



LES ECOULEMENTS SUPERFICIELS SUR LE HAUT ATLAS DE MARRAKECH CAS DES DEBITS EXTREMES

SAIDI M.E.M¹, BOUKRIM S.², FNIGUIRE F.³, RAMROMI A.⁴

¹Laboratoire de Géosciences et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques,
Marrakech, Maroc

² Faculté de Sciences et Techniques, Fès, Maroc.

³Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

⁴Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, France.

m.saidi@uca.ma

RESUME

Le Haut Atlas de Marrakech est une zone géographique composée des bassins versants du N'Fis, de la Gheraya, de l'Ourika, du Zat et du Ghdad. Ces bassins versants sont situés sur le flanc nord de la chaîne montagneuse du Haut Atlas. Ils sont donc exposés aux flux perturbés océaniques en provenance du Nord et du Nord Ouest. Ces flux arpentent les versants et se condensent aisément sur les hauts reliefs des bassins. Ces derniers sont par ailleurs caractérisés par des substratums peu perméables, des pentes élevées et un réseau hydrographique bien ramifié. Ces conditions morphologiques et climatiques favorisent une pluviosité importante pour la latitude et des crues violentes. Les temps de montée de ces crues sont particulièrement courts et les débits de pointe très élevés par rapport aux modules moyens. Au cours de ces crues, les vitesses d'écoulement et les débits sont très importants, l'aptitude des oueds à l'incision et à l'érosion est forte et la charge solide est toujours importante. Bien qu'avec des intensités variables, ces crues rapides en contexte montagnard semi-aride se répètent : des pointes de l'ordre de $103 \text{ m}^3/\text{s}$, qui correspondent à 19 fois la moyenne interannuelle de l'Ourika par exemple, se produiraient tous les 2 ans, et des crues de l'ordre de $485 \text{ m}^3/\text{s}$ ont une période de retour de 10 ans. La soudaineté et la violence de ces écoulements extrêmes forment donc un risque majeur auquel les vallées sont toujours confrontées.

Un certain nombre d'aménagements ont été entrepris pour atténuer les effets des crues et protéger les gens, les biens et les voies de communications dans les vallées. Un système pilote d'alerte et d'annonce de crues est installé en amont

du bassin de l'Ourika. Les berges de certains oueds sont renforcées par des murs de soutènement et des seuils de béton et des gabions brisent le flux des affluents. Ces mesures structurelles et non structurelles accomplissent plus ou moins bien leurs tâches. Ceci en fonction de la puissance et le type de crue.

Mots clés : Haut Atlas, Marrakech, crue, oued, N'Fis, Gheraya, Ourika, Zat, Ghdat.

ABSTRACT

High Atlas of Marrakech is a geographic area composed by the following watersheds: N'Fis, Gheraya, Ourika, Zat and Ghdat. These watersheds are located on the north side of the High Atlas mountain chain. They are exposed to the atlantic humid air masses witch condenses easily on the upper watersheds. These later are, also, characterized by low permeability, steep slopes and an anastomosed river system. These features lead to a significant rainfall events and violent floods. The flood rise times are quicker and flood peaks are higher compared to the runoff mean. During these floods, the flow velocities and flow rates are very important. Wadis erosion ability is high and the sediment load is always important. Even, with varying intensities, these flash floods are frequent in mountainous semi-arid environment. Peaks of 103 m³/s for example occur every 2 years, and floods of around 485 m³/s have a return period of 10 years. The abruptness and violence of the extreme flows are the main hazards which always threaten the valleys. In order to limit the flood effects, measures have been taken. Furthermore, a flood warning system was installed in the upstream of Ourika valley. Some Wadis banks were reinforced by setting up walls and concrete thresholds. These actions seem to be efficient according to the power and the type of raw.

Keywords: High Atlas, Marrakech, flood, wadi, N'Fis, Gheraya, Ourika, Zat, Ghdat.

INTRODUCTION

Les bassins versants du Haut Atlas de Marrakech sont des entités hydrologiques et hydrographiques bien individualisées. Ils sont disposés côte à côte sur une bande orientée Sud ouest – Nord est, d'une trentaine de kilomètres de largeur et d'une centaine de kilomètres de longueur. Ces bassins étant de l'ouest à l'est, celui du N'Fis, de la Gheraya, de l'Ourika, du Zat et du Ghdat (figure 1). Ce sont des bassins versants montagneux à écoulements torrentiels par moments avec des crues puissantes et de courtes durées. La violence et la fréquence de ces crues nous ont incités à les étudier pour caractériser ce type d'écoulement

extrême en milieu montagnard semi-aride. Ceci par l'étude dynamique et statistique de ces crues pour estimer les risques des inondations et leurs enjeux socio-économiques et analyser l'efficacité des aménagements entrepris pour atténuer leurs impacts à l'échelle des bassins versants. Ceci passe par une étude préalable des morphologies générales et de l'apport pluvial sur les bassins versants ainsi que l'étude des régimes hydrologiques des cours d'eau. L'aspect extrême des écoulements, à savoir les événements de crues, retiendra ensuite notre attention et constituera le sujet principal de l'étude pour aboutir à une classification et une typologie des crues des oueds.

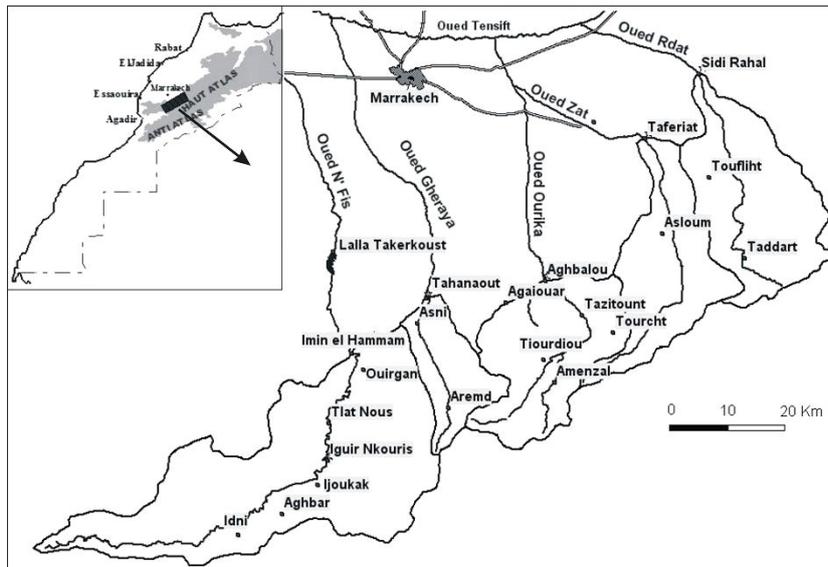


Figure 1 : Situation géographique des bassins versants du Haut Atlas de Marrakech

MORPHOMETRIE ET GEOLOGIE GENERALE

Géométriquement, les bassins versant du N'Fis, de la Gheraya, de l'Ourika, du Zat et du Ghdat sont relativement allongés avec des indices de compacité compris entre 1,3 et 1,57. Les superficies drainées oscillent entre 225 km² pour le bassin de la Gheraya à la station de tahannaout et 1270 km² pour le bassin versant du N'Fis à la station d'Imin El Hammam (tableau 1).

Tableau 1: Caractéristiques morphologiques des bassins versants du Haut Atlas de Marrakech

	N'Fis à Imin El Hammam	Gheraya à Tahannaout	Ourika à Aghbalou	Zat à Taferiat	Ghdat à Sidi Rahal
Surfaces (km ²)	1270	225	503	526	552
Périmètres (km)	200	81	117	135	122
Indices de compacité	1,57	1,46	1,3	1,66	1,54
Altitudes minimums (m)	780	1068	1070	794	722
Altitudes maximums (m)	4088	4165	3996	3847	3476
Altitudes moyennes (m)	2202	2166	2445	1832	1719
Pentes moyennes (%)	19,3	19,1	19,9	15,5	13,8
Longueurs du rectangle équivalent (km)	83,7	34	48,1	58,5	50,1
Largeurs du rectangle équivalent (km)	9,8	6,6	10,4	9	11

Les bassins versants sont quasiment tous exposés vers le Nord-Ouest. Ceci leur permet de faire face aux perturbations pluvieuses en provenance de l’océan atlantique. Par ailleurs, le réseau hydrographique de ces bassins est particulièrement dense. Le niveau de ramification est mis en relief par la classification de Strahler qui stipule que l’ordre d’un segment de cours d’eau s’incrémente de 1 s’il résulte de la confluence de deux segments de même ordre. Le cours d’eau principale de l’Ourika par exemple a ainsi atteint l’ordre 6 à l’exutoire du bassin. (Saidi, 2010). La densité du drainage est alors importante. Pour un réseau hydrographique d’une longueur totale de 1550 km pour l’Ourika, la densité de drainage est de l’ordre 3,1 km/km². Ce chevelu de drainage, dense et assez bien ramifié, permet un captage et une collecte aisés des eaux de ruissellement des bassins versants (figure 2).

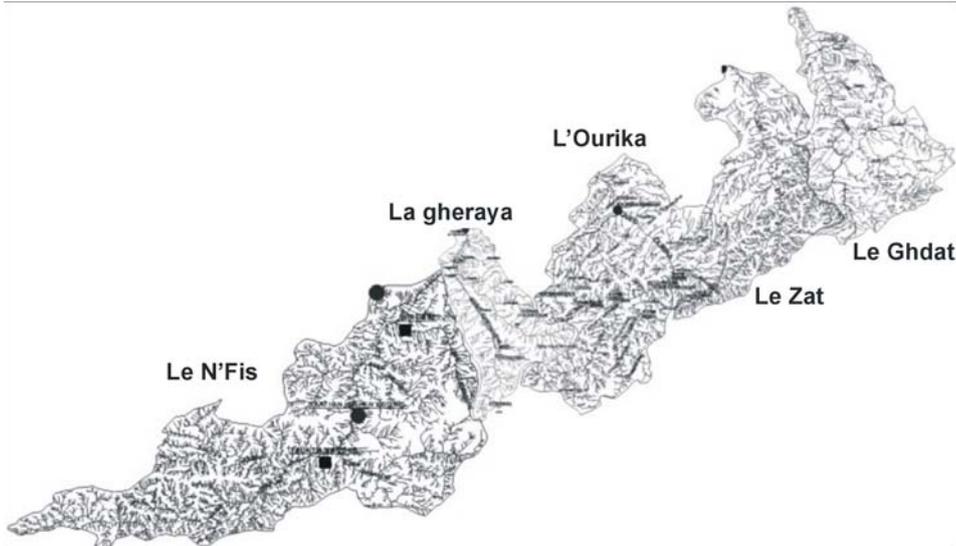


Figure 2 : Hiérarchisation des réseaux hydrographiques des bassins versants du Haut Atlas de Marrakech

Au niveau hypsométrique, le Haut Atlas est réputé pour ses reliefs élevés et abondants. Les altitudes maxima dépassent 3000 et même 4000 m selon les bassins versants. Les pentes sont dans l'ensemble fortes. Pour certains affluents amont et leurs versants montagneux, elles dépassent souvent 30 ou 40 % comme le cas du bassin de la Gheraya ou de l'Ourika.

Sur le plan géologique et lithologique, les bassins versants du Haut Atlas de Marrakech s'étendent sur des formations géologiques variées (figure 3) qu'on peut subdiviser en trois zones principales (Duclaux, 2005) :

- A l'est, le Permo-Trias est prédominant. Il est parfois associé à des roches schisteuses précambriennes et ordoviciennes. Ces roches, fortement colorées, rouges parfois violacées, sont représentées principalement par des grès dans lesquels l'oued Ghdat a creusé son bassin versant.
- La partie centrale de la zone d'étude, où l'on rencontre les plus hauts sommets de l'Atlas, est constituée de roches éruptives et métamorphiques précambriennes : les granites, diorites, et dolérites dans les bassins du Zat et de l'Ourika ; les andésites et rhyolites dans le bassin de la Gheraya et les schistes dans la bordure occidentale des massifs éruptifs drainés par l'oued N'Fis.
- Plus à l'ouest on rencontre des formations calcaires primaires et secondaires. Ces formations géologiques sont, dans la majorité, peu perméables ce qui favorise un écoulement superficiel soutenu et éventuellement le développement de crues importantes en cas de pluies conséquentes.

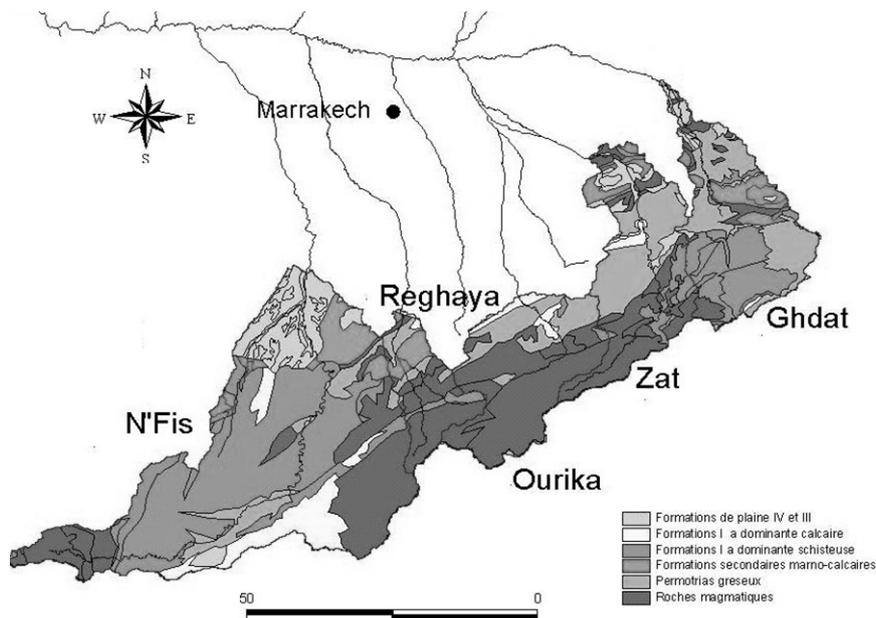


Figure 3 : Esquisse géologique des bassins versants du Haut Atlas de Marrakech (Duclaux, 2005)

PLUVIOMETRIE ET REGIME DES COURS D'EAU

L'étude des séries chronologiques des précipitations fournies par l'Agence de Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT), et couvrant une période de 35 ans de 1969 à 2004, nous a permis de constater que les bassins versants du Haut Atlas de Marrakech jouissent dans l'ensemble d'une pluviométrie importante pour des latitudes présahariennes. De l'ouest à l'est, les exutoires de ces bassins reçoivent annuellement en moyenne 384 mm à Imin El Hammam, 398 mm à Tahannaout, 546 mm à Aghbalou, 380 mm à Taferiat et 352 mm à Sidi rahal. Ces précipitations augmentent avec l'altitude et les moyennes pluviométriques sur la totalité des bassins versants sont beaucoup plus importantes et estimées aux environs de 600 à 650 mm, grâce à des altitudes moyennes assez élevées (tableau 1).

Pour le régime des écoulements superficiels, il est assez irrégulier pour tous les bassins versants, avec une grande variation inter-annuelle et une aussi grande variation intra-annuelle. A partir de l'analyse des données hydrométriques de l'ABHT, nous avons relevé que le maximum hydrologique mensuel est enregistré sur les cinq bassins aux mois de mars, avril et mai (figure 4). Sur cette région montagneuse du Maroc, c'est l'écoulement printanier qui prime. Ceci témoigne qu'une partie des précipitations d'automne et d'hiver tombe sous forme nivale et la fonte massive des neiges accumulées ne commence qu'au début du printemps, en renforçant les débits printaniers et même ceux de la

saison estivale. Les bassins versants du Haut Atlas de Marrakech présentent donc un régime pluvio-nival à hautes eaux de printemps.

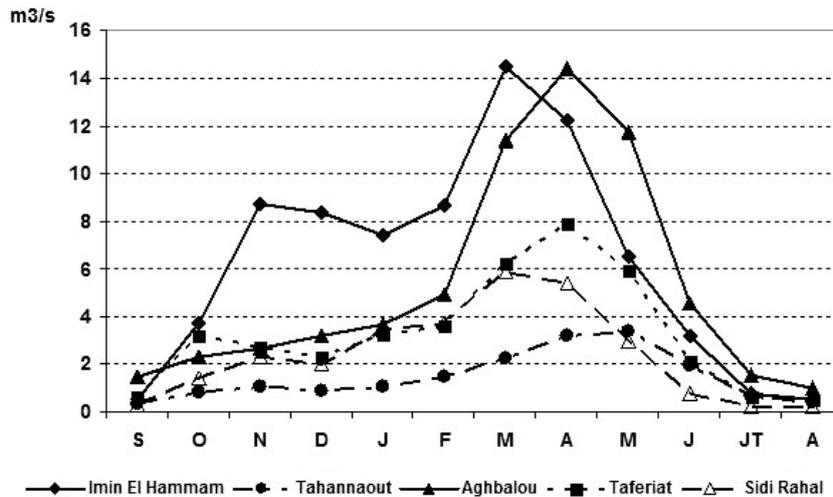


Figure 4 : Débits moyens mensuels des cours d'eau au niveau de cinq stations hydrométriques de 1969 -70 à 2003 - 04

TYPOLOGIE ET CARACTERISTIQUES DES CRUES DES OUEDS

Les crues des oueds du Haut Atlas de Marrakech sont exclusivement d'origine pluviale. Elles résultent généralement de fortes averses localisées dans l'espace. La physiographie des bassins versants offre un environnement propice au développement de fortes crues : l'exposition est favorable aux précipitations, les pentes sont fortes, les substratums sont peu perméables, le couvert végétal est faible et discontinu et le réseau hydrographique est bien hiérarchisé. Cette configuration morphologique contribue à amplifier les débits de pointe observés aux exutoires (Saidi et al., 2003).

Les crues violentes entraînent toujours dans leur déplacement des blocs, des galets, du sable, du limon et des branchages. Ces matériaux forment parfois des barrages au droit des verrous. L'eau s'accumule derrière jusqu'au moment où le barrage cède. Un flot de boue, armé de charge solide fine et grossière, déferle alors en emportant champs, arbres, routes, passerelles et maisons (Aresmouk, 2001).

Au cours de l'année hydrologique, l'analyse des mois d'occurrence des crues sur une période de 34 ans d'observation, de 1970-71 à 2003-2004, a permis de constater que ces phénomènes hydrologiques extrêmes surviennent en toutes saisons. Chaque bassin versant a cependant une légère tendance vers des saisons de prédilection : le printemps, l'automne et l'été pour l'Ourika (avec respectivement 45%, 25% et 24% des crues annuelles), l'automne et l'été pour

la Gheraya (34 et 29 %) et l'automne et l'hiver pour le N'Fis (36 et 28 %). Pour le Zat, les mois de mars et avril sont les plus riches en crues avec 43% du total annuel, et pour le Ghdat, les crues se concentrent globalement dans une période de cinq mois de novembre à mars avec 70 % des crues de l'année. Le Haut Atlas de Marrakech est constamment en danger de crues et très rares sont les mois qui n'ont jamais connu de crues. Celles-ci pouvant parvenir en toutes périodes de l'année et en tous mois.

Les hydrogrammes de crues sont dans l'ensemble simples et bien individualisés, avec des temps de base et de montée assez courts. Les durées des crues sont généralement de quelques heures pour les plus brèves à deux journées pour les plus longues. Les hydrogrammes s'en trouvent sous des formes aiguës et serrées (figures 5 à 8). Quant aux débits de pointe, ils sont assez variables et peuvent être plus ou moins importants. Mais le caractère le plus redoutable des crues du Haut Atlas de Marrakech est leur soudaineté. Plusieurs crues ont eu des temps de montée de une à 4 heures, d'autres des temps de 4 à 10 heures, qui est la classe la plus fréquente pour les cinq bassins versants (figures 5 à 8 et tableaux 2 à 4). Ces durées sont relativement courtes et constituent un grand risque pour les riverains et les touristes, en raison de la difficulté de déclencher des alertes d'évacuation à temps. Ces derniers ont souvent été surpris par les montées rapides et soudaines des niveaux des eaux et des vitesses d'écoulement.

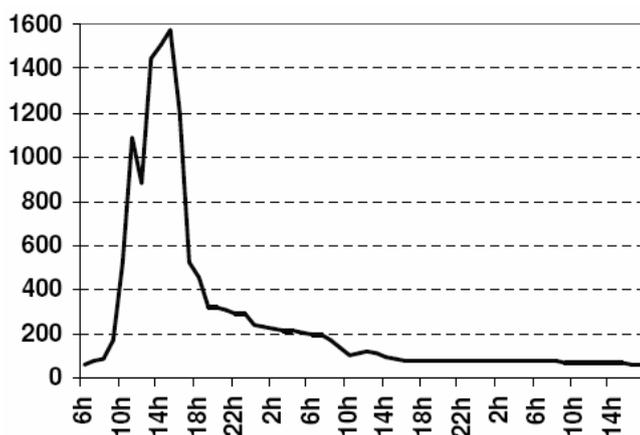


Figure 5 : Hydrogramme de la crue de l'oued N'Fis les 28 et 29 octobre 1999

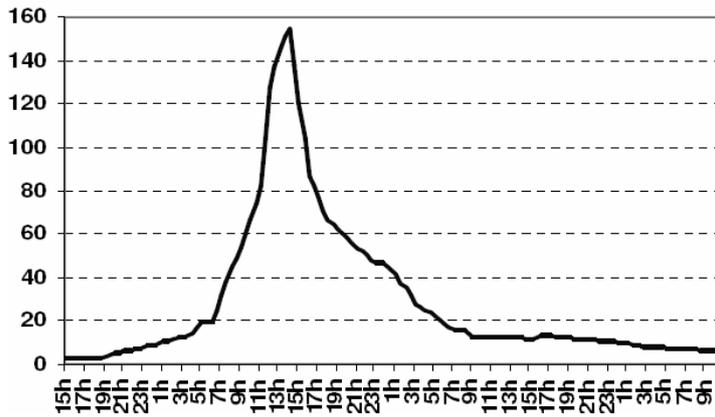


Figure 6 : Hydrogramme de la crue de l'oued Gheraya les 11 et 12 février 1987

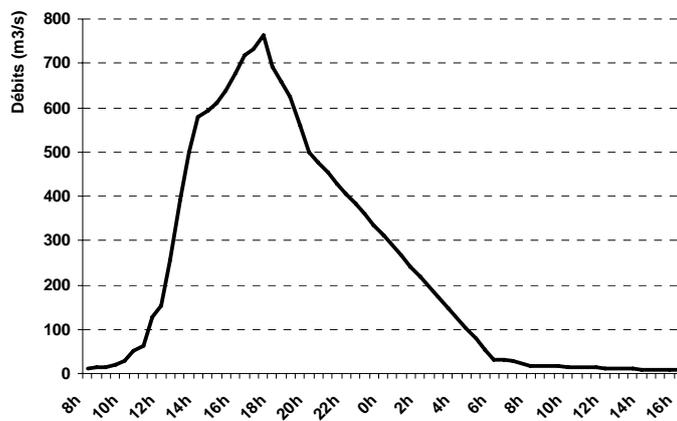


Figure 7 : Hydrogramme de la crue de l'Ourika les 28 et 29 octobre 1999

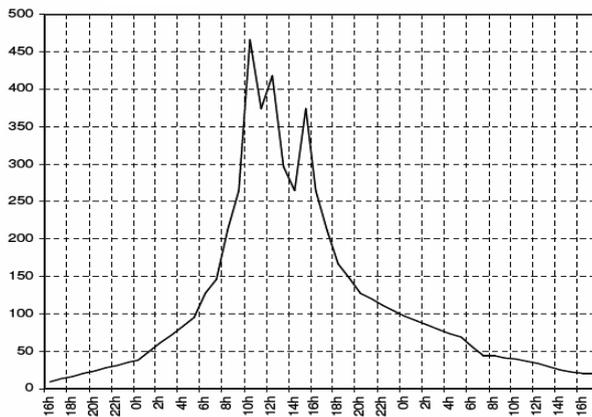


Figure 8 : Hydrogramme de la crue du Zat du 2 novembre 1987

Tableau 2 : Caractéristiques de certaines crues de l’oued Ourika à Aghbalou

date de la crue	débit de pointe (m ³ /s)	Volume 10 ⁶ m ³	Temps de base (h)	temps de montée (h)	coefficient de pointe
02/11/1987	650	34,36	39,5	14	2,7
14/07/1989	823	34,42	23	15	2
17/08/1995	1030	3,65	4	0,16	4,1
28/10/1999	762	25,99	22	9,5	2,5

Tableau 3 : Caractéristiques de certaines crues de l’oued Gheraya à Tahannaout

date de la crue	débit de pointe (m ³ /s)	Volume 10 ⁶ m ³	Temps de base (h)	temps de montée (h)	Coefficient de pointe
11/02/1987	155	5	37,5	19	4,2
17/08/1995	680	4,3	4,5	0,5	2,6
29/10/1999	413	10,8	22	15,5	3

Tableau 4 : Caractéristiques de certaines crues de l’oued N’Fis à Imin El Hammam

date de la crue	débit de pointe (m ³ /s)	Volume 10 ⁶ m ³	Temps de base (h)	temps de montée (h)	coefficient de pointe
12-17/11/1967	1400	184	151	32	4,1
17/08/1995	501	8,9	13	3	2,6
28/10/1999	1575	44	58	9	7,6

La crue de l’Ourika du 2 novembre 1987, par exemple (Figure 9), avait un temps de base de 39 heures et le débit de pointe fut de l’ordre de 650 m³/s. Il a été atteint après un temps global de montée de 14 heures. Une première montée amorcée la veille à 20 heures était lente et régulière jusqu’à 6 h où le débit fut de l’ordre de 100 m³/s, puis a atteint 183 m³/s à 8 h. Il s’en est suivi une montée rapide et violente qui a élevé le débit à une pointe de 650 m³/s en deux heures seulement. Ce débit de pointe a représenté à peu près trois fois le débit moyen de la crue (Saidi, 2010).

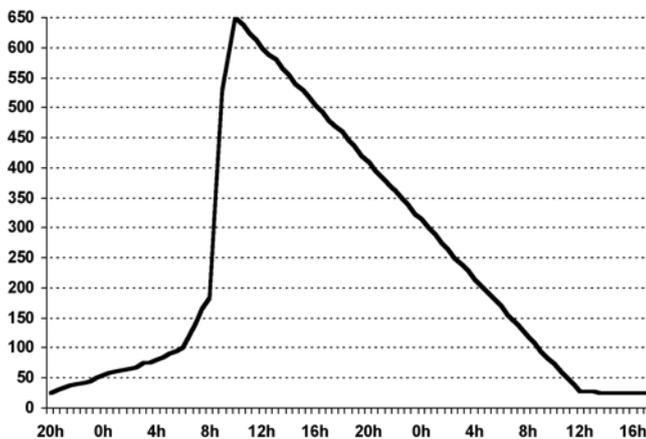


Figure 9 : Hydrogramme de la crue de l'Ourika du 2 novembre 1987

La crue du 17 août 1995 est l'une des crues les plus meurtrières et dévastatrices de l'histoire moderne du Maroc. Elle est le résultat d'une situation météorologique sur le Haut Atlas de Marrakech propice au développement des orages. Ces derniers ont violemment éclaté l'après midi en amont des bassins versants sur une zone restreinte comprise entre 2 000 et 3 000 m d'altitude en l'arrosant par des pluies violentes et intenses. L'intensité des précipitations a été estimée à 100 mm/h, (INGEMA, 1996). La crue n'a duré que 3 heures dans le bassin de l'Ourika par exemple et le temps de montée y a été particulièrement bref (à peine un quart d'heure). Le débit de pointe a atteint à Aghbalou la valeur de 1030 m³/s et les eaux mobilisées un volume de 3,3 millions de mètre-cubes pendant les trois heures de crue.

La crue du 28 octobre 1999 a été semblable à celle du 17 août 1995 par des débits de pointe exceptionnels. Ces débits ont atteint le maximum jamais enregistré pour le N'Fis d'une valeur de 1575 m³/s, avec un temps de montée de 9 heures et un temps de base de 58 heures. (figure 5)

Les environnements morphologiques et climatiques des bassins versants du Haut Atlas de Marrakech, notamment une pluviométrie importante et parfois intense, des expositions vers le Nord-Ouest, des vallées encaissées, des pentes fortes et des terrains imperméables, confèrent aux écoulements un caractère torrentiel et boueux, et offrent un environnement propice aux pulsations brutales des cours d'eau, avec de très grandes vitesses d'écoulement, des débits et des volumes d'eau importants et une grande aptitude à l'incision et à l'érosion.

AMENAGEMENTS DES VALLEES ET PERSPECTIVES DE GESTION

Les fréquentes crues que connaissent les bassins versants du Haut Atlas de Marrakech ont souvent eu des impacts négatifs sur les infrastructures de base, la production agricole et différentes activités humaines. Et suite à la crue dévastatrice du 17 août 1995, plusieurs mesures structurelles et non structurelles ont été entreprises dans les vallées. Elles ont été axées sur trois plans : mise en place de dispositifs de surveillance et d'alerte, planification de l'occupation du sol et aménagement des zones à risque et édification d'ouvrages de protection et aménagement des cours d'eau (Aresmouk, 2001).

Parmi les mesures structurelles, on peut citer la protection des berges des cours d'eau en plusieurs points noirs par des murs de soutènement, pour favoriser la stabilisation de ces berges contre l'érosion et éviter les débordements des eaux de crues, l'aménagement de seuils (figure 10) pour l'amortissement des flux parfois torrentiels des affluents chargés de débris plus ou moins grossiers et, enfin, la réalisation d'ouvrages d'art et d'assainissement routiers ainsi que l'aménagement de zones de refuge et d'une piste en crête hors d'atteinte des crues pour le cas de l'Ourika. Il est cependant à noter que ces mesures structurelles peinent parfois à faire face aux très fortes crues. Certains seuils destinés à amortir la vitesse et la force érosive des affluents et à intercepter leur charge solide ont par exemple été comblés par les dépôts solides, comme le cas de ceux édifiés sur l'affluent Tighzirt du bassin de l'Ourika (figure 11). Cet affluent a alors repris son profil en long d'origine.



Figure 10 : Seuil d'amortissement des écoulements d'un affluent de l'Ourika



Figure 11 : Seuils d’amortissement de l’affluent Tighzirt comblés par les dépôts

Sur le plan non structurel, une étude du plan directeur de lutte contre les inondations sur le Haut Atlas de Marrakech a été lancée par plusieurs départements ministériels au lendemain de la crue du 17 août 1995. Elle a permis d’élaborer des cartes d’aléas de crues et de zones inondables et un contrôle de l’occupation des sols est instauré dans la vallée. Par ailleurs, un système pilote de prévision et d’alerte aux crues a été installé dans le bassin de l’Ourika. Il consiste à pouvoir donner des alertes et pré-alertes à temps pour pouvoir évacuer rapidement les personnes des points noirs de la vallée et des endroits de fréquentation touristique. A cet effet, cinq stations de veille et de mesures hydrologiques et pluviométriques ont été installées en amont de ce bassin de l’Ourika, à des altitudes de 1270, 1650, 1850, 2200 et 2230 mètres. Ce système d’alerte a prouvé son efficacité lors de la dernière grande crue du 29 août 2006, où le débit a atteint une pointe de 286 m³/s. Une alerte a été donnée en temps opportun: des sirènes ont retenti dans la vallée et les riverains et estivants ont pu à temps rejoindre les différents refuges aménagés à cet effet. Deux personnes ont toutefois été emportées par les flots de l’oued, une cinquantaine de voitures endommagées et la route principale fut momentanément coupée (Saidi et al., 2010)

Sur le plan des perspectives pour gérer et tirer profit des écoulements extrêmes, le Haut Atlas de Marrakech a toujours été considéré comme le château d’eau de la plaine de Marrakech avec ses agglomérations. Les écoulements superficiels

en provenance de cette chaîne montagneuse (la plus haute d'Afrique du nord) étant toujours abondants et les crues sont fréquentes. C'est pour cela que l'attention a été attirée pour bien maîtriser cette manne naturelle en retenant les eaux derrière des digues ou des barrages pour écrêter les crues et régulariser les débits. A cet effet, les barrages de Wirgane sur l'oued N'Fis et celui de Taskourt plus à l'Ouest sont construits et mis à l'eau. Plusieurs autres sites ont été proposés pour ériger d'autres barrages, notamment Ait Ziat sur le Zat, Talmest sur le Tensift, Imizer sur le Ghdat, Timalizene sur l'Ourika ou encore Moulay Brahim sur la Gheraya ; mais ces projets ont été suspendus pour diverses raisons notamment les importants impacts socio-économiques, des problèmes géologiques et de fuites ou encore la qualité des eaux du cours d'eau.

CONCLUSION

Les bassins hydrographiques du N'Fis, de la Gheraya, de l'Ourika, du Zat et du Ghdat offrent un environnement géomorphologique et climatique global propice aux écoulements superficiels et aux gonflements soudains et violents des cours d'eau. Les substratums sont peu perméables, le couvert végétal est faible et clairsemé, les réseaux hydrographiques sont denses, les pentes à grande dénivellation sont fortes et les vallées sont encaissées, en plus de l'exposition vers le Nord et le Nord-Ouest et une pluviosité importante et souvent intense. Ce concours de circonstances géoclimatiques est à l'origine de crues avec des écoulements à grande vitesse et à très forts débits par rapport aux modules moyens. Ces événements de crues sont fréquents et répétitifs dans les vallées et leurs impacts sont considérables et toujours visibles sur les voies de communication, les terrains agricoles et les bâtiments (figure 12).



Figure 12 : Habitations de la vallée de l'Ourika endommagées par la crue du 17 août 1995

La bonne gestion de ces eaux d'écoulement extrêmes conduira à bien les maîtriser pour en tirer les profits souhaités. Maîtriser cet excès d'eau passe par sa rétention derrière des digues et des barrages de stockage et d'écrêtement de crue. Plusieurs aménagements de cette nature ont été mis en place, tout comme divers canaux d'irrigation et autres petits aménagements hydrauliques; ce qui s'est répercuté sur l'utilisation anthropique des eaux superficielles. Ainsi, les populations ont pu aisément, et d'une façon continue, dériver les eaux des oueds pour des fins domestiques et agricoles. Ceci a favorisé les conditions naturelles offertes à l'irrigation avec des possibilités de cultures pérennes dans la région et l'irrigation gravitaire des terrains cultivés et des vergers qui parsèment les vallées et les piémonts des montagnes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARESMOUK M. E. (2001) – Gestion de situations de crise en périodes de crues exceptionnelles au niveau de la région hydraulique du Tensift. Thèse d'Ingénieur en Chef, Marrakech, 153 p.
- BOUKRIM S. et FNIGUIRE F. (2007) – Etude dynamique et statistique des crues du Haut Atlas de Marrakech (Maroc). Cas des bassins versants du N'Fis, de la Ghiraya et de l'Ourika. Mémoire de maîtrise, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 56 p.
- DUCLAUX A. (2005) – Modélisation hydrologique de 5 Bassins Versants du Haut-Atlas Marocain avec SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Mémoire du diplôme d'Ingénieur Agronome de l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon. 53 p.
- INGEMA, SOCIÉTÉ MAGHRÉBINE D'INGÉNIERIE (1996) – Aménagements hydrauliques pour la protection de la vallée de l'Ourika contre les crues. Rapport d'étude, Rabat. 245 p.
- JICA, AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE (2001) – Etude du plan directeur sur le système de prévision et d'alerte aux crues pour la région du Haut Atlas (Maroc). Rapport d'étude pour la Direction Générale de l'Hydraulique, Rabat. 350 p.
- JUILLERAT M. (2004) – Etude hydrologique comparative de 5 bassins versants du Haut Atlas marocain". Rapport de stage du projet Sudmed-IRD, Université de Franche-Comté, Besançon et Faculté de Sciences et Techniques, Marrakech. 69 p.
- RAMROMI A. (2007) – Les crues en zone montagneuse semi aride. Le cas des bassins du R'Dat et du Zat (Haut Atlas, Maroc), Mémoire de maîtrise, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech, 46 p.
- SAIDI M. E., DAOUDI L., ARESMOUK M. E., BLALI A. (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*, Volume 14-2, 107-114.

SAIDI M. E., AGOUSSINE M., DAOUDI L. (2006). Effet de la morphologie et de l'exposition sur les ressources en eau superficielle de part et d'autre du Haut Atlas (Maroc); exemple des bassins versants de l'Ourika et du Marghène. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, section Sciences de la Terre n° 28, Rabat, 41-49.

SAIDI M.E., DAOUDI L., ARESMOUK M.E.H, FNIGUIRE F., BOUKRIM S. (2010). Les crues de l'oued Ourika (Haut Atlas, Maroc): Événements extrêmes en contexte montagnard semi-aride. *Comunicações Geológicas*, t. 97, Lisbonne, pp. 113-128.