

ETUDE DU PLAN DIRECTEUR SUR  
LE SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES  
POUR LA REGION DE L'ATLAS AU ROYAUME DU MAROC

Risque	Risque			
	Haut	B	C	Faible
Biens à protéger à l'exutoire Maisons (a) et routes principales Maisons (a) Maisons (b) Routes principales Biens en partie opposée de l'oued	$\theta \geq 15^\circ$ $A \geq 15 \text{ ha}$	$\theta \geq 15^\circ$ $A < 15 \text{ ha}$	$10^\circ \leq \theta < 15^\circ$	$\theta < 10^\circ$
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—
	—	—	—	—

Fig. B.2.5 CARTE D'ALEAS (OURIKA)



## ***ANNEXE C***

---

### ***ANALYSE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE***

---

**ETUDE DU PLAN DIRECTEUR SUR  
LE SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES  
POUR LA REGION DE L'ATLAS AU ROYAUME DU MAROC**

**ANNEXE C ANALYSE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE**

**TABLE DES MATIERES**

<b>CHAPITRE1.</b>	<b>CONDITION GENERALE</b>	
1.1	Condition des oueds .....	C-1
	1.1.1 Bassin versant .....	C-1
	1.1.2 Morphologie des oueds.....	C-2
1.2	Climat .....	C-3
1.3	Hydrologie.....	C-4
<b>CHAPITRE2.</b>	<b>DESASTRES ANTERIEURS DE CRUE ET D'ECOULEMENTS DES DEBRIS</b>	
2.1	Principaux désastres antérieurs .....	C-6
	2.1.1 Haut Atlas .....	C-6
	2.1.2 Plaine alluviale (Bassin versant de l'Issyl).....	C-6
2.2	Caractéristiques des dégâts de crues et d'écoulements des débris.....	C-7
	2.2.1 Crue du 17 août 1995.....	C-7
	2.2.2 Crue de 1997 (Bassin versant de l'Issyl).....	C-9
	2.2.3 Crue du 11-13 octobre 1999 .....	C-10
	2.2.4 Crue du 28 octobre 1999 .....	C-10
<b>CHAPITRE3</b>	<b>ANALYSE DES PLUIES ET DEBIT</b>	
3.1	Analyse des pluies .....	C-12
	3.1.1 Disponibilité des données.....	C-12
	3.1.2 Pluies annuelles .....	C-12
	3.1.3 Pluies saisonnières .....	C-12
	3.1.4 Corrélation des pluies .....	C-13
	3.1.5 Intensité des pluies.....	C-13
	3.1.6 Probabilité des pluies journalières.....	C-15
3.2	Débit .....	C-16
	3.2.1 Disponibilité des données.....	C-16
	3.2.2 Saison des crues du point de vue des débits .....	C-16
	3.2.3 Analyse statistique.....	C-16

## LIST OF TABLES

Table C.1.1	Superficies des sous-bassins.....	C-T1
Table C.1.2	Dimensions des principaux oueds .....	C-T1
Table C.1.3	Climat à Marrakech .....	C-T2
Table C.1.4	Température à la station de Sidi Rahal et de Lalla Takerkoust .....	C-T2
Table C.1.5	Débit annuel maximal .....	C-T3
Table C.1.6	Probabilité des débits annuels de pointe aux principales stations .....	C-T4
Table C.2.1	Caractéristique des dégâts de crues et des écoulements des sédiments .....	C-T5
Table C.3.1	Stations pluviométriques de l'Etude hydrologique .....	C-T6
Table C.3.2	Stations de jaugeage des niveaux d'eau .....	C-T6
Table C.3.3	Pluies annuelles .....	C-T7
Table C.3.4	Matrice du coefficient de corrélation des pluies annuelles .....	C-T9
Table C.3.5	Matrice du coefficient de corrélation des pluies journalières ..	C-T10
Table C.3.6	Pluies journalières maximales annuelles .....	C-T11
Table C.3.7	10 crues maximales pour chaque oued.....	C-T12

## LISTE DES FIGURES

Fig. C.1.1	Division des sous-bassins.....	C-F1
Fig. C.1.2	Courbe d'altitude-superficie des bassins versants.....	C-F2
Fig. C.1.3	Profil des oueds .....	C-F3
Fig. C.1.4	Gradient des bassins des principaux affluents.....	C-F4
Fig. C.1.5	Moyenne mensuelle des pluies aux stations représentatives....	C-F5
Fig. C.1.6	Débit moyen mensuel au principales stations de jaugeage .....	C-F6
Fig. C.2.1	Carte de crue.....	C-F7
Fig. C.2.2	Hydrographe des stations représentatives (crue de 1995).....	C-F10
Fig. C.2.3	Hydrographe des stations représentatives (crue de 1999).....	C-F11
Fig. C.3.1	Emplacements des stations d'observation météorologique et hydrologique.....	C-F12
Fig. C.3.2	Stations hydrologiques de l'enquête hydrologique et hydraulique.....	C-F13
Fig. C.3.3	Relation entre les pluies et l'altitude dans la Zone d'Etude.....	C-F14
Fig. C.3.4	Carte isohyétale (moyenne annuelle) .....	C-F15
Fig. C.3.5	Quantité saisonnière des pluies .....	C-F16
Fig. C.3.6	Corrélation des pluies annuelles.....	C-F17
Fig. C.3.7	Corrélation des pluies journalières.....	C-F18
Fig. C.3.8	Probabilité des débits maximaux.....	C-F19

## ANNEXE C. ANALYSE HYDROLOGIQUE ET HYDRAULIQUE

### CHAPITRE 1. CONDITION GENERALE

#### 1.1 Condition des oueds

##### 1.1.1 Bassin versant

La Zone d'Etude est composée du Haut Atlas et de la plaine du Haouz. Les altitudes du haut Atlas dépassent les 4 000 m et comprennent plusieurs cours d'eau torrentiels qui se positionnent perpendiculairement à la direction générale de la chaîne (Est - ouest). D'autre part, la Plaine du Haouz qui se situe à des altitudes entre 600 m et 1 500 m est une plaine alluviale formée des détritiques fluviaux provenant des cours d'eau du miocène et du quaternaire.

##### (1) Division des bassins et oueds

Les emplacements des stations d'observation hydrologique et les limites des bassins ont été examinés de plus près lors de la réalisation de la présente étude ; les superficies drainées des oueds cibles ont également été mesurées comme présenté dans la Fig. C.1.1 et le Tableau C.1.1. La superficie de la Zone d'Etude est estimée à un total de 3 453 km<sup>2</sup> répartie entre 532 km<sup>2</sup> pour l'Oued R'dat, 528 km<sup>2</sup> pour l'Oued Zat, 495 km<sup>2</sup> pour l'Oued Ourika, 221 km<sup>2</sup> pour l'Oued Rheraya, 1 256 km<sup>2</sup> pour l'Oued N'fis et 421 km<sup>2</sup> pour l'Oued Issyl.

##### (2) Matières hypsographiques

La Fig. C.1.2 présente la relation entre la superficie accumulée et l'altitude de chaque bassin versant dans la Zone d'Etude. Cette courbe est une courbe hypsographique. Selon ces courbes, le taux des zones de haute montagne (dépassant les 2 500 m) par rapport à la totalité du bassin versant est d'environ 20 % au N'fis, Zat, and R'dat. D'autre part, le taux est de 30 % et 55 % dans le Rheraya et l'Ourika respectivement. Ainsi, les bassins versants de N'fis, Zat, and R'dat ont une plus grande superficie avec des pentes plus douces en comparaison avec l'Ourika et le Rheraya. Les versants de l'Ourika, Zat, et R'dat ont presque la même superficie, mais l'Ourika comprend plus de hautes montagnes que les deux autres. La courbe du bassin versant de l'Issyl est séparée en deux parties à la pointe de la courbe d'environ 900 m en altitude en raison de la complexité de l'oued Issyl qui est composé d'une zone de haute montagne ainsi qu'une zone de plaine alluviale.

##### (3) Ressources en eau

A l'exception de l'Oued Issyl, les Oueds N'fis, Rheraya, Ourika, Zat, et R'dat qui coulent depuis le Haut Atlas génèrent une moyenne de ressources en eau de 590 Mm<sup>3</sup>/an et détiennent 50% des eaux de surface du bassin versant de Tensift (7 854 km<sup>2</sup>). De plus, le Canal de Rcade liant le barrage de Sidi Driss (sur l'Oued Lakhdar à l'est de la Zone d'Etude) fournit 300 Mm<sup>3</sup>/an pour l'eau potable de Marrakech et d'irrigation pour la plaine du Haouz. Le potentiel des eaux de surface atteint ainsi 890 Mm<sup>3</sup>/an de moyenne dans la Zone d'Etude.

Concernant les eaux souterraines, 400 Mm<sup>3</sup>/an sont extraits des nappes des piémonts du Haut Atlas et servent de complément d'eau d'irrigation pour 78 000 ha.

#### (4) Crues

La Zone d'Etude est caractérisée par des crues d'automne, d'hiver et de printemps, provoquées par les pluies et les fentes de neiges. Les crues soudaines se produisent l'été, provoquant de gros débits brusques. Des villages situés le long des oueds sont exposés aux crues ou aux désastres des débris émanant principalement des affluents..

### 1.1.2 Morphologie des oueds

Les bassins versants de N'fis, Rheraya, Zat, et de R'dat coulent depuis les montagnes du Haut Atlas à des altitudes entre 2 400 et 4 000 m. Le bassin versant d'Issyl, normalement sec, coule d'une montagne ayant 2 000 m d'altitude approximativement, située au Nord-est du bassin versant de l'Ourika. Ces oueds joignent le bassin versant de Tensift à travers les plaines alluviales après leurs passages dans les vallées. Les profils et les dimensions de ces oueds sont présentés dans la Fig. C.1.3 et au Tableau C.1.2. Ce qui suit est une description de la morphologie de ces oueds.

#### (1) Oued R'dat

Le bassin versant de R'dat draine une superficie de 532 km<sup>2</sup> à la station d'observation hydrologique de Sidi Rahal. Cet oued représente une pente de 1/10-1/100 entre la station et son origine sur une distance de 57 km. On ne s'attendrait à aucun écoulement des débris dans cet oued à cause de sa pente douce. Le débit moyen annuel est de 2,5 m<sup>3</sup>/s à la station de Sidi Rahal. Cette rivière a cinq principaux affluents: Tichka, Iswal, Ifraden, Imzer, et Tissert. Au vu des gradients des bassins des affluents du R'dat tels qu'ils sont présentés dans la Fig.C.1.4, on découvre qu'ils sont relativement modérés en comparaison avec ceux des autres oueds.

#### (2) Oued Zat

Le Zat draine une superficie de 528 km<sup>2</sup> à la station d'observation hydrologique de Taferiat. Cet oued présente une pente de 1/5 - 1/70 entre la station et ses sources sur une distance de 94 km. Plus en aval, entre la station de Taferiat et le village de Tighedouine, aucun écoulement de débris n'est attendu. Cependant, des écoulements de débris ont été occasionnés par un affluent de l'oued Tighedouine, causant des dégâts au village portant le même nom durant la crue de 1995. Le débit moyen annuel est de 3,9 m<sup>3</sup>/s à la station de Taferiat. Cet oued regroupe sept affluents principaux: Ikiys, Yagoun, Tarat, Wasna, Tiqui, Ansa, et Tighedouine.

#### (3) Oued Ourika

L'oued Ourika, puisant sources depuis la montagne située dans la partie Sud-ouest du bassin versant de l'Ourika, coule sur 16 km au Nord-est jusqu'à Setti Fadma. En suite, l'oued change de direction vers le nord et coule sur 12 km jusqu'à la station hydrologique d'Aghbalou. L'oued draine une superficie de 495 km<sup>2</sup> à la station d'Aghbalou et présente la pente la plus aiguë en comparaison avec les autres oueds à 1/5-1/32. Le débit moyen annuel est de 6,2 m<sup>3</sup>/s à la station d'Aghbalou. Cet oued a trois grands affluents: Tifni, Noufra et Tarzara. Les deux premiers, coulant d'une altitude de 3

800 m, sont des confluent rive droite à 8 km en amont et 6,5 km de Setti Fadma respectivement. Le dernier (Assif Tarzara) s'associe aux autres en amont de la station d'Aghbalou. Il a des pentes très aiguës qui ont causé des dégâts considérables lors de précédentes crues tel que l'interruption de la RP2017 au long de l'Ourika.

#### (4) Oued Rheraya

La station d'observation hydrologique de Tahannaout, avec un bassin versants de 221 km<sup>2</sup>, contrôle le Rheraya qui comprend dans son bassin le point culminant de l'Atlas: le Mont Toubkal, avec 4 167 m. Cet oued présente une pente de 1/5-1/45 entre la station et ses origines sur une distance de 32 km. Le débit moyen annuel est de 1,8 m<sup>3</sup>/s à la station de Tahannaout. Le Rheraya consiste en deux affluents principaux (Tachedirt et Imlil) confluant en amont à 3,5 km d'Asni. Selon l'observateur de la station d'Aremd, située en amont de l'oued Imlil, le profile en travers de la section à proximité de la station connaît des changements constants et revêt un caractère d'irrégularité.

#### (5) Oued N'fis

L'Oued N'fis draine un bassin de 1 256 km<sup>2</sup> à la station d'observation hydrologique d'Imin El Hammam. La longueur de l'oued entre ses origines et la station est de 100 km. Par rapport aux autres oueds, celui-ci a une pente plus douce avec 1/50-1/110. Le débit moyen annuel est estimé à 6,5 m<sup>3</sup>/s à la station. Il a trois affluents: Ouirgane, Imigdal, et Ougrandis. Durant la crue de 1995, l'écoulement des débris a causé la destruction des infrastructures. Deux affluents ont causé l'interruption de la route: Ouirgane et Imigdal.

#### (6) Oued Issyl

L'Oued Issyl coule sur 48 km à travers la plaine du Haouz depuis ses origines jusqu'au Tensift, traversant le Canal de Rocate. Cet Oued a un gradient entre 1/20 et 1/160 avec une moyenne de 1/60. La partie la plus basse, longue de 4 km coule à l'Est de Marrakech. Cependant, les ruissellements ne se produisent qu'après des pluies torrentielles de quelques heures. La majorité des eaux de crue proviennent des zones montagneuses qui constituent un bassin actif (effectif) d'une superficie de 175 km<sup>2</sup>. Lors de la crue de 1997, le débit a été estimé à 90 m<sup>3</sup>/s. L'Issyl traverse un pont sur la route 31 à Sidi Youssef Ben Ali qui n'a pas assez de capacité pour drainer les eaux de crues. Un autre pont près des remparts cause des déversements des eaux de crues.

## 1.2 Climat

Le climat de la Zone d'Etude subi les influences de la Méditerranée, de l'océan Atlantique et de l'Atlas. Ce climat est du type continental aride de base méditerranéenne du fait de l'extension continentale de la Zone d'Etude.

La Zone d'Etude est caractérisée par des saisons pluvieuses et d'autres sèches qui se permutent. La période pluvieuse se situe entre les mois d'octobre et avril et la sèche entre mai et septembre. La moyenne annuelle des précipitations dans la chaîne du Haut Atlas varie entre 600 et 800 mm. Dans la zone qui se trouvant entre le piémont du Haut Atlas et la plaine du Haouz, cette moyenne varie entre 300 et 400 mm. Environ 80 à 90% de ces précipitations sont enregistrées pendant la saison pluvieuse. Les averses orageuses causent d'importants dégâts dans les vallées

des montagnes de l'Atlas entre juillet et octobre. Les variations des pluies moyennes mensuelles dans les principales stations sont indiquées en Fig. C.1.5.

Généralement, la température augmente en descendant de la montagne vers la plaine du Haouz. Selon les données enregistrées à la Station Météorologique de Marrakech (DMN) de 1984 à 1991, telles que présentées au Tableau C.1.3, les moyennes mensuelles de température varient entre 11,8°C et 29,2°C. Les mois les plus chauds sont généralement juillet et août (moyenne maximale entre 37,2°C et 37,7°C) et le mois le plus froid est janvier (moyenne minimale de 5,3°C). Les températures maximales et minimales extrêmes enregistrées sont de l'ordre de 43,9°C et 1,4°C. Les températures enregistrées dans les autres stations sont présentées au Tableau C.1.4.

La moyenne annuelle d'évaporation varie entre 1 800 mm dans le Haut Atlas et 2 600 mm dans la plaine du Haouz selon le mémoire intitulé "gestion de situations de crise en période de crues exceptionnelles au niveau de la région hydraulique de Tensift" élaboré par M. Mohamed El Hassan ARESMOUK, Oct. 1999, pour l'obtention du grade d'ingénieur en chef. Le Tableau C.1.4 présente le total mensuel de l'évaporation aux stations hydrologiques de Lalla Takerkoust et de Sidi Rahal (DRHT).

Des chutes de neiges sont enregistrées par endroits dans les zones à moyenne altitude entre novembre et mai. Dans le Haut Atlas, la couverture nivale peut durer de janvier en avril sur les zones d'une altitude située entre 2 500 m et 3 000 m; dans les zones dépassant 3 000 m d'altitude la neige peut continuer à tomber tout au long de l'année.

Concernant les vents, la tendance prédominante est aux vents soufflant de l'Ouest / Nord-ouest et la vitesse moyenne à Marrakech atteint les environs de 1,5 m/s, 2,5 m/s et 3,4 m/s représentatifs de 06:00, 12:00 et 18:00 heures toujours selon le mémoire de M. Mohamed El Hassan ARESMOUK.

Les heures ensoleillées à Marrakech comptent environ 200 heures en février et 325 en juin (voir Tableau C.1.3).

### 1.3 Hydrologie

Le débit des oueds varie selon les saisons pour correspondre aux changements saisonniers des précipitations. Les variations du débit moyen mensuel aux principales stations d'observation hydrologique (Sidi Rahal, Taferiat, Aghbalou, Tahannaout et Imin El Hamam) sont présentées dans la Fig.C.1.6. L'écoulement commence normalement en octobre et atteint son niveau maximal entre mars et mai lorsque des précipitations intensives sont causées par les pluies frontales ou par le commencement des fentes de neiges. En été, les pluies apportées par les averses orageuses aboutissent souvent à de violentes inondations dans les vallées.

Les données du débit maximal annuel enregistrées dans les principales stations d'observation sont présentées au Tableau 2.1.3. Selon les données enregistrées à la station hydrologique d'Aghbalou dans l'Ourika, le débit maximal était de 1 060m<sup>3</sup>/s en 1967, suivi de 1 030m<sup>3</sup>/s en 1995. Les analyses statistiques de la DRHT ont démontré que les périodes de retour des débits maximaux de ces crues approchent les 30 ans à Aghbalou. Pour les autres stations, aucun débit ayant une période de retour de 30 ans n'a été enregistré à l'exception de la station d'observation hydrologique de Tahannaout sur l'Oued Rheraya avec un débit maximal d'une période de retour

dépassant les 100 ans en août 1995. Les débits probables dans les principales stations tels qu'ils ont été estimés par l'ex-DRHT sont présentés au Tableau C.1.6.

Il est noté que l'Oued Issyl qui est situé dans la plaine alluviale est appelé *Oued*. Il est toujours sec et ne connaît d'écoulement que durant les crues. Les autres cours d'eau deviennent des *Oueds* dans la plaine alluviale lorsque ceux-ci dépassent les vallées. Les eaux des oueds s'infiltrent dans les lits couverts de sables et de graviers.

## **CHAPITRE 2. DESASTRES ANTERIEURS DE CRUES ET D'ECOULEMENTS DES DEBRIS**

### **2.1 Principaux désastres antérieurs**

#### **2.1.1 Haut Atlas**

Dans son mémoire pour l'obtention du grade d'ingénieur en chef, M. Mohamed El Hassan ARESMOUK indique que les crues les plus importantes ont eu lieu en 1925, 1949, 1967 et 1980. Cependant, aucune information détaillée sur ces crues n'est disponible. Deux autres crues importantes ont eu lieu en 1995 et 1999 dans le Haut Atlas et ont concerné les cinq bassins versants à l'exception de celui de l'Issyl. Sur le plan des dégâts, la crue de 1995 a été la plus sérieuse. Plus de deux cents personnes ont périés ou ont été portées disparues et les terrains agricoles, les maisons et les infrastructures ont également subit d'importants dégâts. Par contre, durant la crue de 1999, les routes, les canaux d'irrigation et les terrains agricoles ont souffert d'important dégâts dans l'Ourika, Rheraya, et N'fis, même si aucune perte en vies humaines n'a été enregistrée

#### **2.1.2 Plaine alluviale (bassin versant de l'Issyl)**

Les déversements des eaux de crues de l'Oued Issyl et des chaâbas ont causé d'importants dégâts aux quartiers de Menara et de Sidi Youssef Ben Ali ainsi qu'à la route des remparts. Selon l'ABHT (ex-DRHT), les pertes en vies humaines et matérielles causées par les crues ont eu lieu à plusieurs reprises dans le passé. Cependant, à l'exception de la crue de 1997, il n'existe pas d'informations détaillées concernant les autres inondations.

### Principales crues antérieures

Bassin versant	Année/mois	Principales zones inondées	Dégâts de crues
Issyl	1956/-	Sidi Youssef Ben Ali et le long du cours d'eau (la plus importante crue antérieure)	Plusieurs pertes en vies humaines
	1963/12	Zone urbaine de Marrakech	2 victimes et 97 maisons emportées
	1971/-	Pas de données	Dégâts de crue moins importants que ceux de la crue de 1956
	1982/-	Zone de Sidi Youssef Ben Ali	Plusieurs maisons emportées
	1984/-	Zone de Bab Rob principalement	Pas de détails
	1986/-	Sidi Youssef Ben Ali	10 maisons emportées
	1990/1	Pas de données	4 personnes tuées, 20 blessés, 530 ha de terrains agricoles inondés
	1994/10	Sidi Youssef Ben Ali	8 maisons endommagées
	1995/4	Pas de données	36 maisons endommagées
Autres bassins (R'dat, Zat, Ourika, Rheraya et N'fiss)	1997/3	23 villages et Sidi Youssef Ben Ali	40 maisons endommagées
	1949/-	Pas de données	Pas de données
	1967/-	- Dito -	- Dito -
	1980	- Dito -	- Dito -
	1995/8	Ourika et d'autres zones (55 villages)	Plus de 200 victimes ou portés disparus et un montant total de dégâts estimé à 70 M. DH
	1999/10	N'fiss, Ourika et Rheraya	Dégâts aux infrastructures et aux terrains agricoles

## 2.2 Caractéristiques des dégâts de crues et des écoulements des débris

Parmi les crues susmentionnées, celles de 1995, 1997 et 1999 sont décrites comme suit. La carte de crues est présentée dans la Fig. C.2.1. En guise de conclusion à cette section, les aspects des crues dans chaque bassin versant sont résumés au Tableau C.2.1.

### 2.2.1 Crue du 17 août 1995

#### (1) Condition hydrologique

Lors de l'événement crue de 1995, de fortes pluies localisées causées par une dépression orageuse a eu lieu dans une zone très limitée. L'orage s'est abattu sur la zone de haute montagne entre 17:00 et 20:00 le 17 août. Elle a atteint son niveau maximal entre 18:00 et 19:20. L'intensité des précipitations a été estimée à 100 mm/h sur une superficie de 228 Km<sup>2</sup> en amont de Setti Fadma au bassin versant de l'Ourika et 200 mm/h sur la zone d'Imlil dans le bassin versant de Rheraya. Cependant, il n'y avait pas de pluie dans les zones avales de Setti Fadma.

La Fig. C.2.2 présente les hydrographes des stations représentatives de la crue de 1995. Juste après les fortes précipitations, la crue s'est révélée en aval. Le temps de propagation de la crue a été très court, estimé entre 30 mn et 1 heure. La station d'Aghbalou a enregistré 1000 m<sup>3</sup>/s et celle de Tahannaout 680 m<sup>3</sup>/s. Ces débits de pointe correspondent aux débits maximaux annuels à des périodes de retour de 30 à 100 ans respectivement.

L'hydrographe d'Aghbalou a été particulièrement pointu. Dans les analyses hydrologiques antérieures effectuées par l'ABHT (ex-DRHT) pour le bassin versant de l'Ourika, des précipitations de 130 mm en trois heures seraient nécessaires pour générer

un volume d'écoulement similaire à celui de la crue de 1995 (3,8 mm<sup>3</sup>/s). Cependant, le débit de pointe de 1000 m<sup>3</sup>/s ne pourrait jamais être atteint par des précipitations de 130 mm. Ce résultat veut dire que la crue de 1995 ne pourrait être interprétée en se basant sur les conditions hydrauliques normales.

Ce qui suit est l'interprétation du phénomène qu'on trouve à "Aménagements Hydrauliques pour la Protection de la Vallée de l'Ourika contre les Crues, Mission I, INGEMA, mars 1996". La violente crue s'est accompagnée d'un écoulement de sédiments y compris des galets, sables, limons, blocs et troncs d'arbres. Ces matériaux ont formé un "barrage naturel" derrière lequel l'eau s'est accumulée jusqu'à ce que le barrage s'est effondré. Une fois le barrage s'est ouvert, l'écoulement, y compris les sédiments, a engendré un hydrographe pointu en aval à Aghbalou. Ce phénomène s'est produit à chaque fois la topographie et la lithologie le permettent et on l'a vu en particulier dans deux ponts qui entravent le libre écoulement à proximité des deux villages d'Anfli et Tiourdiou, où des cônes alluviaux coulent dans l'Oued Ourika. Les habitants ont pris conscience de ce phénomène.

En plus des emplacements susmentionnés et selon un membre du personnel de l'ABHT, les graviers émanant des berges de l'Ourika ont entravé l'écoulement à Tazzitount, où la section de l'oued est étroite, et les débris de l'affluent Tighazrit ont causé le même phénomène.

## (2) Dégâts de crue

La zone la plus endommagée par cette crue a été celle située tout au long de l'Oued Ourika où un grand nombre de touristes se rassemblent pour effectuer des visites. Dans cette zone, 210 personnes ont été portées disparues et plusieurs maisons, terrains agricoles et routes ont été endommagés. Le montant total des dégâts a été estimé à 70 millions DH. La description suivante résume les dégâts de crue subis dans chaque bassin versant.

### (a) Bassin versant de l'Ourika:

Selon la Gendarmerie Royale et la DPA, 210 personnes sont mortes ou portées disparues, 142 constructions ont été complètement ou partiellement détruites et 300 ha de terrains agricoles ont été inondés (62 ha emportés).

Des informations complémentaires obtenues de la reconnaissance du terrain sont présentées en ce qui suit:

- Quelques centaines de mètres de la route P2017 en amont de la station d'Aghbalou ont été endommagés.
- L'écoulement des débris de l'affluent Tighazrit à Iraghf a détruit des ponts et des routes.
- La plupart des pertes en vies humaines ont été enregistrées chez les touristes marocains qui ont été emportés dans les sites touristiques d'Iraghf et Setti Fadma. Les pertes chez les habitants ne comptaient que 16 morts.

## (b) Bassin versant du Rheraya

Un écoulement torrentiel a causé la mort de 5 personnes à R'ha Moulay Brahim et 7 autres ont été blessés (transportés à l'hôpital de Tahannaout). Selon la DPA, 983 ha de terrains agricoles ont été inondés. Une enquête effectuée en la matière montre que l'écoulement a emporté 40 voitures qui stationnaient à Imlil et un seuil a été détruit à côté de Tahannaout. Plusieurs maisons ont été partiellement endommagées à Asni.

## (c) Bassin versant de N'fis:

L'écoulement des débris a eu lieu dans les deux affluents, Imigdal et Ouirgane. Même si 20 mm de pluies ont été enregistrés à Iguir N'kouris, aucune crue n'a été remarquée au niveau de la station. Selon la Gendarmerie Royale et la DPA, le pont de Ouirgane a été détruit par l'écoulement des débris et un total de 900 ha de terrains agricoles a été inondé.

## (d) Bassin versant de Zat:

La Gendarmerie Royale a décompté 11 morts, le nombre de constructions détruites est de 22 et le nombre de têtes de bétail emportées est de 2 982. La DPA a signalé que la superficie des terrains agricoles inondés est de 3 700 ha. Selon la reconnaissance du terrain, l'écoulement des débris de l'affluent Tighedouine a balayé beaucoup de maisons et a tué 11 habitants.

## (e) Bassin versant de R'dat:

La zone endommagée est située dans la commune rurale de Zerkten qui est traversée par l'affluent Tazlida. La Gendarmerie Royale a signalé les pertes suivantes causées par les débris en provenance du bassin versant de Tazilda: le nombre de morts est de 3, les constructions détruites ont atteint le nombre de 27 et les têtes de bétail emportées comptaient 190 têtes. A 2 km de Zerkten la route a été partiellement endommagée. En plus, la DPA a indiqué que la superficie des terrains inondés a été de 1 350 ha.

**2.2.2 Crue de 1997 (Bassin versant de l'Issyl)**

Au bassin versant de l'Issyl, en plus des zones inondables qui sont dépourvues de tout système de drainage ou celles qui en disposent mais qui souffrent de dysfonctionnements, les crues provoquent des inondations et causent des dégâts aux périmètres urbains, menaçant ainsi la sécurité des habitants. Les débordements des eaux de crues du bassin versant d'Issyl causent des dégâts considérables au quartier de Sidi Youssef Ben Ali et à la route des remparts. Plusieurs pertes en vies humaines et matérielles ont eu lieu à cause des crues antérieures.

## (1) Condition hydrologique

Dans le cas de la crue de 1997, de fortes précipitations ont duré pendant plusieurs jours sur une grande partie de la Zone d'Etude. Le total des pluies mensuelles aux mois de mars et avril a compté pour plus de 30% du total des pluies annuelles; au niveau du barrage de Lalla Takerkoust au bassin versant de N'fis, il a été de 238 mm, ce qui correspond à 90% du total des pluies annuelles.

Le 6 avril 1997, le débit du bassin versant de l'Oued Issyl a été estimé à  $90 \text{ m}^3/\text{s}$  au P 31-niveau du pont.

(2) Dégâts de crue

L'intense écoulement qui a eu lieu le 27 mars 1997 et particulièrement celui du 8 avril 1997 ont causé d'importants dégâts de crue. Toutes les communes rurales et urbaines de Sidi Youssef Ben Ali ont été inondées.

Les dégâts de crue ont été observés surtout dans le bassin versant d'Issyl. Dans ce bassin, 358 maisons dans 26 villages ont été endommagées et des tronçons de la route ont été emportés à 16 points. La superficie des terrains agricoles endommagés a été de 113 ha dans la zone de Marrakech-Menara.

### 2.2.3 Crue du 11-13 octobre 1999

(1) Condition hydrologique

Des pluies abondantes se sont abattues à une forte intensité du 11 au 13 octobre 1999 sur la totalité du sous-bassin de l'Ourika ainsi que sur les bassins versants du Rheraya et du N'fis. Selon les enregistrements pluviométriques des stations respectives, les précipitations se sont interrompues le 12 octobre pour reprendre le 13. Dans la station hydrologique de Tourcht du bassin versant de l'Ourika, les pluies journalières maximales enregistrées ont été de  $62,4 \text{ mm/j}$  le 11 octobre.

Le débit de pointe enregistré à la station d'Aghbalou a été de  $561 \text{ m}^3/\text{s}$  à 22:30 le 11 octobre. Ce débit excède celui de 10 ans selon l'ABHT. D'autre part, les débits de pointe des autres bassins n'étaient pas si grands; ils étaient inférieurs à ceux d'une période de retour de 5 ans.

(2) Dégâts de crue

Selon l'ABHT, la RP2017 au long de l'Ourika a été endommagée (érosion des bords de la route).

### 2.2.4 Crue du 28 octobre 1999

(1) Condition hydrologique

Aux environs de midi le 28 octobre, de fortes précipitations se sont abattues sur le Haut Atlas. Aux stations hydrologiques de Tourcht et d'Amenzal dans le bassin versant de l'Ourika, de fortes précipitations ont enregistré  $108,3$  et  $103,8 \text{ mm/j}$  le 28 octobre. Le même jour, de fortes précipitations ont atteint  $112,0 \text{ mm/j}$  dans la station d'observation hydrologique d'Aremd au bassin versant de Rheraya.

La Fig. C.2.3 présente des hydrographes relevés à la station d'Aghbalou. En comparaison avec la crue du 17 août 1995, cette crue a eu un temps de montée et un temps de base hydrographique plus modéré.

Le débit d'écoulement a également été très grand dans le bassin versant de l'Ourika. Le débit de crue a été estimé à  $762 \text{ m}^3/\text{s}$  (17:30), correspondant à une période de retour de

20 ans, quant à ceux des bassins versants de Rheraya et de N'fis, ils correspondent à une période de retour de 50 ans ( $467 \text{ m}^3/\text{s}$ ) et 25 ans ( $970 \text{ m}^3/\text{s}$ ) respectivement.

(2) Dégâts de crue

Lors de cette crue, les dégâts directement soufferts par les habitants étaient minimaux, mais les infrastructures telles que les routes et le système d'irrigation ainsi que les terrains agricoles ont été sévèrement endommagés. En ce qui suit une description des dégâts de crues par bassin.

(a) Bassin versant de l'Ourika

Selon le rapport établi par la Gendarmerie Royale, la crue a causé l'interruption de la RP2017 (la route de Marrakech–Setti Fadma) entre le PK 47 (Igharmane) et le PK 59+750 (Setti Fadma) avec des dégâts très importants. En plus de la coupure d'électricité au centre d'Aghbalou et des perturbations téléphoniques dans la vallée de l'Ourika, deux maisons de vacances au centre d'Aghbalou, qui ont été déjà endommagées par la crue de 1995, ont été entièrement emportées par la crue. D'autre part, une superficie de 69ha de terrains agricoles a été inondée au long du bassin versant de l'Ourika..

(b) Bassin versant du Rheraya et du N'fis :

Selon le rapport de la Gendarmerie Royale, la route régionale R203 au long des bassins versants du N'fis et du Rheraya a été endommagé sur six points par la crue et les débris provenant des affluents. La RP2015 (Asni-Imlil) a été également endommagée. En plus, selon le recensement effectué par la DPA, une superficie agricole de 2 160 ha a été endommagée au bassin versant du N'fis.

(c) Bassin versant de Zat

A Tighedouine, environ un tiers de la superficie agricole de l'oued a été emporté et le montant des dégâts de crue s'est élevé à 1 million DH environ.

## CHAPITRE 3. ANALYSE DES PLUIES ET DEBIT

### 3.1 Analyse des pluies

#### 3.1.1 Disponibilité des données

Quatre administrations, la DRHT, la DMN, le MCEF, et le MI observent principalement les précipitations aux alentours de la Zone d'Etude. En outre, certaines stations pluviométriques sont gérées par d'autres administrations comme l'ORMVAH. Leurs emplacements sont présentés dans la Fig. C.3.1.

Parmi les 48 stations pluviométriques qui existent dans et aux alentours de la Zone d'Etude, 29 stations représentatives sont sélectionnées comme présenté dans la Fig. C.3.2 pour les fins de la présente analyse hydrologique, tenant en considération la disponibilité des données et la distribution spatiale des stations. Les stations sont présentées au Tableau C.3.1.

Un pluviographe automatique est installé à la Station d'Aghbalou (ABHT) et à la station d'Oukaimeden (DMN) dans le bassin versant de l'Ourika, et les Stations de Marrakech (ABHT et DMN) à côté du bassin versant d'Issyl. Parmi ces stations pluviométriques automatiques, la Station d'Aghbalou (ABHT) dispose d'enregistrements continus pour plus de 20 ans, alors que ceux des autres stations ne sont pas continus et la période d'observation est plus courte.

#### 3.1.2 Pluies annelles

##### (1) Altitude et pluies annuelle

La Zone d'Etude s'étend sur des altitudes variant entre 500 m à Marrakech à 4 167 m au Mont Toubkal, alors que les emplacements des stations pluviométriques tendent vers de basses altitudes avec la station la plus élevée à Amenzal à 2 230 m. A ce propos, la corrélation entre l'altitude et les précipitations est examinée pour estimer les précipitations en hautes altitudes (voir Fig. C.3.3).

##### (2) Distribution spatiale des pluies annuelles

La Fig. C.3.3 donne la corrélation entre l'altitude et les précipitations annuelles. Une claire tendance peut être relevée. Le plus l'altitude est élevée, le plus il pleut. Cette relation sera plus utile pour analyser la variation spatiale des précipitations et pour établir la carte isohyète comme montré dans la Fig. C.3.4 La profondeur des précipitations annuelles dans la Zone d'Etude augmente du Nord au Sud, variant de 250 mm à Marrakech à 700 mm dans le Haut Atlas.

#### 3.1.3 Pluies saisonnières

L'année se divise en trois saisons en termes de caractéristiques pluviométriques: un été sec et deux saisons pluvieuses (l'hiver et le printemps). L'été dure pour quatre mois de juin en septembre, l'hiver d'octobre en janvier et le printemps de février en mai, comme définit par

*"Aménagements Hydrauliques pour la Protection de la Vallée de l'Ourika Contre les Crues, Mission I, mars 1996, INGEMA".*

La Fig. C.3.5 indique la variation saisonnière des précipitations par bassin. A l'exception du Bassin versant de N'fis, la profondeur saisonnière des précipitations est enregistrée à de niveaux plus supérieurs en printemps que pendant les autres saisons. Dans le bassin versant supérieur de N'fis, y compris les Stations d'Arhbar, de Talal Nous, d'Idni, d'Ijoukak et d'Iguir N'kouris, les précipitations sont plus intéressantes en hiver. D'autre part, les précipitations printanières sont dominantes avec plus de 200 mm dans les bassins versants du Rheraya, de l'Ourika et du R'dat.

### 3.1.4 Corrélation des pluies

Il est très important de savoir la relation entre les stations en termes de pluies pour les fins de l'Etude de prévision des crues. Dans cette, le coefficient de corrélation entre des pluies à de différents intervalles est relevé pour découvrir si les pluies ont un caractère homogène ou local.

#### (1) Coefficient de corrélation des pluies annuelles

Le Tableau C.3.4 présente le show coefficient de corrélation des pluies annuelles entre les stations sur la base des données collectées et résumées au Tableau C.3.3. La Fig. C.3.6 présentes la ligne exprimant la classification du coefficient de corrélation des pluies. Cette ligne de classification présente les caractéristiques d'une faible relation entre la zone montagneuse et la plaine alluviale. De surcroît, la zone pluvieuse de la montagne est plus réduite que plaine alluviale. Ce qui explique le différent caractère de la zone montagneuse et la plaine alluviale dans notre Zone d'Etude du point de vue des pluies annuelles.

#### (2) Coefficient de corrélation des pluies journalières

La Fig. C.3.7 et le Tableau C.3.5 présente la corrélation des pluies journalières entre les stations du bassin versant de l'Ourika et les principales stations des autres bassins. Selon le tableau et le figure, les pluies enregistrées à la station d'Aghbalou, qui se situe en amont de plaine alluviale donne l'évidence d'une forte relation des pluies de la plaine alluviale (plaine inondable) et la station de Tazzitount, 8 km en aval de la station d'Aghbalou. Cependant, le coefficient de corrélation entre la station d'Aghbalou et les stations en aval est visiblement faible. Les pluies enregistrées à la station d'Aghbalou sont de 3 mm de pluies journalières enregistrées lors de la crue de 1995 (crue de période de retour de 30 ans) mais celles des environs de a zone montagneuse sont estimées à plus de 100 mm/heure par *"Aménagements Hydrauliques pour la Protection de la Vallée de l'Ourika Contre les Crues, Mission I, mars 1996, INGEMA".*

### 3.1.5 Intensité des pluies

L'intensité des pluies est l'une des facteurs les plus importants de telles crues soudaines dans la Zone d'Etude. Les pluies intensives causent de soudaine crues en de très courtes périodes. Elles saturent le sol rapidement et génèrent des torrents superficiels qui érode les berges de l'oued.

Les intensité des pluies maximales annuelles observées à la station d'Aghbalou ont été collectées pour des averses durant pour 15, 30, 60, 120, 180, 360, 720 et 1440 minutes tel que

présenté au Tableau 3-6. Sur la base des données de pluies collectées, une analyse de l'intensité-durée à été effectuée pour des fréquences différentes de période de retour de 2, 5, 10, 30, 50, 100 ans. Le processus de cette analyse est décrit en ce qui suit.

- (1) Les intensités probables pour de différentes durées sont estimées tel que présenté dans le tableau suivant (la méthode de Gumbel est appliquée après avoir mis à l'épreuve plusieurs méthodes)

**Corrélation intensité-durée-fréquence à Aghbalou**  
(mm)

Période de retour		Durée de pluies							
		15 min	30 min	60 min	120 min	180 min	360 min	720 min	1440 min
2 ans	mm	6,0	10,0	15,6	22,1	26,2	33,2	39,9	46,5
	mm/h	24,0	20,1	15,6	11,1	8,7	5,5	3,3	1,9
5 ans	mm	8,2	14,5	23,3	33,6	39,4	47,5	53,1	56,3
	mm/h	32,9	29,0	23,3	16,8	13,1	7,9	4,4	2,3
10 ans	mm	9,6	16,8	26,7	37,9	44,0	52,5	58,2	61,5
	mm/h	38,6	33,6	26,7	18,9	14,7	8,8	4,8	2,6
30 ans	mm	13,6	23,3	36,1	49,7	56,9	66,6	72,7	76,2
	mm/h	54,5	46,5	36,1	24,9	19,0	11,1	6,1	3,2
50 ans	mm	15,2	25,8	39,7	54,2	61,8	71,8	78,2	81,8
	mm/h	60,7	51,6	39,7	27,1	20,6	12,0	6,5	3,4
100 ans	mm	17,5	29,4	44,6	60,1	68,0	78,2	84,6	88,2
	mm/h	69,9	58,8	44,6	30,0	22,7	13,0	7,1	3,7

- (2) La courbe de l'intensité-durée se présente comme dans la figure en ce qui suit. Cette courbe est utilisée comme complément des pluies probables généralement et pour toute durée, les formules suivantes sont mises en application pour exprimer la relation entre l'intensité des pluies et la durée des averses.

(a) Type Talbot :  $R = a / (T + b)$

(b) Type Sherman :  $R = a / T^n$

(c) Type Kuno :  $R = a / (T^{0,5} + b)$

(d) Type Horner :  $R = a / (T + b)^n$

(e) Type Kimijima :  $R = a / (T^n + b)$

où ; R: Intensité des pluies (mm/h)

T: Durée de l'averse (minutes), a, b, n : Constantes

Les types Talbot, Sherman et Kuno peuvent être intégrés dans le type Kimijima. Le type Kimijima est meilleur que le type Horner en plusieurs aspects, à juger de la déviation standard entre les données originales et les données estimées. Ainsi, le type Kimijima a été utilisé dans cette analyse. Les constantes dans les formules de l'intensité des pluies sont déterminées par la méthode des moindres carrés.

La courbe de l'intensité-durée est présentée dans la figure en suite.

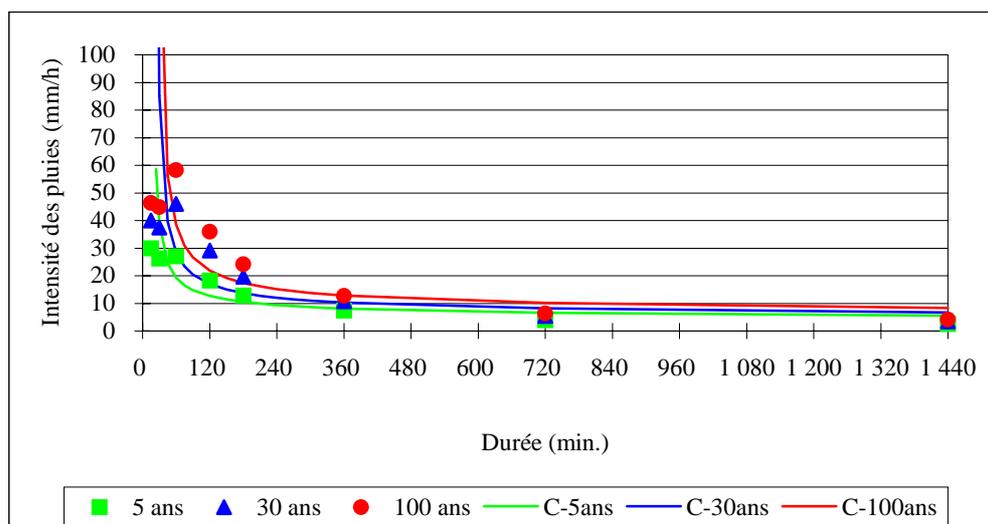


Figure. Courbe d'intensité des pluies à Aghbalou (1)

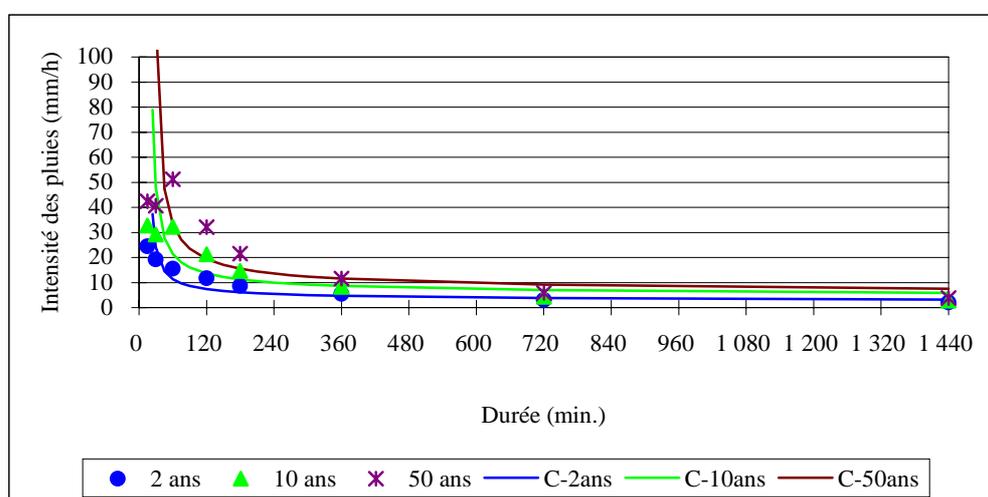


Figure. Courbe d'intensité des pluies à Aghbalou (2)

### 3.1.6 Probabilité des pluies journalières

Une analyse statistique a été effectuée pour estimer les pluies journalières probables (sur la base des données de pluies journalières maximales annuelles au cours d'une année tel que résumé dans le Tableau C.3.6) des principales stations hydrologiques par l'ABHT. Les résultats se présentent comme suit :

#### Probabilité des pluies journalières

Nom de la Station	Période de retour (mm)					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Sidi Rahal	40,0	54,4	63,9	73,0	84,8	93,6
Taferiat	35,9	61,0	86,2	119,0	177,5	-
Aghbalou	47,9	61,9	71,2	80,1	91,6	100,3
Tahannaout	36,1	44,5	49,7	54,4	60,2	64,4
Imin El Hammam	36,0	49,5	59,5	70,0	85,1	97,5
Iguir N'kouris	33,2	46,5	54,7	62,3	71,9	78,8
Marrakech	33,3	47,9	57,9	67,6	80,4	90,3

## 3.2 Débit

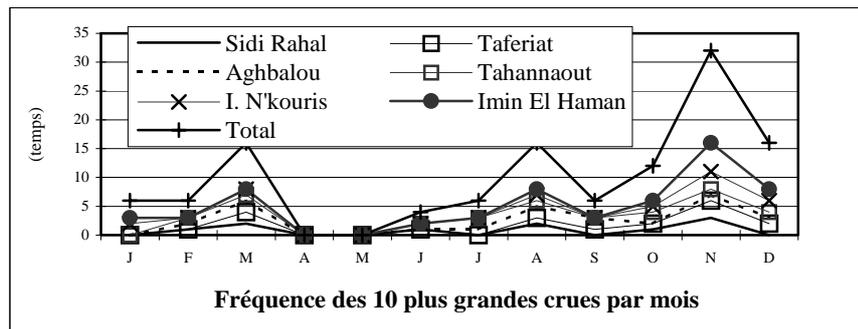
### 3.2.1 Disponibilité des données

Dans la Zone d'Etude, les niveaux d'eau sont effectués par l'ABHT aux stations présentées dans la Fig. C.3.2 et le Tableau C.3.2. Parmi ces stations, celles de Sidi Rahal, Taferiat, Aghbalou, Tahannaout, Imin el Hammam, et Iguir N'kouris sont les principales stations. On y effectue la mesure des débits une fois par mois pour l'élaboration des courbes d'étalonnage pour les conversions des niveaux d'eau en débit.

Les autres stations sont des stations simples qui ont été installées pour les fins de l'observation des crues après le désastre de 1995. Les mesures de débit sont rarement effectuées dans ces stations simples, mais on procède aux relevés des profils en travers une fois toutes les années.

### 3.2.2 Saison des crues du point de vue des débits

Dans la zone d'Etude, la saison d'hiver connaît le plus grand nombre de crues suivies par l'été et le printemps. Cependant, la majorité des crues se produisent en été. Les 10 plus grandes crues enregistrées à chaque station principale sont présentées au Tableau C.3.7 et leur fréquence est présentée dans la figure qui suit.



### 3.2.3 Analyse statistique

Une analyse statistique a été effectuée pour estimer les débits probables aux principales stations hydrologiques par l'ex-DRHT. Plusieurs méthodes ont été tentées pour la réalisation de cette analyse statistique et on a opté par la plus adéquate (voir Fig. C.3.8). Les résultats sont présentés en ce qui suit :

**Probabilité de débit maximal**(m<sup>3</sup>/s)

Nom de Station	Période de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Sidi Rahal	150	300	420	550	740	900
Taferiat	110	250	390	560	840	1 110
Aghbalou	115	300	490	750	1 200	1 650
Tahannaout	40	90	150	230	390	560
Imin El Hammam	150	440	770	1 220	2 040	2 880
Iguir N'kouris	100	280	520	850	1 500	2 200

# ***TABLEAUX***

**Tableau C.1.1 SUPERFICIES DES SOUS-BASSINS**

No.	Bassin	Superficie (km <sup>2</sup> )	Observation
1	Bassin versant de N'fis	1,256	Amont de la station d' Imin El Hammam
2	Bassin versant du Rheraya	221	Amont de la station de Tahannaout
3	Bassin versant de l'Ourika	495	Amont de la station d'Aghbalou
4	Bassin versant de Zat	528	Amont de la station de Taferiat
5	Bassin versant de R'dat	532	Amont de la station de Sidi Rahal
6	Bassin versant d'Issyl	421	Amont de la route N8
Total		3,453	

**Tableau C.1.2 DIMENSIONS DES PRINCIPAUX OUEDS**

No.	oued	Longueur (Km) <sup>*1</sup>	Al. d'origine(m)	Al. aval (m)	Pente
1	Oued N'fis	133.1	3,000	300 (780)	1/50-1/200 (1/110)
2	Oued Rheraya	87.2	3,800	350 (925)	1/5 -1/140 (1/45)
3	Oued Ourika	76.1	3,000	430 (1,011)	1/5 -1/160 (1/32)
4	Oued Zat	93.8	3,700	430 (760)	1/10-1/160 (1/70)
5	Oued R'dat	76.6	2,400	500 (700)	1/10-1/155 (1/100)
6	Oued Issyl	47.0	1,900	400 -	1/20-1/160

\*1 : A partir de la confluence avec l'Oued Tensift à l'origine  
 (...) Valeur à l'extrémité aval de chaque oued de la Zone d'Etude)

**Tableau C.1.3 CLIMAT A MARRAKECH**

Mois	Temperature ( °C )				Humidité (%)	Soleil (hour)	Précipitation	
	Maximum		Minimum				(mm)	Nombre de jours
	Moyenne max	Extrême	Moyenne max	Extrême				
Jan	18.4	23.4	5.3	1.4	58.5	228.8	32.3	5.8
Feb	20.1	27.7	7.7	3.4	57.9	197.8	33.8	6.4
Mar	22.6	30.0	9.6	5.7	52.5	254.6	52.7	5.6
Avril	24.5	32.2	11.3	7.2	51.6	275.7	15.5	5.3
Mai	27.4	36.0	13.8	10.2	48.4	297.6	9.5	3.1
Juin	32.2	38.8	16.4	13.3	48.0	324.6	6.0	0.9
Juil	37.7	43.9	20.8	16.3	40.9	318.5	1.8	1.6
Auôt	37.2	43.9	21.0	16.7	40.9	308.3	3.8	1.3
Sép	33.7	41.5	19.3	15.2	43.1	253.6	5.6	1.9
Oct	27.3	33.4	14.9	11.1	50.9	250.6	14.0	3.8
Nov	22.6	29.7	11.2	5.6	55.5	229.4	37.3	6.8
Déc	19.7	25.7	7.4	2.5	57.0	223.1	16.9	4.8
Total	323.4	406.2	158.7	108.6	605.2	3,162.6	229.2	47.3
Moyenne	27.0	33.9	13.2	9.1	50.4	263.6	19.1	3.9
Maximum	37.7	43.9	21.0	16.7	58.5	324.6	52.7	6.8
Minimum	18.4	23.4	5.3	1.4	40.9	197.8	1.8	0.9

Data Source: ABHT (Ex-DRHT)

**Tableau C.1.4 TEMPERATURE AUX STATIONS DE SIDI RAHAL ET DE LALLA TAKERKOUST**

Sidi Rahal

Mois	Temperature (°C)			Moyenne d'Evaporati on (mm)	
	Moyenne	Max extrême	Min extrême	Moyenne	d'Evaporati on (mm)
Jan	12.3	28.2	-0.6	119.3	90.3
Feb	13.3	29.0	-5.6	115.6	88.8
Mar	14.9	32.6	1.8	138.1	120.6
Avril	16.1	36.0	3.0	138.9	123.1
Mai	19.1	40.0	5.0	197.5	155.6
Juin	23.2	43.4	8.4	246.2	175.3
Juil	28.2	45.0	11.4	365.7	244.1
Auôt	27.8	43.6	12.2	340.7	239.5
Sép	24.9	41.4	9.4	263.5	178.4
Oct	20.1	37.4	5.0	190.0	134.3
Nov	16.3	31.2	2.0	150.6	105.0
Déc	13.0	28.0	-0.8	117.6	96.6
Total	-	-	-	2,383.7	1,751.6
Moyenne	19.1	435.8	51.2	198.6	146.0
Maximum	28.2	45.0	12.2	365.7	244.1
Minimum	12.3	28.0	-5.6	115.6	88.8

Data Source: ABHT (Ex-DRHT)

Lalla Takerkoust

Mois	Temperature (°C)			Moyenne d'Evaporati on (mm)	
	Moyenne	Max extrême	Min extrême	Moyenne	d'Evaporati on (mm)
Jan	10.9	28.8	-7.4	90.3	90.3
Feb	12.8	29.4	-4.8	88.8	88.8
Mar	14.8	32.0	-2.6	120.6	120.6
Avril	15.4	39.4	-4.2	123.1	123.1
Mai	18.7	41.2	1.0	155.6	155.6
Juin	22.2	42.0	3.8	175.3	175.3
Juil	27.0	45.8	6.4	244.1	244.1
Auôt	26.4	46.0	8.6	239.5	239.5
Sép	23.2	42.2	3.6	178.4	178.4
Oct	18.6	36.6	2.2	134.3	134.3
Nov	14.9	31.8	-2.2	105.0	105.0
Déc	12.2	28.4	-6.4	96.6	96.6
Total	-	-	-	1,751.6	1,751.6
Moyenne	18.1	443.6	-2.0	146.0	146.0
Maximum	27.0	46.0	8.6	244.1	244.1
Minimum	10.9	28.4	-7.4	88.8	88.8

Data Source: ABHT (Ex-DRHT)

**Tableau C.1.5 DEBIT ANNUEL MAXIMAL**

(m<sup>3</sup>/s)

OUED	N'FIS	N'FIS	RHERAYA	OURIKA	ZAT	R'DAT
STATION	I.E.HAMMAM	N'KOURIS	TAHANNAOUT	AGHBALOU	TAFERIAT	S.RAHAL
1880					730.0	
1937/38			145.0			
1938/39			130.0			
1939/40			75.0			
1940/41				155.0		
1941/42				135.0		
1942/43				130.0		
1944/45			100.0			
1945/49					490.0	
1949						380.0
1948/49				350.0		
1950/51					100.0	
1952/53					120.0	
1954/55					150.0	
1962/63			34.5		145.0	
1963/64			13.0		285.0	
1964/65			35.7		209.0	70.3
1965/66			37.3		600.0	200.0
1966/67	335.0	272.0	54.3		225.0	183.0
1967/68	1,400.0	620.0	290.0	1,060.0	230.0	202.0
1968/69	89.6	74.0	9.3		46.4	66.5
1969/70	720.0	584.0	8.7	96.7	50.2	149.0
1970/71	110.0	90.0	24.2	117.0	96.9	202.0
1971/72	38.5	32.0	15.6	55.2	108.0	125.0
1972/73	40.7	34.0	42.3	72.0	47.0	60.4
1973/74	47.6	40.0	47.6	77.5	109.0	103.0
1974/75	50.1	42.0	12.0	23.4	63.2	35.7
1975/76	36.1	24.0	16.2	101.0	48.7	87.2
1976/77	111.0	119.0	9.4	52.6	108.0	49.3
1977/78	301.0	263.0	21.6	95.6	32.0	160.0
1978/79	400.0	403.0	9.9	18.4	108.0	87.8
1979/80	132.0	127.0	39.0	350.0	138.0	210.0
1980/81	44.8	44.1	36.7	8.1	108.0	210.0
1981/82	58.5	25.8	33.7	91.3	680.0	685.0
1982/83	51.4	33.8	22.5	24.4	14.7	5.5
1983/84	482.0	393.0	30.9	37.4	106.0	77.0
1984/85	86.5	45.9	23.4	40.1	106.0	110.0
1985/86	57.0	20.3	54.0	50.5	85.0	49.8
1986/87	508.0	135.0	155.0	250.0		351.2
1987/88	810.0	1,120.0	146.0	651.0	467.0	397.0
1988/89	1,220.0	585.0	58.9	823.0	73.8	325.0
1989/90	455.0	229.0	103.0	265.0	270.0	345.0
1990/91	63.9	92.5	26.2	207.0	72.6	146.0
1991/92	446.0	319.0	71.2	290.0	99.5	125.0
1992/93	9.0	13.7	27.6	74.5	26.9	27.6
1993/94	283.0	146.2	86.4	226.0	237.0	144.0
1994/95	501.0	42.8	680.0	1,030.0	400.0	533.0
1995/96	501.0	212.0	63.0	165.0	72.8	407.0
1996/97	54.4	124.0	15.6	65.0	37.0	212.0
1997/98	155.0	62.5	44.0	61.3	17.8	536.0
1998/1999	970.0	158.0	762.0	561.0	104.0	252.0
Maximum	1,400.0	1,120.0	762.0	1,060.0	730.0	685.0
Minimum	9.0	13.7	8.7	8.1	14.7	5.5
Moyenne	320.2	197.8	88.1	223.1	178.6	203.0

Source : Ajustements statistique de valeurs extrêmes de pluies et de debits dans le bassin de Tensift-Qsob par le logiciel "EXTREM", publié par ABHT (Ex-DRHT)/SHL, déc. 1999.

**Tableau C.1.6 PROBABILITE DES DEBITS ANNUELS DE PONTE AUX PRINCIPALES STATIONS**  
(m<sup>3</sup>/s)

No.	Station	Superficie (km <sup>2</sup> )	Probabilité							
			1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100	1/200	
1	Sidi Rahal	532	150	300	420	550	740	900	1,070	
2	Taferiat	528	110	250	390	560	840	1,110	1,440	
3	Aghbalou	495	115	300	490	750	1,200	1,650	2,200	
4	Tahannaout	221	40	90	150	230	390	560	800	
5	Iguir N'kouris	848	100	280	520	850	1,500	2,200	3,090	
6	Imin El Hammam	1,256	150	440	770	1,220	2,040	2,880	3,950	
Total		3,880								

Source : Ajustements statistique de valeurs extremes de pluies et de debits dans le bassin de Tensift-Qsob par le logiciel "EXTREM", ABHT (ex-DRHT)/SHL, déc. 1999.

**Tableau C.2.1 (1/2) CARACTERISTIQUES DES DEGATS DE CRUES ET DES ECOULEMENTS DES SEDIMENTS (CRUE DE 1995)**

Bassin versant	Site endommagé	Contenu des dégâts						Ampleur				Observations		
		Maison	Personne		Articles ménagers	Bétail	Terrain agricole	Infra structure	Autres	Large zone	Localisé		Crue	Débris
			Perte en vie	Bléssé										
R'dat	Sidi Rahal					Oui				Oui	Oui			
	Zerqten	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui		Oui	Oui		
Zat	Tighedouine	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui			Oui		Oui	Oui		
Ourika	Aghbalou									Oui	Oui			
	Iraghf	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui		Oui	Oui		
Issyl	Setti Fadma	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui		Oui		Oui	Oui		
	-	Oui									Oui			
Rheraya	Asni	Oui				Oui	Oui			Oui	Oui			
	Tahannaout							Oui		Oui	Oui			
	My. Brahim		Oui	Oui				Oui		Oui	Oui			
N'fis	Imlil									Oui	Oui			
	Ouirgane					Oui	Oui			Oui	Oui	Oui		
	Imigdal					Oui	Oui			Oui	Oui	Oui		

Les dégâts des écoulements des débris émanant généralement des affluents, les dégâts de crues sont causés par le cours d'eau principal

**Tableau C.2.1 (2/2) CARACTERISTIQUES DES DEGATS DE CRUES ET DES ECOULEMENTS DES SEDIMENTS (CRUE DE 1999)**

Bassin versant	Site endommagé	Contenu des dégâts						Ampleur				Observations		
		Maison	Personne		Articles ménagers	Bétail	Terrain agricole	Infra structure	Autres	Large zone	Localisé		Crue	Débris
			Perte en vie	Bléssé										
R'dat	Sidi Rahal													
	Zerqten													
Zat	Tighedouine													
Ourika	Aghbalou	Oui					Oui			Oui	Oui			
	Igharmane - Setti Fadma						Oui		Oui		Oui			
Issyl	Setti Fadma					Oui	Oui			Oui	Oui	Oui		
	-													
Rheraya	Asni - Imlil						Oui		Oui		Oui			
	Imigdal					Oui			Oui	Oui	Oui			
N'fis	Ijoukak					Oui				Oui	Oui			
	Talat N'Yacob					Oui				Oui	Oui			
	Ouirgane- Mzouzite					Oui	Oui			Oui	Oui	Oui		

Les dégâts des écoulements des débris émanant généralement des affluents, les dégâts de crues sont causés par le cours d'eau principal

**Tableau C.3.1 STATIONS PLUVIOMETRIQUE DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE**

Bassin	No.	Nom de la station	Administration	Emplacement		Installation	Altitude (m)	Période de collecte des données
				Latitude	Longitude			
R'dat	1	Sidi Rahal	ABHT	31°38.34'	7 ° 28.52'	1963/10/3	690	1967-1999
	2	Azrif	MCEF	31 ° 32'	7 ° 16'	01/01/51	1760	1951-1997
	3	Taddart	MCEF	31 ° 21'	7 ° 25'	01/01/35	1650	1936-1997
	4	Toufliht	MCEF	31 ° 28'	7 ° 26'	01/12/38	1465	1970-1997
Zat	5	Taferiat	ABHT	31 ° 32.80'	7 ° 35.99'	1962/2/9	760	1980-1999
	6	Asloune	MCEF	31 ° 24'	7 ° 32'	01/01/38	1115	1937-1997
Ourika	7	Aghbalou	ABHT	31 ° 19.02'	7 ° 44.75'	1969/4/4	1070	1969-1999
	8	Agouns	ABHT	31 ° 11.98'	7 ° 48.17'	1996/6/26	2200	1996-1999
	9	Tazzitount	ABHT	31 ° 16.44'	7 ° 41.30'	1999/2/21	1270	1999
	10	Tourcht	ABHT	31°14.08	7°37.91	1997/12/4	1650	1997-1999
	11	Amenzal	ABHT	31 ° 11.28'	7 ° 45.02'	1997/4/10	2230	1997-1999
	12	Tiourdiou	ABHT	31 ° 12.02'	7 ° 44.78'	1996/6/20	1850	1996-1999
Rheraya	13	Tahannaout	ABHT	31 ° 17.66'	7 ° 57.85'	1962/3/8	925	1962-1999
	14	Armed	ABHT	31 ° 07'	7 ° 55'	1999/2/12	1950	1999
	15	Ifghane	MCEF	31 ° 14'	7 ° 55'	01/09/73	1920	1977-1999
	16	Asni	MOF	31 ° 15'	8 ° 00'	01/01/37	1200	1937-1997
N'fis	17	Imin El Hammam	ABHT	31 ° 12.87'	8 ° 06.72'	1966/7/1	770	1969-1999
	18	Iguir N'kouris	ABHT	31 ° 03.54'	8 ° 08.38'	1974/3/20	1100	1974-1999
	19	Arhbar	MCEF	30 ° 52'	8 ° 24'	01/04/37	1900	1938-1997
	20	Idni	MCEF	30 ° 55'	8 ° 17'	24/04/53	1700	1953-1997
	21	Ijoukak	MCEF	31 ° 01'	8 ° 09'	01/02/42	1440	1941-1997
	22	Ouirgane	MCEF	31 ° 09'	8 ° 07'	02/27/89	1045	1927-1998
	23	Talat Nos	MCEF	31 ° 03'	8 ° 08'	01/04/37	1300	1937-1997
Autres	24	B.L.Takerkoust	ABHT	31 ° 21.47'	8 ° 08.38'	1962	630	1953-1999
	25	Agaiouar	MCEF	31 ° 17'	7 ° 49'	04/25/89	1805	1930-1997
	26	Dar Ouriki	MCEF	31 ° 22'	7 ° 47'	01/06/37	800	1937-1997
	27	Tizi Ghourane	MCEF	31 ° 13'	8 ° 14'	01/01/36	1150	1970-1997
	28	Amizmiz	MCEF	31 ° 13'	8 ° 14'	06/01/23	1005	1923-1995
	29	Marrakech	DMN	31 ° 36'	8 ° 01'	01/01/84	460	1913-1999

**Tableau C.3.2 STATIONS DE JAUGEAGE DES NIVEAUX D'EAU**

Bassin	No.	Nom de la station	Administration	Emplacement		Installation	Altitude (m)	Période de collecte des données
				Latitude	Longitude			
R'dat	1	Sidi Rahal	ABHT	31 ° 38.34'	7 ° 28.52'	1963/10/3	690	1963-1999
Zat	2	Taferiat	ABHT	31 ° 32.80'	7 ° 35.99'	1962/2/9	760	1962-1999
Ourika	3	Aghbalou	ABHT	31 ° 19.02'	7 ° 44.75'	1969/4/4	1070	1969-1999
	4	Tazzitount	ABHT	31 ° 16.44'	7 ° 41.30'	1999/2/21	1270	1999
	5	Tourcht	ABHT	31°14.08	7°37.91	1997/12/4	1650	1997-1999
	6	Amenzal	ABHT	31 ° 11.28'	7 ° 45.02'	1997/4/10	2230	1997-1999
	7	Tiourdiou	ABHT	31 ° 12.02'	7 ° 44.78'	1996/6/20	1850	1996-1999
Rheraya	8	Tahannaout	ABHT	31 ° 17.66'	7 ° 57.85'	1962/3/8	925	1962-1999
	9	Armed	ABHT	31 ° 07'	7 ° 55'	1999/2/12	1950	1999
N'fis	10	Imin El Hammam	ABHT	31 ° 12.87'	8 ° 06.72'	1966/7/1	770	1966-1999
	11	Iguir N'kouris	ABHT	31 ° 03.54'	8 ° 08.38'	1974/3/20	1100	1974-1999

**Tableau C.3.3(1) PLUIES ANNUELLES**

(mm)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	No.
Année	Sidi Rahal	Azrif	Taddart	Toufliht	Taferiat	Asloune	Aghbalou	Agouns	Tazzitount	Tourcht	Amenzal	Tiourdiou	Tahannaout	Aremd	Ilgane	Année
1913-14																1913-14
1914-15																1914-15
1915-16																1915-16
1916-17																1916-17
1917-18																1917-18
1918-19																1918-19
1919-20																1919-20
1920-21																1920-21
1921-22																1921-22
1922-23																1922-23
1923-24																1923-24
1924-25																1924-25
1925-26																1925-26
1926-27																1926-27
1927-28																1927-28
1928-29																1928-29
1929-30																1929-30
1930-31																1930-31
1931-32																1931-32
1932-33																1932-33
1933-34																1933-34
1934-35																1934-35
1935-36																1935-36
1936-37																1936-37
1937-38						188.9										1937-38
1938-39						109.3										1938-39
1939-40						-										1939-40
1940-41						713.9										1940-41
1941-42						415.9										1941-42
1942-43						298.4										1942-43
1943-44						76.0										1943-44
1944-45						-										1944-45
1945-46						191.8										1945-46
1946-47						172.4										1946-47
1947-48						513.2										1947-48
1948-49			580.4			695.1										1948-49
1949-50			258.5			395.1										1949-50
1950-51			496.3			452.4										1950-51
1951-52		232.5	335.6			337.4										1951-52
1952-53		528.5	328.9			415.8										1952-53
1953-54		720.5	441.0			602.6										1953-54
1954-55		497.0	472.7			485.9										1954-55
1955-56		214.0	662.4			198.5										1955-56
1956-57		-				-										1956-57
1957-58		-	443.6			505.3										1957-58
1958-59		-	-			196.1										1958-59
1959-60		-	-			-										1959-60
1960-61		-	-			-										1960-61
1961-62		-	-			-										1961-62
1962-63		928.5	-			-										1962-63
1963-64		748.5	-			516.8										1963-64
1964-65		600.0	-			396.9										1964-65
1965-66		429.3	-			296.2										1965-66
1966-67	117.9	682.8	-			574.4										1966-67
1967-68	505.5	-	-			495.9										1967-68
1968-69	490.5	551.0	-			672.8										1968-69
1969-70	397.9	834.0	-			490.1	570.6									1969-70
1970-71	-	122.5	-	1125.1		848.9	931.7									1970-71
1971-72	463.6	819.5	708.6	645.2		752.3	1061.9					772.2				1971-72
1972-73	302.5	482.8	112.1	730.4		435.9	796.4					574.7				1972-73
1973-74	561.8	1018.0	464.9	996.1		693.0	959.2					747.5				1973-74
1974-75	262.9	-	350.7	628.0		452.4	590.9					387.2				1974-75
1975-76	379.7	-	371.4	661.7		330.1	742.2					485.8				1975-76
1976-77	270.4	-	381.2	677.5		377.6	489.0					318.9				1976-77
1977-78	412.1	-	536.9	779.4		595.3	651.5					393.6			241.2	1977-78
1978-79	277.7	-	502.5	572.7		403.4	347.9					294.1			226.0	1978-79
1979-80	449.9	-	449.0	762.9		-	689.7					418.7			317.0	1979-80
1980-81	327.4	-	487.6	589.3	272.6	321.0	407.7					395.0			201.5	1980-81
1981-82	394.4	128.4	509.4	893.5	404.6	450.2	582.1					410.7			-	1981-82
1982-83	172.7	130.4	249.4	359.8	150.9	220.0	314.9					240.1			87.0	1982-83
1983-84	236.9	250.3	501.3	670.7	277.0	298.6	376.3					311.6			228.1	1983-84
1984-85	319.9	361.6	573.0	704.4	388.2	376.4	551.8					395.5			289.3	1984-85
1985-86	302.2	317.5	538.6	780.3	300.3	316.2	467.5					311.5			442.1	1985-86
1986-87	220.6	334.0	387.9	-	-	368.4	313.8					280.1			-	1986-87
1987-88	351.4	518.1	633.8	-	331.6	554.7	594.5					365.1			-	1987-88
1988-89	437.6	634.7	719.3	-	453.5	644.1	680.9					544.6			507.1	1988-89
1989-90	313.6	497.9	518.2	699.0	285.8	502.0	438.3					309.8			400.6	1989-90
1990-91	467.5	513.0	637.4	866.5	474.4	632.4	829.1					462.0			415.8	1990-91
1991-92	247.9	500.8	265.5	780.0	291.5	416.6	487.2					360.6			463.2	1991-92
1992-93	167.7	47.4	140.6	-	237.6	228.0	276.9					192.2			210.5	1992-93
1993-94	359.9	260.5	242.3	758.1	468.3	668.1	647.8					416.2			340.9	1993-94
1994-95	346.3	282.0	192.5	-	396.4	343.6	359.4					329.6			261.3	1994-95
1995-96	531.2	775.0	600.2	1213.0	912.6	866.2	725.1					539.0			545.0	1995-96
1996-97	429.6	233.4	134.3	475.7	420.9	320.5	515.2	112.0				314.5	469.4		247.3	1996-97
1997-98	388.5	-	-	-	415.9	-	560.3	15.6			347.0	401.4	240.5	354.8	-	1997-98
1998-99	349.0	-	-	-	395.0	-	552.4	302.5			-	362.3	337.6	251.3	372.9	1998-99
<b>Moyenne</b>	<b>351.8</b>	<b>474.8</b>	<b>435.1</b>	<b>744.1</b>	<b>382.1</b>	<b>438.9</b>	<b>583.7</b>	<b>143.4</b>				<b>354.7</b>	<b>369.5</b>	<b>268.8</b>	<b>409.1</b>	<b>Amoyenne</b>

**Tableau C.3.3(2) PLUIES ANNUELLES**

(mm)

No.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	No.	
Année	Asni	Imin El Ham.	Iguir N'kouris	Arhbar	Idni	Ijoukak	Ouirgane	Talat nous	β.L. Takerkous	Agaiouar	Dar Ouriki	Tizi Ghourane	Amizmiz	Marrakech	Année	
1913-14															255.4	1913-14
1914-15															362.2	1914-15
1915-16															378.3	1915-16
1916-17															310.5	1916-17
1917-18															205.2	1917-18
1918-19															197.3	1918-19
1919-20															286.4	1919-20
1920-21															399.3	1920-21
1921-22															501.2	1921-22
1922-23															311.1	1922-23
1923-24													483.7	111.1	1923-24	
1924-25													446.6	299.5	1924-25	
1925-26													510.5	183.1	1925-26	
1926-27													672.6	-	1926-27	
1927-28							658.5						669.5	-	1927-28	
1928-29							392.2						672.9	-	1928-29	
1929-30							337.0						528.2	-	1929-30	
1930-31							432.2			423.2			136.6	198.2	1930-31	
1931-32							269.8			412.7			421.5	169.0	1931-32	
1932-33							477.2			447.5			403.1	-	1932-33	
1933-34							504.2			589.3			717.5	-	1933-34	
1934-35							381.3			493.5			583.6	-	1934-35	
1935-36							434.2			591.4			326.8	-	1935-36	
1936-37							266.0			457.0			257.3	132.5	1936-37	
1937-38	295.3						414.8	216.7		768.1	369.0		461.2	225.6	1937-38	
1938-39	785.7			129.9			623.6	372.9		742.4	-		447.2	469.3	1938-39	
1939-40	588.1						381.9	390.2		665.3	139.9		436.8	242.3	1939-40	
1940-41	451.0			746.7			513.4	328.1		878.3	583.2		514.0	-	1940-41	
1941-42	431.0			106.6			570.2	333.5		794.4	441.0		538.1	-	1941-42	
1942-43	434.5			614.6		626.3	523.3	580.1		959.2	716.2		646.3	-	1942-43	
1943-44	233.5			-		-	305.3	151.0		490.7	412.2		349.1	-	1943-44	
1944-45	147.5			-		273.0	213.6	233.5		148.9	169.8		263.8	-	1944-45	
1945-46	369.0			-		147.5	340.1	200.5		620.9	387.4		279.0	-	1945-46	
1946-47	394.0			-		325.2	462.6	330.8		585.9	636.7		458.0	-	1946-47	
1947-48	456.0			361.3		293.3	411.9	450.3		509.6	479.8		478.3	-	1947-48	
1948-49	759.0			567.8		423.5	599.0	632.2		1078.3	-		678.1	-	1948-49	
1949-50	284.0			638.8		282.6	359.6	365.3		452.0	313.6		289.2	-	1949-50	
1950-51	490.0			460.9		381.2	524.2	544.3		794.5	578.7		545.3	-	1950-51	
1951-52	343.0			634.3		220.8	343.4	382.3		483.2	397.5		506.5	-	1951-52	
1952-53	442.0			614.5		330.6	387.0	447.3		665.1	462.1		217.3	-	1952-53	
1953-54	569.5			651.1	696.5	469.2	616.6	496.2	324.2	741.4	666.0		649.7	-	1953-54	
1954-55	496.0			654.9	511.3	372.0	459.9	314.0	293.6	574.4	526.5		318.6	-	1954-55	
1955-56	548.5			589.3	962.1	512.7	541.7	291.1	381.9	528.4	542.3		686.8	-	1955-56	
1956-57	264.9			-	181.8	161.4	-	149.0	-	310.5	60.5		302.1	-	1956-57	
1957-58	588.0			920.2	347.8	230.1	585.1	288.0	-	581.4	-		629.9	-	1957-58	
1958-59	415.5			365.5	-	132.0	421.4	-	-	274.0	-		351.4	-	1958-59	
1959-60	457.2			437.8	-	285.9	346.0	-	-	849.8	-		581.2	-	1959-60	
1960-61	328.5			157.2	-	141.2	353.2	-	-	770.7	-		438.3	141.5	1960-61	
1961-62	598.5			342.2	-	464.6	668.6	110.5	-	553.9	-		565.4	238.1	1961-62	
1962-63	709.6			1269.5	-	619.4	669.8	501.7	380.6	980.9	-		726.2	359.0	1962-63	
1963-64	455.0			823.0	186.3	259.2	415.7	330.4	154.0	594.2	463.6		427.3	199.6	1963-64	
1964-65	397.5			793.8	756.2	460.0	653.9	352.7	224.4	532.9	709.6		435.3	230.7	1964-65	
1965-66	367.4			578.2	565.6	279.4	401.1	261.3	266.2	546.0	527.5		339.0	195.2	1965-66	
1966-67	395.5			491.1	453.5	322.8	547.1	319.6	262.5	742.9	584.7		511.5	252.1	1966-67	
1967-68	490.8			1172.5	975.8	565.7	637.7	444.8	417.9	755.9	638.5		643.0	348.6	1967-68	
1968-69	504.0			790.7	566.9	283.1	589.1	324.7	355.1	984.8	702.5		616.2	316.6	1968-69	
1969-70	359.5	468.2		952.7	726.4	288.3	455.6	255.3	276.7	741.5	469.7		488.2	295.7	1969-70	
1970-71	682.5	598.9		1120.9	818.1	383.7	904.9	346.8	424.0	1033.4	892.1	774.9	614.9	461.0	1970-71	
1971-72	361.5	321.4		337.0	276.9	268.5	1153.3	390.8	298.8	783.1	-	562.1	529.2	244.9	1971-72	
1972-73	395.5	368.3		429.7	360.2	226.6	349.0	259.9	271.5	633.0	342.3	451.5	282.0	211.1	1972-73	
1973-74	559.9	439.3		443.7	394.9	301.0	541.8	437.4	361.4	797.0	668.2	631.1	298.2	371.9	1973-74	
1974-75	-	237.7	98.6	131.9	92.8	91.4	283.0	201.8	223.7	668.9	-	507.8	323.6	168.1	1974-75	
1975-76	-	466.7	141.2	436.7	362.3	238.6	355.5	229.7	235.4	630.0	421.0	442.6	377.2	233.7	1975-76	
1976-77	106.9	344.7	187.2	318.9	275.2	239.8	234.9	90.7	216.4	509.2	289.8	346.5	285.5	153.4	1976-77	
1977-78	496.5	365.3	239.3	820.8	695.8	254.4	431.0	309.1	281.6	639.4	576.4	554.8	495.4	314.2	1977-78	
1978-79	210.4	199.0	192.5	916.2	165.5	-	281.6	241.0	142.3	280.8	-	270.4	232.9	207.7	1978-79	
1979-80	462.8	420.2	231.1	505.2	-	-	353.2	197.0	251.6	630.3	-	451.7	410.9	266.2	1979-80	
1980-81	269.6	271.2	190.6	477.9	267.4	193.9	246.2	172.0	217.0	350.5	299.7	316.9	246.5	107.9	1980-81	
1981-82	382.1	487.1	189.0	536.0	266.8	380.2	360.9	139.0	292.9	454.0	475.7	690.6	468.9	306.8	1981-82	
1982-83	189.5	213.9	114.9	373.7	-	-	130.9	58.5	105.9	132.1	253.2	308.8	178.3	101.0	1982-83	
1983-84	-	287.5	156.5	440.0	76.4	-	284.1	116.5	146.7	439.1	266.9	405.2	293.7	197.4	1983-84	
1984-85	449.1	378.7	281.0	516.3	484.9	-	325.6	222.5	235.1	763.0	444.6	537.3	385.1	233.1	1984-85	
1985-86	132.5	202.5	122.9	388.0	338.0	142.4	283.0	115.5	159.6	487.6	358.9	451.9	321.8	216.6	1985-86	
1986-87	350.8	230.3	140.2	387.0	380.0	182.1	276.8	152.7	209.5	460.6	265.9	300.5	222.9	149.8	1986-87	
1987-88	-	470.3	304.4	1213.6	1103.0	425.0	299.4	289.4	298.3	536.7	614.4	622.0	464.8	267.4	1987-88	
1988-89	-	365.0	412.5	736.0	786.7	454.8	516.6	352.3	323.8	952.4	479.6	543.0	488.5	276.5	1988-89	
1989-90	341.3	295.7	-	698.1	1152.6	573.7	308.0	377.3	-	508.0	303.1	395.0	263.9	176.1	1989-90	
1990-91	492.6	373.2	177.4	372.6	268.3	231.5	428.8	222.5	295.8	534.7	494.3	446.0	355.1	310.6	1990-91	
1991-92	369.1	397.6	339.6	461.8	837.4	119.4	310.4	231.7	196.3	595.9	428.6	483.0	338.5	177.6	1991-92	
1992-93	208.3	225.9	83.7	158.5	175.2	107.2	-	114.0	118.8	255.4	155.8	279.0	215.7	99.9	1992-93	
1993-94	416.4	364.9	270.3	478.8	445.0	372.2	364.3	357.4	228.8	696.0	603.0	525.0	353.0	224.8	1993-94	
1994-95	361.0	309.8	207.9	273.3	263.7	211.6	189.0	187.5	334.7	316.4	250.3	329.6	308.5	259.1	1994-95	
1995-96	477.8	553.3	442.5	1221.3	488.1	1026.9	520.1	501.4	389.4	787.8	633.5	567.8	-	364.2	1995-96	
1996-97	448.2	522.0	290.3	498.0	571.8	472.7	237.5	164.3	462.4	383.9	328.5	319.5	-	316.3	1996-97	
1997-98	-	401.8	237.1	-	-	-	-	-	286.7	-	-	-	-	266.9	1997-98	
1998-99	-	393.6	147.9	-	-	-	327.2	-	220.1	-	-	-	-	217.3	1998-99	
<b>Moyenne</b>	<b>418.4</b>	<b>365.8</b>	<b>216.6</b>	<b>576.5</b>	<b>494.0</b>	<b>327.5</b>	<b>431.7</b>	<b>298.4</b>	<b>270.9</b>	<b>602.6</b>	<b>454.7</b>	<b>463.5</b>	<b>436.2</b>	<b>253.7</b>	<b>Moyenne</b>	

**Tableau C.3.4 MATRICE DU COEFFICIENT DE CORRELATION DES PLUIES ANNUELLES**

No	Sidi Rahal	Azrif	Taddart	Toufihit	Tateriat	Asloume	Aghbalou	Tahamaout	Ifghane	Asni	Imin ElHam	Iguir N° kouris	Arhbar	Idni	Ijoukak	Ouirgane	Talat Nos	B.L. Takerkoust	Agatouar	Dar Ouriki	Tizi Ghourane	Marrakech
1		0.55	0.46	0.65	0.84	0.66	0.78	0.78	0.56	0.68	0.70	0.62	0.45	0.26	0.51	0.51	0.65	0.77	0.56	0.65	0.60	0.82
2			0.44	0.35	0.63	0.56	0.58	0.82	0.88	0.39	0.25	0.79	0.40	0.10	0.30	0.46	0.67	0.26	0.59	0.41	0.32	0.35
3				0.61	0.32	0.55	0.38	0.32	0.49	0.32	0.11	0.36	0.49	0.28	0.38	0.53	0.28	0.21	0.47	0.50	0.50	0.37
4					0.81	0.78	0.57	0.41	0.85	0.62	0.64	0.57	0.57	0.25	0.51	0.47	0.61	0.54	0.72	0.81	0.77	0.76
5						0.83	0.71	0.76	0.64	0.68	0.70	0.67	0.58	0.00	0.81	0.74	0.75	0.68	0.62	0.67	0.46	0.79
6							0.79	0.70	0.71	0.41	0.57	0.70	0.49	0.19	0.40	0.50	0.48	0.49	0.57	0.58	0.74	0.45
7								0.92	0.63	0.68	0.58	0.45	0.21	0.13	0.22	0.82	0.67	0.61	0.78	0.82	0.73	0.68
13									0.61	0.61	0.50	0.66	0.10	0.02	0.26	0.81	0.70	0.65	0.72	0.67	0.59	0.62
15										0.35	0.46	0.67	0.42	0.50	0.50	0.73	0.66	0.41	0.75	0.59	0.67	0.52
16											0.76	0.62	0.29	0.43	0.45	0.60	0.60	0.73	0.65	0.65	0.70	0.79
17												0.64	0.56	0.45	0.59	0.38	0.53	0.79	0.58	0.75	0.67	0.80
18													0.69	0.71	0.76	0.60	0.81	0.64	0.63	0.67	0.48	0.61
19														0.60	0.65	0.26	0.39	0.46	0.36	0.61	0.47	0.62
20															0.52	0.22	0.52	0.55	0.38	0.51	0.37	0.36
21																0.34	0.61	0.65	0.40	0.50	0.32	0.55
22																	0.53	0.50	0.63	0.83	0.57	0.59
23																		0.70	0.66	0.60	0.63	0.63
24																			0.57	0.58	0.53	0.85
25																				0.73	0.78	0.63
26																				0.73	0.90	0.73
27																					0.73	0.73
29																						

\* Les station disposant de statistiques insuffisantes ont été omise du présent tableau

R>0.9  
0.8<R<0.9  
0.7<R<0.8

**Tableau C.3.5 MATRICE DE COEFFICIENT DE CORRELATION DES PLUIES JOURNALIERES**

(Bassin versant de l'Ourika)						
	Aghbalou	Tazzitount	Amenzal	Agouns	Tiourdiou	Tourcht
Aghbalou		0.87	0.44	0.27	0.48	0.47
Tazzitount			0.72	0.4	0.73	0.89
Amenzal				0.26	0.79	0.66
Agouns					0.37	0.41
Tiourdiou						0.64
Tourcht						

(Plaine alluviale)		
	Tahannaout	Aghbalou
Tahannaout		0.80
Taferiat		0.73

Tableau C.3.6 PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES ANNUELLES

Année	(mm/jour)									
	Sidi Rahal	Taferiat	Aghbalou	Tahannaou	Imin El Hammam	Iguir Nkouris	Marrakech			
1969 /70	41.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970 /71	52.0	-	63.0	37.4	38.1	-	-	60.0	-	60.0
1971 /72	41.3	-	59.5	28.6	23.0	-	-	61.0	-	61.0
1972 /73	38.0	-	35.1	32.1	40.5	-	-	defect	-	defect
1973 /74	56.2	-	48.6	39.9	41.1	-	-	66.0	-	66.0
1974 /75	52.1	-	46.7	49.4	49.6	-	15.6	36.2	-	36.2
1975 /76	26.6	-	32.0	39.4	26.8	-	15.4	30.9	-	30.9
1976 /77	25.0	-	48.9	25.0	23.2	-	31.9	20.0	-	20.0
1977 /78	36.0	-	56.7	38.6	35.1	-	36.8	30.0	-	30.0
1978 /79	29.0	-	37.8	31.3	18.5	-	39.9	28.0	-	28.0
1979 /80	55.7	-	65.2	22.5	36.8	-	27.9	27.7	-	27.7
1980 /81	46.2	-	39.8	35.0	28.4	-	32.1	16.2	-	16.2
1981 /82	33.2	-	66.7	37.7	65.6	-	24.5	44.1	-	44.1
1982 /83	18.0	23.0	32.2	27.2	32.5	-	24.0	9.6	-	9.6
1983 /84	31.0	38.7	46.4	33.1	32.3	-	38.2	38.9	-	38.9
1984 /85	35.6	28.3	55.4	37.3	28.0	-	24.8	30.0	-	30.0
1985 /86	48.9	33.8	36.0	37.3	35.8	-	30.2	38.6	-	38.6
1986 /87	42.6	defect	57.1	45.5	26.7	-	35.9	39.9	-	39.9
1987 /88	34.2	25.7	42.5	23.7	50.0	-	35.5	34.0	-	34.0
1988 /89	36.3	59.3	67.2	64.8	53.5	-	76.8	42.1	-	42.1
1989 /90	37.0	38.0	38.3	36.2	44.6	-	59.0	23.4	-	23.4
1990 /91	48.5	69.3	71.6	56.7	32.9	-	16.0	66.9	-	66.9
1991 /92	25.0	21.8	41.5	39.6	31.0	-	49.1	26.7	-	26.7
1992 /93	19.0	31.3	22.7	29.6	26.0	-	17.2	22.2	-	22.2
1993 /94	63.5	93.1	64.9	46.6	46.4	-	42.1	25.8	-	25.8
1994 /95	64.5	44.2	67.8	36.8	51.0	-	38.6	78.9	-	78.9
1995 /96	130.0	174.6	41.4	42.4	35.4	-	51.0	32.8	-	32.8
1996 /97	38.0	48.8	39.3	42.5	66.5	-	46.6	46.9	-	46.9
1997 /98	42.0	24.6	58.4	28.0	36.6	-	48.9	32.3	-	32.3
1998 /99	45.0	41.1	67.9	36.4	93.2	-	19.5	29.8	-	29.8

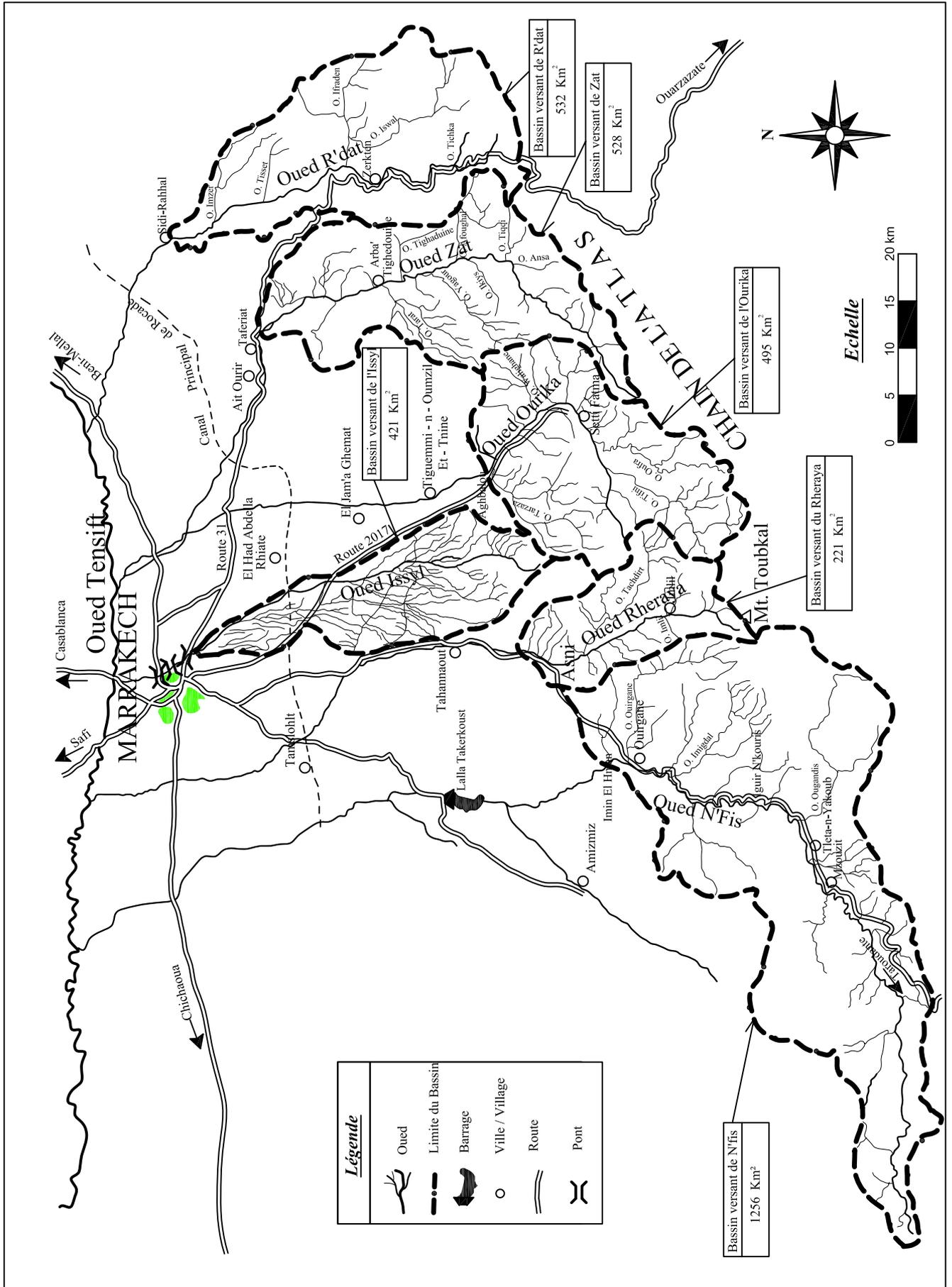
Tableau C.3.7 10 CRUES MAXIMALES POUR CHAQUE OUED

Série	Sidi Rahal (R'dat)			Taferiat (Zat)			Aghbalou (Ourika)		
	Période de données : Nov. 1963 en août 1997			Période de données : Feb. 1962 en août 1997			Période de données : août 1969 à juillet 1997		
	Période de la crue	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Heure du débit de pointe	Période de la crue	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Heure du débit de pointe	Période de la crue	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Heure du débit de pointe
1	16 au 17 mars 1980	210	24:00 le 16 mars	20 décembre 1963	285	5:00 le 20 déc.	8 au 19 sép. 1979	350	19:00 le 10 sép.
2	13-Nov 1980	210	12:30 le 13 nov.	23 septembre 1965	530	15:15 le 23 sép.	11 février 1987	250	17:30 le 11 fév.
3	13-Aug 1982	685	21:30 le 13 août	27 octobre 1965	600	21:00 le 27 oct.	1 au 2 nov. 1987	651	10:00 le 2 nov.
4	11 au 12 février 1987	351	13:30 le 11 fév.	3 novembre 1966	225	9:30 le 3 nov.	14 au 15 juillet 1989	823	23:00 le 14 juil.
5	2 au 3 novembre 1987	397	11:00 le 2 nov.	12 au 13 nov. 1967	230	12:00 le 12 nov.	10 au 11 mars 1990	265	18:00 le 10 mars
6	10-Nov 1988	325	10:00 le 10 nov.	13 au 14 août 1982	680	2:00 le 14 août	14 septembre 1990	207	17:15 le 14 sép.
7	27 au 28 octobre 1989	277	22:30 le 27 oct.	2 novembre 1987	467	10:00 le 2 nov.	5 au 9 déc. 1991	200	2:00 Dec. 7
8	10 au 11 mars 1990	345	13:00 le 10 mars	3 au 4 décembre 1988	305	0:00 le 4 déc.	1 août 1992	290	19:00 le 1 août
9	17 août 1995	534	22:30 le 17 août	10 au 11 mars 1990	270	17:00 le 10 mars	7 au 8 mars 1994	226	3:00 le 7 mars
10	9 juin 1996	293	20:15 le 17 août	7 mars 1994	237	3:00 le 7 mars	17 août 1995	1,030	20:15 le 17 août

Série	Tahannaout (Rheraya)			Iguir N'kouris (N'fis)			Imin Al Hammam (N'fis)		
	Période de données : Mars 1962 à Juil. 1997			Période de données : Août 1974 à Juil. 1997			Période de données : Juil. 1966 à août 1997		
	Période de la crue	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Heure du débit de pointe	Période de la crue	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Heure du débit de pointe	Période de la crue	Débit de pointe (m <sup>3</sup> /s)	Heure du débit de pointe
1	11 fév. 1987	155	14:00 le 11 fév.	7-Jan 1978	263	14:00 le 7 jan.	13 nov. 1967	1,400	16:00 le 13 nov.
2	24 juin 1987	66	20:00 le 24 juin	18 au 19 jan. 1979	403	12:00 le 18 jan.	4 au 7 jan. 1970	720	12:00 le 4 jan.
3	25 oct. 1987	60	12:00 le 25 oct.	16 nov. 1983	393	7:30 le 16 nov.	16 nov. 1983	482	10:00 le 16 nov.
4	1 au 2 nov. 1987	146	14:00 le 2 nov.	2 au 3 nov. 1987	1,120	13:00 le 25 nov.	2 nov. 1986	508	23:00 le 2 nov.
5	16-Jul 1989	59	17:00 le 16 juil.	3 au 4 déc. 1987	536	9:00 le 4 déc.	2 au 3 nov. 1987	810	14:00 le 2 nov.
6	23 au 24 oct. 1989	103	10:00 le 24 oct.	9 au 11 nov. 1988	585	22:00 le 9 nov.	3 au 5 déc. 1987	773	9:00 le 4 déc.
7	5 au 9 déc. 1991	71	7:00 le 7 déc.	9 au 10 mars 1990	229	14:00 le 9 mars	9 au 11 nov. 1988	1,220	6:00 le 10 nov.
8	28 juillet 1992	62	20:00 le 28 juil.	7 au 8 déc. 1991	319	13:00 le 7 déc.	24 au 25 oct. 1989	455	22:00 le 24 oct.
9	17 août 1995	680	19:30 le 17 août	31 déc. 1993	229	4:00 le 31 oct.	7 to 9 déc. 1991	446	7:00 le 8 déc.
10	25 mars 1996	68	13:00 le 25 mars	7-Aug 1994	239	22:00 le 7 août	17 août 1995	501	19:00 le 17 août

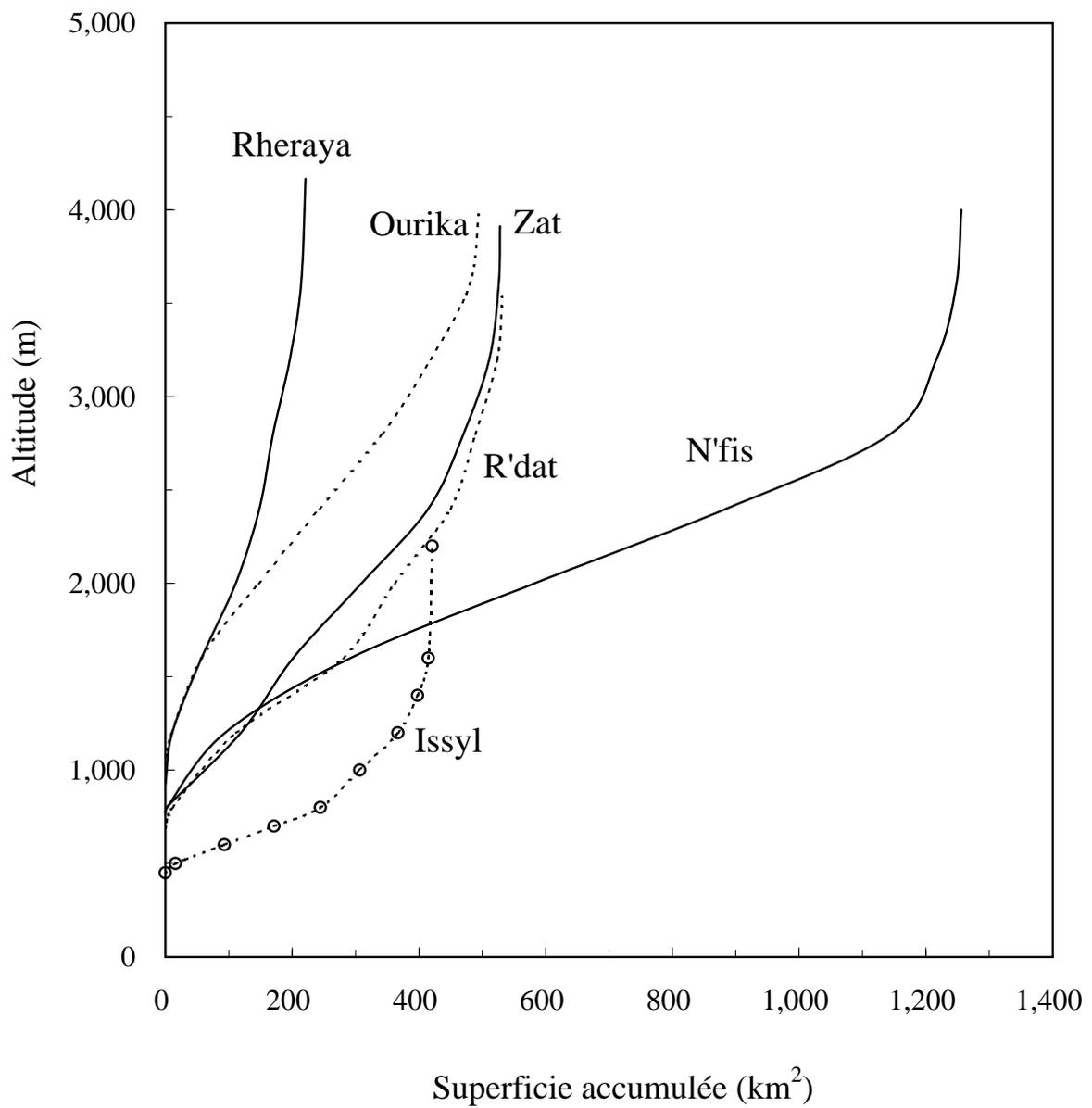
Crues représentatives

# ***FIGURES***



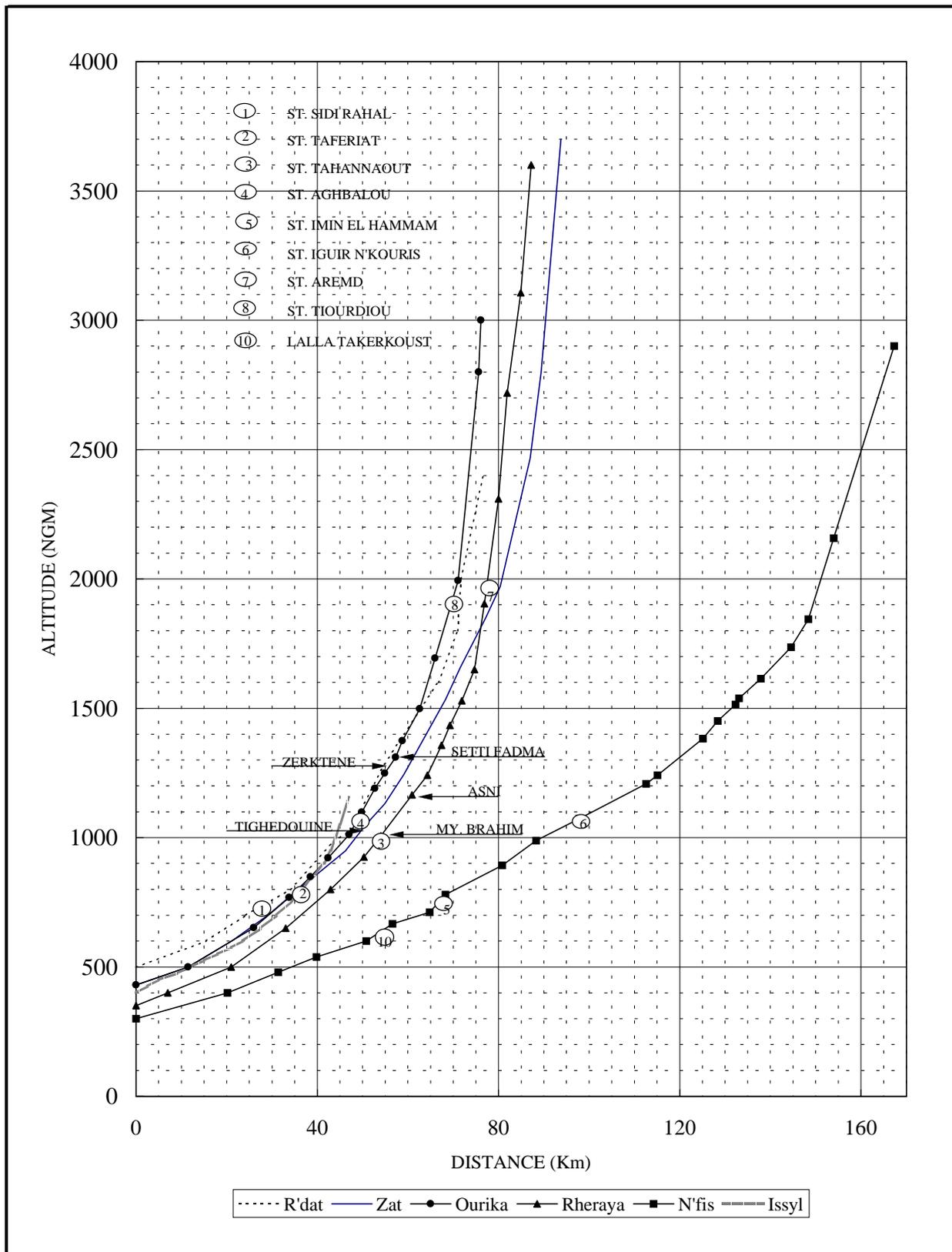
ETUDE DU PLAN DIRECTEUR SUR  
LE SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES  
POUR LA REGION DE L'ATLAS AU ROYAUME DU MAROC

Fig. C.1.1 DIVISION DES SOUS-BASSINS



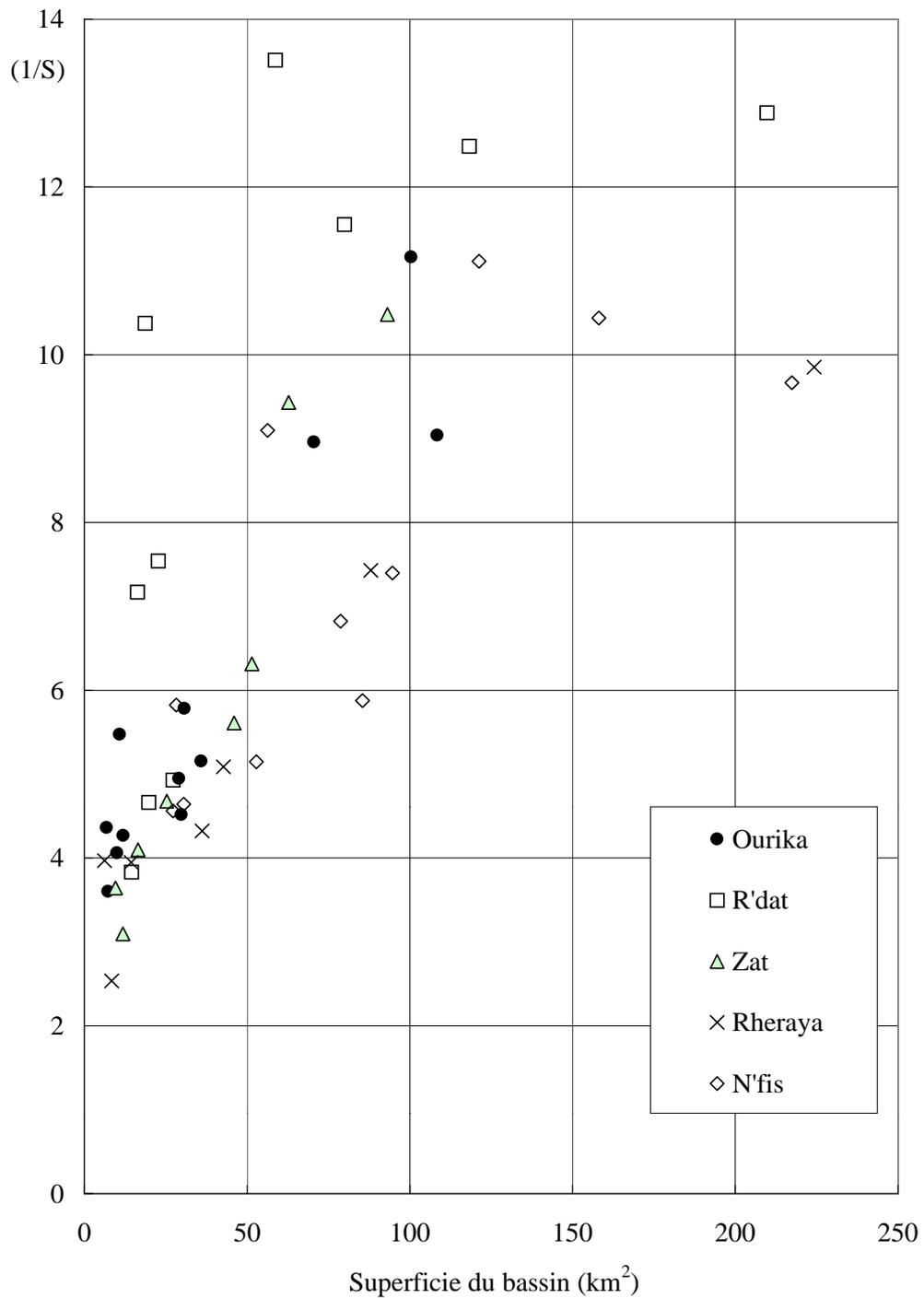
ETUDE DU PLAN DIRECTEUR SUR LE  
 SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES  
 POUR LA REGION DE L'ATLAS AU ROYAUME DU MAROC

Fig. C.1.2 COURBES D'ALTITUDE-SUPERFICIE  
 DES BASSINS VERSANTS

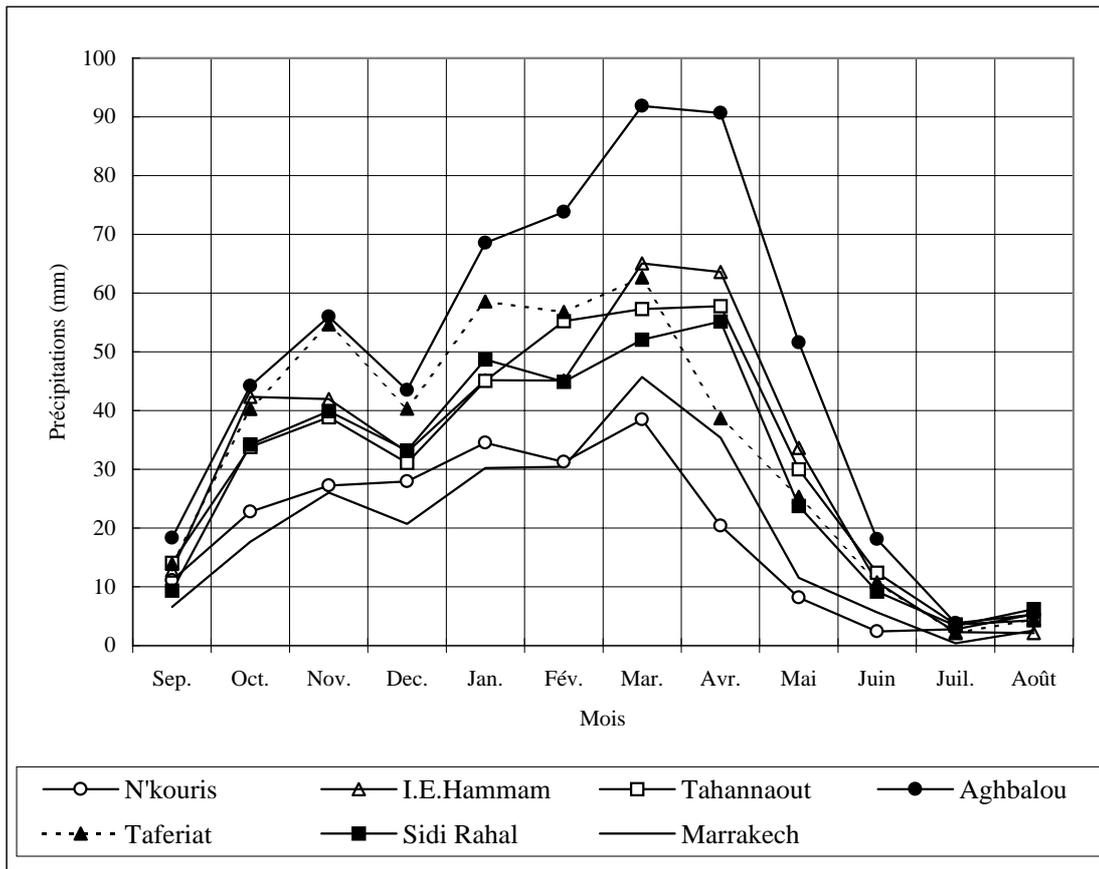


ETUDE DU PLAN DIRECTEUR SUR  
LE SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES  
POUR LA REGION DE L'ATLAS AU ROYAUME DU MAROC

Fig. C.1.3 PROFILS DES OUEDS



\*Le gradient du bassin de l'affluent est la différence entre l'altitude du point de confluence avec le cours d'eau principal et celle de l'extrémité amont sur la distance entre les deux points

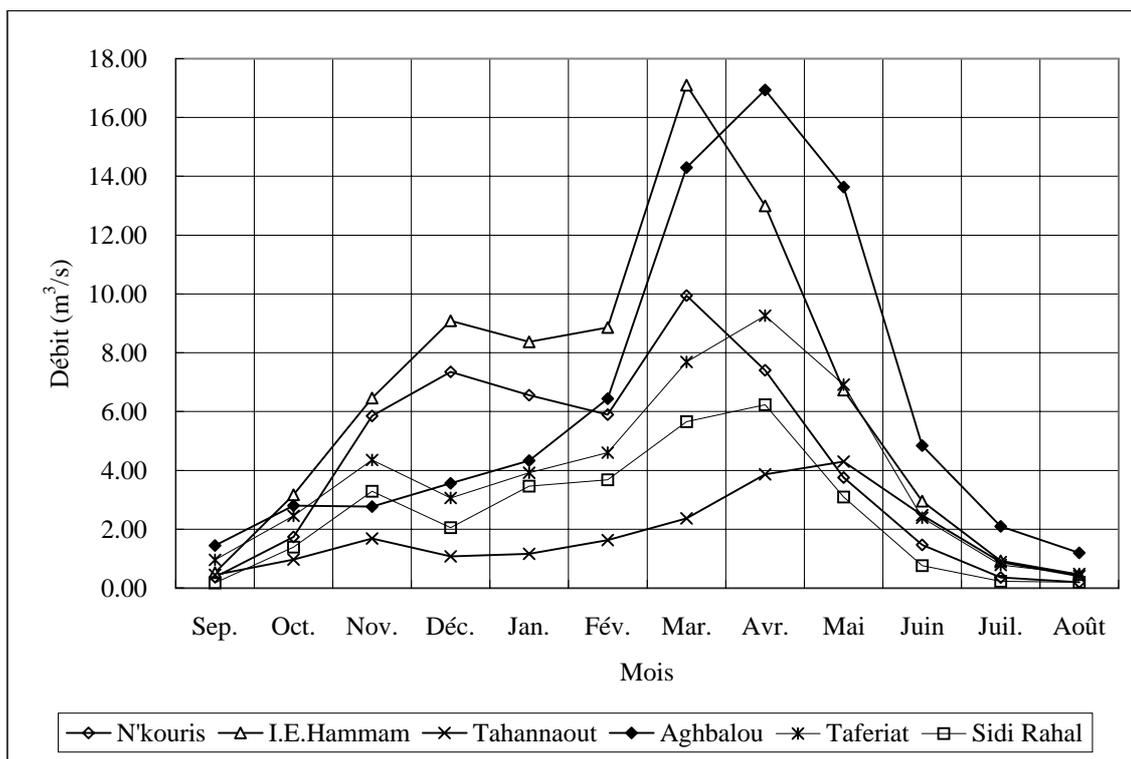


Mois	Bassin	N'fis		Rheraya	Ourika	Zat	R'dat	Près d'Issyl
	Station	N'kouris	I.E.Hammam	Tahannaout	Aghbalou	Taferiat	Sidi Rahal	Marrakech
Sep.		11	13	14	18	14	9	7
Oct.		23	42	34	44	40	34	18
Nov.		27	42	39	56	55	40	26
Dec.		28	33	31	43	40	33	21
Jan.		35	45	45	69	59	49	30
Fév.		31	45	55	74	57	45	30
Mar.		38	65	57	92	63	52	46
Avr.		20	64	58	91	39	55	35
Mai		8	34	30	52	25	24	12
Juin		2	11	12	18	11	9	6
Juil.		3	2	4	4	2	3	0
Août		5	2	4	5	5	6	3
Oct.-Avr.(Pluvieux)		203	336	319	468	352	308	206
Mai-Sep.(Sec)		30	62	64	97	44	52	27
<b>Annuel</b>		<b>232</b>	<b>398</b>	<b>383</b>	<b>566</b>	<b>409</b>	<b>360</b>	<b>233</b>

Source: ABHT

ETUDE DU PLAN DIRECTEUR SUR  
 LE SYSTEME DE PREVISION ET D'ALERTE AUX CRUES  
 POUR LA REGION DE L'ATLAS AU ROYAUME DU MAROC

Fig. C.15 MOYENNE MENSUELLE DES  
 PLUIES AUX STATIONS  
 REPRESENTATIVES



Bassin versant (km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)					
	N'fis	N'fis	Rheraya	Ourika	Zat	R'dat
Mois	N'kouris	I.E.Hammam	Tahannaout	Aghbalou	Taferiat	Sidi Rahal
Sep.	0.36	0.52	0.45	1.44	0.95	0.17
Oct.	1.74	3.18	0.97	2.80	2.46	1.39
Nov.	5.85	6.46	1.68	2.77	4.35	3.29
Déc.	7.35	9.09	1.07	3.56	3.06	2.05
Jan.	6.55	8.37	1.17	4.33	3.92	3.46
Fév.	5.90	8.85	1.62	6.43	4.61	3.68
Mar.	9.94	17.10	2.37	14.29	7.68	5.66
Avr.	7.41	12.99	3.86	16.93	9.26	6.23
Mai	3.75	6.73	4.30	13.63	6.91	3.09
Juin	1.47	2.95	2.47	4.84	2.39	0.76
Juil.	0.36	0.92	0.88	2.10	0.79	0.23
Août	0.19	0.45	0.40	1.20	0.48	0.20
Moyenne	<b>4.24</b>	<b>6.47</b>	<b>1.77</b>	<b>6.19</b>	<b>3.90</b>	<b>2.52</b>
Rapport	'64-'94	'66-'98	'62-'97	'69-'96	'62-'97	'63-'96

Source : ABHT