



Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences et Techniques
Département de géologie



Agence du Bassin
Hydraulique du Tensift

=== *MST D'Hydrogéologie* ===

Mémoire de fin d'études :

***Conséquences géographiques et socio-économiques des inondations dans la vallée de l'Ourika (Maroc),
Exemple des crues du 17/08/1995 et du 28/10/1999***



Réalisé par :

**Zouhair Saadi
Abdelkabir Baou**

Encadrés par :

**Mr.Mohamed El Mehdi Saidi
Mr.Lahcen Daoudi**

Soutenu le : 30/06/2005

Sommaire

Introduction

1^{ère} Partie : Présentation générale du bassin versant de l'Ourika

I- Caractéristiques physiques :

I-1 Position géographique :

I-2-Forme, courbe hypsométrique et altitudes caractéristiques :

I-2-1-Forme :

I-2-2-Courbe hypsométrique et les altitudes caractéristiques :

I-3-Réseau hydrographique :

I-3-1-Le profil longitudinal des cours d'eau principaux :

I-3-2- Le degré de développement du réseau :

I-4-Cadre géologique et structural :

I-5-Répartition spatiale et état de la végétation :

I-5-1-La zone subatlasique :

I-5-2-La zone de la moyenne montagne :

I-5-3- La zone axiale :

II- Caractéristiques climatiques :

II-1-La Température :

II-2-Les Précipitations :

II-2-1-Les Précipitations annuelles :

II-2-2-Les Précipitations moyennes saisonnières :

II-2-3-Les précipitations moyennes mensuelles:

II-3-La dynamique nuageuse et l'orographie :

II-4-L'enneigement :

II-5-L'évaporation :

III- Caractéristiques hydrologiques :

III-1-Les Débits :

III-1-1-Les Débits moyens annuels :

III-1-2-Les Débits moyens mensuels et saisonniers :

2^{ème} Partie : Etude des crues (17/08/1995 et 28/10/1999).

La crue du 17/08/1995 :

- I- Les raisons climatiques
- II- Les conséquences hydrologiques
- III- Impacts sur le milieu
 - III-1- Sur le paysage
 - III-2- Sur l'agriculture
 - III-3- Sur les infrastructures
 - III-4- Sur le capital humain

Conclusion

La crue du 28/10/1999

- I- Causes climatiques de la crue 28 octobre 1999
- II- Conditions hydrologiques
- III- Dégâts de crue

Conclusion

3^{ème} Partie : Aménagements de protection

I- Mesures non structurelles

- I-1–Amélioration de l'observation et la prévision météorologique
 - I-1-1-Observation superficielle
 - a- Stations synoptiques*
 - b- Postes climatiques*
 - I-1-2- Radars de précipitation
 - I-1-3- Observation par images satellite
 - I-1-4- Observation par radio sondage
 - I-1-5- Modèle de prévision

I-2- Renforcement de la gestion des événements de crues par l'introduction d'un système d'observation des crues et des paramètres

I-2-1- Introduction d'un système d'observation des crues

I-2-2- Etablissement d'un guide pour la gestion de l'événement crue

I-3- Information des habitants et visiteurs et la réalisation d'aménagement d'évacuation

I-3-1- Etudes visant l'identification des zones inondables

I-3-2- Mise en place des panneaux signalant le danger

I-3-3- Préparation des brochures pour les visiteurs

I-3-4- Réalisation d'aménagement d'évacuation

I-4- Control de l'occupation des sols dans les oueds

I-5- reboisement et contrôle de l'érosion

II- Mesures structurelles :

II-1- seuils de stabilisation aux thalwegs

II-2- sur l'oued

II-2-1- Seuils de stabilisation

II-2-2- Recalibrage du lit de l'oued

II-3- Excavation et mur de protection au long de l'oued

II-4- Sur le plan agricole :

Conclusion

Conclusion générale

Abréviations

Bibliographie

Introduction

Au moment où l'homme a colonisé quasi totalement la terre, même les zones les plus extrêmes, les catastrophes naturelles restent les seuls éléments que les hommes ont du mal à maîtriser.

Dans les régions méditerranéennes humides à arides, les oueds ont la particularité de rentrer fréquemment en crues. Au Maroc, par exemple, l'une des plus belles vallées du pays subit régulièrement une montée des eaux, dévastant à chaque fois le paysage. C'est la vallée de l'Ourika située dans la région de Marrakech.

L'oued Ourika, qui prend sa source dans le Haut Atlas de Marrakech, est un affluent de l'oued Tensift. Avant d'atteindre la plaine du Haouz, l'Ourika emprunte une vallée très encaissée avec des pentes très importantes au niveau des affluents et des versants, et un réseau hydrographique bien développé.

Du point de vue lithologique le bassin versant de l'Ourika est formé de roches cristallines du socle à la partie amont, et de dépôts silteux et argileux permo-triasiques plus tendres à l'aval (Ces terrains assez imperméables augmentent les risques d'inondation), le climat, le manque du sol et les pentes accentuées sont peu favorables au développement de la végétation, c'est normal que cette situation favorise une augmentation des volumes d'eau mobilisés par le cours d'eau principal et le développement d'importantes crues.

Cette vallée avec son climat tempéré en été et son ombrage, est très touristique. Ses paysages encaissés dominés par des montagnes rouges aux pentes très raides et des terrasses agricoles très verdoyantes donnent à la vallée un cadre unique pour la région de Marrakech et du Haut Atlas. Toute l'année, elle exerce une attraction remarquable sur les touristes, surtout pendant la période estivale où quelques dizaines de milliers de personnes y passent leurs vacances.

Un aménagement touristique s'est progressivement mis en place le long de l'oued : hôtels, restaurants, résidences de luxe, commerces,...etc, se sont installés au abords de la seule route de la vallée.

Le 17/08/1995, cette vallée était la plus fréquentée des vallées atlasiques par les touristes nationaux et internationaux. A 17 h , un orage exceptionnel éclate à l'amont de la vallée, deux heures plus tard, un torrent de boue rouge, de blocs, d'arbres et d'autres débris dévale la vallée provoquant des dégâts sur l'agriculture, le paysage, les infrastructures et les

hommes. Cette vallée a connue aussi le 28/10/1999 une autre crue moins puissante que celle du 17/081995 et qui a été provoquée par de fortes précipitations. Cette fois des pertes en vies humaines n'ont pas été enregistrées puisque la date n'est pas une période de grande affluence.

La brutalité du phénomène soulève une série de questions :

Comment cela s'était-il produit ? Pourquoi les pertes en vies humaines sont-elles si lourdes en août 1995 et pas en octobre 1999 ? Pourquoi les dégâts matériels ont été si graves ? Quelles sont les conséquences (négatives et positives) de ces crues, et les aménagements effectués pour atténuer les effets des crues qui surviennent périodiquement dans cette région ?



Présentation générale
du bassin versant de l'Ourika

I- Caractéristiques physiques.

I-1 Position géographique.

La vallée de l'Ourika localisée entre la vallée de Zat à l'est et celle de Gheraya à l'ouest à 40 Km au SE de Marrakech, se situe entre 31° et 31°20' de latitude nord et entre 7°30' et 8° de longitude ouest, son bassin versant à Aghbalou couvre une superficie de 503 Km², cette région se distingue par son climat rude, la rudesse du climat est due à l'orientation des reliefs qui sont disposés selon une direction générale NE-SW, cette disposition permet à la région de recevoir les courants océaniques humides venant du NW, mais aussi les courants sahariens arides venant du SE.

Le massif de l'Ourika est formé de relief rocheux aux pentes fortes où la plupart des sommets culminent au-dessus de 2000 m, ces altitudes élevées dans la partie amont de la vallée favorisent l'installation d'un climat froid et humide qui est à l'origine d'un enneigement important en hiver, cet enneigement participe avec d'autres facteurs à la formation d'un grand réservoir d'eau.

Cependant, la topographie de la région n'est pas favorable à de grandes utilisations locales de ces ressources en eau, excepté le piémont où elles s'accumulent dans les rivières et les dépressions compte tenu de l'imperméabilité des terrains cristallins.

Dans la partie amont du bassin, le réseau hydrographique se développe essentiellement le long des fissures des zones d'altération superficielle et des grands accidents, tandis que dans la partie aval, le réseau reste restreint.

I-2-Forme, courbe hypsométrique et altitudes caractéristiques :

I-2-1-Forme :

La forme du bassin versant peut avoir des conséquences hydrologiques importantes, notamment sur la relation pluie-débit et l'évolution des écoulements en période de crue, autrement dit, outre la nature de l'averse, ce sont les caractéristiques morphologiques du

bassin qui conditionnent l'allure de l'hydrogramme observé à l'exutoire, plusieurs formules et indices permettent de chiffrer ces caractéristiques. (Voir tableau suivant).

Périmètre (Km)	104
Surface (Km ²)	503
Indice de compacité	1,3
Longueur du cours principal (Km)	45,5
Longueur de rectangle équivalent (Km)	39,2
Largeur du rectangle équivalent (Km)	12,8
Altitude maximale (m)	4001
Altitude minimale (m)	1070
Altitude moyenne (m)	2500
Pente moyenne du cours principal	2.15%
Pente moyenne des principaux affluents	9,35%
Pente moyenne de tous les versants du bassin	35%
Longueur totale des cours d'eau (Km)	1550.
Dd (densité de drainage) en Km ⁻¹	3.08

Tableau 1. *Caractéristiques morphologiques du bassin versant de l'Ourika (Saidi 2003).*

La valeur de l'indice de compacité de Gravelius K_c , dont $K_c = 0,28P/(S)^{1/2} = 1,3$ nous permet de classer ce bassin parmi les bassins à forme allongée c'est-à-dire trois fois plus long que large, cette forme favorise des temps importants d'acheminement de l'eau à l'exutoire.

NB : P : Périmètre du bassin versant et S : Surface du bassin versant

I-2-2-Courbe hypsométrique et les altitudes caractéristiques :

L'influence du relief et la morphologie du bassin sur l'écoulement se reçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (Précipitation, température, ...etc.), en outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement.

Le calcul des pentes de l'Ourika a permis de constater que celle du cours principal ne sont pas particulièrement élevées (0 à 5%), cependant, la vitesse et la violence des écoulements sont surtout régies par les pentes plus importantes des affluents et les versants, la quasi-totalité des affluents se jettent dans le cours principal avec des pentes très importantes. Le Tarza qui draine le massif de l'Oukaimeden suit une pente moyenne de 11%, mais les vallons les plus pentus se situent en amont du bassin avec des pentes qui atteignent, par endroit, des valeurs de 30 à 40% (Oufra et Tifni). (Voir figure)

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique sur la pente du bassin, donc sur le relief, cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son

altitude. En comparant le bassin versant de l'Ourika avec les autres bassins du versant nord du Haut Atlas, celui-ci est considéré parmi les bassins de fortes pentes surtout pour des altitudes supérieures à 2500 m.

L'analyse de la répartition des tranches d'altitude est effectuée à partir de la carte topographique au 1/100000 Oukaimeden-Toubkal. La répartition altimétrique au bassin de l'Ourika montre la prédominance des terrains compris entre 1600 et 3200 m (75%), l'altitude moyenne s'élève à 2500 m.

Le point culminant du bassin est celui du Jbel Iferouane (4001 m) et le point le plus bas est celui de l'exutoire (848 m).

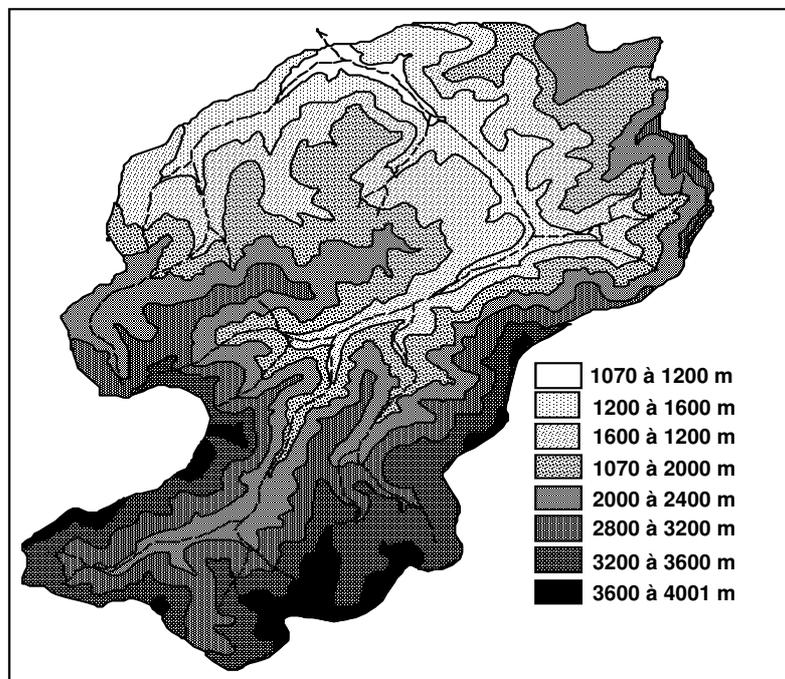


Figure 1. Hypométrie du bassin de l'Ourika (Saidi 2003)

I-3-Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'une des caractéristiques les plus importantes du bassin, ce réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes, sa différenciation est due à quatre facteurs :

→ **La géologie** : par la sensibilité du substrat à l'érosion, sa nature influence la forme du réseau hydrographique, la structure de la roche, sa forme, les failles les plissements force le courant à changer la direction.

→ **Le climat** : le réseau hydrographique est dense dans les régions montagneuses très humides et tend à disparaître dans les régions désertiques.

→ **La pente du terrain** : Cette pente détermine si les cours d'eau sont en phase érosive ou sédimentaire. Dans les zones les plus élevées, les cours d'eau participent souvent à l'érosion de la roche sur laquelle ils s'écoulent. Au contraire, en plaine, les cours d'eau s'écoulent sur un lit où la sédimentation est prédominante.

→ **La présence humaine** : Le drainage des terres agricoles, la construction des barrages, l'endiguement, la protection des berges et la correction des cours d'eau modifient continuellement le tracé originel du réseau hydrographique.

L'oued Ourika est un affluent de l'oued Lahjar qui est aussi un affluent rive gauche de l'oued Tensift. Il se divise en deux portions nettement opposées de part et d'autre du coude d'Ait Barka.

En aval, son tracé rectiligne de direction NS coupe à angle droit toutes les cassures atlasiques. Cette vallée est souvent profondément encaissée un millier de mètres à l'amont du village d'Aghbalou où elle prend un aspect de gorge ; par contre entre les hauts plateaux et le piémont, l'Ourika coule dans une vallée large permettant l'installation de cuvettes assez ouvertes (Timalizen et Tamzendirt).

La rive droite de l'Ourika, reçoit de l'aval à l'amont les affluents : Assif-n-Tougalkhir, entre le Jbel Ifgane au nord et l'ensemble Tamzoughine-Ouguenni au sud, châabat Tadrart, drainant la face sud-occidentale de Tamzourine, elle est très ouverte sur l'oued Ourika, châabat Tachmacht drainant la face nord-occidentale de Yagour, l'Assif-n-Walighane (vallée d'Anammer) sépare le Yagour au nord et ses gradins (Ighil-n-Azzi) au sud et l'Assif-n-Ouigrane dont la vallée suit la faille du melsten.

La rive gauche de l'Ourika reçoit de l'aval à l'amont la châabat Tafsa à peine individualisée, entre le J. Tilboura au sud et la colline subatlasique de Sidi Ouagnina au nord, l'Assif-n-Oumassine, drainant une cuvette synclinale permotriasique ; c'est une vaste dépression encaissée, entre le J. Tilboura au nord et l'Aourir-n-Oumouch au sud ; l'Assif-n-Tarzaza est un affluent important de l'Ourika, il collecte les eaux de plusieurs issafen à savoir de l'aval à l'amont, Assif-n-Ikis, Assif-n-Ait Leqaq-Oukaimeden, Assif-n-Ouariks ; plus au sud, débouche la châabat Tighazrit entre le plateau de Timenkar au nord et le J. Aganamaghtam au sud, elle est légèrement oblique par rapport à la vallée de l'Ourika ; l'Assif-n-Ousl traverse le plateau de Tikhfert et draine les montagnes d'Infgaine, l'Assif-n-

Ouanzrou, tout à fait au sud draine la face septentrionale de Tikhfert et la face nord du J.Ouanzrou, en suivant la faille du Meldsen.

En amont du coude d'Ait Barka ; l'Ourika coule dans une direction longitudinale déterminée par des cassures du socle, on distingue deux tronçons dissymétriques.

A l'est du coude, l'Ourika reçoit l'Assif-n-Oumlouggi-Tourchte qui draine les faces nord et sud occidentales de l'ensemble Meldsen-Louah-Tougroudadene (Assif-n-Ougoums) et les faces de l'ensemble Firgoumiten-Taghrout-Zagzawan-Meldsen (chàabat Outbou).

A l'ouest du coude, l'Ourika ne tarde pas à se ramifier, la partie longitudinale comprend l'Assif-n-ait Ghaddou, s'étendant du coude d'Ait Barka jusqu'au village de Tadrart, c'est une vallée très encaissée, à flancs très abrupts ; plus à l'ouest, c'est l'Assif-n-Ait Bizguemmi, beaucoup plus ouverte, la rive droite reçoit deux affluents très importants qui drainent toute la partie sud occidentale du bassin : Assif N Oufra et Assif-n-Tinzar-Tifni.

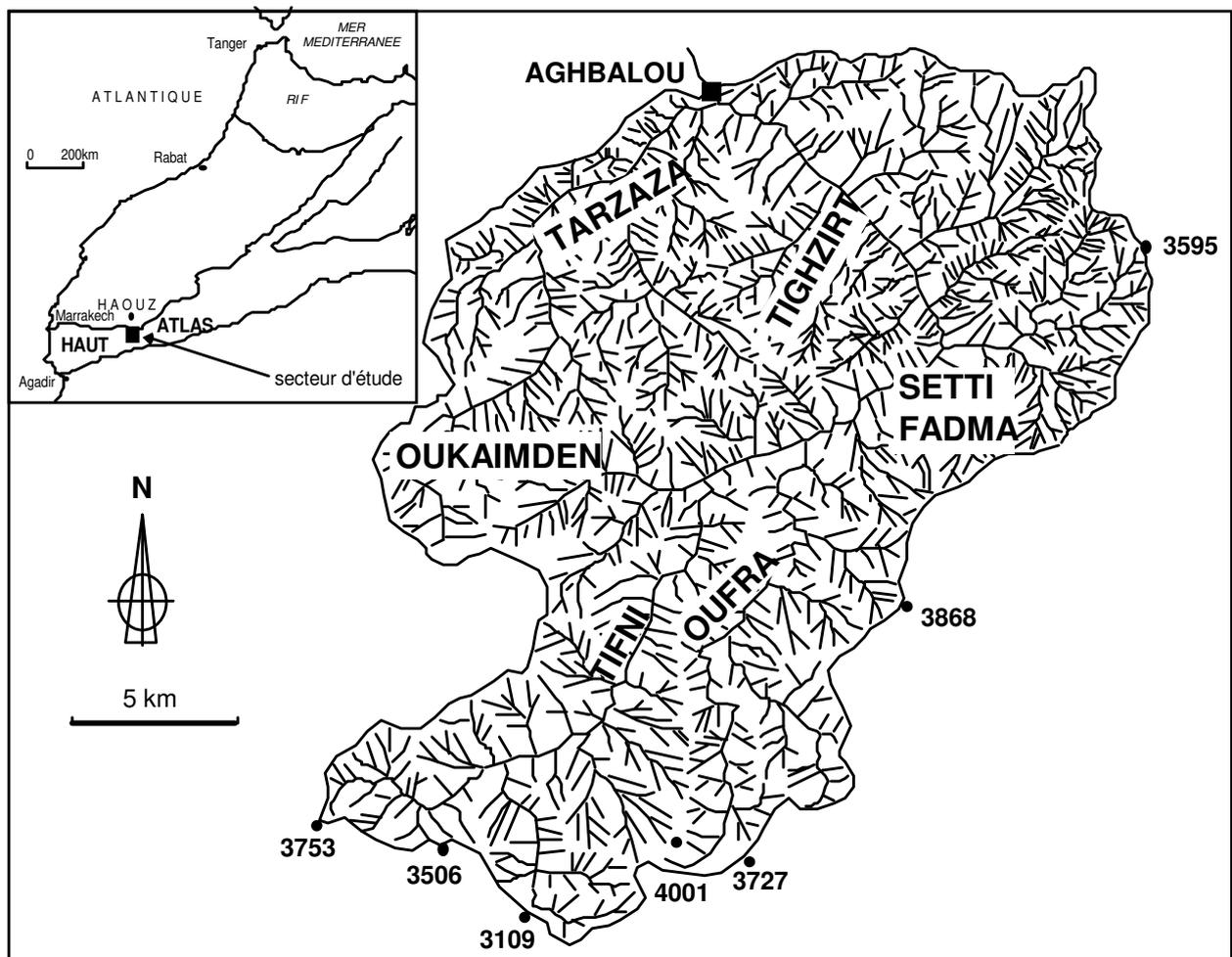


Figure 2. Situation géographique et réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika (Saidi 2003)

I-3-1-Le profil longitudinal des cours d'eau principaux :

On a l'habitude de représenter graphiquement la variation altimétrique du fond du cours d'eau en fonction de la distance à l'émissaire, cette représentation devient intéressante lorsqu'on reporte les cours d'eau secondaires du bassin versant qu'il est alors facile de comparer entre eux et au cours principaux. En analysant la courbe nous distinguons que le cours d'eau principal à des pentes fortes des altitudes 1700 m, ce qui confirme de nouveau la forte pente du bassin.(voir figure).

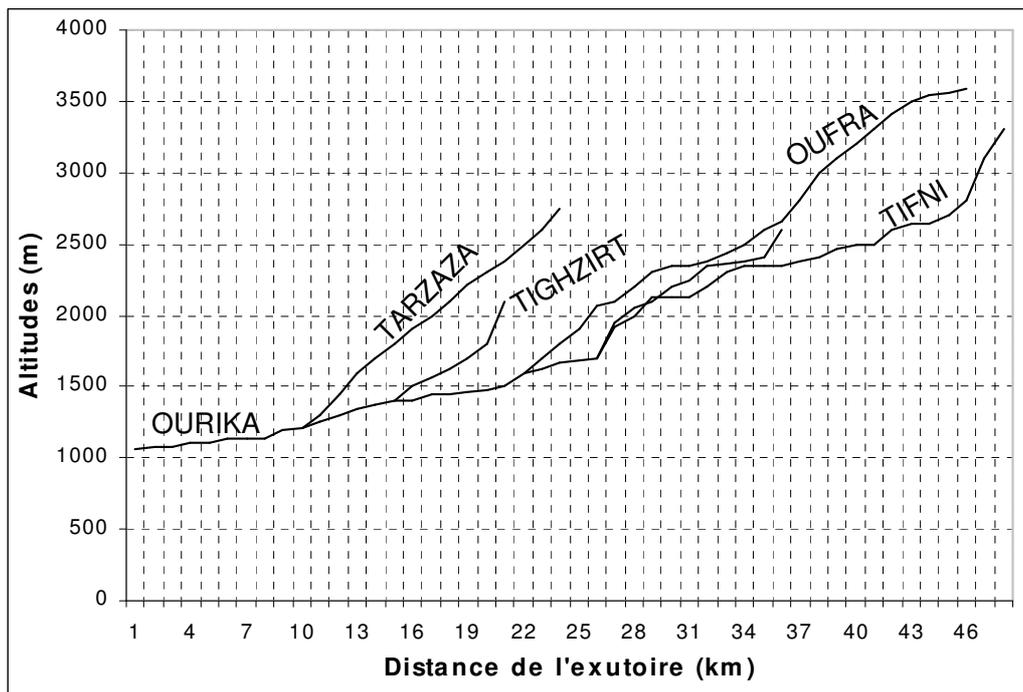


Figure 3. Profils en long de l'oued Ourika et de ses principaux affluents (Saidi 2003)

I-3-2- Le degré de développement du réseau :

La densité de drainage est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant. Elle dépend de la géologie (structure et lithologie) des caractéristiques topographiques du bassin et, dans certaine mesure, des conditions climatiques et anthropiques.

Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Ourika est bien développé dans la partie amont du bassin du fait de l'imperméabilité du socle précambrien (Gneiss, granite, granodiorites,...), de couvert végétale restreint et du relief très accidenté. Alors que dans la partie aval, il est moins développé par la présence des terrains moins résistants et peu perméables, avec un relief plus au moins modéré et un couvert végétal plus abondant que celui de l'amont.

I-4-Cadre géologique et structural :

Le bassin versant de l'Ourika est l'un des bassins de la chaîne atlasique (Haut Atlas de Marrakech), s'étendant depuis l'océan atlantique à l'ouest jusqu'au Tunisie à l'est, c'est une chaîne intracratonique typique, sensiblement allongée selon une direction ENE-WSW à E-W.

D'après P.Biron (1982), la région de l'Ourika se divise en 4 zones, parallèles à l'axe de l'Atlas et qui sont du sud au nord :

- Zone axiale qui culmine à 4165m au jbel Toubkal.
- Zone des hauts plateaux, située au environ de 2500 m, tel que l'Adrar Yagour.
- Zone subatlantique, faite de colline boisée située entre 1000 et 2000 m.
- Zone de la plaine du Haouz, glacis alluvial incliné vers le nord.

Ces quatre zones sont morphologiquement, géologiquement et structurellement bien différent les unes des autres.

De point de vue structural, ce bassin est affecté par de grandes failles inverses majeures, orientées N70 environ. Cette orientation est parallèle à la direction de la chaîne atlasique. Les zones entre ces failles inverses sont affectées à leur tour par des failles normales de direction NNE-SSW sédimentaires infracambriennes et permo-triasiques avec le socle, au nord d'autres failles liées à l'accident nord atlasique ont fait chevaucher et plisser la couverture secondaire du carbonifère et celle post-atlasique.

Le bassin versant de l'Ourika présente deux grandes parties de faciès différentes :

→ **Une partie amont** (méridionale) située à une altitude supérieure à 2000 m, constituée de roches anciennes magmatiques et métamorphiques qui constituent le socle de la chaîne atlasique, on y rencontre des roches plutoniques (granites et granodiorites), des roches volcaniques (andésites, rhyolites, ...etc.) et des roches métamorphiques (gneiss...), ces faciès peuvent être considérés comme imperméables ce qui facilitent un ruissellement rapide des eaux de pluie.

→ **Une partie aval** (septentrionale) ; située à des altitudes inférieurs à 2000 m, composée de dépôts permo-triasiques et quaternaire plus tendre, la lithologie de permo-trias est composé d'un faciès nord, subatlantique, formé de conglomérats, grés et siltes, et d'un faciès sud du haut plateau formé essentiellement de siltites argileuses et localement de grés massif.

Les observations lithologiques déduites de la carte géologique au 1/500000 et des prospections de terrain montrent que les roches tendres à moyennement tendres représentent une étendue inférieure à 40%, alors que le substrat dure représente environ 65% de l'étendue du bassin.

Ainsi la source des blocs et des galets charriés par l'Ourika proviendrait essentiellement du socle qui constitue la partie axiale de la chaîne atlasique. Quant aux matériaux latéraux plus tendres en provenance des versants, leurs entrées au niveau des drains principaux sont très variées; matériaux alluviaux et non alluviaux.

Toutefois, l'environnement géomorphologique est marqué par la dominance de deux groupes de forme et de dépôt :

- +Les cônes de déjections.
- + Les terrasses fluvio-torrentiels.

Ces deux unités sont intimement liées dans le temps et dans l'espace.

Leurs dépôts sont constitués par des matériaux ayant subi un transit dans un milieu fluvial diversifié.

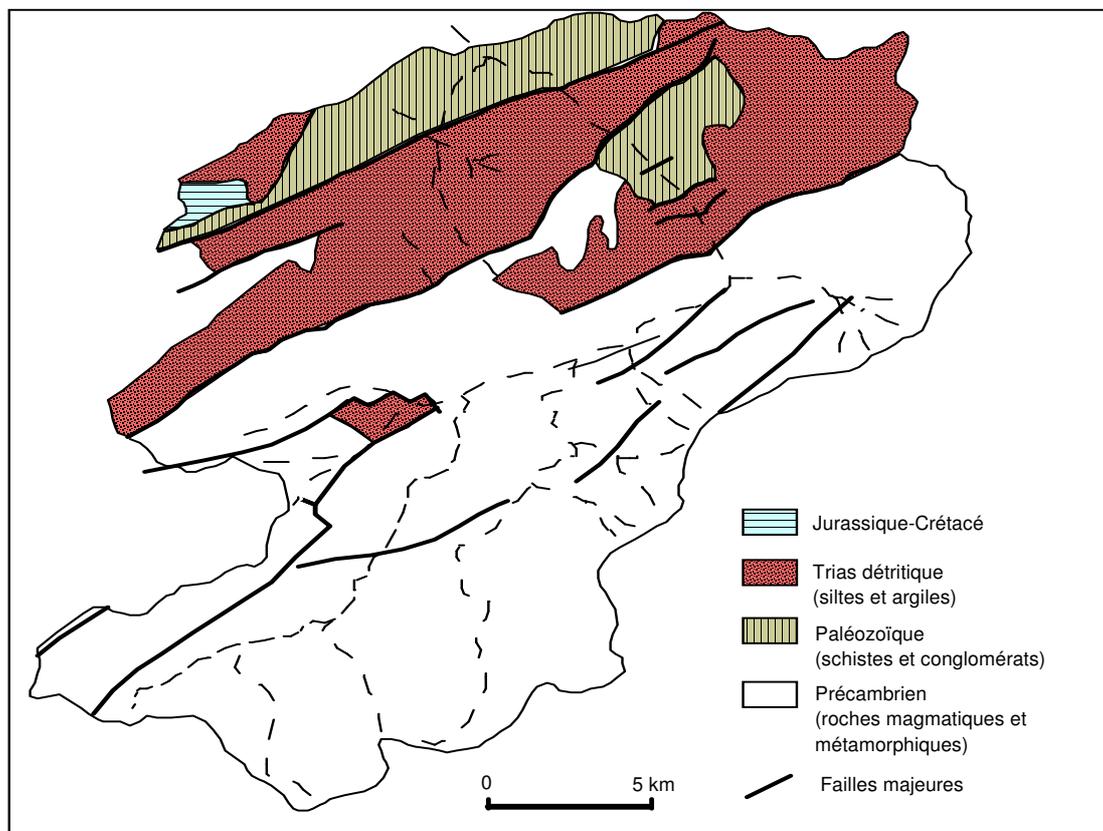


Figure 4. Esquisse géologique du bassin versant de l'Ourika (Saidi 2003)

I-5-Répartition spatiale et état de la végétation :

I-5-1-La zone subatlasique :

La couverture forestière de la zone subatlasique reste plus importante en comparaison avec celle de la vallée de Zat sur la rive droite de l'Ourika, sur les versants d'Iskn Tanoumri, les formations forestières se maintiennent plus ou moins bien, cela est dû au fait que ces versants reçoivent les perturbation océaniques, cependant, sur la rive gauche, le massif d'Amassine est moins couvert que celui de Tanoumri, son exposition au sud ne lui permet pas d'accueillir les perturbations océaniques. En revanche sur la même rive et un peu plus haut, l'Ourir-n-Oumouch qui atteint 1540 m, dispose d'une couverture forestière plus importante sur les deux versants.

I-5-2-La zone de la moyenne montagne :

Les espaces boisés de la moyenne montagne sont plus importants que ceux du Zat. La végétation forestière occupe les versants principaux de l'Ourika et les sous bassins des affluents qui drainaient les eaux des hauts plateaux permo-triasiques et les premiers alignements de crête qui se situent au sud de la zone de la moyenne montagne, le versant de la rive gauche est encore couvert par des formations forestières plus ou moins entretenues mais les défrichements s'accélèrent dans certains endroits (petit plateau de Tikhfert) .Sur la rive droite, à l'exception de l'Aourir-n-Tamzoughine du versant de l'Assif n'Wirgane et du sous bassin d'Amlougui où le couvert végétal se maintient encors, le reste est moins couvert voir dénudé. Dans le bassin versant de l'Assif-n-Walighane par exemple, la couverture forestière a complètement disparues sous la pression des villages de fraction d'Ait Oucheg dans le reste de la zone, c'est à dire sur les plateaux permo-triasiques de Tizrag, de Tamadout, de Timenkar et la partie occidentale du Yagour qui fait partie du bassin de l'Ourika, le couvert végétal est constitué, en grande majorité, de cistes et de quelques arbres isolées. En effet, ces espaces constituent les parcours d'altitude qui jouent un rôle primordial dans l'activité de l'élevage pour un grand nombre d'éleveurs.

I-5-3- La zone axiale :

La couverture forestière grimpe sur les deux versants du tronçon longitudinal de la haute Ourika, les essences végétales favorables aux conditions climatiques qui caractérisent ce milieu se maintiennent aux versant des parties avales des affluents de l'Ourika comme c'est le cas de l'Assif N'Oufra et de l'Assif-n-Tifni, sur la rive droite qui séparés par l'Adrar n'Tazaina, sur la rive gauche de l'Ourika les formations végétales remontent les pentes des versants sud des massifs qui limitent, vers le nord les hauts plateaux permo-triasiques du bassin. Dans la partie amont de l'Assif n'Tifni, qui draine les eaux des versants sud de Bou-Iguenoane, Askouad et Tichki d'une part, et ceux des versants nord d'Adrar Tinihm, Adrar n'Dern. et Adrar Taroukht, d'autre part la végétation est absente, la même remarque pour la partie amont de l'Assif n'Oufra, formée de deux petits ravins dans lesquels coulent les eaux des versants de Taroukht, de l'Adrar-n-Mighiain et ceux d'Adrar n'Oufra. Dans ces deux dernières parties, la végétation forestière, sous l'effet du froid cède la place aux xérophites d'altitude d'abord et aux hemicryptophytes en suite.

II- Caractéristiques climatiques :

Plusieurs indices d'aridité placent la vallée de l'Ourika en zone semi-aride à tendance sub-humide, où interfèrent les influences océaniques (perturbations venues de l'ouest), continentales et montagnards.

II-1-La Température :

La température moyenne annuelle est de l'ordre de 17.6°C à Aghbalou, mais la différence de température entre le mois le plus chaud (juillet) et le mois le plus froid (janvier) peut atteindre une amplitude de 15°C.

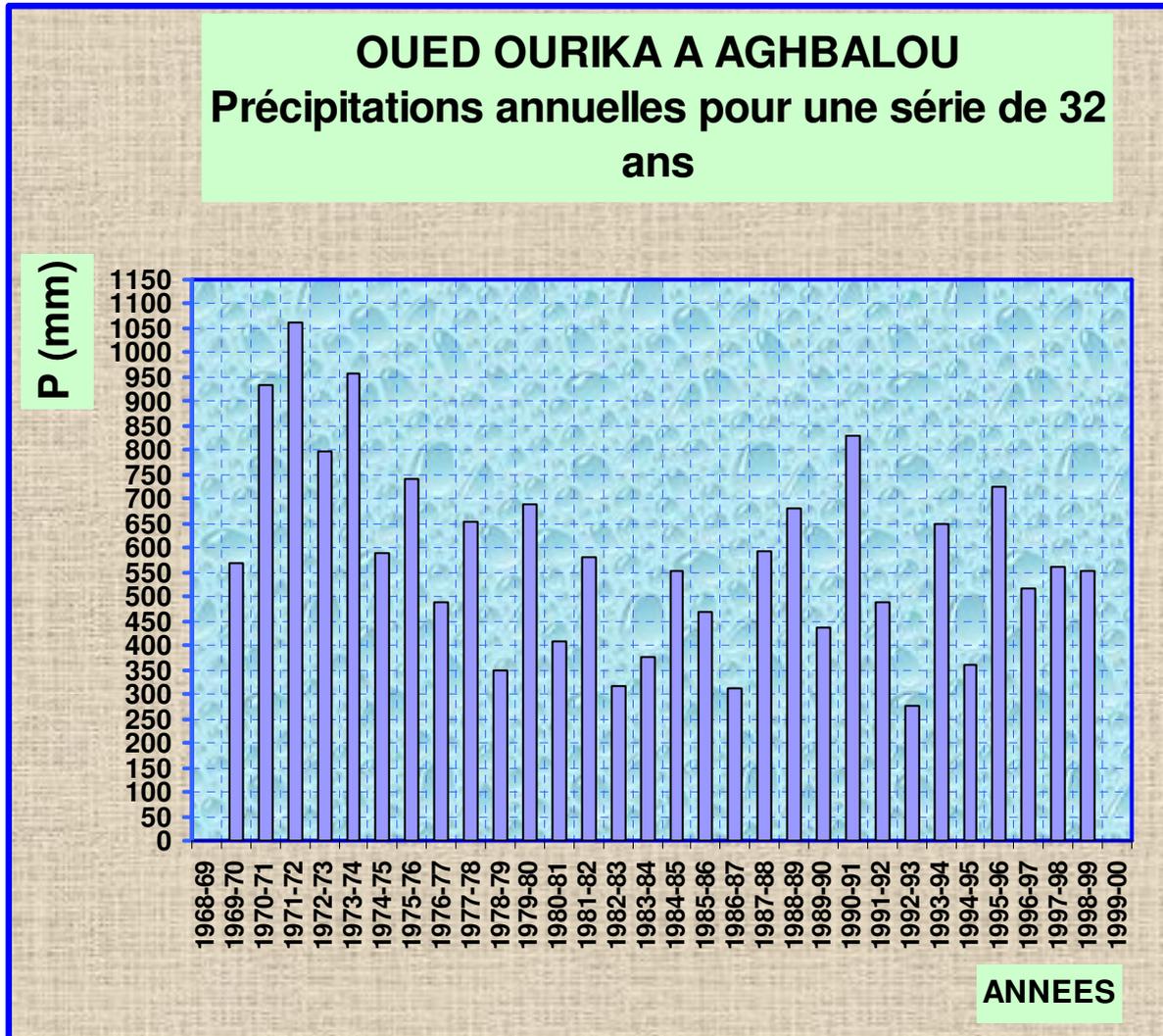
II-2-Les Précipitations :

La région est caractérisée par une variabilité spatio-temporelle des précipitations et une irrégularité relative des écoulements superficiels.

II-2-1-Les Précipitations annuelles :

L'histogramme suivant montre une irrégularité intra annuelle des pluies avec une valeur maximale en 1971-1972 et une valeur minimale en 1992-1993.

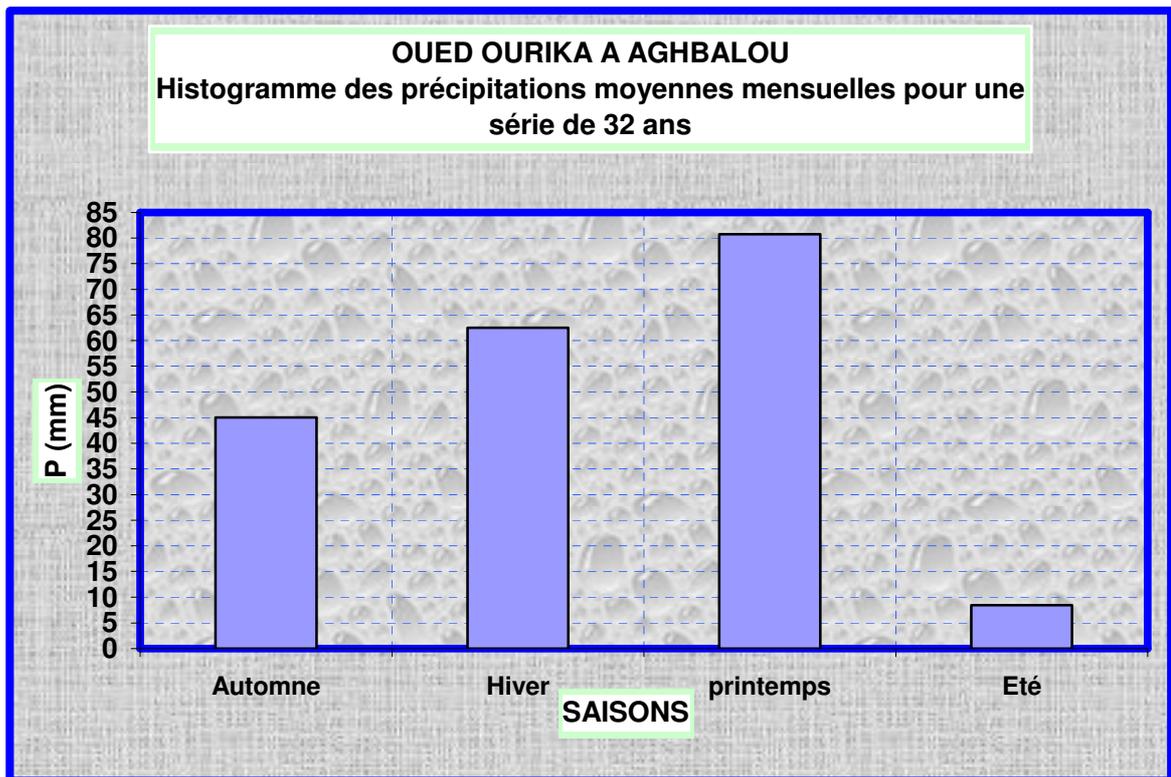
Figure 5 :



II-2-2-Les Précipitations moyennes saisonnières :

L'histogramme suivant montre une augmentation progressive de pluie dès l'automne jusqu'au printemps où elle atteint sa valeur maximale, par contre en été on note une valeur minimale.

Figure 6 :



II-2-3-Les précipitations moyennes mensuelles:

L'histogramme suivant montre une augmentation à peu près progressive des précipitations du mois de septembre au avril où elles atteignent la valeur maximale, ça du à la fonte de neige provoquée par l'augmentation de la température. Après ce mois on note une diminution progressive durant les mois ultérieurs avec une faible augmentation en mois août.

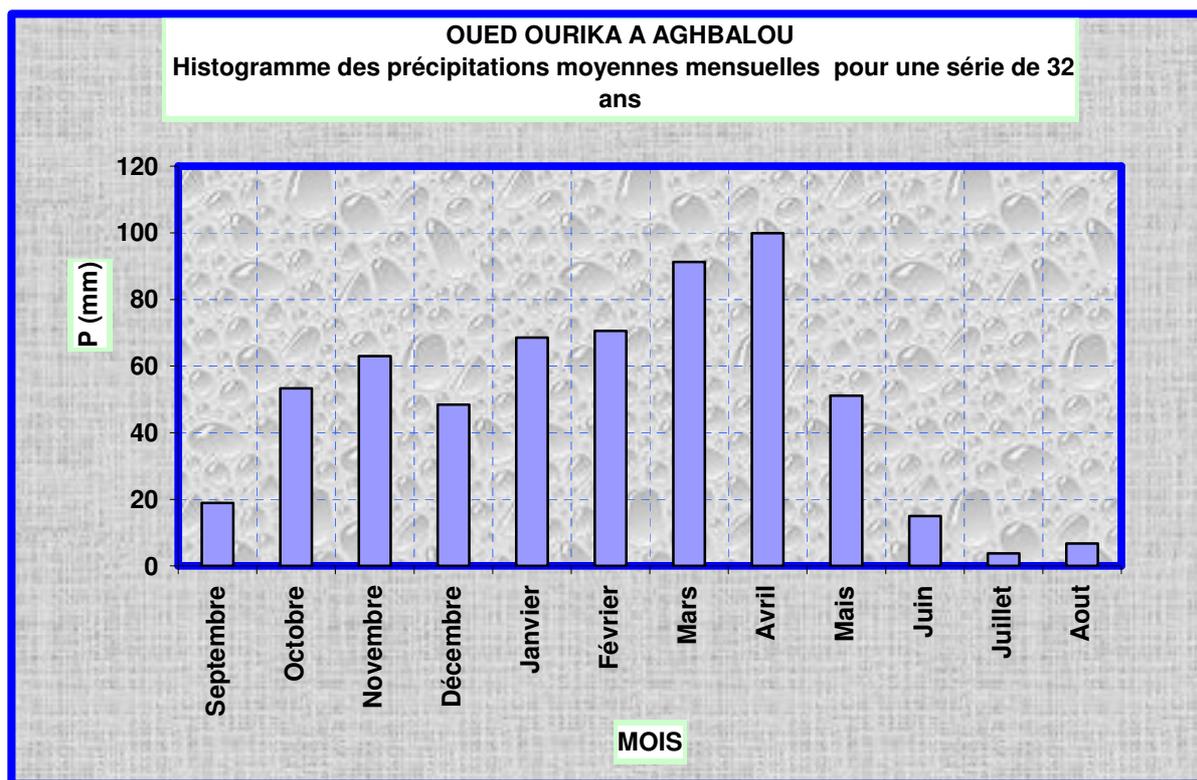


Figure 7

La pluviosité annuelle est en moyenne de l'ordre de 584 mm par an à la station d'Aghbalou, avec un coefficient de variation de 34%. La variabilité mensuelle et saisonnière est encore plus marquée avec des coefficients de variation respectifs de 50% et 55%.

II-3-La dynamique nuageuse et l'orographie :

Comme partout ailleurs, le climat du Haut Atlas de Marrakech dépend essentiellement de sa position en latitude qui détermine l'importance de la radiation solaire, de sa situation par rapport à la circulation atmosphérique générale et des conditions globales spécifiques à sa situation et à son environnement.

Le Haut Atlas de Marrakech occupe une place particulière par rapport au reste des massifs montagneux marocains : il est situé entre 31° et 32° de latitude Nord, il est le massif montagneux qu'a la position la plus méridionale en comparaison avec les autres chaînes de montagne et même par rapport aux deux autres parties du Haut Atlas. Grâce à ces caractéristiques la vallée de l'Ourika est affectée par des courants perturbés, des fronts polaires notamment en hiver, qui sont responsables de dynamique nuageuse qui traverse la

région, cependant, il reste à signaler que ces perturbations sont influencées par des données propres à cette partie du haut atlas telles l'altitude, le relief et l'orientation.

L'étude de la dynamique nuageuse est un élément fondamental pour comprendre la répétition des précipitations et de la végétation. C'est pour cela nous allons l'aborder durant les deux principaux courants qui affectant cette zone, c'est-à-dire durant les masses d'air correspondant aux courants de l'ouest et du Nord-ouest puis ceux du Sud-Ouest.

Les courants de l'ouest et de nord-ouest : ils sont les plus fréquents, ils sont liés aux types de temps océaniques calmes ou perturbés (**Delannoy, 1971**) :

+ Dans le premier cas on assiste à l'apparition de brume d'inversion matinale lorsque l'air est assez humide et le rayonnement nocturne est important. Ce type de nuage affecte surtout les versants nord des reliefs de la zone sub-atlasique. Cependant, dès que la teneur de l'air en humidité est assez élevée les nuages deviennent plus dynamique et atteignent les parties moyennes des avants amonts, ils remontent la vallée jusqu'aux massifs d'Agaäuar, Aourir-n-oumouch et Ifghane, mais un voile brumeux peut toute fois atteindre la région d'Iraghf, derrière la zone du haut plateau (Timenkar, Tamzoughine) grâce à la trouée N-S de la vallée (**A. Ouhammou, 1986**). Le réchauffement de l'air, sous l'action "du four du Haouz" d'un part et de petit bassin intramontagneux d'autre part, dessature une partie de cet air océanique et pousse le reste vers le haut, les falaises de Tizrag et Yagour sont alors atteintes et la dynamique reste constante.

+ Dans le deuxième cas c'est-à-dire en cas temps perturbé les flux nuageux deviennent plus puissants et plus actifs et leur capacité de pénétration dans les bassins est plus importante dans les zones des avants amonts, la circulation des flux de nuage se déroule de la même façon que celle du temps océanique calme sauf que dans ce deuxième cas certains massifs peuvent être affectés d'autre non même s'ils se trouvent dans la même tranche d'altitude comme c'est le cas pour Aourir-n-oumouch (**A. Ouhammou, 1986**). Les versants nord du massif de la moyenne montagne qui correspondent au front océanique grâce à leur altitude reçoivent un maximum de nuage et de pluie. Cependant, contrairement à ce que se passe durant un temps océanique calme, les sous bassins et les zones situées derrière cet escarpement bénéficient du dynamisme et de la puissance de ces flux perturbés. De ce fait, les perturbations touchent les versants nord de ces zones presque de la même façon que ceux de l'escarpement océanique quoique les versants sud ne soient affectés que dans leur partie supérieure.

Dans le domaine de haute montagne la force nord joue le rôle de l'escarpement océanique notamment en cas de courant nuageux très puissant qui se traduit par d'importante précipitation qui tombe sous forme de neige durant la période hivernale.

Les courants du secteur sud-ouest : ce type de flux est beaucoup moins fréquent que la premier, les flux de sud-ouest pénètrent par le golfe de sous et attaquent la chaîne atlasique par le sud. Cette situation se traduit par un fait de foehn sur la plaine du Haouz avec des vents violents et secs. Grâce à la présence d'un nombre important de cols comme celui de Tizi-n-Test en amont de n'fis, ces courants perturbés réussirent à passer vers les versants nord de la chaîne axiale de l'Atlas de Marrakech, mais dès qu'il acquirent une puissance plus grande, ils pénètrent plus loin dans la vallée.

II-4-L'enneigement :

L'enneigement est un facteur climatique important en zones de montagne. Son étude permet de faire sortir les gardiens climatiques aussi bien thermiques que pluviométriques et d'apprécier les effets locaux sur la répartition de la neige. Bien que les données et les renseignements concernant ce facteur soient rares et ne permettent pas de faire une analyse plus profonde, nous allons tenter de signaler un certain nombre de remarque.

D'une façon globale, les précipitations augmentent de la base aux sommets bien que dans certaines stations, notamment celles de haute altitude, les précipitations soient inférieures à celle des postes plus bas. Cela s'explique parfois par le fait qu'une grande partie des précipitations tombe sous forme de neige. Dans ce genre de situation la quantité de pluie tombée n'a pas une grande signification.

Comme pour les autres facteurs climatiques, les conditions qui favorisent l'enneigement dans une zone donnée sont : l'orientation des versants, l'altitude et l'exposition aux perturbations humides, aux vents et au soleil.

La couverture nivale assure un rôle dans l'alimentation en eau des rivières de la région et dans la régularisation de leur débit ainsi que celui des sources. Il assure également la rôle de protection de la végétation et du sol, en minimisant l'impact des pluies qui tombent parfois de façon violente. En outre, elle peut avoir un rôle néfaste direct sur les sources naturelles, en cassant les branches d'arbres à cause de son poids, ou indirect en poussant les populations locales, sous l'effet de l'impossibilité de nourrir leur troupeau et les envoyer dans les pâturages, à pratiquer la technique debranchage et d'écimage du chêne vert et du genévrier. La prolongation de la période durant laquelle persiste la neige se traduit par une surexploitation, voire une extermination des parcelles forestières proches des villages. Les

populations de ces zones d'altitude et leurs troupeaux ne retrouvent une vie normale qu'à partir d'avril avec le retour des températures plus douces.

II-5-L'évaporation :

C'est aussi un phénomène important. A l'échelle mensuelle l'évaporation est maximale aux mois de juillet et août due au température élevée pendant ces deux mois.

Si on compare la station de l'Ourika avec d'autre station, même si ces deux stations ont des températures moyennes mensuelles et et maximales similaires, on peut avoir des évaporations moyennes mensuelles différentes. Donc il y a d'autres facteurs locaux qui contrôlent l'évaporation (le vent, l'exposition, ...).

les parties moyennes et aval, là où les disponibilités en terre sont relativement meilleures.

III- Caractéristiques hydrologiques :

III-1-Les Débits :

Dans le bassin de l'Ourika quatre stations de jaugeage sont opérationnelles, mais c'est la station d'Aghbalou qui la seule qui possède des mesures fiables concernant le débit de l'oued car les autres stations sont nouvellement installées. Pour notre étude hydrologique, cette série de mesure sera traitée pour une période de 27 ans.

III-1-1-Les Débits moyens annuels :

Selon l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift de Marrakech, les débits moyens annuels à l'exutoire du bassin varient de 0.59 m³/s à 29.845 m³/s. Ces débits moyens annuels montrent des variations interannuelles avec une succession des années sèches et des années humides.

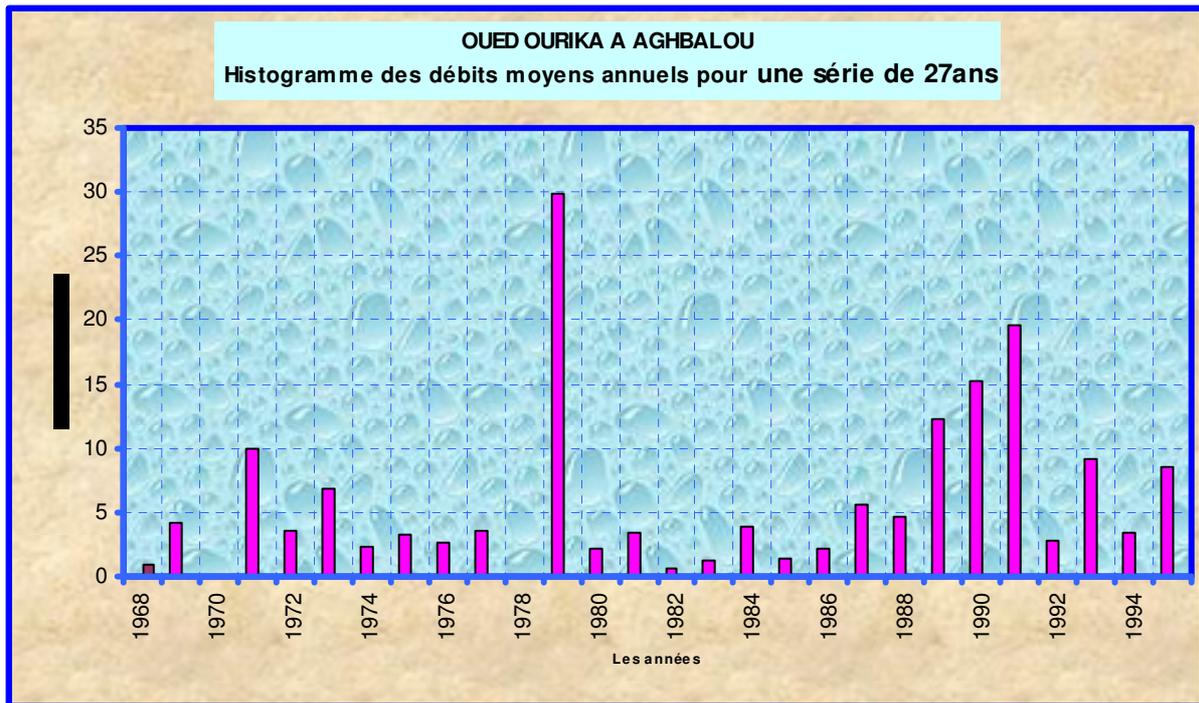


Figure 8

III-1-2 Les Débits moyens mensuels et saisonniers :

Le débit moyen mensuel à la station d'Aghbalou enregistre une nette irrégularité intra annuelle. Les faibles débits sont remarquables au cours des mois d'été et d'automne, et les forts débits durant les mois d'hiver et du printemps (janvier à juin), ces cinq mois totalisent 78% des écoulements annuels. La période estivale correspond généralement aux basses eaux et l'étiage a lieu pendant le mois d'août dans l'oued. La période printanière enregistre les débits les plus hauts grâce à l'importance des précipitations et à la fonte des neiges liée à la hausse assez importante des températures à partir du mois de mars. C'est d'ailleurs entre ce dernier mois et celui de mai que les courbes atteignent le maximum avec une pointe généralement en avril. La légère augmentation des débits au mois de novembre est due aux pluies automnales.

Bref, nous constatons de ce qui précède qu'il existe une variabilité saisonnière très nette, qui ressemble dans ses grands traits à celle des précipitations avec un décalage dans le temps. La vallée de l'Ourika possède donc un régime nivo-pluvial.

A cette irrégularité spatio-temporelle des débits s'ajoute une répartition inégale des eaux entre l'aval et l'amont de la vallée. La faiblesse des débits se traduit par un dessèchement total notamment durant les deux derniers mois d'été (juillet et août).

Nous assistons donc à une inadéquation temporelle et spatiale entre les disponibilités et les besoins en eau. L'inadéquation temporelle réside dans le fait que les débits moyens

maximaux d'hiver et du printemps correspondent à la période de besoin minimale ; cela se traduit par une perte d'une importante quantité d'eau tout au mois pour les zones de la moyenne et de la basse montagne. En revanche, les périodes d'été et d'automne durant lesquelles les besoins en eau sont au maximum, correspondent aux moments où les disponibilités en eau sont au minimum. L'eau omniprésente dans les zones amont de la vallée où les terres arables sont presque inexistantes, devient très rares voire introuvable, dans les parties moyennes et aval, là où les disponibilités en terre sont relativement meilleures.

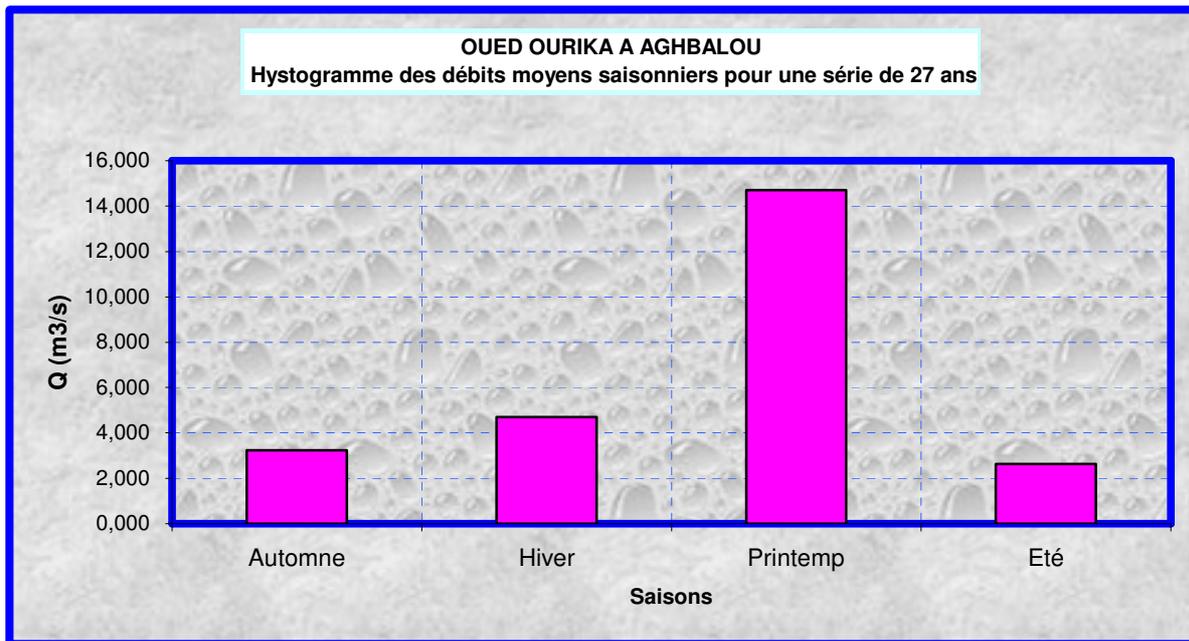


Figure 9

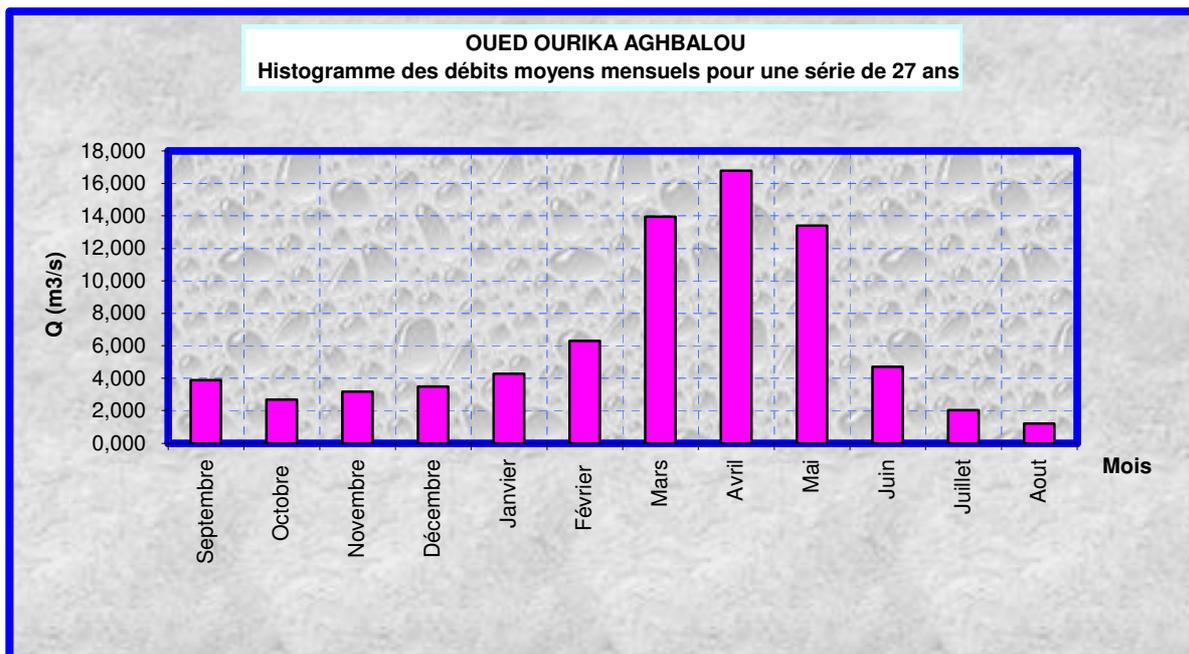
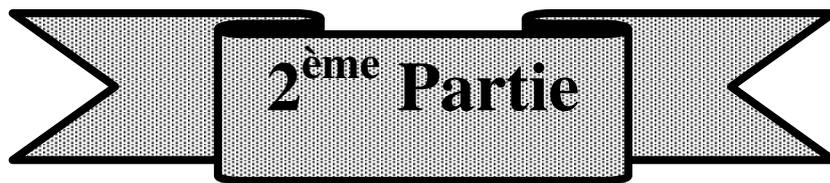


Figure 10



Etude des crues
(17/08/1995 et 28/10/1999).

La crue du 17 août 1995

I- Les raisons climatiques :

le caractère torrentiel en période de crue est caractérisé par : un régime pluvionival , c'est-à-dire une alimentation hydrique d'origine mixte , autrement dit , les débits saisonniers de l'oued suivent un certains décalages dans le temps : l'alimentation nivale est minimale pendant la saison froide et est maximale pendant la saison tempérée et chaude et l'alimentation pluviale se concentre pendant l'hiver et le début du printemps ; en effet les crues du printemps sont plus spectaculaires que celles d'automne car elles résultent de deux phénomènes : la fonte des neiges et l'averse . Pourtant la crue spectaculaire de la vallée de l'ourika qui a eu lieu en août 1995, présente un cas exceptionnel (causée par un orage et plein été).

Selon la météorologie nationale , en altitude , un flux de sud venant des canaries apporterait de l'air humide , frais et convectivement instable sur la région du Haut Atlas , se flux d'air s'est réchauffé à la base au contact des pentes surchauffées , et est devenu localement instable .en surface , l'air chaud d'origine continental suivait une courbure cyclonique et venait s'attaquer par le nord au relief du Haut Atlas , s'humidifiant sur son chemin au contact de l'air maritime provenait de l'atlantique et accentuent l'instabilité de celui- ci , cet air est arrivé l'après midi une température dépassant 40°C ; il s'est produit alors un soulèvement brutal provoqué d'un part par la convection thermique et , d'autre part , par l'effet orographique . Il en est résulté une formation locale de nuages orageux très épais qui ont pris une dimension remarquable à partir de 19h 05 le 17 août 1995 et ont commencé à se dissiper en se déplaçant vers l'est à partir de 21h 37. L'orage s'est abattu en Haut montagne, sur une zone restreinte comprise entre 2000 et 3000 mètres d'altitude. L'intensité de précipitation a été estimée à 100 mm/h , sur une superficie de 228 Km² en amont de Setti-Fadma dans ce bassin versant , cependant , il n'y avait pas de pluie dans les zones aval de Setti-Fadma .

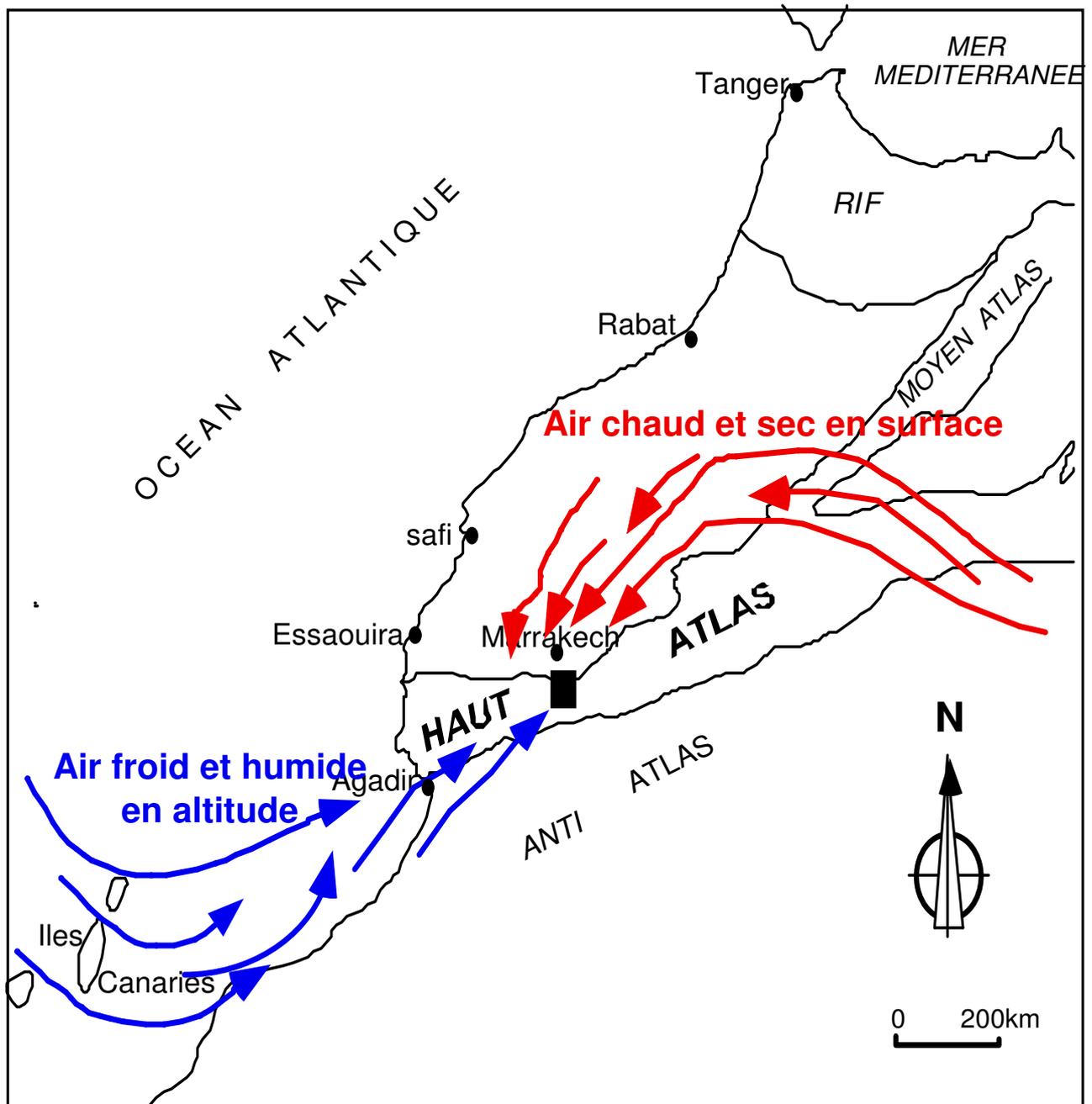


Figure 11

II- Les conséquences hydrologiques :

L'hydrogramme de la station d'Aghbalou représentative la crue de 17/08/1995, montre que juste après les fortes précipitations, la crue révélée en aval, le temps du trajet de la crue a été court, estimé entre 30 min et 1 heure ; la station d'Aghbalou a enregistré un débit de pointe de l'ordre de $1030 \text{ m}^3/\text{s}$ et les eaux mobilisées un volume de 3.3 M m^3 , ce débit correspond au débit maximal annuel à une période de retour de 30 ans.

Cet hydrogramme est pointu, avec un temps de montée assez bref (généralement de quelques dizaines de minutes) et des temps de bases de quelques heures, les temps de concentrations, relativement courts, et estimés en moyenne à 5 heures, l'hydrogramme de crue met en relief les caractéristiques d'une crue simple monogénique avec une forte pointe de crue.

La violente crue s'est accompagnée d'un écoulement de sédiments y compris des galets, sable, limons, blocs et troncs d'arbres. Ces matériaux ont formés un *barrage naturel* derrière lequel l'eau s'est accumulée jusqu'à ce que le barrage soit effondré. Une fois le barrage s'est ouvert, l'écoulement, y compris les sédiments, a engendré un hydrogramme pointu en l'aval à Aghbalou. Ce phénomène s'est produit à chaque fois la topographie et la lithologie la permettent et existe en particulier dans deux ponds qui entrave 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 période de crue et lors des débits à pleins bords, définis comme des débits caractéristiques représentant le débit au-delà duquel les phénomènes de sédimentation pouvant se produire dans le lit majeur, l'érosion accélérée consomme progressivement une masse de sédiments meubles correspondant à de volumineux cônes de déjection. La granulométrie de la masse tractée associée des dimensions variées, des blocs métriques aux sables et argiles. Dans la vallée de l'Ourika, correspondant au plus torrentiel des cours d'eau du Haut Atlas de Marrakech, on n'observe pas un type de transport sous forme de laves torrentielles (débris flows); mais un type d'écoulement hyperconcentré avec des concentrations de 10 à 35 % de particules alluvionnaires. A quelques kilomètres en aval de Setti-Fadma, la vallée de l'ourika a ouvert une profonde boutonnière dans la structure complexe des flans nord du haut Atlas de Marrakech. Les gorges ainsi formées montrent une pente du lit qui peut atteindre 10 % par endroit, la pente forte, le rétrécissement ainsi que l'augmentation de la profondeur de l'écoulement qui en découlent, créant un effet d'entraînement pour des blocs pouvant atteindre 50 cm de diamètre, ce qui nécessite pour leur transport des vitesses de 4 à 5 m/s et un régime d'écoulement turbulent supercritique, avec un effet de chooting connu dans les torrents de montagne.

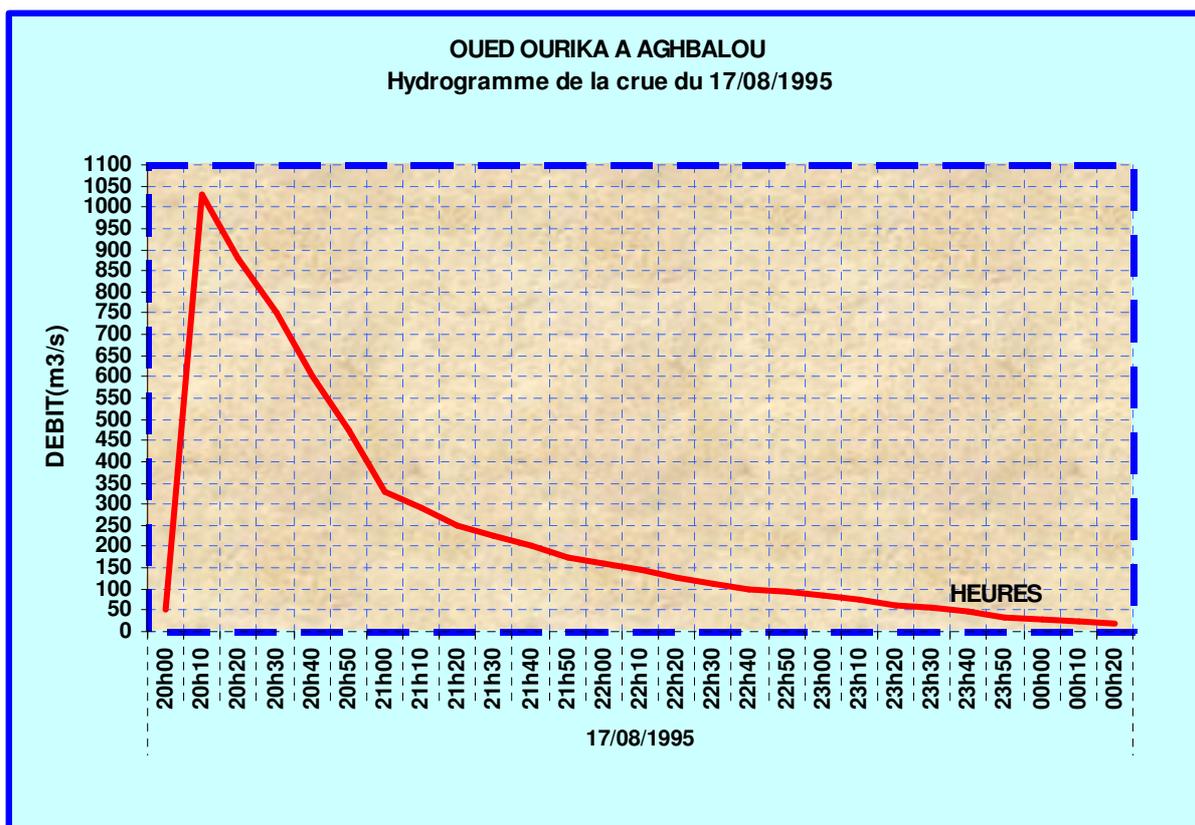


Figure 12

Caractéristiques de la crue	
Date début	17/08/1995 à 20h
Date fin	18/08/1995 à 0h
Débit de pointe (m³/s)	1030.000
Débit max. moyen (m³/s)	253.500
Débit base avant (m³/s)	50.000
Débit base après (m³/s)	30.000
Volume 10 ⁶ m ³	3.651
Temps de base (heures)	4
Temps de montée (heures)	0.16
Coefficient de pointe	41

Tableau 2

III- Impacts sur le milieu :

III-1- Sur le paysage :

Après le passage de la crue, le paysage du fond de la vallée de l'Ourika est méconnaissable, la décrue s'étant faite rapidement, on pouvait constater les dégâts dès le lendemain de la catastrophe.

Les terrasses cultivées, les routes et le lit de l'oued étaient recouverts par une couche de boue, quelques blocs charriés des domaines massifs du socle et de couverture rigide, temporairement couverts par la neige, l'érosion peut être également importante par endroit. Dans cette région où le périglaciaire et l'aride (deux modèles climatiques extrêmes) se trouvent côte à côte, l'alternance du froid et de la chaleur favorise le processus de thermoclastie et de cryoclastie, ce qui facilite la désagrégation de roches granitiques et schisteuses font partie maintenant, du paysage.

Les pluies diluviennes qui ont eu lieu sur le haut du bassin versant ont favorisé l'érosion des sols de nature argilo-limoneux, des terrains à dominance argilo-silteuse du permotrias, en dépit de leur teneur faible en argiles gonflantes, des alluvions des terrasses et des cônes de déjection.

Les colluvions des versants furent apportées par le ruissellement jusqu'au chaabas, ces chaabas furent aussi purgés des matériaux qu'ils avaient dans leur lit et qu'ils déposèrent dans l'oued Ourika. Le fort ruissellement sur les versants provoqua aussi des éboulements de roches gréseuses qui atterrirent dans le lit de l'Ourika. Le bas des versants et les terrasses furent sapés, endommageant les seguias.

De chaque côté de l'oued (surtout vers le village de Oulmés) des énormes monticules de cailloux et de sable mélangés à des arbres, branchages et autres débris ont été déposés par les eaux de la crue.

Les arbres les plus fragiles se trouvent dans le lit des chaabas ne purent résister à la force des eaux et furent déracinés ou cassés. Ainsi ce sont des arbres, branchages, boue et cailloux qui dévalent les versants à l'amont de la vallée. Quand cette onde de crue arriva dans les zones habitées et cultivées, les dégâts occasionnés furent considérables.

III-2- Sur l'agriculture :

Selon la direction provinciale d'agriculture (DPA) 300 ha des terrains agricoles ont été inondés.

Les principaux dégâts enregistrés au niveau du secteur agricole concernent l'infrastructure d'irrigation (réseau hydro agricole) de petite et moyenne hydraulique, l'arboriculture fruitier composée essentiellement de rosaces (cerisier , pommier , prunier), de noyers et d'oliviers , les cultures annuelles et pérennes (maraîchage, fourrage et maïs) et les points d'eau (puits et sources) pour l'alimentation de la population et du cheptel .

L'onde de crue n'est pas la seule cause de cette catastrophe, les précipitations torrentielles et les éboulements ont aussi provoqué de grands dégâts. Les pasteurs ont enregistré une importante mortalité de têtes de leur bétail. Beaucoup d'agriculteurs ont constaté la destruction entière ou partielle des terrains agricoles et leurs remplissages par les couches de boue, de cailloux, voire même de gros blocs de roches difficilement déplaçables. Une bonne partie des basses terrasses, principales zones agricoles pour les populations locales, a été le siège de dépôts de ces gros blocs plus au moins de grande épaisseur empêchant toute exploitation.

Après le passage d'une crue, le cours d'un oued se trouve changé par les nouveaux obstacles qui sont sur son chemin et les cônes de déjection déplacent. Ainsi le détournement du lit causes des perturbations importantes quant à l'irrigation des parcelles et endommagent les prises et les ouvrages d'eau. L'arrachage de nombreux arbres fruitiers (plus d'un millier d'après la population et essentiellement des noyers) ont entraîné la disparition d'un patrimoine productif important. Il est à noter aussi, la destruction des sources et l'envasement des points d'eaux, posant un problème pour l'irrigation des terres et l'alimentation du cheptel.

III-3- Sur les infrastructures :

Les dégâts sur les infrastructures sont aussi impotentes .La hauteur des eaux variait de 8 à 10 m entre Setti-Fadma et Aghbalou et les ravages ne sont pas causes uniquement par l'oued Ourika mais aussi par la mise en eau de tous les vallons , négligés lors des construction de l'habitat . Les dégâts enregistrés sont plus importants aux débouchés des affluents .En effet, de nombreux villages se sont construits près des points d'eaux, c'est-à-dire cote des affluents de l'oued dont certains ont un écoulement permanent (l'Assif Tarzaga). Les habitants peuvent

ainsi mettre en place des seguias pour l'irrigation de leur terre, l'alimentation personnelle et celle du cheptel.

Au lendemain de la catastrophe , le désastre et les ruines e côtoient , tout au long de la vallée des constructions restées intactes : d'une part , les villages traditionnels construits en pisé , perchés et dominant l'oued , (parfois de plusieurs dizaines de mètres) sont restés en état , d'autre part , les constructions nouvelles en dur et raffinée , disposant de l'infrastructure nécessaire , bien desservies en eau et en électricité avec possibilité d'accès par la route longeant a vallée , mais installée dans le lit , ont été détruits .

Selon la Gendarmerie Royale , 142 constructions (infrastructures de base) ont été complètement ou partiellement détruites , poteaux électriques à même le sol , les ponts , quelques dizaines de kilomètres de la route P2017 en amont de la station d'Aghbalou , et plusieurs demeures ont été complètement rasées , des bâtiments tels que des logements (52 maison sont détruites ou endommagées) , des dispensaires , des écoles ainsi que 5 locaux administratifs.

Les fortes crues ont aussi balayé sur leur passage des petits commerces (53 locaux de commerces) , des magazines , des hôtels , des restaurants et des cafés pleins de clients et des véhicules qui sont emportées par le flot (64 véhicules détruits).

Tnine Ourika, village situé à la sortie de la montagne, de part et d'autre du pont, présente des constructions qui se ramifient autour de la route et de l'oued. Depuis le 17 août 1995 ce pond et comblé de blocs de tailles variées (1 à 2 m) sur une largeur d'environ 200 m ; c'est-à-dire deux fois sa largeur avant l'inondation. La crue, a juger par les traces de la boue sur les murs et les poteaux, a bien atteint la hauteur de 3 mètres. Mais ici, la puissance de l'écoulement a été déjà amortie.

III-4- Sur le capital humain :

Au mois d'août, c'est la haute saison ; quelques dizaines de milliers de personnes passent leur vacances dans l'une des plus verdoyantes vallées du Maroc, c'est la vallée de l'Ourika ; où les estivants s'installent dans les hôtels, louent des maisons ou simplement se contentent de planter leurs tentes dans des camping " Sauvages " relativement aménagés pour les circonstances.

Malheureusement, cette vallée a connu une crue d'une très grande puissance survenue d'une manière brutale et inattendue, elle a provoquée en un temps recourt des

Commune rurales (CR)/ Douars	Personnes		Maison		Cheptel			Terrains Agricoles (ha)			Facilités Touristiques		Autres
	Morts	Blessées	>50%	<50%	Bétail	Mouton	Chèvre	Mul e	Cultivé	Plantation	Hôtel	Rest./ Café	
<u>C.R</u> <u>.OURIKA</u>													
Timalizen	0	0	1	1	0	0	0	0	3.0	0.5	0	0	----
Asguine	1	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	→Un Moulin hydrauliques(M.H)
Taourirte	0	0	0	0	0	0	0	0	6.0	2.0	0	0	----
Anrar	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	----
Tiguemmi	0	0	0	10	0	0	0	0	2.5	0.5	0	0	→Un Moulin hydraulique +1 emprise d'eau
<u>C.R.SETTI-</u> <u>FADMA</u>													
Aghbalou	13	0	21	15	0	0	0	0	14	6	0	1	
Irghef(Oulmes)	100	0	10	4	2	0	0	0	14	6	0	1	
Tazitounte	10	0	6	5	4	5	0	0	0.5	0.5	0	2	
Imintadart	0	0	0	7	0	0	0	0	2	1	0	0	→Un M.H +10 voitures
El kri	2	0	0	0	0	0	0	0	0.5	2.5	0	1	→50 voitures
Asguaour	7	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	→3 M.H + 3 voitures
Anfli	0	25	0	1	0	0	50	0	1	1	0	0	voitures
Tiourdiouine	0	0	8	0	0	20	70	0	13	2	0	0	----
Timichi	0	0	3	1	0	0	0	0	6	1	0	0	→ 1 voiture
													→environ 100voitures
													→4 M.H

Tableau 3. Liste des dégâts du désastre de 17/08/ 1995 dans les douars de CR d'Ourika et de Setti Fadma.

perdes humains, selon la Gendarmerie Royale, 210 personnes sont morte ou portées disparues sur les 30000 estivants, mais les habitants de la région estiment le nombre disparus à plus de 1000 pe La plupart des pertes en vie humaines ont été enregistrées chez les touristes marocains qui ont emportés dans les sites touristiques d'Iraghf et Setti-Fadma . Les pertes en vie humaines chez les habitants compte 16 morts.

Le nombre élevé de morts et de disparus s'explique, d'un cote par les pluies diluviennes qui ont poussé les estivants à se réfugier dans les voitures, les hôtels, les cafés, les restaurants ... et d'un autre cote par l'arrivée instantanée de torrents boueux venant des versants qui n'ont laissé aucune chance aux victimes pour fuir le fond de la vallée.

L'intervention des autorités et de l'état n'ont pas été d'une efficacité réelle. Aussi les opérations de secours étaient mal menées à cause de l'absence de plan d'intervention

pour les circonstances d'une part et de l'ampleur de la catastrophe d'autre part, à cause du manque de moyens matériels et logistiques .C'est pourquoi la presse s'est acharnée sur les responsables, durant les jours et semaines qui ont suivi les inondations.

Pour avoir une idée sur l'ensemble des dégâts dans certains Douar dans la vallée de l'Ourika sous forme des chiffres voir les tableaux suivants :

COMMUNE RURRALE	DESASTRE DE 17/08/1995				
	Victimes	Blessées	Bétail	Maison	Terrains Agricoles (ha)
OURIKA	1	0	0	12	23.5
SETTI-FADMA	132	25	151	83	72

Tableau4. Résumé des dégâts du désastre de 17/08/95



*Figure 13. Exemple de dégâts de la crue du 17/08/1995 et du niveau atteint par ses dépôts
(Source : agence du bassin hydraulique du Tensift).*

Conclusion :

La crue de 17 août 1995 est considérée comme une catastrophe majeure dans l'histoire de la vallée de l'Ourika, les pertes humaines se comptaient par centaines de morts et de disparus. Les dégâts, difficiles à recenser, consistent en de nombreuses maisons détruites, et des voitures emportées par le flot. ces destructions ont touché des écoles, des dispensaires, des magasins, des hôtels, des restaurants, et des cafés plein de clients, des champs agricoles, des canaux d'irrigation, des centaines d'animaux domestiques, des milliers d'arbres déracinés (oliviers, noyers, pommiers, poiriers et autres arbres fruitiers), des champs de légumes (tomates, pommes de terres, haricots, piments...).Des dizaines de kilomètres de routes et de ponts ont été détruits, des centaines de poteaux électriques endommagés, plusieurs milliers de km² de terrains ont subi des pertes totalisent des millions de terres arables déplacées par l'eau.

La crue du 28 Octobre 1999

I-Causes climatiques de la crue 28 octobre 1999 :

D'après les messages de pré alerte et d'alerte de la DMN, des masses nuageuses très denses ont concerné les régions du Haut Atlas et causées des précipitations qui ont dépassées les 20 mm en 12 heures à partir de 15 :00 le 27 octobre et qui ont dépassées les 40 mm en 12 heures de 18 :00 le 27 octobre à 8 :00 le 28 octobre .Des déversements sur les plaines avoisinantes ont été probables, les vents ont dépassés une vitesse de 80 Km/h par endroit.

II-Conditions hydrologiques :

La vallée de l'Ourika a connue 2 crues en Octobre 1999, la première a eu lieu le 11 octobre, et la deuxième le 28 Octobre. la deuxième était plus sévère en terme d'ampleur du débit de pointe et des dégâts causés aux infrastructures et aux terrains agricoles.

Les précipitations qui ont commencée le 26 Octobre , ont durées presque 3 jours résultant des pluies torrentielles dans les zones montagneuses à partir de 6 :00 le 28 Octobre (voir figure).

Aux environ de midi du 28 Octobre , de fortes précipitations se sont abattues sur le Haut Atlas .au station hydrologique de Tourcht et Amenzal dans le bassin versant de l'Ourika , de fortes précipitations ont enregistré 108,3 et 103,8 mm/jour .

Ces pluies torrentielles ont généré des débits de crue dans les oueds d'Ourika, Reghaya, N'fis R'dat et Zat. Les débits de crue ont atteint la pointe de l'ordre de 762 m³/s à Aghbalou et correspond à une période de retour de 20 ans . entre 15 :00 et 21 :00 le 28 Octobre selon les oueds , l'Ourika a atteint la pointe de crue dans sa plus basse partie entre Tazzitount et Aghbalou entre 15 :00 et 18 :00, d'après les rapports hydrologiques de la DRHT. Les graphiques de précipitations et les hauteurs d'eau observées sont présentés dans les figures B

La figure suivante présente un hydrogramme levé à la station d'Aghbalou .en comparaison à celui de la crue du 17 Août 1995, cette crue a eu un temps de montée et un temps de base plus modéré.

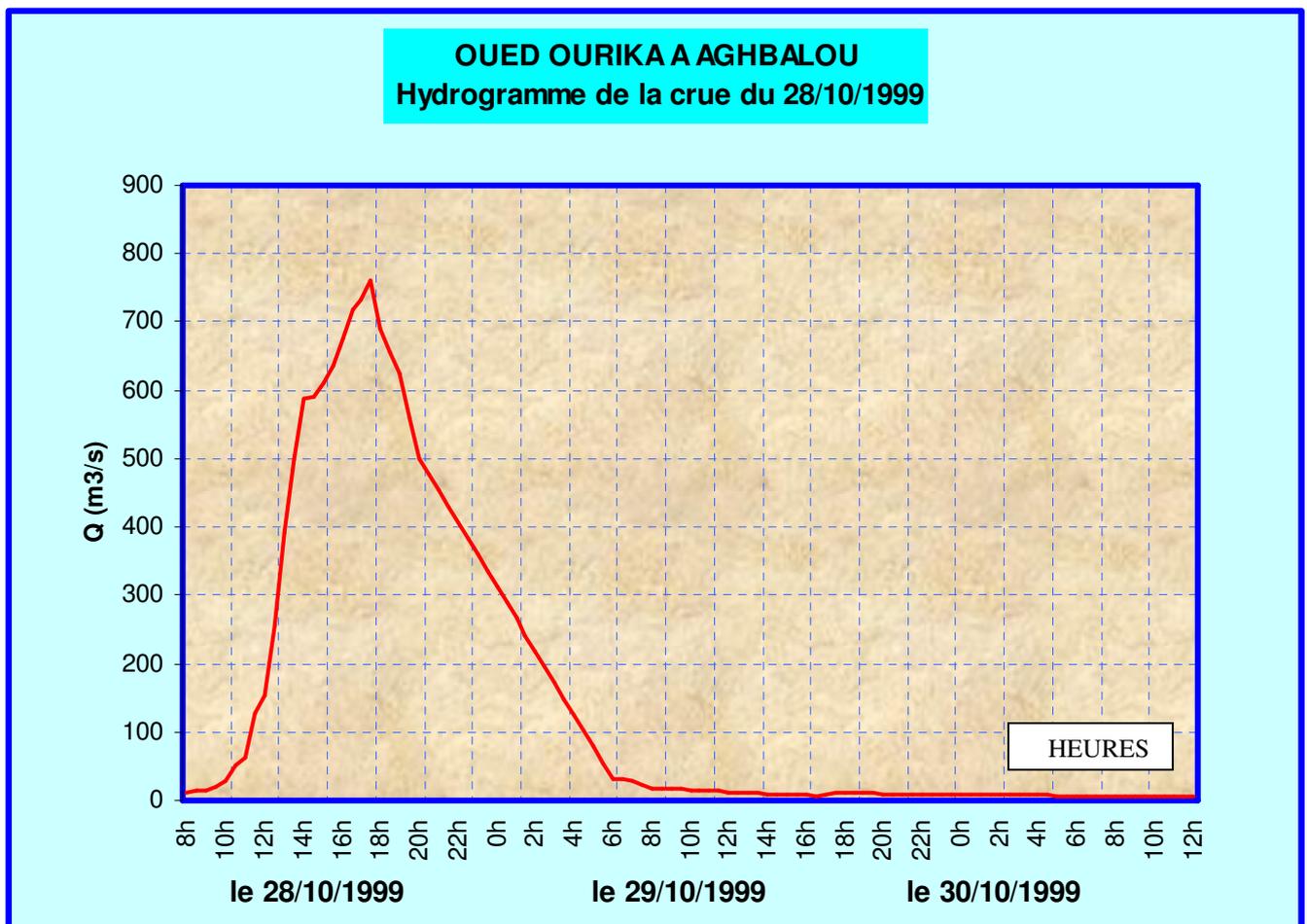


Figure 14. Hydrogramme de la crue de 28/10/1999

<i>Tableau 5.</i> Caractéristiques de la crue	
Date débit	28/10/1999 à 8h
Date fin	29/10/1999 à 8h
Débit de pointe (m ³ /s)	762.000
Débit max. moyen (m ³ /s)	307.170
Débit base avant (m ³ /s)	12.720
Débit base après (m ³ /s)	16.460
Volume 10 ⁶ m ³	25.987
Temps de base (heures)	23.5
Temps de montée (heures)	9.5
Coefficient de pointe	2.5

III- Dégâts de crue :

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

Selon le rapport établi par la Gendarmerie Royale , la crue a causée l'interruption à plusieurs endroits de la RP2017 (la route de Marrakech-Setti Fadma) entre le PK47 (Igharmane) et PK59 + 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 endommagé par la crue de 1995 ont été entièrement emportées par cette crue. D'autre part, selon le recensement effectué par la DPA, la superficie de 10,5 ha de terrains agricoles a été inondée au long du bassin versant d'Ourika. Heureusement, aucune victime n'a été signalée.

En terme de ces dégâts, les tableaux suivants donnent une idée bien détaillée des douars sinistrés :

Commune	Personnes		Maisons		Cheptels				Terrains agricoles (ha)		Facilites touristiques		Autres
	M	B	>50%	<50%	Bétail	Mouton	Cheval	mulet	culture	Plantation	H	R/C	
CR. Ourika													
Timalizen	0	0	1	1	0	0	0	0	2.0	0.5	0	0	1 moulin hydraulique
ASguine	0	0	0	0	0	0	0	0	6.0	4	0	0	
Taurirte	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1	0	0	1 moulin hydraulique
Anrar	0	0	1	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	
Tiguemmi	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	
CR. Setti Fadma													
Aghbalou	0	0	0	0	0	0	0	0	14.0	6	0	0	2 moulins hydrauliques
Iraghf (Oulmes)	0	0	3	0	0	0	0	0	20.0	6	0	1	
Tazzitounte	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	1 moulin hydraulique 2 moulins hydrauliques
Imintadart	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1	0	0	
El kri	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	3	0	1	
Asgaour	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	1	0	0	
Anfli	0	15	0	4	0	0	0	0	3.0	3	0	0	
Tiordiouime	0	0	0	0	0	0	0	0	13.	2	0	0	
Timichi	0	0	0	0	0	0	0	0	12.0	2	0	0	

Tableau 6. Liste des dégâts du désastre de 28/10/1999 dans les douars d'Ourika et de Setti Fadma

Commune rurale	Désastre 99				
	Victime	Blessé	Bétail	Maison	Terrain (ha)
Ourika	0	0	0	3	15,5
Setti Fadma	0	15	0	7	88

Tableau 7. Résumé des dégâts du désastre 1999

	Nombre de douars	
	Endommagés	Menacés
CR, d'Ourika	5	7
CR, de Setti Fadma	9	32

Tableau 8. Le nombre de douars endommagé et menacés par les crues dans le caïdat de l'Ourika

Conclusion

La crue de 28 oct. 1999 de débit de pointe moindre que celui de 17 août 1995 provoquée la destruction entière de tous ce qu'est partiellement détruits par cette dernière (crue 17/08/95), soit sur l'environnement en général, soit sur les voies de communication, les terrains agricoles et les sites d'habitat, heureusement cette crue n'a pas provoquée des pertes humaines.

Remarque :

La crue de 17 août 1995 qui se caractérise par un débit de pointe très élevé de l'ordre de 1030 m³/s, a causée des dégâts très importantes sur tous les domaines surtout sur le capital humain. Par contre la crue de 28 octobre 1999 même s'elle a un débit de pointe de l'ordre de 762 m³/s a provoqué lui-même des dégâts mais peu importantes sur tous les domaines à l'exception du domaine humain qui ne marque pas aucune victime, ça due à :

→ *La période* de l'année où elle a effectué la crue, la première a été effectué pendant la haute saison d'été ou la vallée pleine des estivants, par contre la deuxième se caractérise par l'existence seulement des habitants qui ont déjà une idée sur la nature des crues.

→ *La réalisation des systèmes d'alertes* après la première crue se qui permettent l'évacuation de la vallée avant l'arrivée de la crue.



Aménagements de protection

Les aménagements de protection :

Les opérations nécessaires pour aider à retrouver la situation normale et la reprises des activités habituelles, dépassent les potentialités régionales (communes et services régionaux). Seul les moyens massifs de l'état sous forme de programmes urgents, pourront aider au retour à la situation normale. Le gouvernement du Maroc a fourni des efforts pour atténuer les dégâts de la crue dans le bassin versant de l'Ourika par la réalisation de différentes mesures structurelles et non structurelles

I- Mesures non structurelles :

La plupart des mesures non structurelles qui ont été mis en œuvre récemment depuis 1995, sont comme suit :

- _ Développement de l'observation météorologique et de la prévision météorologique.
- _ Introduction du système de l'observation et de gestion des crues.
- _ Information des habitants et des visiteurs et réalisation des aménagements d'évacuation.
- _ Control de l'occupation des sols dans les oueds.
- _ Reboisement et control de l'érosion.

I-1-Amélioration de l'observation et la prévision météorologique :

La prévision météorologique est l'un des plus importants rôles de la DMN. Cette direction a fourni des efforts pour renforcer l'exactitude des prévisions météorologiques en développant le réseau d'observation météorologique et en introduisant des hautes technologies tel que les modèles physiques les stations radar de précipitation et les images satellites, ils se présentent comme suit :

I-1-1-Observation superficielle :

Cette observation est menée par 41 stations synoptiques et environ 380 postes climatiques dans le royaume. Ils présentent les caractéristiques suivantes :

a- Stations synoptiques :

Ce sont des stations au niveau desquelles on observe les précipitations, la température, l'humidité, la pression, les jours ensoleillés, l'évaporation, l'altitude des couches nuageuses et la visibilité horizontale. Ces stations transmettent les résultats toutes les heures et trois heures à la DMN à Casa Blanca via ces directions régionales correspondantes par lignes téléphoniques, lignes télégraphiques exclusives ou METEOSAT.

Il y a trois stations synoptiques dans et aux alentours du bassin de l'Ourika : La station de Marrakech, la station d'Oukaïmeden à une altitude de 2680m dans le bassin versant de l'Ourika et une au barrage Lalla Takerkoust. Les deux dernières stations ont été créées en 1996 pour renforcer l'observation météorologique dans le Haut Atlas de Marrakech.

a- Postes climatiques :

En guise de complément aux stations synoptiques, 30 postes climatiques se répartissent sur la totalité de la province d'Al Haouz (fig.2.8.1), dans ces postes, les précipitations, la température, l'humidité, l'évaporation et les jours ensoleillés ...sont manuellement observés selon les catégories des postes .

I-1-2-Radars de précipitation :

Cinq radars de précipitation ont été mis en service en 1996 après le désastre, les sites de radars sont Larache, Fès, Casa Blanca, Khouribga et Agadir, mais malheureusement il y a toujours les zones d'ombre y compris le Haut Atlas. L'installation d'un nouveau radar à Marrakech ou Oujda a fait l'objet de discussion entre les responsables concernés de la DMN.

I-1-3-Observation par images satellite :

Ces images satellite permettent de suivre les perturbations météorologiques sur les côtes marocaines et sur le territoire national comme elles fournissent des informations additionnelles pour les zones qui ne sont pas bien couvertes par les stations radar de précipitation.

I-1-4-Observation par radio sondage :

Le radio sondage est système de mesure du profil vertical de la température, l'humidité, la pression et le vent jusqu'à 20 Km d'altitude, il fournit des informations sur la vitesse du vent et ses composantes directionnelles ainsi que sur l'évolution de la structure thermique et météorologique, il y a 4 stations de radio sondage dans le royaume (Casa, Beni Mellal, Agadir et Dakhla).

I-1-5-Model de prévision :

Le CNP (centre national des prévisions) a trois modèles de simulation pour la prévision météorologique qui sont :

- **ALBACHIR** qui est le plus détaillé des trois modèles est utilisé pour les prévisions de 48 heures, la totalité de territoire du royaume est divisée en sections de 16,5 Km² qui forment les unités minimales de calculs.

- **ARPEGE** qui est un modèle français à section de 70 Km² sur le Maroc qui donne des prévisions de 48 à 72 heures.

- **CEP** qui est un modèle européen couvrant le Maroc à section de 105 Km² qui fournit des prévisions de 5 jours.

I-2-Renforcement de la gestion des événements crues par l'introduction d'un système d'observation des crues et des paramètres :

I-2-1-Introduction d'un système d'observation des crues :

Le système d'observation des crues a été introduit dans le bassin de l'Ourika après le désastre de 1995. Cinq stations hydrologiques ont été établies récemment dans ce bassin, ces stations sont équipées d'un radiotéléphone pour transmettre les informations relatives aux crues à la DRHT. (Voir tableau).

Stations	Bassins versants	Observation
Tazzitount	Ourika	Précipitations/niveau d'eau
Tourcht	Ourika	Précipitations/niveau d'eau
Amenzal	Ourika	Précipitations/niveau d'eau
Tiourdiou	Ourika	Précipitations/niveau d'eau
Agouns	Ourika	Précipitations

Tableau 13. Systèmes d'observation dans les différentes stations hydro-météorologiques de l'Ourika.

I-2-2-Etablissement d'un guide pour la gestion de l'événement crue :

En décembre 1996, dans le cadre de la coopération entre DRH, DRCR et la DMN, le ministère de l'équipement a établi des seuils pour la gestion des événements crues, ce guide pratique détermine les activités à effectuer par les administrations concernées à chaque niveau de l'évolution de la crue en couvrant les responsabilités permanentes, la prévision météorologique, l'observation des crues, l'échange d'information, la mise en place du PC, l'intervention ...

I-3-Information des habitants et visiteurs et la réalisation d'aménagement d'évacuation :

I-3-1-Etudes visant l'identification des zones inondables :

Après le désastre de 1995, la DRH a mené des enquêtes topographiques et des études hydrologiques et hydrauliques concernant le bassin versant de l'Ourika pour identifier les zones inondables. Les enquêtes topographiques consistaient la prise des photos aériennes. L'établissement des cartes topographiques ainsi que des enquêtes pour l'établissement des profils en travers du bassin. Les études hydrologiques ont analysé les caractéristiques hydrologiques statistiquement et physiquement. Dans le cadre de l'étude hydraulique, des simulations hydrauliques ont été effectuées pour l'établissement de cartes de crue.

1-3-2- Mise en place des panneaux signalant le danger :

En se basant sur les études ci-dessus, la DPE d'Al Haouz a installé plusieurs panneaux au long de la route P2017 d'Aghbalou à Setti Fadma après la crue de 1995 signalant que les zones indiquées sont vulnérables aux inondations. Les zones inondables sont identifiées à travers une simulation hydraulique et une reconnaissance de terrain et aussi l'existence des moyens d'alerte (sirène, haut parleur...).

1-3-3-Préparation des brochures pour les visiteurs :

La DPE a préparé 10000 copies de brochures qui avisent les touristes des crues potentielles, la brochure comprend une carte de crue montrant les zones exposées aux risques de crues,

les espaces de stationnement, ...etc. au long de l'oued Ourika, les copies devraient être distribuées aux visiteurs à Aghbalou.

1-3-4-Réalisation d'aménagement d'évacuation :

Après le désastre de 1995, la DPE a aménagé les espaces de stationnement et un ensemble d'escaliers au long de la route P2017. Les escaliers conduiraient les visiteurs à un douar sur la pente de la montagne qui est considérée plus sûre. En outre, une route de rocade de 7 Km liant P2017 et P2030 a été aussi construite en pente de montagne. La route de rocade n'est pas pavée mais elle peut servir de route d'évacuation en cas de crue comme il a effectivement été le cas dans la crue de 1999.

1-4 Control de l'occupation des sols dans les oueds

Pendant le désastre de 1995, plusieurs maisons dans les zones exposées aux risques de crues ont été détruites par les eaux de crue et les écoulements des débris, il est très bien assimilé parmi les responsables concernés que le contrôle de l'occupation des sols est l'une des mesures les plus efficaces pour atténuer les dégâts de crues. D'autre part, la loi 10-95 nommée « la loi sur l'eau » a été mise en œuvre en août 1995. Cette loi régit l'occupation des domaines publics d'eau et elle est supposée former le cadre juridique de l'exécution du contrôle de l'occupation des sols, dans cette loi, il est interdit de :

- ▶ Mettre dans le domaine public de l'eau des obstacles qui empêchent la navigation ou bien l'écoulement libre d'eau.
- ▶ Mettre ou enlever un dépôt, une plantation ou une culture dans le domaine public de l'eau sans une autorisation préalable.
- ▶ Creuser, approfondir, élargir ou régulariser les cours d'eau permanents ou temporaires excepté une autorisation préalable.
- ▶ Mettre dans les travaux publics des cours d'eau et une autre partie du domaine hydraulique public, petites prises d'eau et petites prises d'irrigation excepté une autorisation préalable.
- ▶ Faire des excavations, principalement l'extraction des matériaux des lits des cours d'eau d'une distance moins de 10 mètres de la rive d'avant des cours d'eau ou les bouches de canal, aqueducs et les canaux excepté une autorisation préalable. L'autorisation n'est accordée, si les excavations doivent probablement endommager les travaux publics, les talus ou la faune aquatique.

1-5-reboisement et contrôle de l'érosion :

La DREF mène deux genres d'intervention qui consistent en le reboisement et la construction des seuils de stabilisation contre l'érosion et les crues.

Un plan directeur de reboisement dans la région de Marrakech y compris le bassin versant de l'Ourika a été formulé en 1996. Le calendrier de reboisement dans ce bassin est présenté dans le tableau suivant. Le reboisement est programmé à Timenkar dans ce bassin avec un taux de 299 ha annuellement de 2000 à 2006 (20093 ha en total) (*)

(*)source : plan directeur de reboisement, Programme d'intervention de reboisement, Wilaya de Marrakech, Ministre de l'agriculture et de la mise en valeur agricole (MAMVA), Administration des eaux et forêts et de la conservation des sols (AEFCS).

Des ouvrages de contrôle de l'érosion ont été également réalisés dans ce bassin, les principaux ouvrages de contrôle de l'érosion sont des petits seuils de stabilisation et des ouvrages de bords de colline sont construits principalement en maçonnerie sèche et rarement en gabion et maçonnerie mouillée. Les ouvrages de contrôle de l'érosion ont été réalisés entre juillet 1999 et août 2000 sont concentrés au bassin versant de l'Ourika et résumés au tableau suivant. De plus, des ouvrages de contrôle de l'érosion de 126000 m³ sont réalisés pour la période entre 2001 et 2002.

Communes rurales	Emplacement	Volumes (m ³)	Nombre d'ouvrage
Setti Fadma	Imin-tadart	966	100
	Tighazrit	2345	251
	Tighazrit	1500	91
	Tighazrit	700	70
	Iraghf	300	30
	Iraghf	600	En construction
	Timenkar	1244	327
	Oum Lahoua	3029	241
Okaimeden	Ait Amen	8136	1820
Total		17826	2930

Tableau 14. Ouvrages de contrôle de l'érosion réalisés entre juillet 1999 août 2000.

II- Mesures structurelles :

Des mesures structurelles contre les crues ont été prises pour le bassin versant de l'Ourika, comme ce bassin a toujours été d'une grande importance en terme de tourisme ainsi qu'un terme de grande crues, le Ministère de l'équipement s'est principalement concentré sur la vallée dans le but d'atténuer l'occurrence des écoulements des eaux de crues. Les ouvrages suivants ont été réalisés dans l'Ourika comme mesure d'urgences :

- 1-Ménage de grandes roches (10000 m³).
- 2-Excavation au lit de l'oued sur 12 Km pour assurer la capacité de débit nécessaire à l'écoulement des eaux de crue.
- 3-Renforcement des berges et protection par gravier de grande diamètre.
- 4-Travaux de revêtement pour protéger les routes endommagées.

Les mesures structurelles suivantes sont prévues ou sont en cours de réalisation comme mesures drastiques de contrôle des crues dans l'oued Ourika :

- +Seuils de stabilisation aux thalwegs.
- + Seuils de stabilisation dans les principaux oueds.
- + Excavation et mur de protection contre les crues au long de l'oued.

Les mesures de contrôle de crues susmentionnées dans l'oued Ourika sont récapitulées comme suit.

II-1-seuils de stabilisation aux thalwegs :

En avril 2000, 27 petits seuils sont déjà construits dans le bassin versant pour prévenir l'écoulement des débris dans les 8 affluents, à savoir les oueds Ighir, Romanchou I et II, Tighzrit, Ouassen, Tazitount et Ouzrou. En outre 6 seuils ont été construits sur les affluents Tighzrit et Romanchou dans l'oued Ourika.

Ces seuils ont une longueur de 10 à 30 m et une hauteur de 3 à 4 m disposés en cascades le long de l'affluent permettant d'une part de casser l'énergie de l'écoulement, mais également d'atténuer les dégâts causés à la route, aux terrasses cultivés et de réduire les risques de formation d'embâcles rocheuses dans le lit de l'oued principal pouvant conduire à un gonflement brutal de la lame d'eau.



Photo 2 : Seuil édifié sur l'affluent Tighzrit et comblé par la charge solide des crues

II-2-sur l'oued :

II-2-1-Seuils de stabilisation :

Les seuils réalisés dans le cours d'eau principale servant à réduire la vitesse des écoulement et l'érosion des berges ainsi que le transport des sédiments. Cependant, la sédimentation de l'amont des seuils peut mener à une élévation du niveau d'eau et, par conséquent peut causer l'inondation de plus de terrains.

II-2-2-Recalibrage du lit de l'oued :

Dans les vallées encaissées, les éboulements et les glissements provenant des versants amènent l'atterrissement de gros blocs dans le lit mineur. Les blocs de petite taille sont souvent chassés par les crues. Les gros blocs, représentent parfois un volume de plusieurs m³. peuvent en revanche se fixer dans le lit de l'oued. Ils constituent alors un obstacle à l'écoulement en cas de crue, ils ont un double inconvénient :

- ➔ Le rehaussement du niveau amont et donc l'augmentation de la surface noyée.
- ➔ L'accélération de l'écoulement et l'augmentation de l'action érosive de l'eau.

Ce recalibrage consiste dans un premier temps à éliminer les blocs déposés dans le lit de l'oued par fragmentation obtenue soit par l'explosif, soit à l'aide d'un brise roche hydraulique.

II-3-Excavation et mur de protection au long de l'oued :

Certaines sections de la route P2017 qui lie la ville de Marrakech à la vallée de l'Ourika sont exposées à des risques d'inondation et d'érosion. De la même façon, les crues ou les écoulements de débris des affluents cause généralement de larges dégâts à la route. Des maisons ont été endommagées dans ces environs. En effet, la route a été sérieusement endommagée à deux reprises par les crues d'août 1995 et avril 1999.

La carte des inondations a été analysée pour déterminer les zones inondables qui nécessitent une protection contre les crues, les quatre emplacements jugés à haut risque ont été identifiés, notamment Setti Fadma, Iraghf (Oulmes), Igrifoudene et Aghbalou, les travaux de protection contre les crues réalisés dans ces zones avec leurs coûts sont présentés dans le tableau suivant, le coût total de construction est estimé à 30 millions DH.

Zone	Mesures de protection contre les crues	Dimension	Coût (DH)	Majoré à (DH)
Setti Fadma	Endiguement d'un passage étroit et petit mur de parapet	540 m de longueur	2 348 584	2 350 000
Iraghf (Oulmes)	Mur de protection	3-6 m de hauteur 743 m de longueur	7 597 832	7 600 000
Igrifoudene	Mur de protection	2-5 m de hauteur 730 m de longueur	5 084 068	5 100 000
Aghbalou amont	Mur de protection	3-6 m de hauteur 770 m de longueur	8 025 721	8 100 000
Aghbalou aval	Mur de protection	3-6 m de hauteur 768 m de longueur	6 772 293	6 800 000
Coût global			29 828 498	30 000 000

Tableau 15. Excavation et mur de protection contre les crues au long de l'oued Ourika et leurs coûts.

II-4- Sur le plan agricole :

Face à l'ampleur de dégâts des crues et à l'urgence d'intervention dans les zones déshéritées. Le gouvernement et suite à des directives royales a mobilisés moyens importants pour venir au secours de ces zones. Dans le même sens le ministre de l'agriculture

N° de Marche	Objet de marche	Montant (DH)	Emplacement des travaux		Type d'aménagement	Distance / ville de Marrakech	Observations	
			Cercle	Commune rurale				
25/95	Aménagement des points d'eau dans les communes rurales de Setti Fadma et Oukaïmeden	299 100,00	Oukaïmeden	Ighir nzafar	Aménagement des sources	65 Km+ 1h mulet	Travaux achevés et réceptionnés	
				Ait Amar	Aménagement des sources	60 Km+6Km piste		
				Aghbalou naït kake	Aménagement des sources	70 Km		
			Tahanoût	Setti-Fadma	Imine Taddart	Aménagement des sources		65 Km+2h mulet
					Agadir Laghmasse	Aménagement des sources		60 Km+ 300 mulet
					Anammar	Aménagement des sources		
					Bouizkrane	Aménagement des sources		70 Km+3h mulet
					Asni	Aménagement des sources		55 Km+20 mn mulet

Tableau 16. Situation des points d'eau

accompagné de ses proches collaborateurs a décidé le 25/08/95 la création d'une cellule d'intervention d'urgence au sein de la DPA de Marrakech pour s'occuper exclusivement des réparations de ces dégâts à savoir :

- ➔ La réparation de réseaux hydro agricole (prises, canaux, têtes mortes, aménagements de secours, bétonnage et réhabilitation des seguias etc....).
- ➔ La reconstitution et la protection des terres agricoles.
- ➔ L'aménagement des points d'eau destinés à l'abreuvement du cheptel. (Voir tableau).
- ➔ L'achat des plantes fruitières et leur rétrocession gratuite aux agriculteurs pour les reconstitutions des verges détruites. (Voir tableau).

Zone sinistrée	Nbre d'agriculteurs	Pommier	Noyer local	poirier	cognassier	cerisier	olivier	figuier	grenadier
Setti Fadma	1913	19320	7400	1000	-----	1000	1000	-----	-----

Tableau 17. type et nombre des plantes distribuées sur les agriculteur de Setti Fadma.

Conclusion :

Les actions envisagées dans le cadre de la protection de la vallée de l'Ourika ont pour objet principal d'atténuer les effets destructifs des crues, phénomène naturel à l'encontre duquel une protection totale ne peut être obtenue.

Ainsi pour rendre efficace le système proposé et éviter tout désastre lié aux crues de l'oued Ourika, il est obligatoire de lutter contre toute obstruction du lit de l'oued et toute réduction de sa section par l'action humaine.

Pour se faire, il est nécessaire de contrôler et de réglementer le plan d'occupation des sols dans les terrasses qui sont à proximité du cours d'eau et d'interdire toute activité dans les zones inondables de son lit.

Aussi, pour garantir l'efficacité à long terme des aménagements réalisés, il est obligatoire de veiller au bon fonctionnement des équipements qui ont été mis en place ainsi qu'à leur entretien permanent et régulier. La préservation de ces aménagements relève certes de la responsabilité des services techniques des administrations et des collectivités locales concernées mais aussi de la population vivant sur place.

Malheureusement, aucune campagne de prévention ne fut prévue pour informer la population locale. L'activité touristique pousse les habitants à construire sur les terrasses et les lits de l'oued des restaurants, des boutiques...etc. à chaque crue ces terrasses aménagés subissent des démolitions

Conclusion générale

L'environnement morpho-climatique et le contexte litho-structural du bassin versant de l'Ourika, notamment des pentes fortes, des terrains imperméables et facilement érodables de nature lithologique variée et une végétation restreinte confèrent aux écoulements un caractère torrentiel et boueux, et offrent un environnement propice aux pulsations brutales du cours d'eau. Cependant ce n'est pas la première fois que la station hydrologique d'Aghbalou enregistre des débits de pointe comme ceux de 17/08/1995 et 28/10/1999, la crue de 17/08/1995 avait une période de retour de 30 ans. Le problème majeur de cette vallée est l'anthropisation. Le développement du tourisme a poussé les populations locales à aménager les zones extrêmes de la vallée très dangereuses lors des crues. C'est ainsi que l'on compte un nombre important de victimes et de dégâts.

Depuis la catastrophe de du 17/08/1995, cette vallée panse toujours ses plaies. A ce jour les travaux d'aménagement ne sont pas terminés. Pour les ouvrages de protection achevés, comme les seuils et les murs de protection contre l'affouillement, certains ont prouvé leur efficacité lors de crues moins violentes, d'autre par contre, ont rapidement cédé, par exemple un pont-radier à la sortie d'Aghbalou et les murs de protection de la route à Setti Fadma.

Suite aux enquêtes faites dans la région de l'Ourika et en comparaison avec les données et situation existantes avant le 17/08/95, il est avéré qu'une amélioration notable a été enregistrée sur le plan socio-économique de la zone sinistrée.

Ainsi, on peut résumer cette situation dans les points suivants :

→ Il a été constaté un gain de débits sur tous les périmètres dû essentiellement à l'amélioration de l'efficacité des réseaux et à la performance de la distribution, ceci a permis l'extension des superficies irrigables.

→ Aussi, le tour d'eau est devenu plus facile à gérer par les associations. Eau permanente, gain sur le temps de parcours des eaux.

→ L'introduction de cultures nouvelles et productives (Développement des maraîchages en montagne, notamment la pomme de terre, et développement des superficies plantées).

- Création de nombreuses postes de travail (J.T), ce qui a permis aux populations de la zone de participer directement aux aménagements (entreprises locales).
- L'aménagement a permis également la limitation de l'exode rural et la fixation des populations auprès de leur terre.
- Renforcement de l'esprit coopératif (Développement des circuits commerciaux locaux)...etc.

Abréviations

ABHT : Agence du bassin hydraulique du Tensift.

DPA : Direction provinciale de l'agriculture.

DPE : Direction provinciale d'équipement.

ORMVA : Office régional de la mise en valeur de l'agriculture.

DREF : Direction régionale des eaux et forêts.

DRHT : Direction régionale de l'hydraulique du

Bibliographie

→ **Mohammed El Mehdi Saidi, Lahcen Daoudi** (F.S.T-Guéliz, Marrakech), **Mohammed Elhassane Aresmouk** (A.B.H.T-Marrakech) et **Ali Blali** (D.R.E.F-Marrakech) 2003; Rôle du milieu physique dans l'amplification des crues en milieu montagnard : Exemple de la crue du 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika (Haut-Atlas, Maroc). Sécheresse. Paris.

→ **Andreani Dominique** : Maîtrise de géographie, septembre 2000; Aspect géographiques des conséquences d'une crue d'un oued en milieu semi-aride : L'exemple de la crue du 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika (Marrakech, Maroc).

→ **El Qayed Jaouad, El Mahiri Latifa et Aabir Saadia** ; (Mémoire présenté pour l'obtention du D.E.S.A. à la F.S.S.M. 2001) ; Etude environnemental et promotion culturelle dans la vallée de l'Ourika (Haut-Atlas de Marrakech, Maroc)
Cartographie thématique et géotourisme à base du système d'information géographique (SIG).

→ **CTI Enginnering International co.**, (Agence Japonise de Coopération International (JICA)), octobre 2000; Etude du plan directeur sur le système de prévision et d'alerte aux crues pour la région de l'atlas au royaume du Maroc.

→ **B. Hakkani** (Direction Régionale Hydraulique de Tensift, Marrakech) ; Crues survenues le 17 août 1995 dans la province d'Haouz.

→ **El Gharbaoui A et El Fellah B** (Institut Scientifique- Université Mohammed V RABAT) ; L'orage du 17 août 1995 : une catastrophe majeure dans les vallées du Haut Atlas de Marrakech (MAROC).

→ **Direction Provinciale de l'Agriculture de Marrakech**, journées d'études du 18 au 19 juin 1999 ; Dégâts des crues dans la province d'Haouz constats et interventions.