



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE
MARRAKECH



Maîtrise Es Sciences et Techniques d'Hydrogéologie

Mémoire de fin d'études

Les crues en zone montagneuse semi aride
Le cas des bassins du R'Dat et du Zat
(Haut Atlas, Maroc)

Elaboré par :

RAMROMI Adnane

Encadrés par :

Mr Mohamed El Mehdi SAIDI

Soutenu le 03 juillet 2007 devant le jury composé de :

Mr Lahcen DAUDI
Mr M'Bark AGOUSSINE
Mr Mohamed El Mehdi SAIDI

Sommaire

Introduction générale	3
I- Situations géographiques et caractéristiques morphologiques des bassins du R'Dat et du Zat.	4
1- Morphologie des bassins versants	5
A- Le bassin versant du Zat	5
a- Forme globale	5
b- Géologie et pédologie : bassin versant du Zat.....	7
c- Pentés et carte hypsométrique : Hypsométrie.....	7
B-le bassin versant du R'Dat :.....	8
a- Forme globale	8
b- Géologie et pédologie.....	9
c- L'hypsométrie du bassin versant du R'Dat.....	10
II - Situation climatique et hydrologique :	11
A- Les précipitations moyennes annuelles et leurs variations :	11
a- Méthode de la moyenne arithmétique.....	12
a-1 Bassin versant du Zat	12
a-2 Bassin versant de R'Dat.....	12
b- Variations annuelles des précipitations:.....	12
b-1 Bassin du Zat.....	12
b-2 Bassin du R'Dat.....	13
c- Variations saisonnières des précipitations:.....	14
d- Les précipitations mensuelles	15
d-1 du Bassin du Zat	15
d-2 Les précipitations mensuelles du Bassin du R'Dat à Sidi Rahal.....	16
B- Débits Des Cours D'eau :	17
a- Variations annuelles des débits	18
a-1 Oued Zat à Taferiat.....	18
a-2 Oued R'Dat à Sidi Rahal.....	18
b- Répartition saisonnière des débits :.....	19
b-1 Oued Zat à Taferiat.....	20
b-2 Oued R'Dat à Sidi Rahal.....	20

c- Variations Mensuelles Des Débits :.....	21
c-1 Oued Zat à Taferiat.....	21
c-2 Oued R'Dat à Sidi Rahal.....	22
d- Variations simultanées des précipitations et des débits mensuels :.....	23
d-1 Bassin versant du Zat.....	23
d-2 Bassin versant du R'Dat.....	24
LES CRUES DU ZAT ET DU R'DAT:	26
Définition et Généralités :.....	26
I- Etude statistique des crues des oueds	27
A – Ajustement de la loi de Gumbel aux crues :.....	27
a- Cas du bassin versant du Zat :.....	28
a-1 Calcul des quantiles :.....	29
a-2 Intervalles de Confiance :.....	30
b- Cas du bassin versant du R'Dat :.....	31
b-1 Calcul des quantiles	32
b-2 Intervalle de Confiance	33
B- Les crues dans l'année hydrologique :.....	34
a-1 Bassin versant du Zat :.....	34
a-2 Bassin versant du R'Dat :.....	35
II- Etude dynamique des crues :..... ;.....	36
A- Les variations dans le temps des temps de base et de montée	36
a-1 Temps de montée des crues de oued Zat à Taferiat.....	36
a-2 Temps de base des crues de oued Zat à Taferiat :	37
a-3 Temps de montée des crues de oued R'Dat à Sidi Rahal	38
a-4 Temps de base des crues de oued R'Dat à Sidi Rahal	38
B- Analyse de quelques hydrogrammes remarquables de l'oued Zat :.....	39
C- Analyse de quelques hydrogrammes remarquables de l'oued R'Dat :.....	42
Conclusion générale	45
Bibliographie.....	46
Annexe.....	47

Introduction générale

Les crues sont, partout dans le monde considérées, comme des phénomènes exceptionnels contre lesquels il faut se protéger par la prévision et la prévention. Ceci à cause de leurs effets destructifs sur les plans naturels et socio-économiques. Ils sont pour cela au centre des préoccupations des scientifiques et des gouvernements. Les premiers interviennent par leurs études et travaux de recherches et les seconds par la prise de décision en matières d'aménagements appropriés. D'autres acteurs peuvent intervenir par la sensibilisation des populations telles que les associations et Organises Non Gouvernementaux.

Au Maroc on s'est intéressé depuis longtemps aux phénomènes hydrologiques extrêmes. Car le pays connaît des crues et inondations répétitives dans différentes régions (Sefrou en 1950, la vallée de la Moulouya en 1963, la Vallée du Ziz en 1965, les vallées du Haut Atlas de Marrakech en août 1995, la région d'El Hajeb en 1997, celle de Settat et Mohammedia en 2002, Tan Tan, Nador, Al Hoceima et Khénifra en 2003...etc.

Notre région d'étude n'est pas épargnée par ces cataclysmes hydrologiques. Les bassins versants du Zat et du R'Dat font partie du Haut Atlas de Marrakech. C'est une zone montagneuse semi aride sujette à des pulsations brutales dans les niveaux des eaux des oueds. C'est pour cela qu'on s'est décidé d'entamer une étude dynamique et statistique des crues des deux bassins. Ceci en vue de connaître la typologie des crues en ce milieu semi aride montagnard, par l'analyse des débits de pointe, des formes des hydrogrammes, des temps de montée et de décrue et des volumes d'eau mobilisés

Le travail sera organisé en trois volets :

- L'analyse morphométrie et géomorphologique des bassins.
- L'analyse du régime pluviométrique et hydrologique
- L'étude dynamique et statistique des crues des oueds.

I- Situations géographiques et caractéristiques morphologiques des bassins du R'Dat et du Zat.

Le ZAT et le R'DAT sont deux affluents rive gauche de l'oued de Tensift. Ils appartiennent au versant Nord de la chaîne du Haut Atlas. Leurs bassins versants fermés respectivement à Taferiat et à Sidi Rahal sont situés au Sud-Est de Marrakech entre les latitudes $31^{\circ}10'$ et $31^{\circ}40'$ Nord et entre les longitudes $7^{\circ}10'$ et $7^{\circ}40'$ Ouest (figure 1). Ils sont délimités au sud par la zone axiale du Haut Atlas, au Nord par la plaine du Haouz, à l'Est par le bassin de la Tassaout et à l'ouest par le bassin versant de l'Ourika.

L'exutoire du bassin du Zat (Taferiat) est situé à une altitude de 760 mètres et celui du bassin du R'Dat (Sidi Rahal) à une altitude de 690 m. Ce sont les deux stations de jaugeage des oueds. Elles délimitent des surfaces de réception de l'ordre de 516 km² pour le bassin du Zat et une superficie de 569 km² pour le bassin du R'Dat.

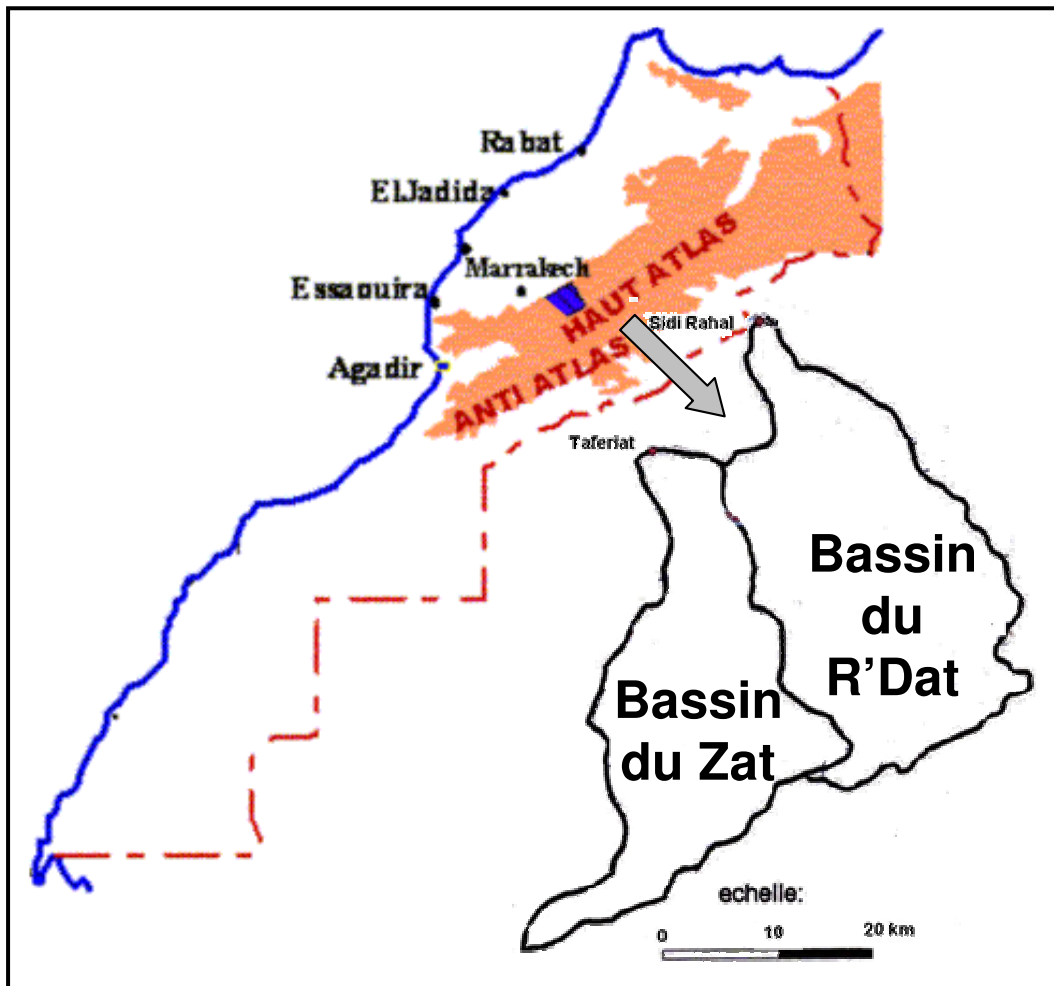


Figure 1 : Situation géographique des bassins versants du Zat et du R'Dat

1- Morphologie des bassins versants :

A- Le bassin versant du Zat :

a- Forme globale :

L'oued Zat est un affluent atlasique rive gauche de l'oued Tensift, Il forme avec l'oued Ourika les 2 bras principaux de l'oued Hadjar qui passe à coté de Marrakech avant de se jeter dans la Tensift.

Il draine un bassin versant de **528 km²** à la station hydrologique de Taferiat et fait partie de la zone la plus active, la plus pentue et la plus arrosée du bassin de Tensift.

Ses principaux affluents étant oued Ikiys et oued Yagoun sur sa rive gauche et les oueds Zeraoun, Wansa, Tighazrit, Tighadwine, Tidsi et Afra sur sa rive droite.

Le périmètre du bassin versant est de l'ordre de **135km**, ce qui lui donne un indice de compacité ($Kc = 0,28 P/\sqrt{S}$) de l'ordre de **1,66**. Il confère au bassin une forme allongée qui aura un impact sur les écoulements et les hydrogrammes observés à l'exutoire.

Le cours principal a une longueur de **55km** et les dimensions du rectangle équivalent étant 9Km pour la largeur et 54Km pour la longueur. Ces dimensions confirment la forme allongée du bassin versant. (ABH Tensift)

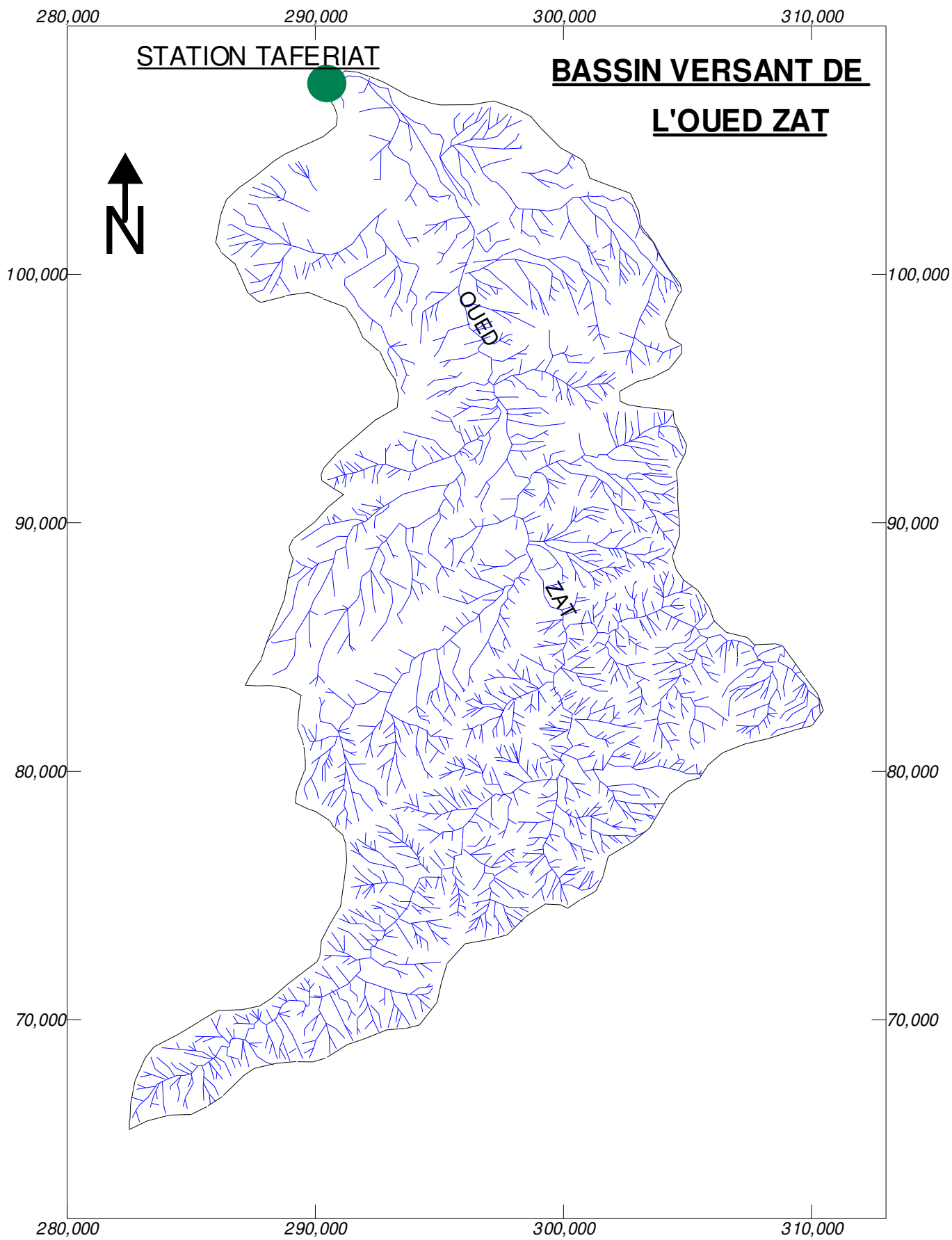


Figure 2 : Le bassin versant du Zat : forme et réseau hydrographique (ABH Tensift)

b- Géologie et pédologie :

Le bassin est constitué d'un socle rigide Paléozoïque et précambrien au sud et des terrains de couvertures secondaires et tertiaires qui se développent vers le nord et le nord -est.

La chaîne atlasique montre suivant une direction nord-est, sud-ouest deux zones distinctes:

- A l'amont, la zone axiale de la chaîne à hautes altitudes où n'affleurent que le socle.
- A l'aval, la zone sub-atlasique septentrionale où la couverture post-hercynienne constitue l'essentiel des affleurements.

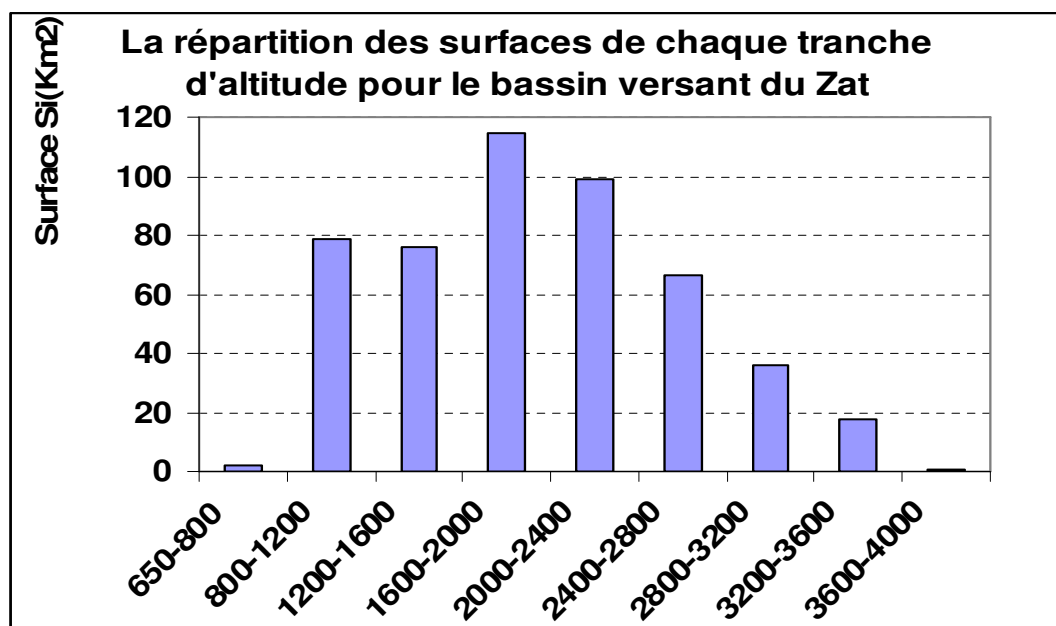
Dans l'ensemble, la lithologie du bassin du Zat est constituée à 46 % de terrains imperméables, à 40 % de terrains semi perméables et à 14 % de terrains perméables (P. Pascon 1977).

c- carte hypsométrique et Pentés :

- Hypsométrie

Dans les bassins de R'dat et du Zat , les cartes hypsométriques présentent une sorte de mosaïque où se succèdent des zones de très hautes altitudes (dépassant 2000m) et des étendues planes peu élevées. Nous allons chercher les proportions de chaque tranche d'altitude au niveau de chaque bassin versant et en déduire le degré des pentes des talwegs et des versants :

Le bassin versant du Zat



La courbe hypsométrique de l'ensemble du bassin de Zat à son embouchure confirme les hauteurs élevées des pics montagneux généralement du haut Atlas bien que les reliefs dépassant les 2800 m n'occupent que 11,3 % de la superficie totale du bassin versant ; par contre plus de la moitié de la surface est comprise entre 800 et 2000 m d'altitude. Les terres basses sont relativement peu fréquentes.

Tranche d'altitude	Surface Si (Km2)	Si/St %	Si cumulée	Si/St % cumulée
650-800	2,1	0,43	2,1	0,43
800-1200	78,5	16	80,6	16,43
1200-1600	75,6	15,44	156,2	31,87
1600-2000	114,2	23,32	270,5	55,19
2000-2400	99	20,2	369,5	75,39
2400-2800	66,4	13,55	435,9	88,94
2800-3200	36	7,34	471,9	96,28
3200-3600	17,3	3,54	489,2	99,82
3600-4000	0,81	0,17	490	99,99

Tableau 1 : la répartition des tranches hypsométriques au bassin du Zat(ABH Tensift)

Pour l'altitude moyenne, on trouve 1840 m. La médiane est de l'ordre de 1720.

La pente moyenne du bassin versant est de l'ordre de 4,8% (ABH Tensift) Les versants montagneux et les affluents ont bien entendu des pentes beaucoup plus élevées.

B- Le bassin versant du R'Dat :

a- Forme globale :

L'oued R'Dat est un affluent atlasique du Tensift, Il draine un bassin versant de **532km²** à la station hydrologique Sidi Rahal. Ses principaux affluents sont Assif-N-Tichka qui est à l'origine de l'oued R'Dat, Oued Imizer formé par la confluence de l'oued Imarighne et de l'Oued Tihizat., Assif-N-Ifraden et Oued Tissert.

Le périmètre du bassin versant est de l'ordre de **130 km**, l'indice de compacité est alors de l'ordre de **1.54**, Il confère également à ce bassin une forme allongée qui aura un impact sur le temps de

concentration et le rassemblement des écoulements vers l'exutoire. Son cours principal a une longueur de **50 km** et les dimensions du rectangle équivalent étant : 10 Km pour la largeur et 50 Km pour la longueur. Ces dimensions confirment la forme allongée du bassin versant.

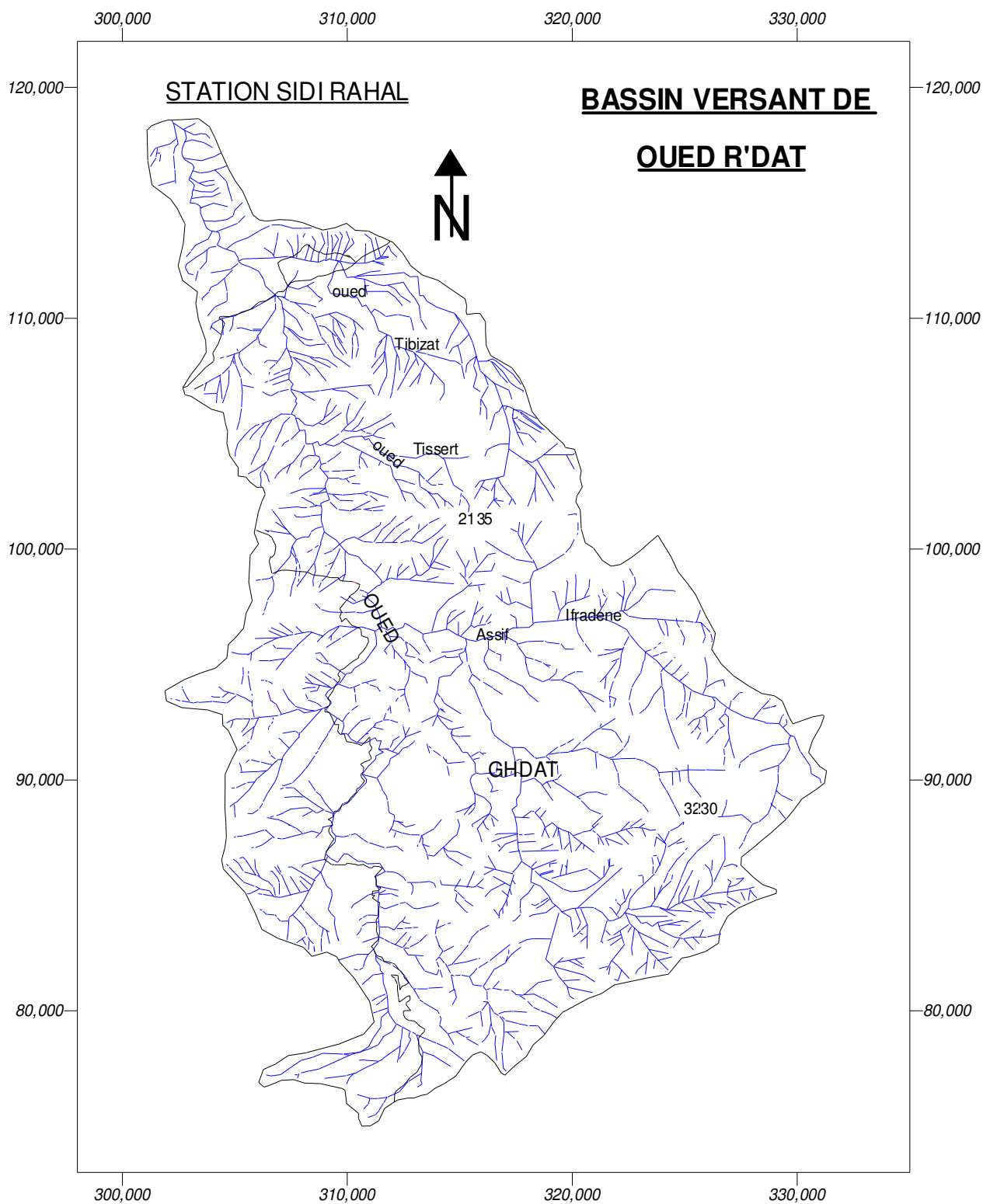
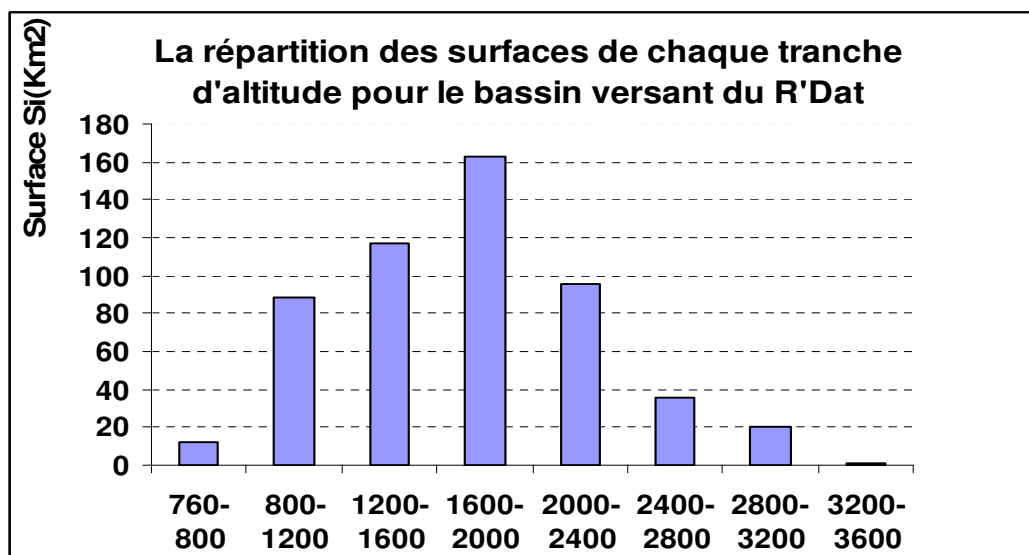


Figure 4 : Le bassin versant du R'Dat : forme et réseau hydrographique (ABH Tensift)

b- Géologie et pédologie :

Dans l'ensemble, la lithologie du bassin du R'Dat est constituée de 30% de terrains imperméables, 56% de terrains semi perméables et 14 % de terrains perméables (P. Pascon 1977).

c- L'hypsométrie du bassin versant du R'Dat :



On remarque, une importante fréquence de la tranche d'altitude comprise entre 1200 et 2400m (70%), L'altitude moyenne dans ce cas est de : 1720m. La médiane est de l'ordre de 1730m et la pente moyenne du bassin versant est de 3,2%(ABH Tensift).

Tranche d'altitude	Surface Si (Km2)	Si/St %	Si cumulée	Si/St % cumulée
760-800	12,5	2,34	12,5	2,34
800-1200	88,2	16,55	100,7	18,89
1200-1600	117,1	21,98	217,8	40,87
1600-2000	162,4	30,47	380,2	71,34
2000-2400	95,2	17,87	475,4	89,21
2400-2800	36	6,75	511,4	95,96
2800-3200	20,4	3,83	531,8	99,79
3200-3600	1,1	0,2	532,9	99,99

Tableau 2 : la répartition des tranches hypsométriques au bassin de R'Dat (ABH Tensift)

II- Situation climatique et hydrologique :

A- les précipitations moyennes annuelles et leurs variations :

La connaissance de la lame d'eau précipitée dans une région et dans un temps donné est d'une grande importance dans les études hydrologiques. C'est pourquoi nous allons analyser les régimes pluviométriques des bassins versants.

Le bassin versant du Zat (490 km²) dispose de deux postes pluviométriques seulement : la station de Taferiat et celle d'Asloum. Le rapport entre la superficie totale au nombre de postes nous a révélés une densité d'équipement très faible : Un poste pour 245 km² de bassin.

On remarque toujours une discontinuité du fonctionnement des équipements représentés par des lacunes parfois si nombreuses que pour certaines années il y a absence totale de renseignement.

Stations	Latitude (X)	Longitude(Y)	Altitude(Z)
Taferiat :	290,25	107,50	760
Asloum	298,20	93,40	1155

Tableau 3 : Les coordonnées Lambert des deux stations (ABH Tensift)

Dans le bassin versant de R'Dat (532,9km²), ont été installés trois postes pluviométriques. De façon abstraite, le rapport de la superficie du bassin versant au nombre de pluviomètres, nous révèle un poste pour 177km², mais pour certaines années il y a absence totale de renseignements, ce qui produit des lacunes.

Dans le cas de l'étude du bassin versant de R'Dat, nous nous sommes servis des données de trois stations appartenant à l'ensemble d'équipement de ce bassin versant.

Stations	Latitude (X)	Longitude(Y)	Altitude(Z)
Taddert	310,50	87,00	1650
Sidi Rahal	303,10	117,80	690
Touflihte	306,35	100,15	1465

Tableau 4 : Les coordonnées Lambert des trois stations (ABH Tensift)

a- Méthode de la moyenne arithmétique :

Cette méthode simple consiste à calculer la moyenne arithmétique des valeurs obtenues au niveau des stations étudiées. Elle s'applique uniquement si les stations sont bien réparties et si le relief du bassin est homogène.

Cette méthode est moins représentative mais on l'utilisera ici juste pour avoir une idée sur la précipitation sur les bassins étudiés.

Bassin versant du Zat

- Station d'Asloum :

La moyenne arithmétique des pluies annuelles pour la période de [1948/49 à 1993/94] est de l'ordre de 475,9 mm.

Les deux valeurs extrêmes s'étalent de 158,1 mm en [1958/1959] à 848,6 mm en [1971/1972]. La variation interannuelle des précipitations est donc très importantes..

- Station de Taferiat :

La pluviométrie annuelle varie ici de 133,4 mm en [1982-1983] à la plus grande hauteur 913,4 mm en [1995/96]. Ceci témoigne également d'une grande variabilité interannuelle.

La moyenne interannuelle de [1982/83] à [2001/2002] est de l'ordre de 388,4 mm.

Les années dont la pluviosité est au-dessus de la moyenne sont moins nombreuses que celles qui sont en dessous.

Bassin versant de R'Dat

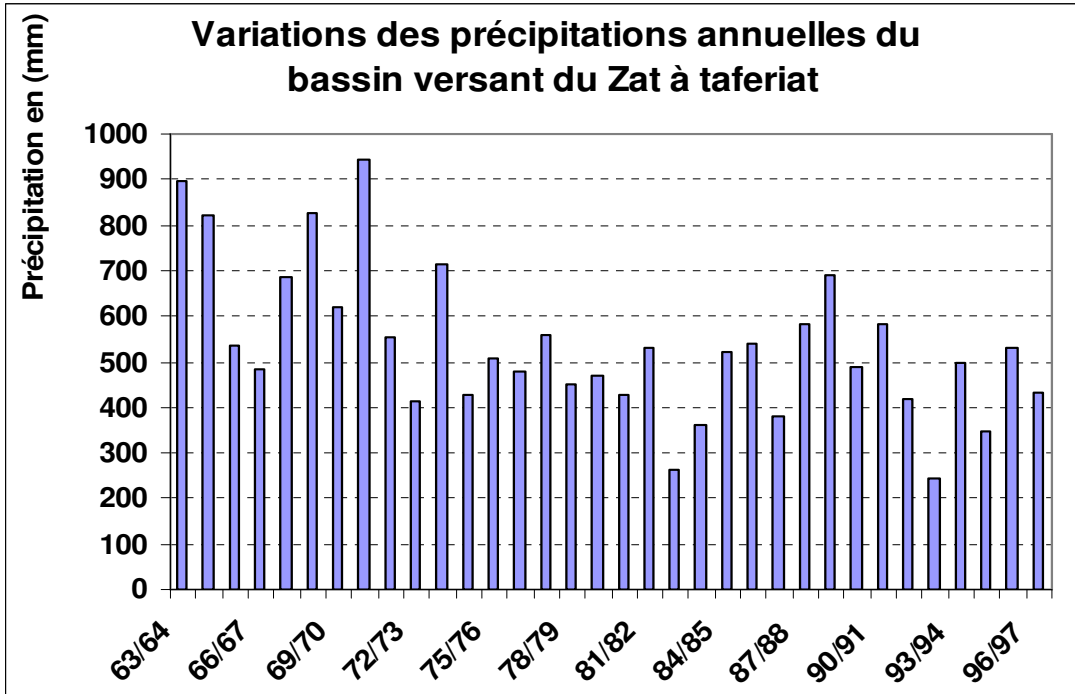
La moyenne arithmétique des pluies annuelles de [1971-72] à [1993-94] est de l'ordre de 334.8 mm. La variation des hauteurs de précipitations ici est importante : les deux valeurs extrêmes s'étalent de 167 mm en [1992-93]. à 561,8 mm en [1973-74].

Cette variation est aussi mise en relief par quelques paramètres de dispersion, tel que l'écart type qui est égal à 100,4, ainsi que le coefficient de variation qui est de l'ordre de 30 %.

b- Variations annuelles des précipitations:

b-1 Bassin du Zat

A Taferiat, nous avons une période de 34 ans de données de précipitations de [1963/64 à 1996/97].

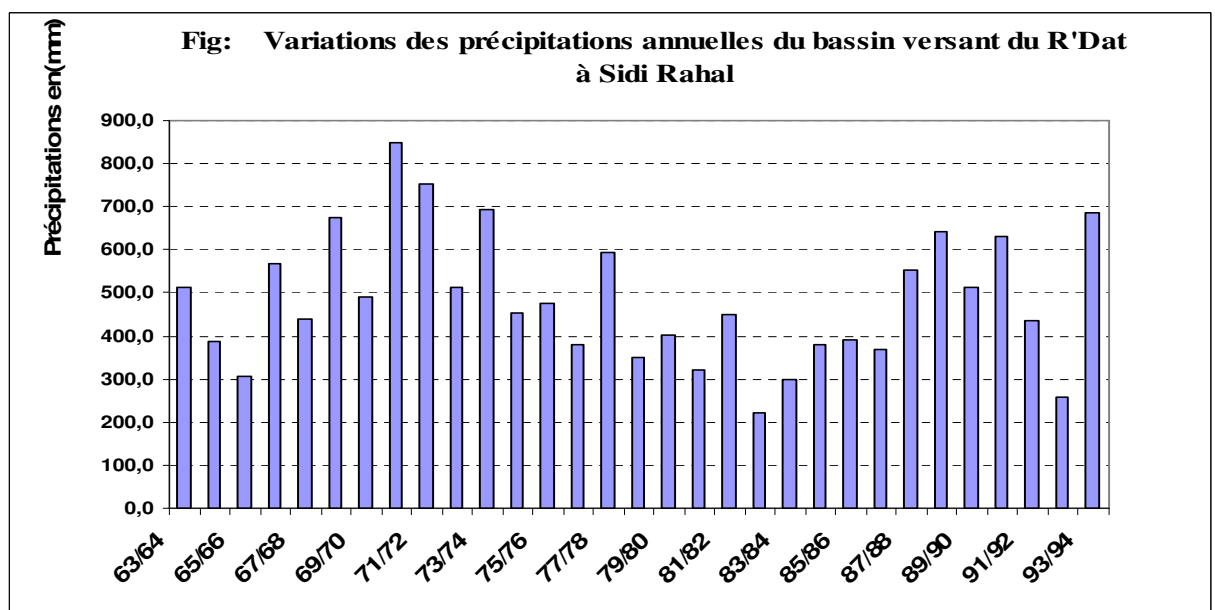


La pluviométrie moyenne sur le bassin du Zat est de : **535,77mm**.

Le maximum des précipitations du bassin est enregistré en [1970-1971] avec un maximum de 941mm environ et un minimum de 244mm enregistré en [1992-1993]. Voir (annexe 1)

b-2 Bassin du R'Dat

On a toujours la même période de données (34 ans) pour le bassin du R'Dat du [1963/64 à 1996/97]



Pour l'ensemble des 34 ans considérés, la valeur moyenne des précipitations annuelles à Sidi Rahal est de l'ordre de 351mm.

Les valeurs des débits annuels varient de 210mm en [1982-1983] et 840mm en [1970- 1971].

On peut remarquer que la période entre [1963- 1964] et [1977- 1978] était la période la plus pluvieuse dans cette série de 34 ans pour les deux bassins versant. Voir (annexe 2)

c- Variations saisonnières des précipitations :

Les précipitations saisonnières dans les bassins de R'Dat et du Zat peuvent être quantifiées à partir des valeurs moyennes mensuelles de la lame d'eau précipitée dans chaque bassin :

L'automne qui comporte les mois de (septembre, octobre, novembre)

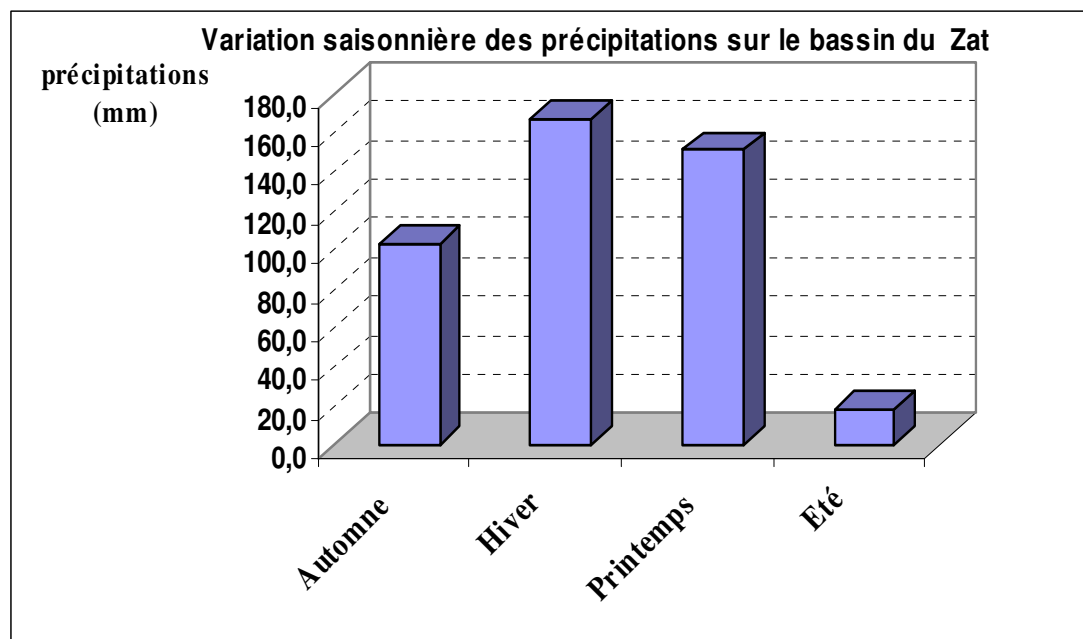
L'hiver qui comprend les mois de (décembre, janvier, février)

Le printemps qui comprend les mois de (mars, avril, mai)

L'été avec les mois de (juin, juillet, août)

Pour le bassin du Zat la répartition se présente comme suit :

Automne	Hiver	Printemps	Eté
103,3	167,0	151,2	17,9

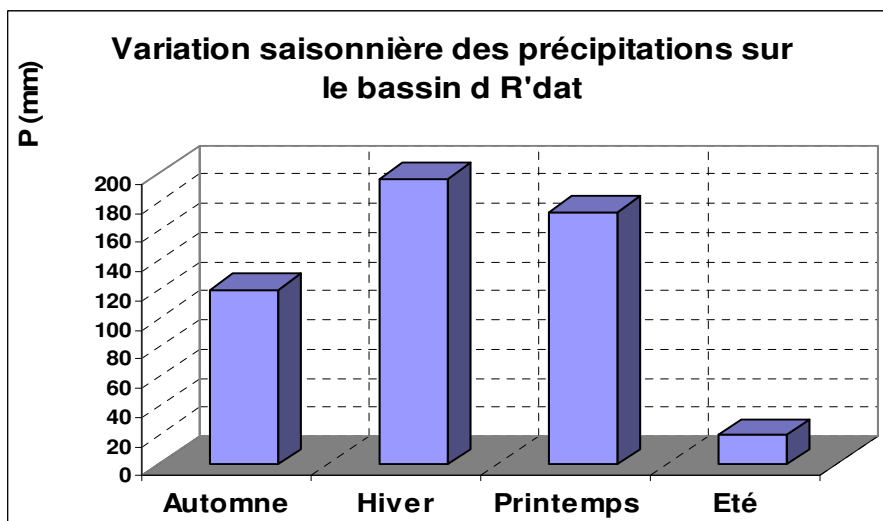


Ce bassin, reçoit donc le maximum de chutes de pluies au cours de l'hiver suivi du printemps et de l'automne.

L'été est la saison la plus sèche. Elle n'enregistre que quelques millimètres ou dizaines de millimètres.

La situation pour le bassin du R'Dat étant :

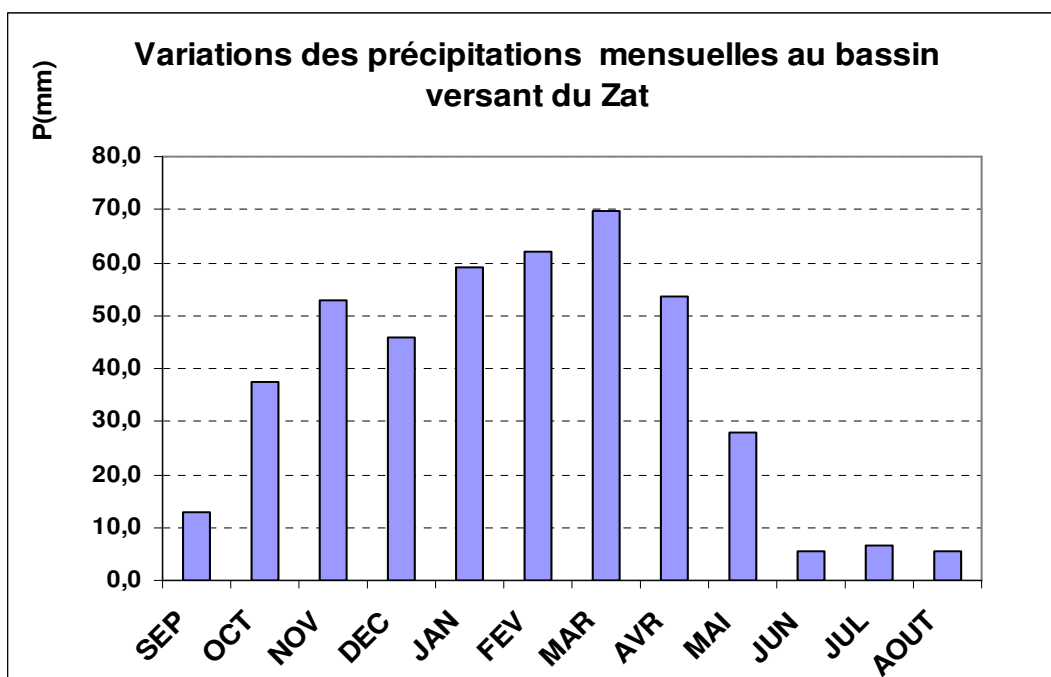
Automne	Hiver	Printemps	Eté
119,6	195,7	172,8	19,8



Comme pour le bassin du Zat, c'est la saison d'Hiver qui reçoit le maximum de chutes de pluies ici, suivie de printemps et l'Automne. Tandis que l'Eté constitue la saison la plus sèche de l'année.

La rareté des précipitations et la sécheresse de l'air sont des facteurs responsables de cette situation

d- Les précipitations mensuelles : 1 Bassin du Zat :



Station d'Asloun

Pour cette station, le mois de mars est le mois le plus pluvieux et les mois de juin, juillet et août sont les plus secs dont la hauteur de pluies ne dépasse pas 9.5 mm.

Station de Taferiat

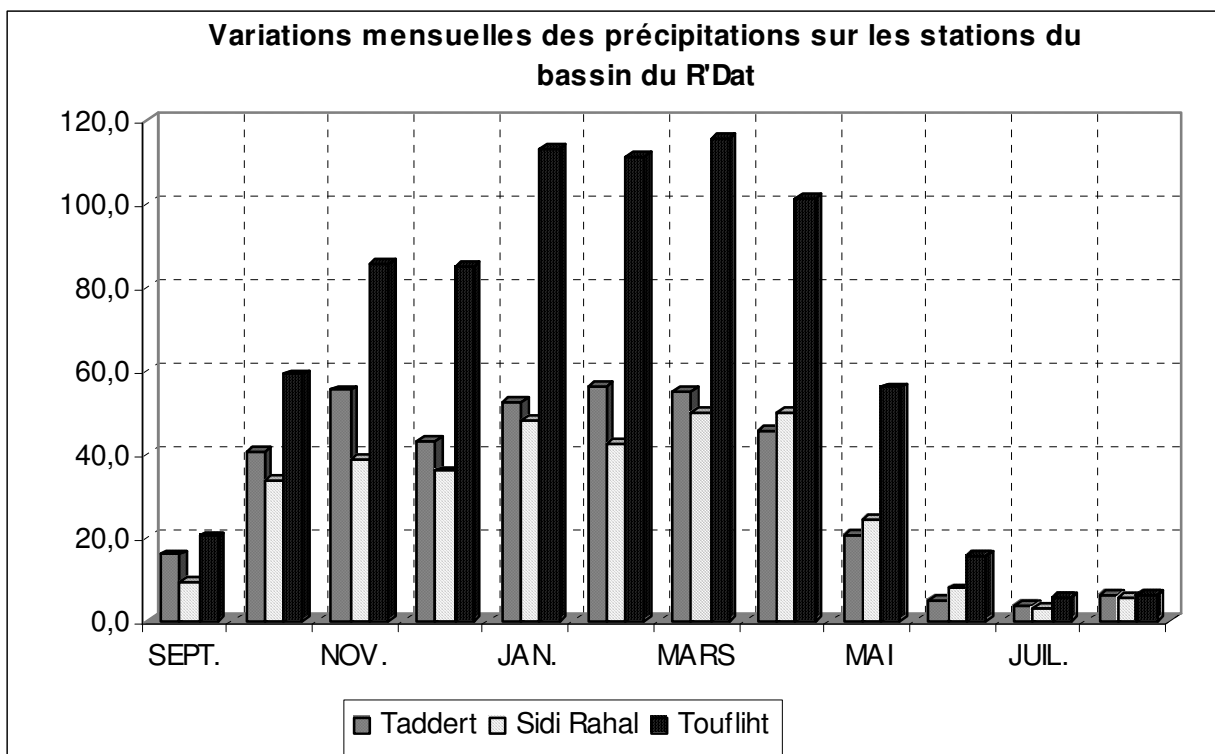
La moyenne mensuelle des précipitations est de 32.4 mm. Il y a sept mois (d'octobre à mai) qui ont des précipitations qui dépassent la moyenne.

Le mois de mars reçoit le maximum des précipitations et le minimum est enregistré aux mois de juillet et août avec une hauteur de pluie qui ne dépasse pas 6.25 mm.

Le calcul de la moyenne des deux stations permet de construire un diagramme des variations des précipitations mensuelles.

d-2 Bassin du R'Dat :

Les précipitations moyennes mensuelles des trois stations du bassin du R'Dat, se présentent comme suit (I.Moussyih, H.Barry Mamadou) :



A **Sidi Rahal**, les précipitations les plus abondantes se situent en avril dépassant de très peu les mois de mars, janvier et février. Ces quatre mois totalisent 54 % des précipitations de l'année. La période comprise entre (juin en septembre) est la plus sèche de l'année.

Pour la station de **Taddert**, les précipitations les plus abondantes se situent en février, dépassant de très peu les mois de mars, janvier et novembre. Les mois les plus secs de l'année sont Les mois de (mai en septembre).

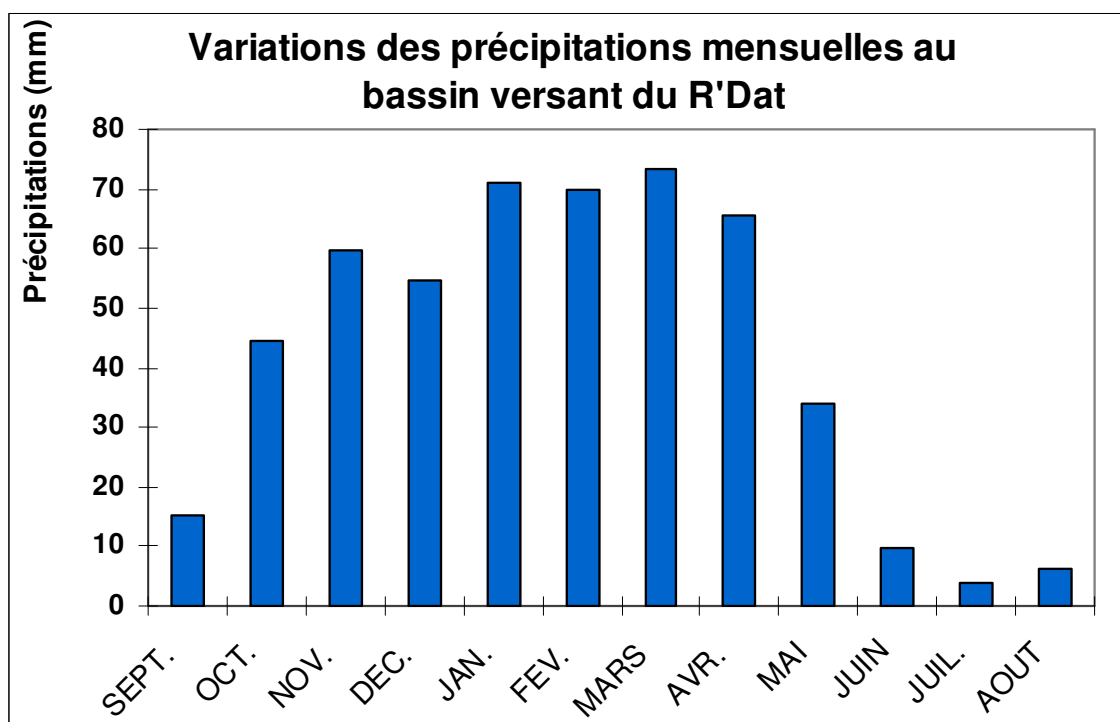
Pour le poste de **Touflihte**, le mois de mars est le plus pluvieux (15 % du total annuel), suivi de mois de janvier 14. %, février est classé au troisième rang avec 13.8%.

Les mois de novembre à avril inclus totalisent 78% des précipitations de l'année, et le mois de juillet représente le mois le plus sec de l'année.

A la première vue du graphique, nous remarquons que les précipitations sont Généralement plus abondantes à la station de **Touflihte** durant tous les mois de l'année.

Les mois de juin, juillet et août constituent les mois plus déficitaires de l'année. Du point de vue pluviosité, la station **Taddert** se situe au deuxième rang, les précipitations y sont plus élevées que celles enregistrées à **Sidi Rahal**.

La moyenne des trois stations permet de dessiner le graphique suivant : Voir (annexe 4)



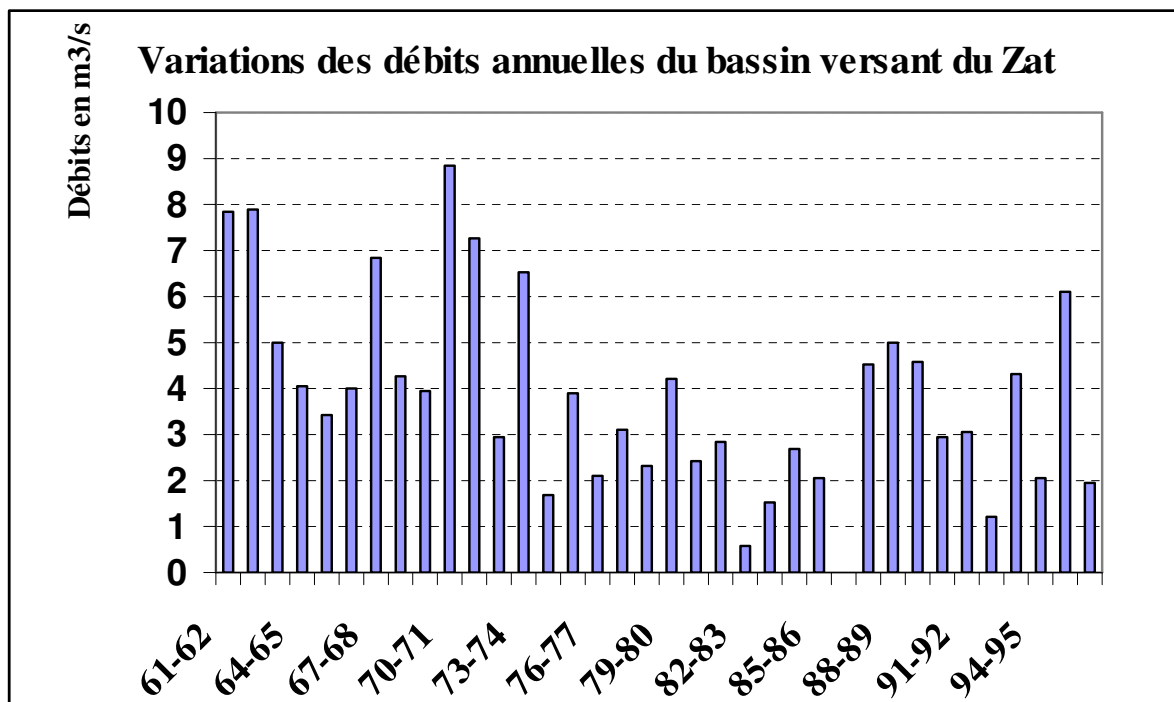
B- Débits Des Cours D'eau :

Le débit de surface ou le ruissellement est constitué par l'eau qui s'écoule plus ou moins librement à la surface des sols. L'importance de l'écoulement superficiel dépend de l'intensité des précipitations et de leur capacité à saturer rapidement les premiers centimètres du sol, avant l'infiltration et la percolation.

a- Variations annuelles des débits :

a-1 Oued Zat à Taferiat

A Taferiat, nous avons une période de 34 ans de données de débits, de [1962/63 à 1996/97]. Dans cette station la valeur moyenne de l'écoulement annuel est de l'ordre de 3,93 m³/s. 14 années ont un débit qui dépasse la moyenne, 3 années lui sont égales, et le reste est au dessous de cette moyenne.

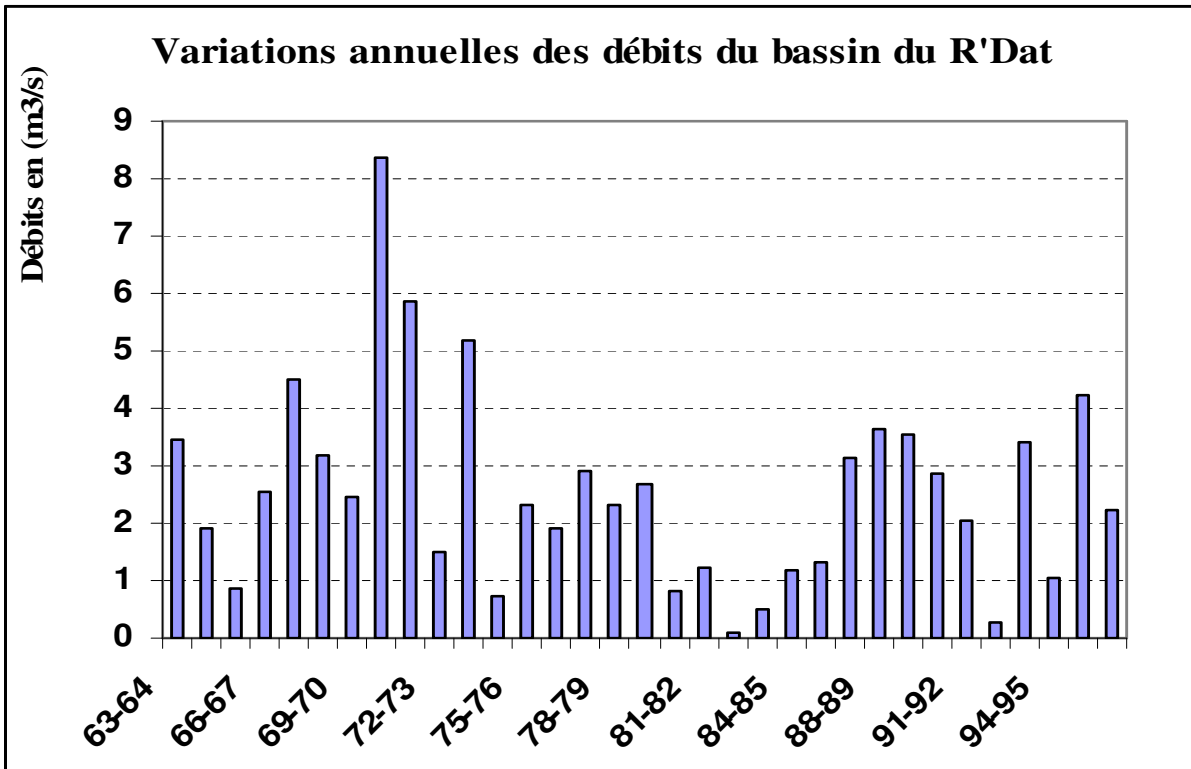


D'après l'histogramme, on remarque clairement deux période distinct : la première du [1961 à 1974] avec un débit élevé et une seconde période du [1975 à 1997] avec un débit plus faible.

On peut déduire que les débits suivent toujours les variations des pluies dans le temps pour le bassin du Zat. (annexe 5)

a-2 Oued R'Dat à Sidi Rahal

Pour l'ensemble des 34 ans considérés, la valeur moyenne de l'écoulement annuel à Sidi Rahal est de l'ordre de 2,6 m³/s. les années qui dépassent la moyenne sont moins nombreuses que celles qui sont en dessous.



Les valeurs des débits annuels varient de 0.11 m³/s en 1982-83 à 8.38 m³/s en 1970-71, et sur 34 ans d'observations, on remarquera aussi l'alternance de périodes d'écoulements différents : une période d'abondance et de hautes eaux, de [1963-64 à 1973-74] où la moyenne est de 3.62 m³/s, suivie d'une période de faibles débits moyens annuels, de [1974-75 à 1996-97] dont la moyenne est de 2 m³/s .

Les années de [1982-83] et [1992-93] étaient deux années de grande sécheresse, dont les débits respectifs n'étaient que de 0.11 m³/s et 0.29 m³/s.

La valeur de la moyenne interannuelle peut s'affaiblir par les années sèches, mais elle se relève considérablement dès qu'une année très humide parvient à se produire.

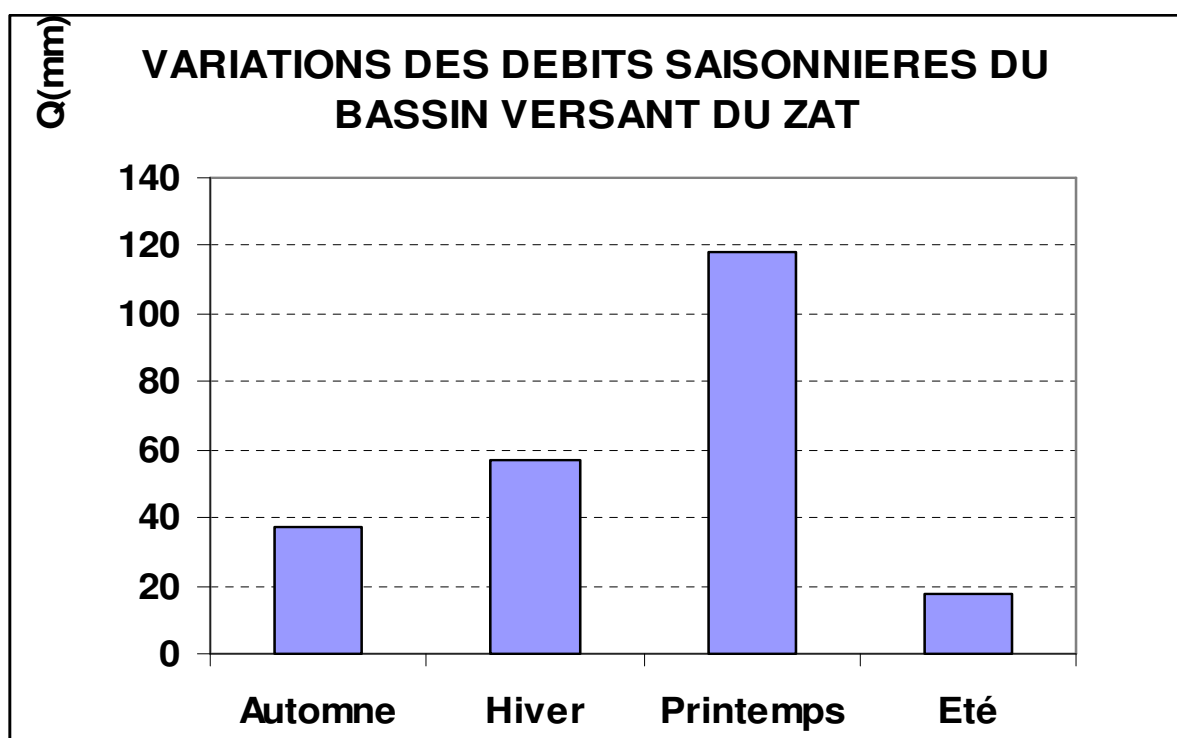
Il est important de rappeler que la période d'observation 1963-64 à 1996-97 présente une lacune de données pluviométriques en 1986-87 qui peut être due soit à l'endommagement d'appareillage, soit à l'absence d'observateur chargé de l'enregistrement des mesures. (annexe6)

b- Répartition saisonnière des débits :

Après l'étude de la variation des débits annuels, on va essayer d'analyser la variation des débits au cours des différentes saisons de l'année.

b-1 Oued Zat à Taferiat :

Automne	Hiver	Printemps	Eté
37,29	56,87	118,43	17,91



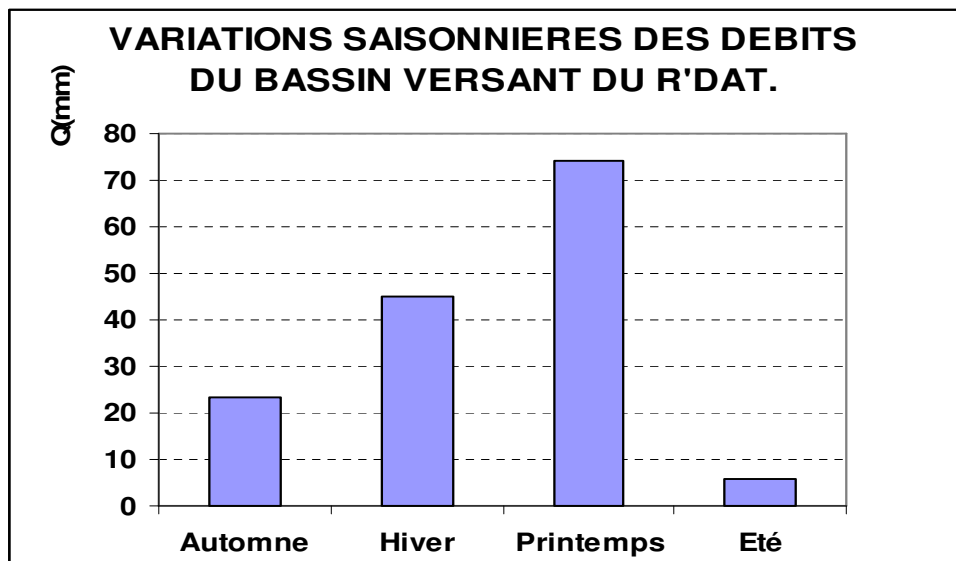
D'une manière générale, les débits saisonniers de Zat suivent avec un certain décalage dans le temps, les précipitations:

En automne, les terrains sont secs et ont un fort pouvoir de rétention, l'évaporation et l'évapotranspiration du couvert végétal est forte, c'est pour cela qu'une partie notable des précipitations est retenue dans le sol et emmagasinée dans le sous-sol.

Les précipitations d'hiver sont immobilisées sous forme de neige en haute montagne, tandis que celles de mars et avril ruissellent sur des terrains déjà saturés d'eau et s'ajoutent à la fonte des neiges, ce qui amène à l'augmentation des débits de l'oued Zat.

b-2 Oued R'Dat à Sidi Rahal :

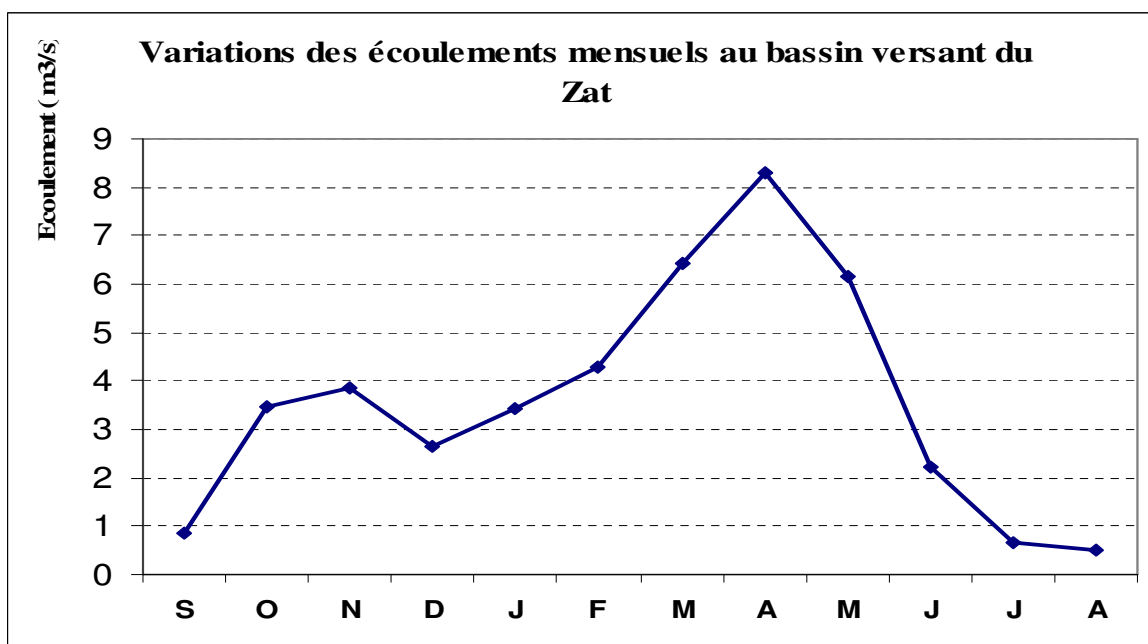
Automne	Hiver	Printemps	Eté
23,39	44,83	74,12	5,81



On voit clairement que les débits saisonniers de R'Dat suivent les précipitation avec un certain décalage dans le temps : On peut dire alors, que oued R'Dat a les mêmes variation que l'oued Zat du point de vue débits saisonniers.

c- Variations mensuelles mes débits :

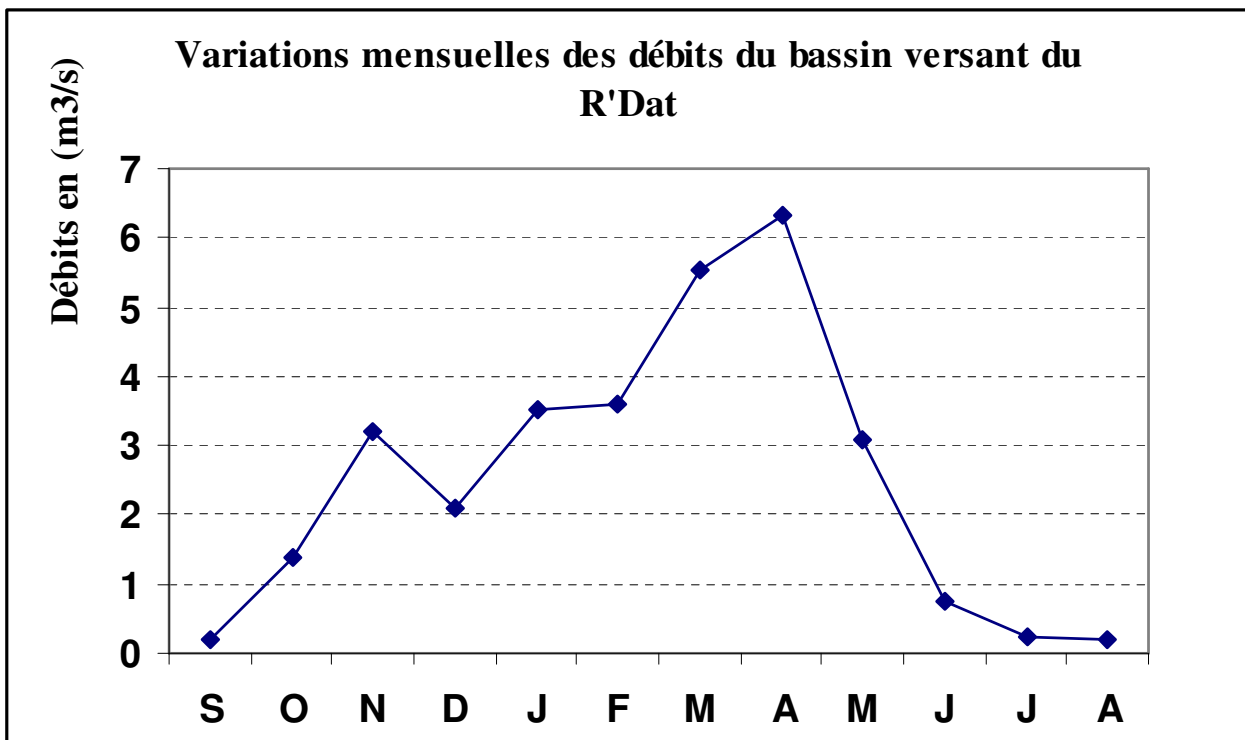
c-1 Oued Zat à Taferiat



Cette figure représente les débits moyens mensuels pour la période allant de [1961-62] à [1996-97].

Les débits moyens mensuels à Taferiat varient de **0,49 m³/s** au mois de septembre à 9.5 m³/s au mois d'avril. Les écarts mensuels sont plus élevés à la station de Taferiat, le maximum se situe au mois d'avril avec **8,28 m³/s**, alors que les mois de juillet, août et septembre sont les mois les plus secs avec des débits moyens ne dépassant pas **0,9 m³/s**. Voir (annexe 7)

c-2 Oued R'Dat à Sidi Rahal



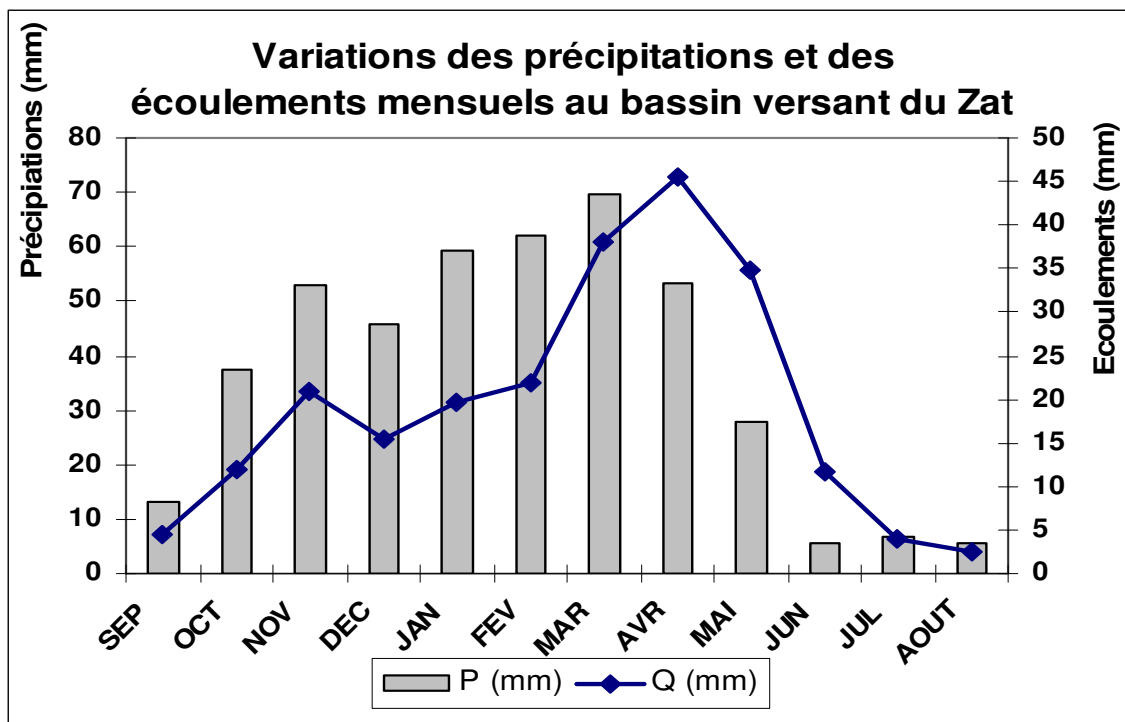
La figure représente les débits moyens mensuels pour la période allant de [1963-64] à [1996-97]. Les débits moyens mensuels à Sidi Rahal varient de **0,18 m³/s** au mois de septembre à **6,33 m³/s** en avril. Les écarts mensuels sont plus élevés à la station de Sidi Rahal, alors que les mois de juin, juillet, août et septembre sont les mois les plus secs avec des débits moyens ne dépassant pas 0.75 m³/s.

Généralement, le régime de l'oued R'Dat au cours de l'année moyenne est caractérisé par deux périodes différentes : une saison de hautes eaux, qui correspond à une période relativement pluvieuse, (de novembre au mois de mai), et une saison de très basses eaux, correspondant à une période sèche qui se prolonge jusqu'au mois d'octobre. (annexe 8)

d- Variations simultanées des précipitations et des débits mensuels :

Le bassin versant fonctionne comme collecteur chargé de recueillir toutes les pluies et de les transformer en écoulement. Dans la nature, toutes les précipitations qui arrivent au sol ne se transforment pas en écoulement, à cause de l'évaporation selon les conditions climatiques du bassin et une partie s'infiltré. Cette dernière partie peut être recupérée par les sources d'eau selon les caractéristiques du substratum qui jouent un rôle très important.

d-1 Bassin versant du Zat :

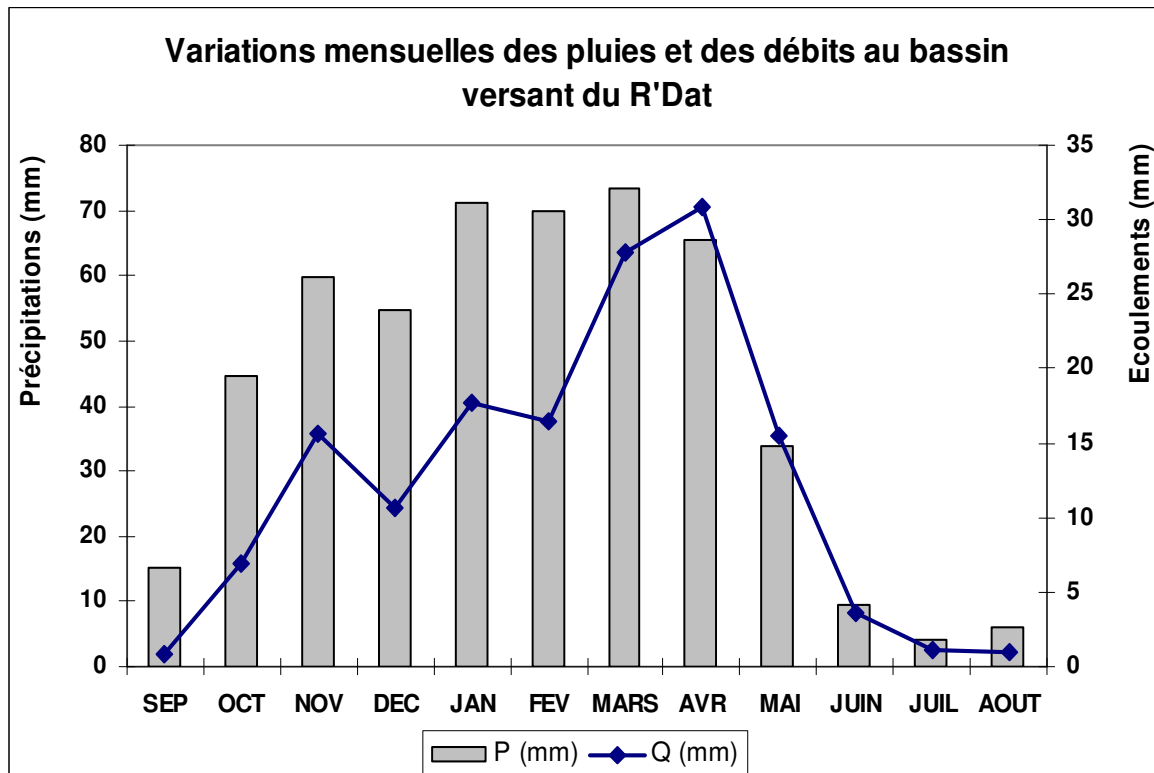


La figure au dessus illustre les variations des précipitations et des débits dans le bassin versant du Zat, un premier maximum du débit est survenu au mois de novembre influencé par l'augmentation des précipitations et le minimum au cours des mois plus sèches tels que (juin , juillet , août).

Au mois d'avril, le débit atteint un autre maximum plus grand que le premier avec un décalage d'un mois par rapport aux précipitations qui ont connu un maximum le mois de mars.

Ce décalage peut être expliqué par l'effet de neige, qui ne commence à fondre qu'à partir du mois d'avril en provoquant une augmentation du volume d'eau provenant des précipitations de ce mois et de la neige des mois précédents. (annexe 9)

d-2 Bassin versant du R'Dat :



D'après la figure, on voit que l'histogramme du bassin du R'Dat présente les mêmes variations que celui du Zat.

On peut déduire alors que les deux bassins ont les mêmes évolutions dans le temps des précipitations et des débits. (annexe 10)

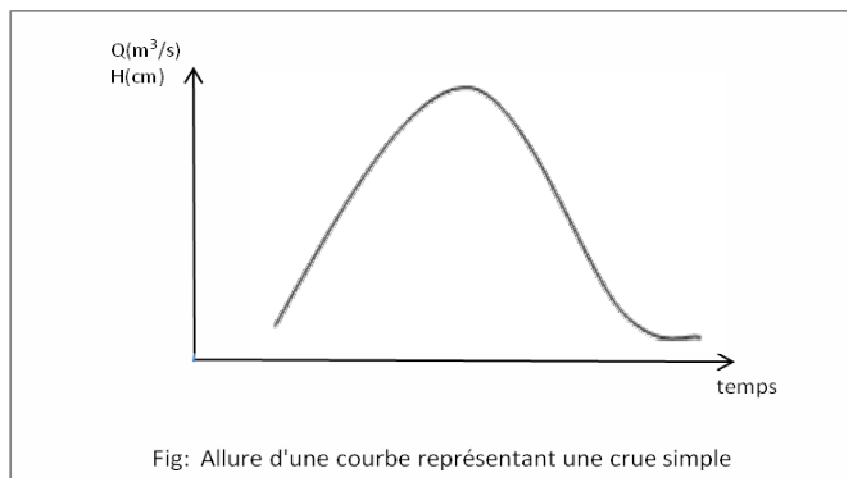
DEUXIEME PARTIE :
LES CRUES DES OUEDS

LES CRUES DU ZAT ET DU R'DAT:

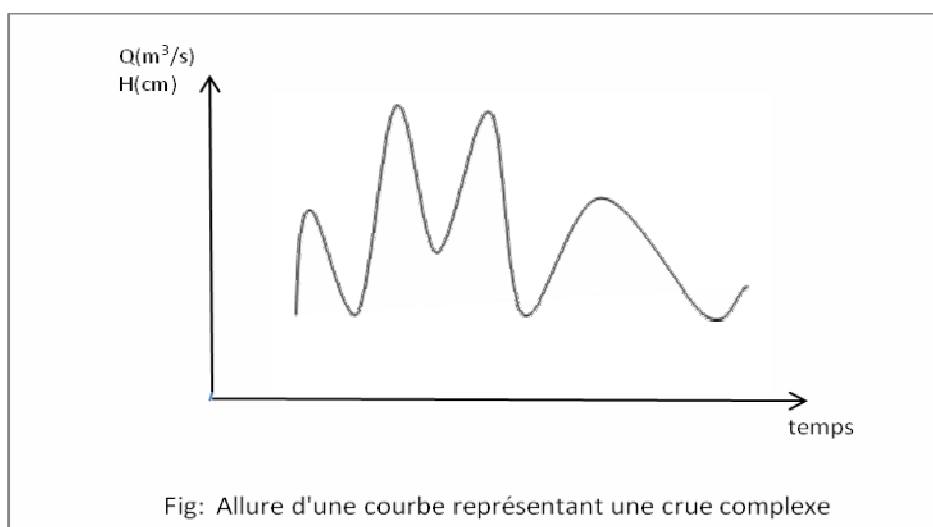
Définition et Généralités :

Une crue est un phénomène hydrologique qui s'exprime par une pulsation brutale dans le niveau des eaux d'une cour d'eau : elle produit des débits exceptionnels qui dépasse largement des normes habituelles ; autrement dit une cours d'eau est considéré en crue lorsque son débit dépasse une valeur de faible probabilité (ou de faible fréquence), On distingue :

- Les crues simples (ou monogéniques) qui sont caractérisées par une seule montée du niveau d'eau suivit d'une descende de ce niveau



- Les crues complexes (ou polygéniques) : Elles sont caractérisées par plusieurs hausses et plusieurs baisses des niveaux d'eau, ce qui témoigne de la pluralité des facteurs responsables de la crue.



I- Etude statistique des crues des oueds

Les méthodes statistiques de l'étude des crues sont basées sur l'analyse des fréquences de ces crues :

Pour la prédétermination des débits maximum de crue et leurs périodes de retour a une station donnée, on utilise la technique statistique d'analyse des crues qui permettraient de calculer la probabilité pour qu'un débit supérieur a une valeur donnée survienne un nombre de fois donnée pendant une durée donnée : 50 ou 100 ans par exemple

Les données de base pour l'analyse de la fréquence des crues sont constituées par une série de débits relative à une période la plus longue possible.

Pour le choix des crues, on prend en compte le plus fort débit instantané de chaque année et on classe ces crues par ordre décroissant, en attribuant a chacune d'elles son rang R et sa fréquence expérimentale : $F = (R - 1/2) / n$ (n est le nombre de données) ;
ou sa fréquence au non dépassement : $FND = (1 - F)$.

On ajuste à l'échantillon de crues une loi de probabilité théorique qui va la représenter le plus fidèlement possible.

A – Ajustement de la loi de Gumbel aux crues :

La fonction de Gumbel est une fonction doublement exponentielle : $F(x) = e^{-e^{-y}}$

Avec $y = a(Q - Q_0)$;

y est la droite de Gumbel.

- Le paramètre d'échelle : $1/a = 0,78 \sigma$ (σ est l'écart type de la série des crues).

- Le paramètre de forme : $Q_0 = \bar{Q} - (1/a * 0,577)$ (avec \bar{Q} est la moyenne des crues).

Le calcul des paramètres a et Q_0 nous permet d'obtenir l'équation de la droite de Gumbel $y = a(Q - Q_0)$;

On trace cette droite sur un papier Gumbel sur lequel on porte aussi les valeurs des fréquences au non dépassement de toutes les crues de la série étudiée.

A défaut du papier Gumbel, on procède à un changement de variable pour obtenir une échelle linéaire y, sachant que $F(Q) = e^{-e^{-y}}$, par conséquent $y = -Ln(-Ln FND)$

a- Cas du bassin versant du Zat :

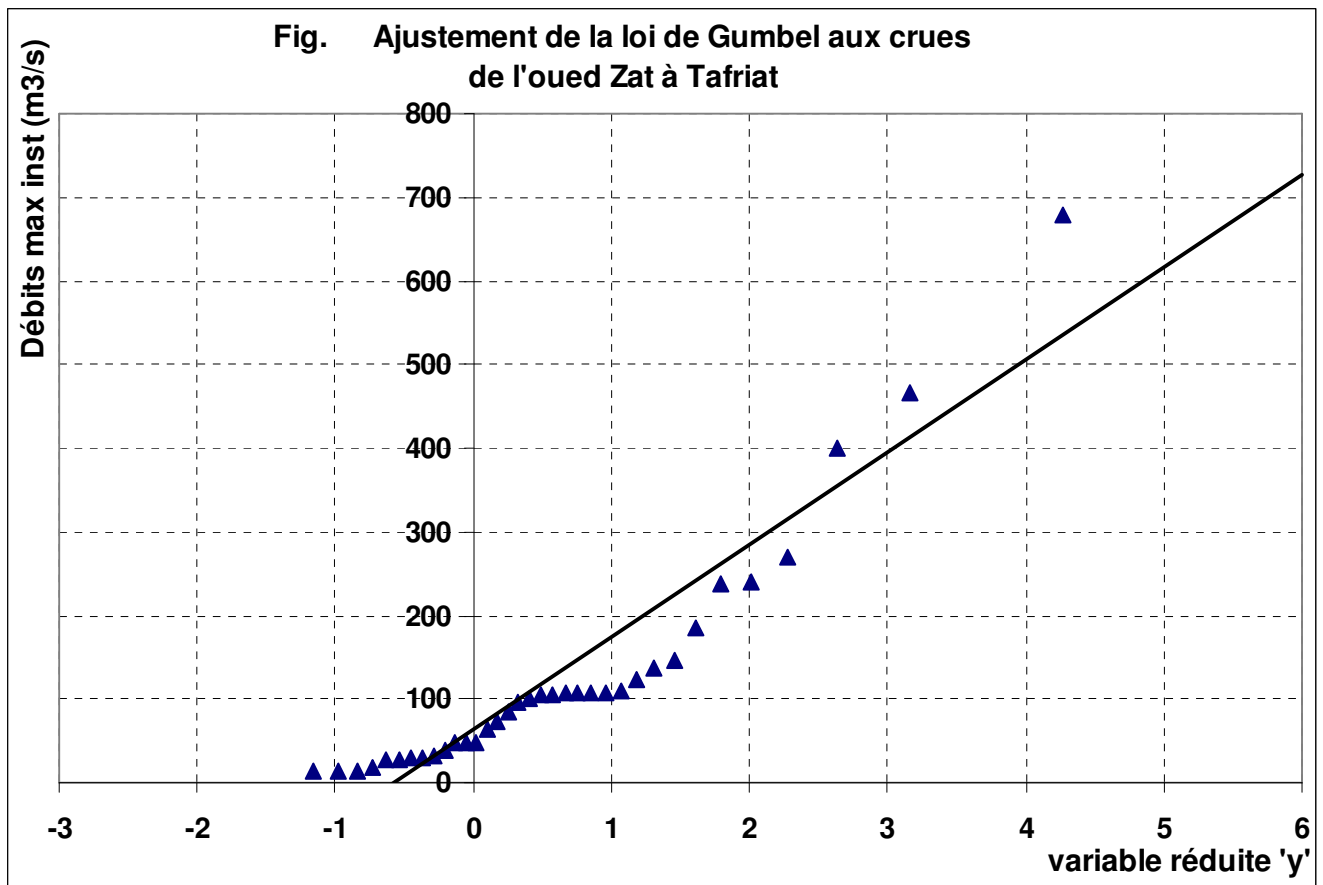
L'équation de la droite de Gumbel s'écrit : $y = 0,009 Q - 0,572$

La série des débits maxima annuels classés par ordre décroissant se présentent comme suit.

Pour chaque débit maximum, nous avons calculé le rang R, la fréquence expérimentale F, la fréquence au non dépassement FND et la variable réduite y :

Année	Q max	R	F	FND	Y
1981/82	680,0	1	0,014	0,986	4,270
1987/88	466,9	2	0,042	0,958	3,157
1994/95	400,0	3	0,069	0,931	2,631
1989/90	269,7	4	0,097	0,903	2,280
1999/00	239,9	5	0,125	0,875	2,013
1993/94	236,7	6	0,153	0,847	1,797
1995/96	186,0	7	0,181	0,819	1,614
1988/89	146,2	8	0,208	0,792	1,454
1979/80	138,0	9	0,236	0,764	1,312
2000/01	123,5	10	0,264	0,736	1,183
1973/74	109,0	11	0,292	0,708	1,065
1971/72	108,0	12	0,319	0,681	0,955
1976/77	108,0	13	0,347	0,653	0,852
1978/79	108,0	14	0,375	0,625	0,755
1980/81	108,0	15	0,403	0,597	0,663
1983/84	106,0	16	0,431	0,569	0,574
1984/85	106,0	17	0,458	0,542	0,489
1991/92	99,5	18	0,486	0,514	0,407
1970/71	96,9	19	0,514	0,486	0,327
1985/86	85,0	20	0,542	0,458	0,248
1990/91	72,7	21	0,569	0,431	0,171
1974/75	63,2	22	0,597	0,403	0,095
1975/76	48,7	23	0,625	0,375	0,019
2002/03	48,0	24	0,653	0,347	-0,056
1972/73	47,0	25	0,681	0,319	-0,132
2003/04	39,4	26	0,708	0,292	-0,209
1977/78	32,0	27	0,736	0,264	-0,287
1996/97	29,9	28	0,764	0,236	-0,367
1997/98	28,7	29	0,792	0,208	-0,450
2001/02	28,3	30	0,819	0,181	-0,537
1992/93	26,9	31	0,847	0,153	-0,631
1998/99	17,8	32	0,875	0,125	-0,732
1982/83	14,7	33	0,903	0,097	-0,846
2004/05	12,6	34	0,931	0,069	-0,981
2005/06	12,6	35	0,958	0,042	-1,156

Sur un papier à échelles linéaires, nous avons placé les points des fréquences expérimentaux et nous leur avons ajusté l'équation de la droite de Gumbel (figure ...)



La droite de Gumbel passe au milieu du nuage de points. Ceux-ci serpentent autour de cette droite. L'ajustement paraît convenable et on peut à priori utiliser la loi de Gumbel pour l'estimation des débits de pointe relatifs à certaines probabilités : la crue cinquantennale ou centennale par exemple ; ou encore les périodes de retour de certaines pointes de débits particuliers : 1000 m³/s par exemple.

a-1 Calcul des quantiles :

Les calculs des quantiles (crue médiane, décennale, cinquantennale, centennale ...) ou les périodes de retour de certaines pointes de crues peut se faire soit par lecture directe du graphique soit en utilisant l'équation de la droite de Gumbel $y = 0,009 Q - 0,572$

Avec la fréquence au non dépassement $FND = e^{-y}$

Réurrence ou période de retour	Probabilité d'occurrence	Fréquence au non dépassement	Variable réduite y
10 ans	0,1	0,9	2,25
20 ans	0,05	0,95	2,97
50ans	0,02	0,98	3,9
100 ans	0,01	0,99	4,6
1000 ans	0,001	0,999	6,9

Pour le bassin versant du Zat à Tafriat, les débits de crue et leurs probabilités se présentent comme suit :

Réurrence ou période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1000 ans
Débits calculés (m3/s)	311,8	391,4	494,1	571,5	825,6

On remarque que ces débits estimés sont assez élevés pour un petit bassin versant de 528 km². Le débit de pointe qui reviendrait tous les 10 ans est de l'ordre de 311,8 m3/s. Il correspond à 90 fois le débit moyen journalier de l'oued. La crue centennale est également élevée en ce milieu montagnard pourvu de pentes élevées et d'un substratum imperméable en plus d'un couvert végétal dégradé et un réseau hydrographique dense. Ces différents facteurs du milieu physique accentuent les phénomènes d'écoulements extrêmes et contribue à l'amplification des vitesses et des débits de pointe.

a-2 Intervalles de Confiance :

Après avoir déterminé le débit de crue probable relatif à une fréquence donnée (La crue décennale par exemple), il faut connaître l'intervalle de confiance de ce débit estimé, c'est-à-dire la gamme de valeurs qui devrait le contenir.

Pour la loi de Gumbel les intervalles de confiances sont obtenus à partir d'abaques de Bernier. Il y a un abaque valable pour un intervalle de confiance de 70 % et un autre pour un intervalle de confiance à 95 %.

Si par exemple Q_{10} est l'estimation de la crue décennale à partir d'échantillon de n valeurs, on a 70 ou 95 pour cent de chance de trouver la vraie valeur de Q_{10} dans l'intervalle $[Q_{10} + T_2 \sigma, Q_{10} + T_1 \sigma]$.

T_1 et T_2 dépendent de n , ils sont lus sur les abaques des Bernier.

σ est l'écart type de la série de données.

Pour le cas du bassin du Zat : $n = 36$; $\sigma = 141,7$ et les intervalles de confiance des différentes quantiles se présentent ainsi :

Réurrence ou période de retour	10 ans	100 ans	1000 ans
Intervalles de confiance à 70 %	[269 - 368]	[489 - 675]	[704 - 977]

Ces intervalles de confiance sont relativement serrés car nous avons pris une marge d'erreur de 30 %. Ils sont plus précis que ceux à 95 % (soit une marge d'erreur de 5 %). Ces derniers seront trop larges et ne donnerons pas de renseignements précis sur le débit de pointe recherché.

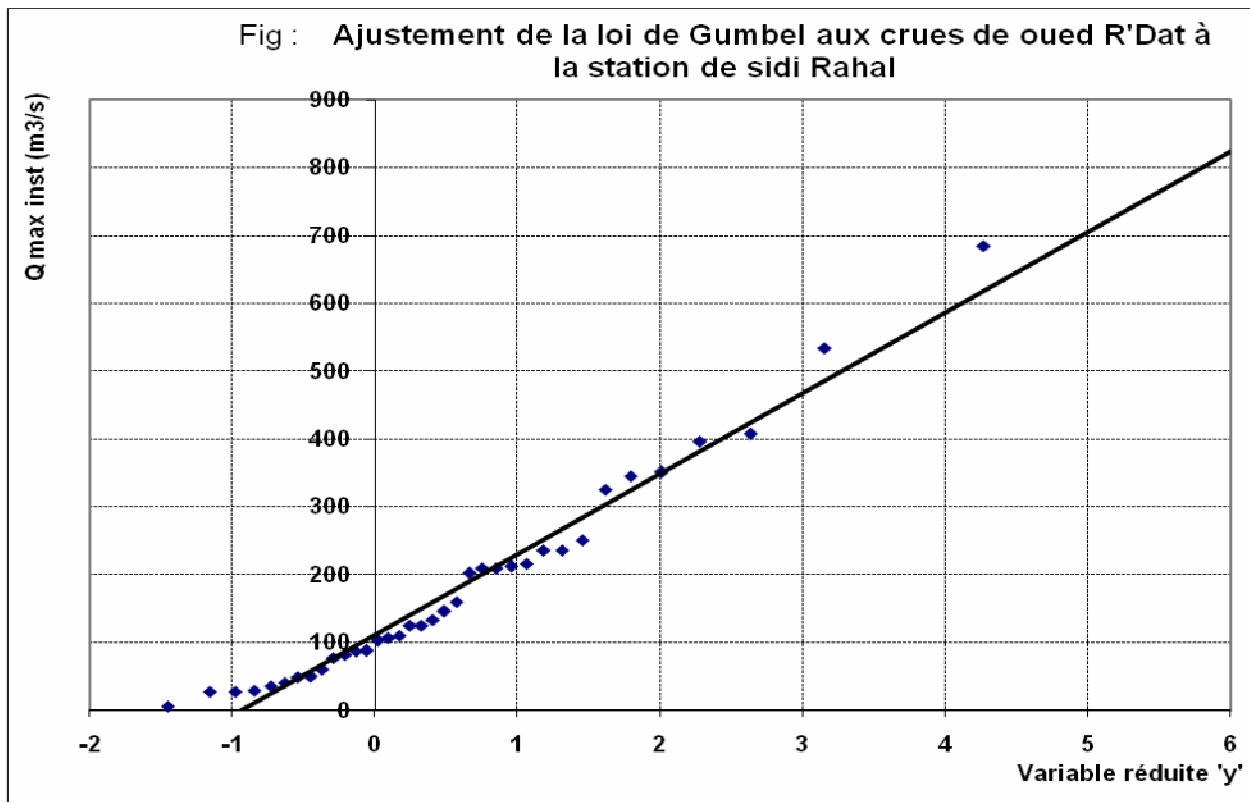
b- Cas du bassin versant du R'Dat :

L'équation de la droite de Gumbel s'écrit : $y = 0,0084 Q - 0,933$

La série des débits maxima annuels présentée ci-dessous est classée par ordre décroissant : Nous avons calculé les paramètres suivants pour chaque débit maximum (le rang R, la fréquence expérimentale F, la fréquence au non dépassement FND et la variable réduite y).

Nous avons placé sur un graphique les points des fréquences expérimentales et nous avons ajusté l'équation de la droite de Gumbel (figure)

Année	max	R	F	FND	Y
1981/82	685,0	1	0,014	0,986	4,270
1994/95	534,0	2	0,042	0,958	3,157
1995/96	407,3	3	0,069	0,931	2,631
1987/88	397,0	4	0,097	0,903	2,280
1986/87	351,2	5	0,125	0,875	2,013
1989/90	345,0	6	0,153	0,847	1,797
1988/89	325,0	7	0,181	0,819	1,614
1999/00	250,8	8	0,208	0,792	1,454
2003/04	236,0	9	0,236	0,764	1,312
2005/06	236,0	10	0,264	0,736	1,183
1997/98	216,0	11	0,292	0,708	1,065
1996/97	212,0	12	0,319	0,681	0,955
1979/80	210,0	13	0,347	0,653	0,852
1980/81	210,0	14	0,375	0,625	0,755
1970/71	202,0	15	0,403	0,597	0,663
1977/78	160,0	16	0,431	0,569	0,574
1990/91	146,0	17	0,458	0,542	0,489
1993/94	133,0	18	0,486	0,514	0,407
1971/72	125,0	19	0,514	0,486	0,327
1991/92	125,0	20	0,542	0,458	0,248
1984/85	110,0	21	0,569	0,431	0,171
1998/99	107,0	22	0,597	0,403	0,095
1973/74	103,0	23	0,625	0,375	0,019
1978/79	87,8	24	0,653	0,347	-0,056
1975/76	87,2	25	0,681	0,319	-0,132
2002/03	82,3	26	0,708	0,292	-0,209
1983/84	77,0	27	0,736	0,264	-0,287
1972/73	60,4	28	0,764	0,236	-0,367
1985/86	49,8	29	0,792	0,208	-0,450
1976/77	49,3	30	0,819	0,181	-0,537
2004/05	41,0	31	0,847	0,153	-0,631
1974/75	35,7	32	0,875	0,125	-0,732
2000/01	29,6	33	0,903	0,097	-0,846
1992/93	27,6	34	0,931	0,069	-0,981
2001/02	27,0	35	0,958	0,042	-1,156
1982/83	5,5	36	0,986	0,014	-1,453



On voit clairement que la droite de Gumbel passe au milieu du nuage de points. L'ajustement est convenable. Il paraît même plus satisfaisant que celui du bassin du Zat. L'utilisation de la loi de Gumbel serait également valable dans ce cas, et on peut estimer les débits de pointe relatifs à certaines probabilités : la crue décennale ou centennale par exemple ; ainsi que les périodes de retour de certaines pointes de débits particuliers : 500 m³/s par exemple.

b-1 Calcul des quantiles

Pour le bassin versant du R'Dat à Sidi Rahal, les débits de crue et leurs probabilités se présentent comme suit :

Réurrence ou période de retour	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans	1000 ans
Débits calculés (m ³ /s)	379,0	464,7	575,4	658,7	932,5

D'après le tableau, on remarque que ces débits estimés sont assez élevés pour un petit bassin versant de 532 km². Le débit de pointe qui reviendrait tous les 10 ans est de l'ordre de 379,0 m³/s ; Il correspond à 157 fois le débit moyen journalier de l'oued. Ainsi que la crue centennale qui est très élevée en ce milieu semi aride. Mais la conjonction de plusieurs facteurs climatiques et

géomorphologiques, notamment une assez bonne pluviosité, des pentes élevées, un substratum peu perméable, un couvert végétal dégradé et un réseau hydrographique dense. Ces caractéristiques physiques ont un impact direct sur la forme des hydrogrammes et la puissance des crues.

Notons enfin que les crues observées sur le bassin du R'Dat sont plus violentes que celles observées pour l'oued Zat. Ceci malgré des superficies drainées semblables (532 et 528 km²). La crue décennale par exemple est estimée à 379 m³/s à Sidi Rahal alors qu'elle est de l'ordre de 311 m³/s à Taferiat et la crue centennale était respectivement de 658 et 571 m³/s.

Le bassin du **R'Dat** étant plus compact que celui du **Zat** (**Kc** de l'ordre de **1,54** contre **1,66** pour le **Zat**). Cette compacité confère au bassin du R'Dat une aptitude à concentrer, plus aisément que le bassin du Zat, les écoulements vers l'exutoire. La pluviosité est également plus importante sur le bassin du R'Dat. Ses stations pluviométriques enregistrent souvent des hauteurs de précipitations plus importantes que les stations du Zat.

b-2 Intervalle de Confiance

Pour la bassin du R'Dat le nombre d'élément étant de 36 et l'écart type de l'ordre de 153,4.

Les intervalles de confiance des différents quantiles se présentent ainsi :

Réurrence ou période de retour	10 ans	100 ans	1000 ans
Intervalles de confiance à 70 %	[333 - 440]	[570 - 770]	[800 - 1096]

Pour les probabilités d'occurrence de certains seuils, le débit de pointe de 500 m³/s par exemple a une probabilité d'occurrence de 3,74 % et une période de retour de 27 ans.

Ces pointes assez élevées appellent donc à bien gérer ces pulsations brutales des niveaux des eaux des oueds. Car les crues en ce milieu montagnard semi aride sont violentes et imprévisibles.

L'adoption d'un plan d'aménagement adéquat est indispensable pour lutter contre les conséquences potentielles de ces crues.

Les dégâts qu'elles provoquent sont souvent énormes. Elles laissent un paysage de désolation en emportant les biens matériels et agricoles des gens. Leurs coûts financiers est également trop important et gêne le développement humain en ce milieu rural.

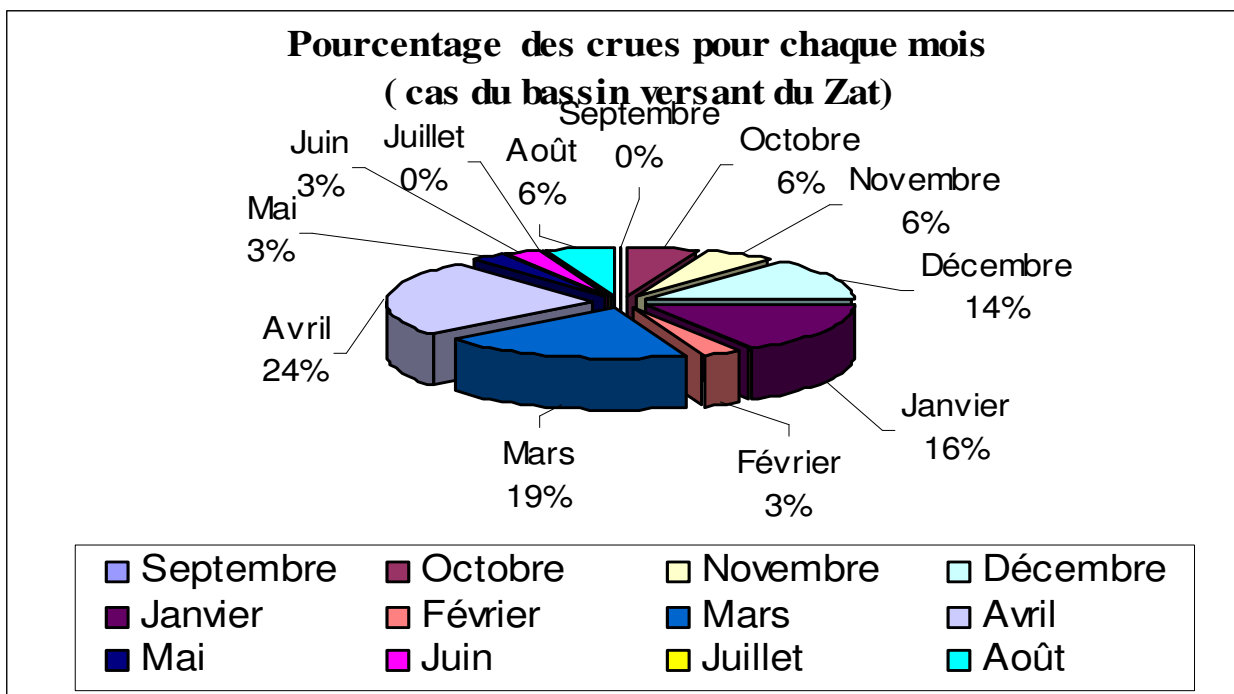
B- Les crues dans l'année hydrologique :

a-1 Bassin versant du Zat :

L'étude statistique des crues du bassin du Zat, permet de connaître la répartition saisonnière et mensuelle des crues dans l'année hydrologique. Ainsi, en comptabilisant les crues parvenues dans chaque mois de l'année, nous avons pu dégager la répartition suivante :

Mois	Nombre de crues	Pourcentage %
Septembre	0	0
Octobre	2	5,5
Novembre	2	5,5
Décembre	5	13,8
Janvier	6	16,6
Février	1	2,7
Mars	7	19,4
Avril	9	25
Mai	1	2,7
Juin	1	2,7
Juillet	0	0
Août	2	5,5

Nombre et pourcentage des crues mensuelles du bassin du Zat



La répartition mensuelle des crues du bassin versant du Zat

On remarque que les mois d'avril et mars sont les mois les plus riches en crues dans le bassin versant du Zat, car ils enregistrent presque la moitié des crues parvenues pendant toute l'année (43%). Les averses responsables de ces crues se déclenchent donc surtout en printemps.

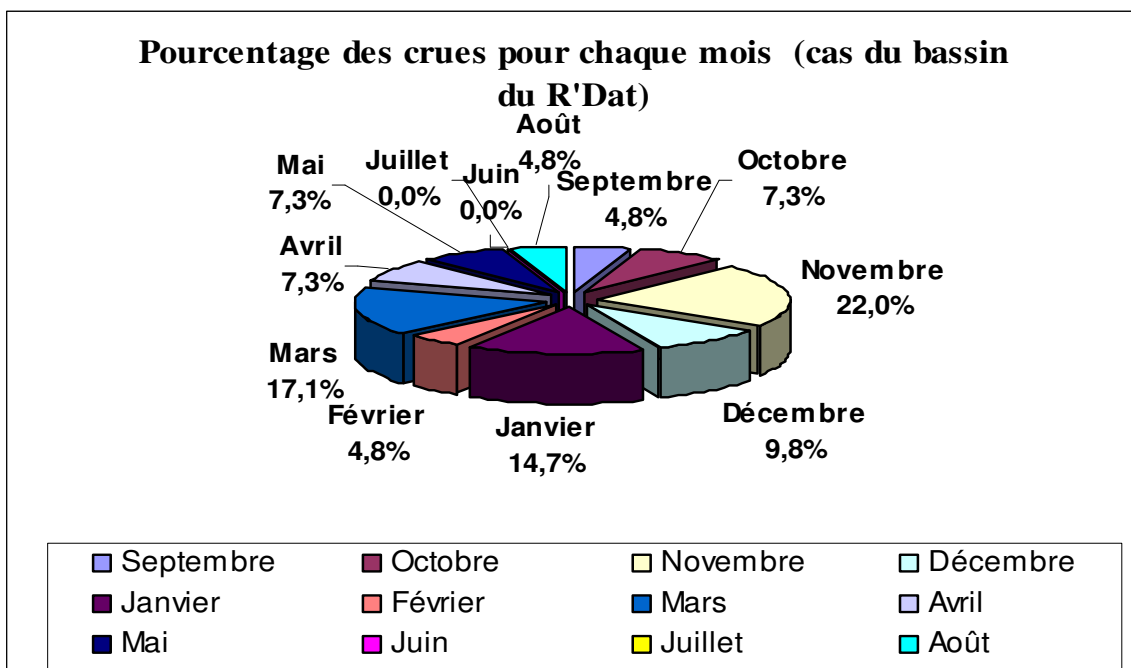
a-2 Bassin versant du R'Dat :

Pour le bassin du R'Dat la répartition mensuelle des crues le long de la période d'étude 34 ans Permet de déduire les périodes de l'année les plus probables a leurs arrivées.

La répartition mensuelle des crues se présente comme suit :

Mois	Nombre de crues	Pourcentage %
Septembre	2	4,8
Octobre	3	7,3
Novembre	9	21,95
Décembre	4	9,75
Janvier	6	14,63
Février	2	4,8
Mars	7	17,07
Avril	3	7,3
Mai	3	7,3
Juin	0	0
Juillet	0	0
Août	2	4,8

Nombre et pourcentages des crues mensuelles du bassin du R'Dat



La répartition mensuelle des crues du bassin versant du R'Dat:

On remarque ici que les crues se concentrent en majorité dans une période de cinq mois de novembre à mars. Ces cinq mois totalisent à eux seuls 70 % des crues du R'Dat. C'est donc un bassin qui connaît surtout des crues d'hiver.

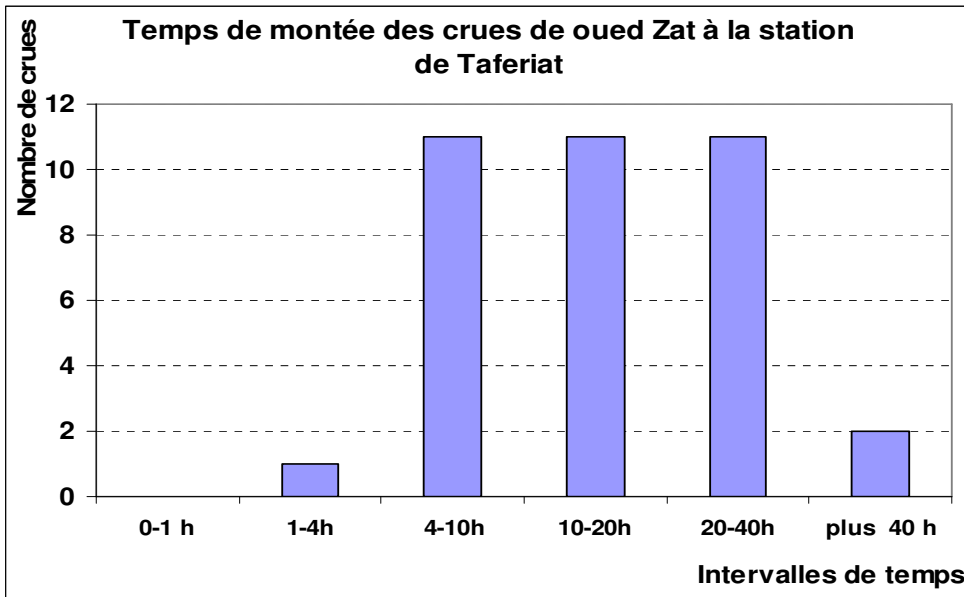
II- Etude dynamique des crues des oueds :

A- Variations des temps de montée et des temps de base des crues :

a-1 : Temps de montée des crues de oued Zat à Taferiat

Le temps de montée d'une crue est la durée entre le début de la montée du niveau de l'eau et la pointe de la crue (débit maximum observé au cours de la crue).

Cette partie s'intéresse aux caractéristiques des hydrogrammes de ces crues, afin de comprendre les facteurs qui contrôlent les comportements hydrologiques en ce milieu montagnard semi aride.

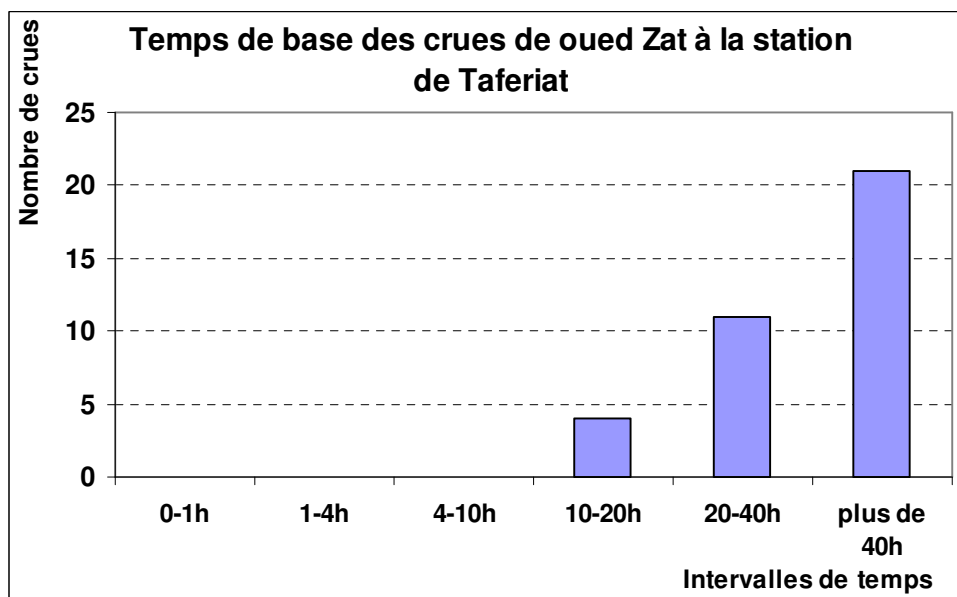


Intervalle du temps	Nombre de crues Zat
0-1 h	0
1-4h	1
4-10h	11
10-20h	11
20-40h	11
plus 40 h	2

Dans le cas du bassin versant du Zat, le temps de montée des crues le plus fréquent est situé dans l'intervalle de 4 à 40 heures. La quasi-totalité des crues ont des temps de montée de cet intervalle. Ce bassin connaît donc des crues de plusieurs types : Les crues soudaine qui ont des temps de montée de 4 à 10 h, des crues à montée moyennement rapide (10 à 20 h) et des crues à montée relativement lentes (intervalle de 20 à 40 h).

a-2 : Temps de base des crues de oued Zat à Taferiat :

Le temps de base d'une crue est la durée qui s'écoule entre le début de la montée et la fin du ruissellement superficiel pur de la crue.

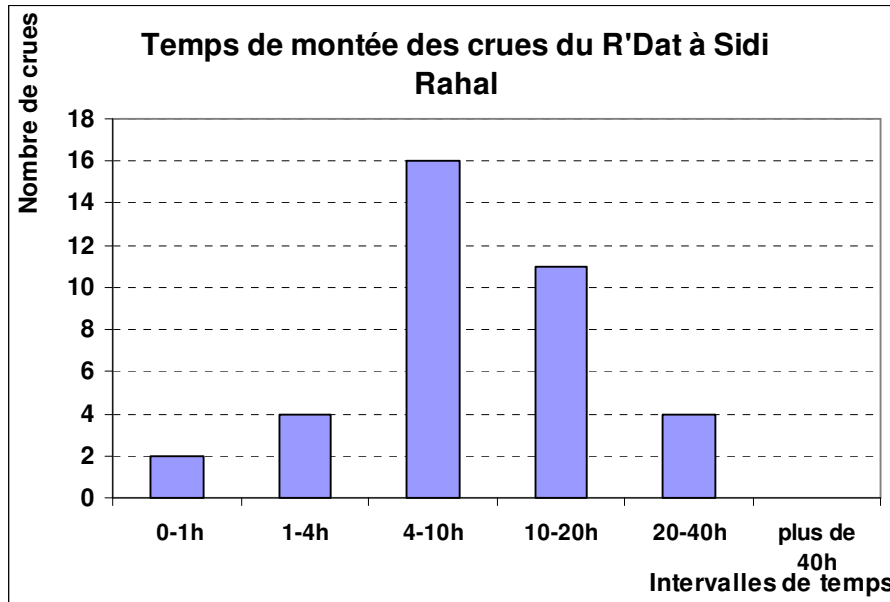


Intervalle du temps	Nombre de crues
0-1h	0
1-4h	0
4-10h	0
10-20h	4
20-40h	11
plus de 40h	21

Le temps de base

de la plupart des crues de oued Zat est généralement assez long (plus de 40h). La décrue se produit généralement plus lentement que la crue et les hydrogrammes sont légèrement étalés sur une longue période (une à deux jours)

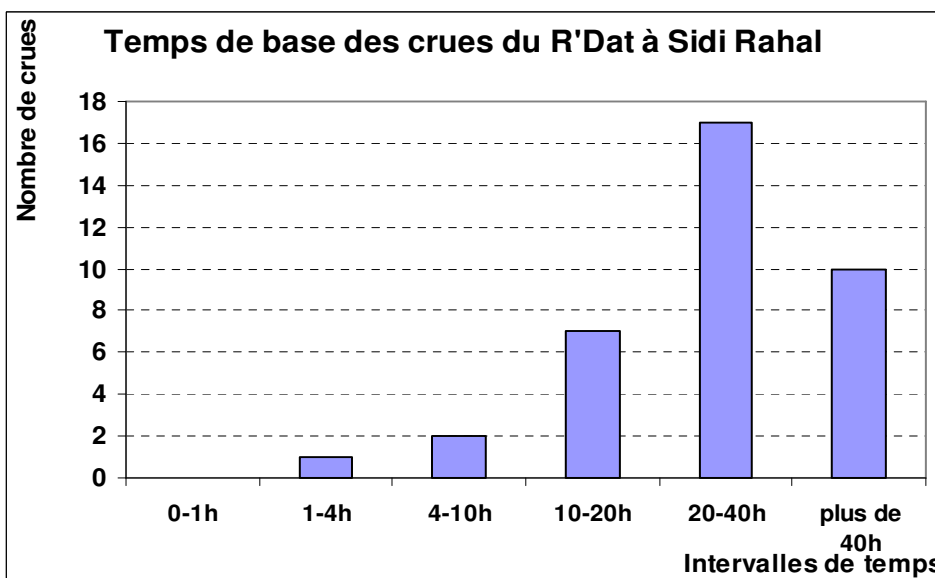
a-3 : Temps de montée des crues de oued R'Dat à Sidi Rahal



Intervalles du temps	Nombre de crues
0-1h	2
1-4h	4
4-10h	16
10-20h	11
20-40h	4
plus de 40h	0

Au bassin du R'Dat, l'intervalle du temps de montée des crues le plus dominant est de [4 à 10h]. Ici les crues ont pour la plupart des temps de montée plus courts que sur le bassin du Zat et leur danger est donc plus évident. Car la soudaineté de l'événement va surprendre les gens et ne leur laissera pas assez de temps pour l'évacuation et la protection.

a-4 : Les temps de base des crues de l'oued R'Dat à Sidi Rahal

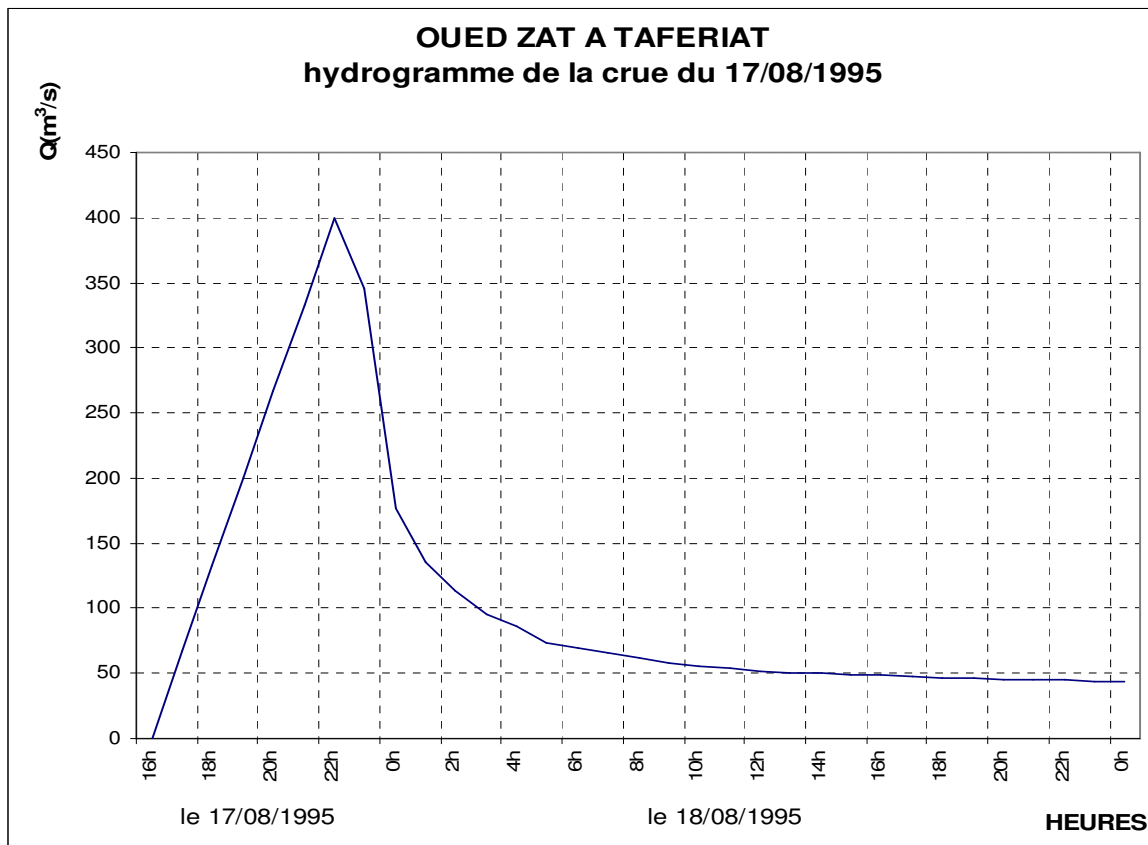


Intervalles de temps	Nombre de crues
0-1h	0
1-4h	1
4-10h	2
10-20h	7
20-40h	17
plus de 40h	10

Le temps de base de la plupart des crues du R'Dat varie de 20 à 40h. C'est un temps de base plus court que celui observé au Zat. Les crues sont donc ici assez brèves.

B- Analyse de quelques hydrogrammes de crues remarquables de l'oued Zat :

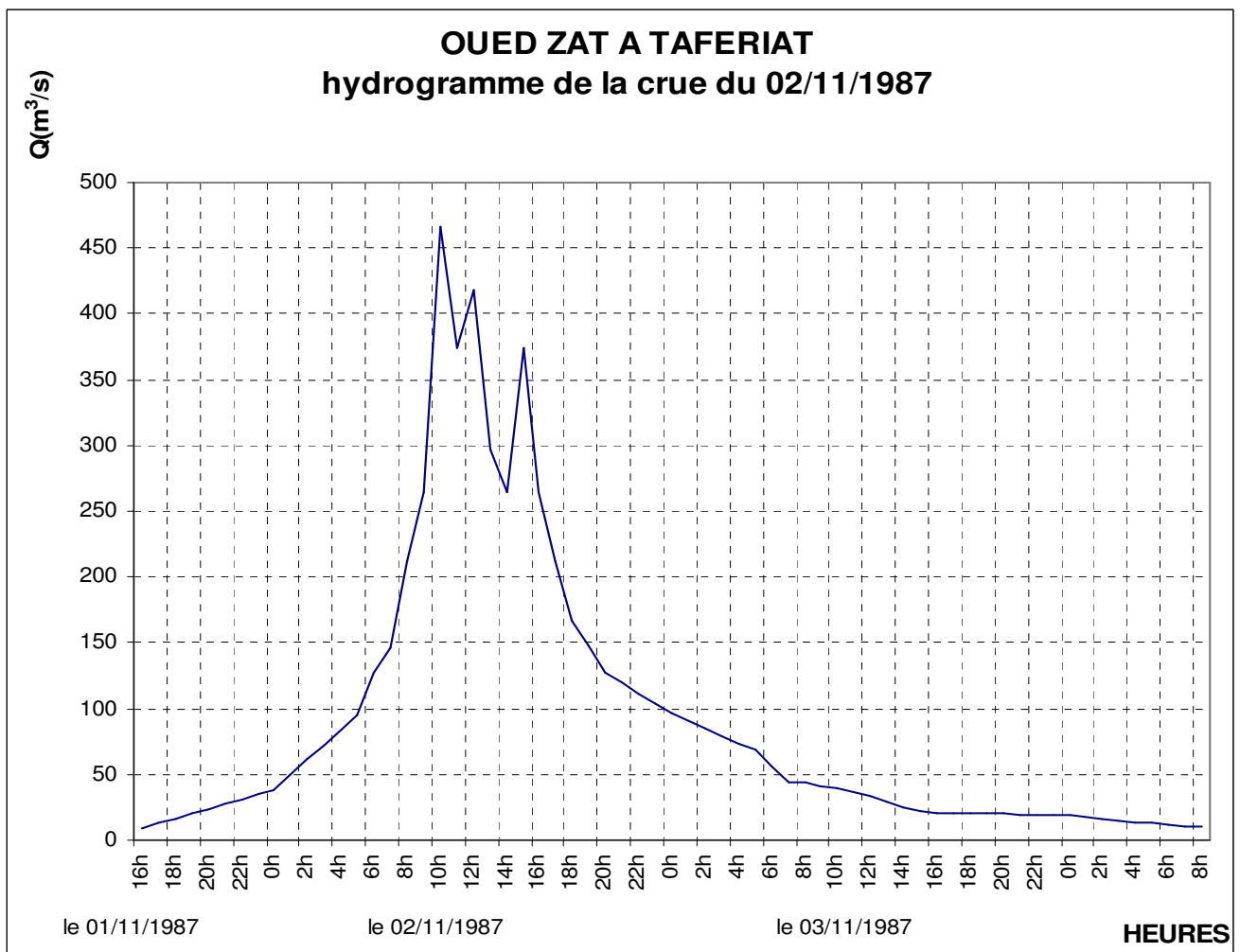
Crue du 17-08-1995



L'hydrogramme montre que c'est une crue simple caractérisée par une seule montée du niveau d'eau suivit d'une descende de ce niveau. On note aussi un débit de pointe de 400 m³/s, avec un temps de montée rapide de l'ordre de 6 h et un temps de base de 31 h. C'est donc une crue violente qui a rapidement atteint son débit de pointe.

Caracteristiques de la crue	
débit de pointe (m ³ /s)	400
débit max. moyen (m ³ /s)	85,8
temps de base (heures)	31
temps de montée (heures)	6
coefficient de pointe	4,7

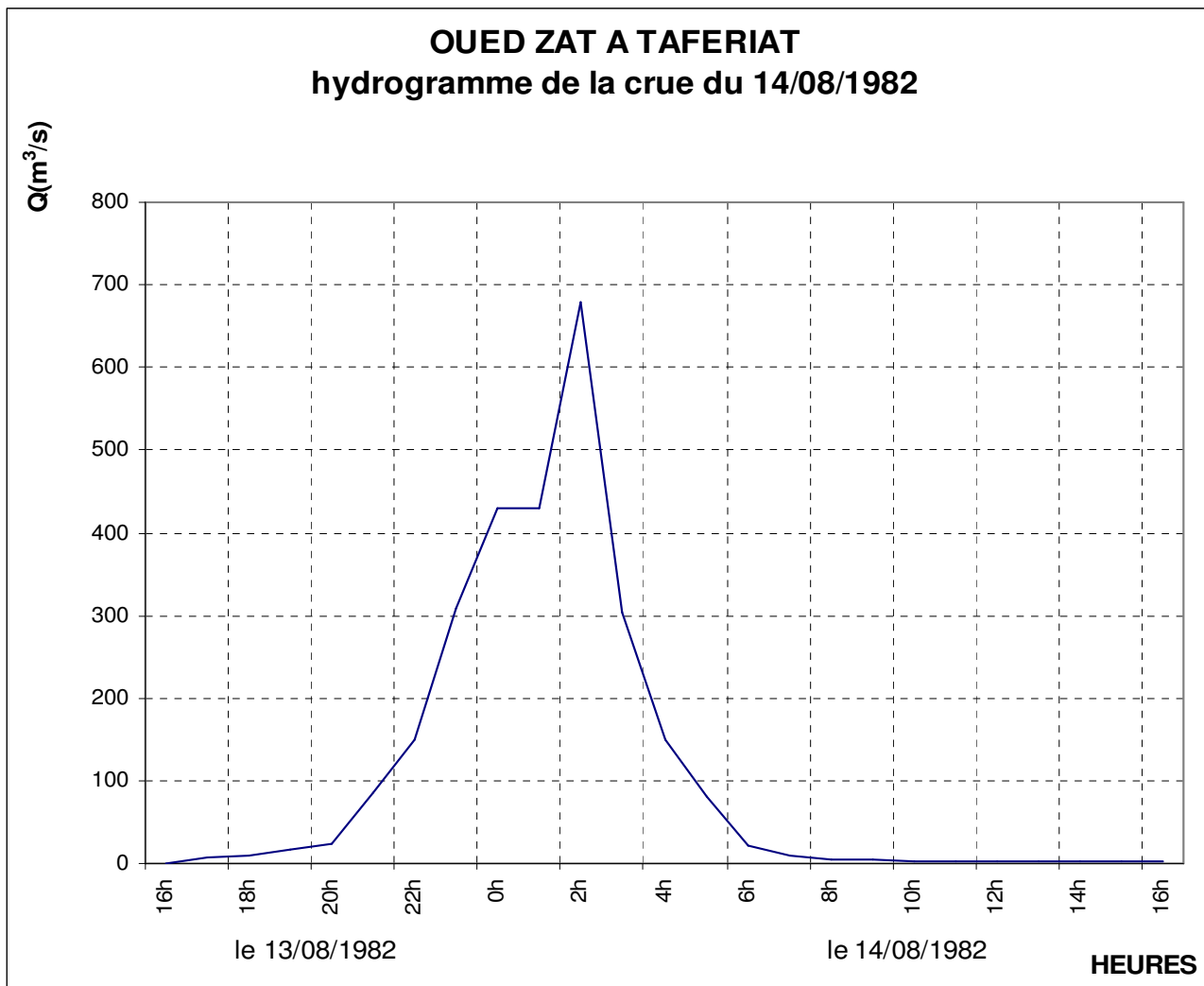
Crue de 02-11-1987 :



débit de pointe (m ³ /s)	débit max. moyen (m ³ /s)	temps de base (heures)	temps de montée (heures)	coefficient de pointe
467	104,9	47	18	4,5

Cette crue montre plusieurs baisses et plusieurs hausses des niveaux d'eau, ce qui témoigne de l'arrivée successive des eaux de différents affluents ou encore des averses espacées dans le temps. C'est une crue violente avec un débit de pointe de 467 m³/s, un temps de montée de l'ordre de 18 h (plus long que celui de la crue de 1995) et un temps de base de 47h (2jours).

Crue du 14-08-1982 :

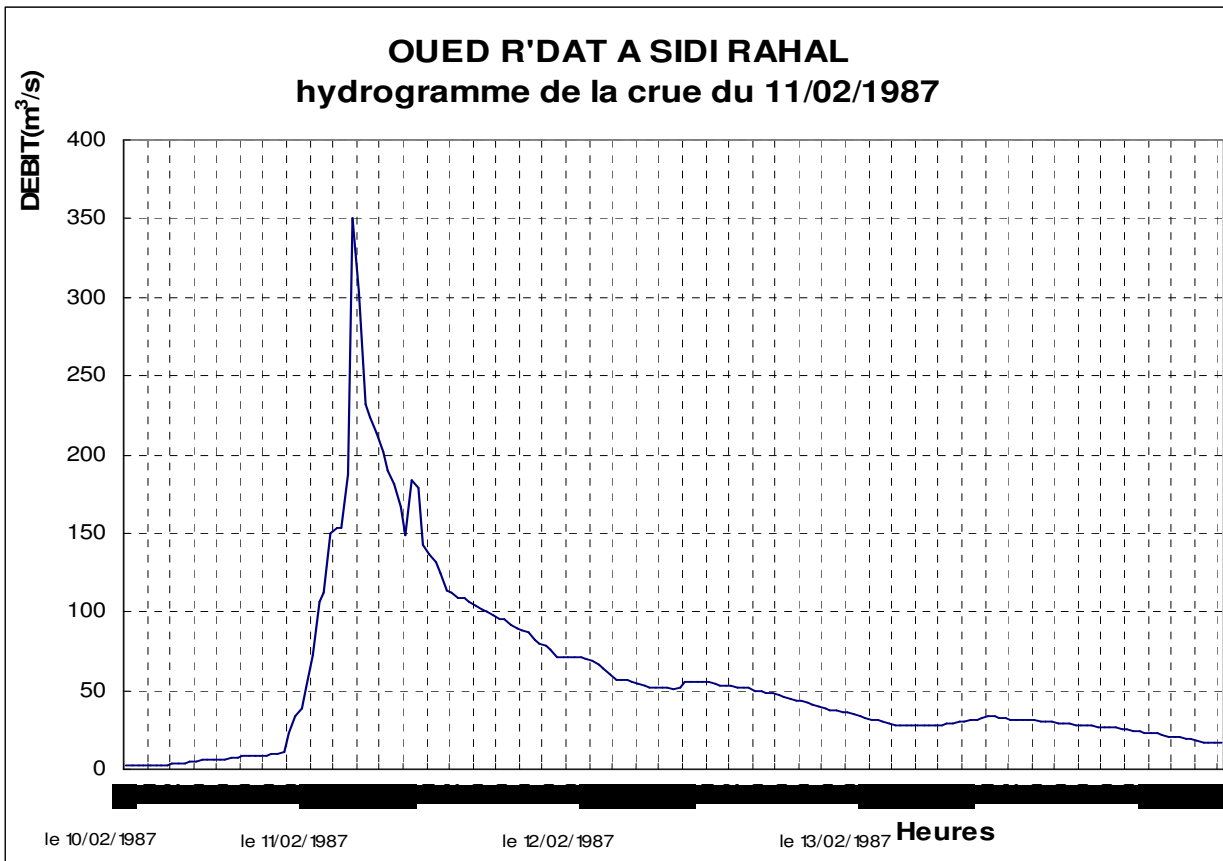


On remarque clairement le débit atteint par cette crue 680 m³/s est très important, avec un temps de montée de 10h et un temps de base de 15 h. C'est une crue très courte dans la durée mais qui peut causer des dégâts humains et matériels beaucoup plus importantes.

Caractéristiques de la crue	
débit de pointe (m ³ /s)	680,000
débit max. moyen (m ³ /s)	178,048
temps de base (heures)	15
temps de montée (heures)	10
coefficient de pointe	3,8

C - Analyse de quelques hydrogrammes remarquables de crues de l'oued R'Dat :

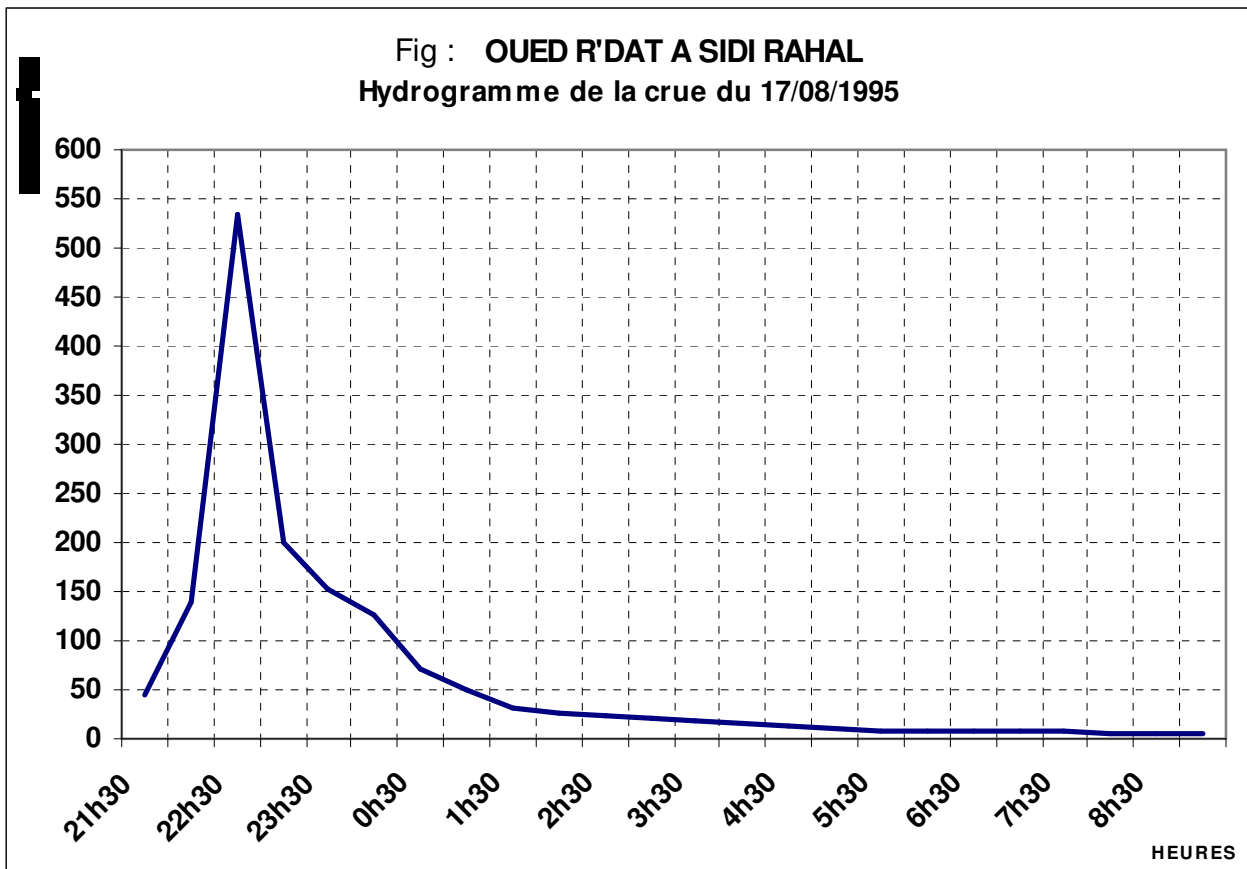
Crue du 11-02-1987



On peut déjà déduire que c'est une crue simple caractérisée par une seule montée du niveau d'eau suivit d'une descente de ce niveau. Le débit de pointe est de l'ordre de 351 m³/s, avec un temps de montée rapide de l'ordre de 6 h et un temps de base de 52 h. C'est donc une crue violente qui a rapidement atteint son débit de pointe.

Caractéristiques de la crue	
débit de pointe (m ³ /s)	351
débit max. moyen (m ³ /s)	66,7
temps de base (heures)	52
temps de montée (h)	6
coefficient de pointe	5,3

Crue du 17-08-1995



On voit clairement que le débit atteint par cette crue (534 m³/s) est très important, avec un temps de montée d'une heure et un temps de base de 3,5 h. C'est une crue très courte dans la durée mais qui peut être très agressive et causer des dégâts humains et matériels très importantes.

Caractéristiques de la crue	
débit de pointe (m ³ /s)	534,0
débit max. moyen (m ³ /s)	145,3
temps de base (heures)	3,5
temps de montée (h)	1,0
coefficient de pointe	3,7

Conclusion générale :

L'oued Zat et R'Dat sont deux affluents atlasiques de l'oued Tensift. Les deux bassins drainent respectivement des surfaces de 528 km² et 532 km².

Les périmètres sont de l'ordre de 135 km pour le bassin du Zat, et 130 km pour le bassin du R'Dat.

Les deux bassins présentent une forme allongée avec des indices de compacité de l'ordre de 1,66 pour le Zat et 1.54 pour le R'Dat. Ceci a eu un impact sur les écoulements et les hydrogrammes observés à l'exutoire.

Dans l'ensemble, la lithologie des bassins versants est peu perméable, ce qui constitue une condition propice à l'écoulement de surface.

Les deux bassins versants ont, par ailleurs, un régime pluviométrique à maximum d'hiver, et un régime hydrologique à maximum de printemps. Ce décalage peut être expliqué par les précipitations nivales retenues au sol en hiver et qui entame la fonte au printemps en gonflant ses débits.

L'étude des crues des oueds nous a permis de constater que :

- La forme des hydrogrammes est généralement pointue.
- Les débits de pointe sont élevés.
- Les temps de montée sont courts et ils sont plus brefs au R'Dat qu'au Zat.
- Les temps de base sont généralement de l'ordre d'une à 2 journées.

On peut donc conclure que les crues de la région sont violentes, soudaines et de courte durée, ce qui signifie un grand risque d'inondations auquel il faut faire face par la prévention et la protection.

Ceci éventuellement par :

- Le curage qui permet une nette amélioration des conditions d'écoulement suite à l'élimination de tous les obstacles et les dépôts entravant l'écoulement des eaux dans les cours d'eau.
- le renforcement des ouvrages de franchissements des oueds et modification de leurs caractéristiques et des systèmes existants en cas de leur insuffisance (ponts, dalots, buses...) et l'endiguement des oueds par la réalisation de digues qui longent le cours d'eau sur ses deux berges.
- Réalisation des barrages ou seuils pour stockage et laminage des crues à l'amont des zones menacées et l'aménagement des bassins versants contre l'érosion par des méthodes biologiques et/ou par la construction de seuils en gabions qui permettent la réduction des vitesses d'écoulement et le dépôt des sédiments en amont.

Bibliographie

Agence du Bassin Hydraulique de Tensift, (non daté) le bassin versant de l'oued Zat, note interne, 17 p.

Agence du Bassin Hydraulique de Tensift, (non daté) le bassin versant de l'oued R'Dat, note interne, 23 p.

Pascon P. 1977 : Le Haouz de Marrakech, 2 tomes, Rabat.

Moussyih I. et Barry Mamadou H. (2003) : Les bassins versants du Zat et du R'Dat : Cartographie thématique et bilans hydrologiques. Mémoire de fin d'études, Maîtrise Es Sciences Spécialisées Métallogénie. FSTG, Marrakech.