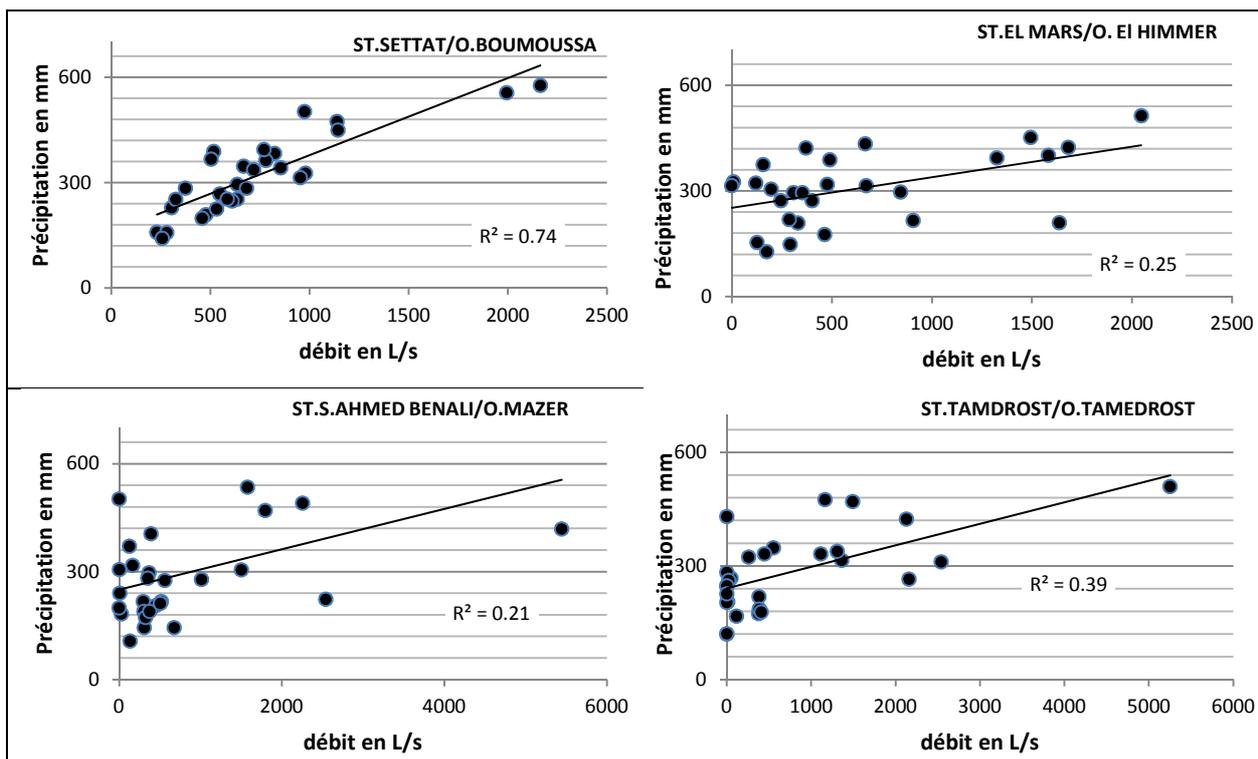


Fig. 7. Corrélation linéaire entre les pluies moyennes annuelles et les débits moyens annuels des stations étudiées.

En général, on peut dire qu'il existe une liaison saisonnière et annuelle étroite entre les précipitations et les régimes des oueds, puisque les précipitations sont évidemment le facteur essentiel qui conditionne les régimes hydrologiques et qu'elles constituent la matière première des débits du cours d'eau. Le calcul des rapports des débits extrêmes sur le débit moyen (Tableau 7), permet d'indiquer une très grande irrégularité des régimes des oueds.

Table 7. Rapport des débits extrêmes sur le débit moyen

Stations	Tamdrost	El Mars	S. Ahmed Bni Ali	Boumoussa
Oueds	Tamdrost	El Himmer	Mazer	Boumoussa
Qmax/Qmoy	6.7	3.0	6.3	2.8
Qmin/Qmoy	0.0	0.0	0.0	0.3

Les rapports ont des coefficients important ceci indique une grande irrégularité des débits annuels des oueds, ainsi l'oued Boumoussa présentent une stabilité relative avec  $0,3 < r < 2,8$  en le comparant aux autres oueds.

## 5 AJUSTEMENT STATISTIQUE DES DÉBITS

Nous disposons au départ, d'une série de crues observées à chaque station de mesure (fournie par l'Agence de Bassin Hydraulique de Bouregreg et de la Chaouia, et nous avons soumis cet échantillon à un traitement statistique qui aboutit à la probabilité d'occurrence d'un événement donné ou à sa durée de retour.

L'ajustement de la loi de Gumbel aux crues des Oueds du Plateau a montré une adéquation satisfaisante, ce qui nous autorise à utiliser cette loi pour estimer les probabilités d'occurrence des crues et leurs périodes de retour (Tableau. 8).

Dans le cas d'un ajustement selon la loi de Gumbel, la méthode graphique repose sur le fait que l'expression d'un quantile correspond à l'équation d'une droite. En conséquence, un échantillon de  $n$  points  $(x_i, i = 1 \text{ à } n)$  d'une variable  $X$  susceptible de suivre une loi de Gumbel. On peut procéder:

- en traçant les fréquences empiriques des  $x_i$  en fonction de  $x_i$  sur un graphique de Gumbel, si les points sont alignés si on affine à une variable de Gumbel ; on en déduit les paramètres.

- on calcule les paramètres de la loi théoriques :

Soit par la méthode des moments soit par la méthode du maximum de vraisemblance ; on trace la droite théorique ainsi obtenue et les points expérimentaux (couple  $(x_i, F_{emp}(x_i))$ ), un bon alignement des fréquences empiriques sur la droite théorique signifie que  $X$  suit bien une loi de Gumbel.

Soit  $T$  la période de retour d'une valeur  $x \geq X$ , exprimée en année.  $F(x)$  désigne la fonction de répartition de Gumbel.

Si  $X$  représente la valeur maximum annuelle d'un phénomène (débit instantané, intensité horaire de pluie, etc...) on a la relation suivante entre  $T$  et  $F(x)$  :

$$T = \frac{1}{1 - F(x)}$$

En remplaçant  $F(x)$  dans l'expression suivante on en tire :

$$x = -s.Ln \left[ -Ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] + x_0$$

Ce test statistique a permis de constater que les crues des oueds sont assez puissantes pour la superficie drainée et pour un milieu semi aride.

Une pointe de 11 m<sup>3</sup>/s par exemple, et qui correspond à 154 fois le module moyen, se produirait tous les cinq ans et même une pointe de 13 m<sup>3</sup>/s reviendrait tous les 10 ans (Tableau. 8).

Les crues des oueds du plateau de Settat sont toujours provoquées par de fortes pluies, principalement d'automne et d'hiver. Elles sont exclusivement d'origine pluviale. Ces pluies intenses sont couplées à une morphologie générale et une lithologie propices au développement de fortes crues, notamment des substratums peu perméables et un couvert végétal clairsemé et très peu développé.

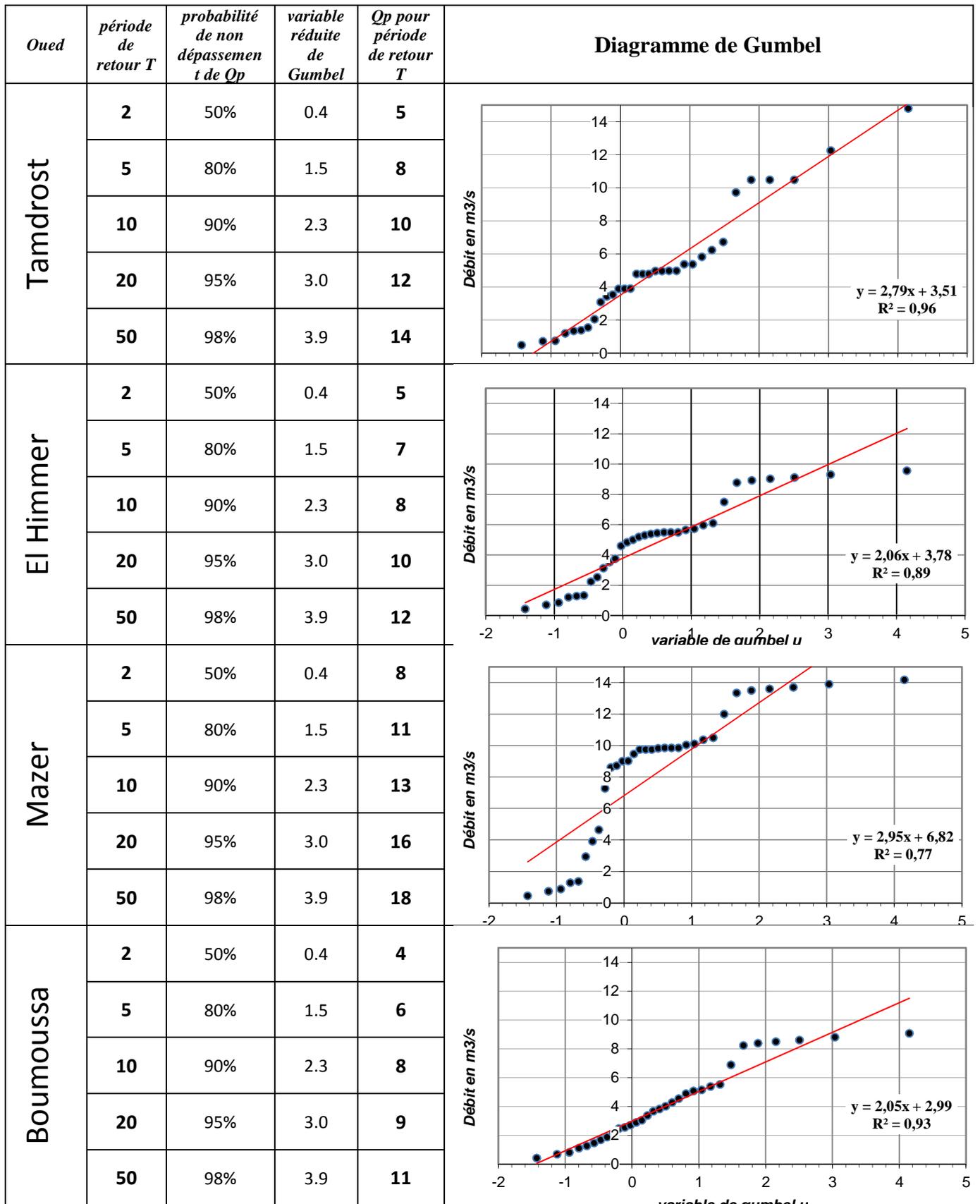


Table 8. Estimation des débits de crues et leurs périodes de retour des oueds

## 6 SYNTHÈSE ET DISCUSSION

La zone d'étude est soumise, comme le restant du territoire marocain, à des crues importantes qui peuvent être très dommageables aussi bien pour les infrastructures publiques ou privées que pour l'agriculture, et causer de nombreuses victimes parmi la population.

Le risque d'inondation est ressenti plus fortement aujourd'hui en raison du fort développement démographique, économique, urbain, agricole, industriel et touristique.

En clair, le risque d'inondation est le résultat de la présence à la fois d'un cours d'eau susceptible de déborder après de fortes précipitations aléatoire et présence des biens vulnérables exposés à ces aléas. Il est à souligner que la vulnérabilité augmente fortement avec le développement urbain et que des situations de risque peuvent être créées là où il n'y en avait pas auparavant, d'où la nécessité d'une maîtrise de l'occupation des sols en zone inondable.

Il est possible d'avoir une idée sur le potentiel global des ressources en eau dans la zone d'étude en utilisant l'information disponible au niveau des bassins versants jaugés. Les apports annuels moyens de la zone d'étude s'élèvent à 9.1 Mm<sup>3</sup> (1972/05) avec une forte irrégularité interannuelle.

**Table 9. Estimation des Apports globaux annuels moyens (1972-2005) en Mm<sup>3</sup> [10].**

Bassins	Surfaces (km <sup>2</sup> )	Périmètres (km)	Longueur (km)	Apports annuels moyens (1972-2005) en Mm <sup>3</sup>
Boumoussa	166	82	24.7	2.1
Touijjine	61	55	18	0.9
Tamdrost	631	215	54	2.3
Mazer	183	99	32	2.2
EL Himmer	173	83	27	1.6

L'infiltration des apports le long des cours d'eau ou par épandage des crues, d'une partie des eaux de ruissellement provenant des Cinq oueds

**Table 10. Estimation des Apports mensuels moyens (1972-2005) en Mm<sup>3</sup> [10].**

Station \ Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Boumoussa	0.0	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
Touijjine	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Tamdrost	0.0	0.0	0.9	0.4	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Mazer	0.0	0.2	0.3	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
EL Himmer	0.0	0.1	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0

Les apports mensuels (Tableau. 10) sont généralement faibles avec un régime très irrégulier au cours de l'année, les apports sont relativement importants pendant un nombre de mois restreint, ces apports ne se font pas pendant tous les mois. A partir de l'analyse des données de l'ABHBC, nous avons relevé que le maximum d'apport mensuel est enregistré sur les cinq bassins aux mois de décembre, janvier, et février (Fig 8), on peut conclure que les apports d'eau pour la plaine de Berrechid par les oueds du plateau de Settat Ben Ahmed sont liés à l'écoulement hivernal.

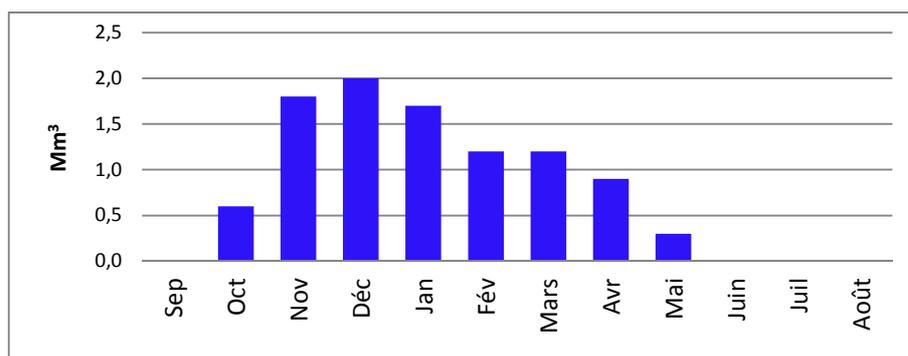


Fig. 8. Apport moyenne mensuelle entre (1972-2005) en (Mm3) pour les quatre Oueds et Oued Touijjine [10].

Bien qu'avec les débits moyens annuels très faibles (0,1 à 2 m<sup>3</sup>/s en général), les crues des oueds du plateau de Settat sont caractérisées par des débits de pointes très élevés. Ces crues sont aussi caractérisées par des temps de montées assez courts et des hydro-grammes pointus, ce qui indique la brièveté et la puissance des événements.

Le régime des oueds est caractérisé par des tarissements fréquents et des crues rapides et violentes engendrées par des pluies intenses et localisées. Les écoulements sont globalement produits à hauteur de 65 à 90 % pendant la période allant de décembre à mars.

Ces oueds ont connu ces dernières années deux crues importantes, la première le 24 décembre 2001 et la deuxième le 25 novembre 2002. Les écoulements de ces oueds dans la plaine de Berrechid sont très complexes. Ils se font en nappe et les eaux des oueds divaguent à cause d'une topographie très plate de la zone.

Le volume ruisselé jusqu'à la plaine est de 9 Mm<sup>3</sup>. Dans la plaine, une partie sera reprise par évaporation dans les zones d'épandage et le reste joindra inévitablement la nappe. L'apport moyen au niveau de la plaine est de 5,5 Mm<sup>3</sup> ; les valeurs extrêmes peuvent être particulièrement élevées : près de 23 Mm<sup>3</sup> durant l'année 96/97; en années très déficitaires, ces valeurs sont quasi-nulles [10], ces volumes générés par ces oueds à régimes éphémères et saisonniers jouent un rôle très important dans la recharges de la nappe de Berrechid.

## 7 CONCLUSION

Les bassins versants des oueds du plateau de Settat ont un hydro-système relevant du domaine semi-aride marocain caractérisé par un régime pluvial océanique où seules les précipitations conditionnent l'écoulement superficiel. Ce régime est marqué par une saison pluvieuse en automne et en hiver suivi d'une longue période très peu pluvieuse d'avril à octobre.

Sur le plan hydrologique, le régime est caractérisé par une saison de hautes eaux calquée sur la saison pluvieuse. Les débits sont étroitement liés aux pluies aux échelles mensuelles et annuelles. Les coefficients de corrélation entre les deux paramètres sont assez élevés. Ils témoignent de la bonne réponse hydrologique du bassin versant.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Agence du Bassin Hydraulique de la Chaouia Bouregreg et la Direction de la Recherche et la Planification de l'Eau pour avoir fourni les données sur les stations climatiques.

## REFERENCES

- [1] Lyazidi, A 2003, "Evolution géodynamique du bassin triasique de Berrechid-El Gara-Benslimane : Dynamique sédimentaire et géométrie des dépôts (Méséta nord-occidentale, Maroc) ". *Pongéa*, n° 39/40, juin. p. 23-35.
- [2] Termier. H & Termier. G 1951. "Stratigraphie et paléobiologie des terrains primaires de Ben Ahmed (Chaouia Sud). *Notes. Serv. Géol. Maroc*, n° 85, TV. pp. 48-105.
- [3] ADH, 1985. "Etude du plan directeur intégré d'aménagement des eaux des Bassins Sebou, Bouregreg, et Oum errabia, Sous mission 183-184. Etude hydrogéologique de la nappe de Berrechid". Unité 12 : a. Rapport inédit.
- [4] Michard. A 1976. "Eléments de Géologie Marocaine". Notes et mémoires, n° 252. 399p.
- [5] ABHCB, 2004. "Etude de modélisation de la nappe de Berrechid" Mission I, Rapport définitif (2004). P8-9. R Ind .

- [6] Gigout, M. 1950. "Carte géologique de la meseta entre Settat et Mazagon (Dokkala et chaouia occidental) " carte géol; 1/200 000 ; *publié par le service géologique du Maroc en 1954.*
- [7] El Mansouri B. 1993. "Structure et modélisation quantitative de l'aquifère de Berrechid. Validation par l'approche géostatistique". Doctorat de l'université en géosciences, option : Hydrogéologie quantitative, P35, Chap1.
- [8] Ruchard J.P. 1975. "Chaouia et plaine de Berrechid". In : Ressources en eau du Maroc. T. II, n° 231, *notes et mém. Serv. Géo. Rabat, Maroc.*
- [9] ABHCB. 2004 Agence du Bassin Hydraulique de Bouregreg et de la Chaouia, "Synthèse des études antérieures et actualisation des données hydrogéologiques de la nappe de Berrechid", Rapport définitif (2004). R Ind.
- [10] ABHCB, 2008. "Etude du plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau du bassin hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia" évaluation des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques. *Mission I Rapport définitive. R Ind.*