

# **EFFETS D'UN AMENAGEMENT ANTI-EROSIF EN PIERRES SECHES SUR LA VIOLENCE ET LA FORME DES CRUES : LE BASSIN VERSANT DE L'OUED ZIOUD, TUNISIE.**

**Bergaoui Mohamed<sup>1</sup> et Albergel Jean<sup>2</sup>**

1- Maître Assistant, IRESA, 30 rue Alain Savary, 1002 Tunis, Tunisie

2- Directeur de Recherche, IRD, B.P. 434, 1004 Tunis El Menzah, Tunisie

## **Résumé**

L'étude des bilans hydrologiques sur des petits bassins versants expérimentaux permettent de mettre en évidence des différences de comportement en fonction des modifications réalisées sur les versants et dans le réseau hydrographique.

Les terres de la zone méditerranéenne sèche subissent une forte dégradation depuis les temps historiques en relation avec les importants déboisements qu'elles ont connus. Dans le domaine montagneux, les efforts de reboisement, malgré leur importance, apparaissent insuffisants pour réhabiliter les milieux et diminuer les fortes crues responsables de gros dégâts en aval.

Les aménagements de versants en murets de pierre sèche et le traitement des ravines par des comblements en pierre sont conseillés pour stabiliser les têtes de bassin et réduire les écoulements.

A l'échelle du bassin d'une ravine (780 ha) dans la zone forestière du Djbel Semama, dans la région Centre de la Tunisie, a été testé un aménagement intégré comprenant : des mises en défens, des cordons pierreux isohypses et le traitement des ravines. Les critères d'efficacité ont été limités aux paramètres hydrologiques mesurés à l'exutoire : ruissellement, érosion, forme des crues. Pour ce faire, on a comparé les bilans hydrologiques annuels, la forme et la violence des crues après et avant la mise en place de l'aménagement (1987-89). Pour comparer les crues sur les deux périodes, celles ci ont été discrétisées sur un petit pas de temps, 5 minutes, et superposées en prenant l'origine des temps au maximum de la crue. On a défini pour chaque période plusieurs crues caractéristiques : la crue moyenne, la crue enveloppe et les crues de centiles 0,1 et 0,9. L'étude de l'évolution dans le temps des hydrogrammes de crues montre que la diminution globale du ruissellement généralisé pour les faibles pluies est accompagné par un écrasement des débits de pointes et un allongement du temps de base de la crue.

**Mots clés :** Tunisie, Bassin versant, aménagement intégré, ruissellement, érosion.

## INTRODUCTION

Les versants des bassins hydrologiques du sud de la Méditerranée ont connu un important déboisement depuis l'antiquité, et, avec l'extension de l'agriculture et de l'élevage, une dégradation du milieu. Les sols fertiles disparaissent sous l'emprise de l'érosion hydrique (10 000 ha/an d'après le Ministère de l'Agriculture de Tunisie), la végétation naturelle s'amenuise (Pontanier et *al.*, 1995). Pour protéger les sols et augmenter l'efficacité agricole des pluies, de nombreux aménagements sont mis en place en fonction de la topographie, du climat local et de l'occupation des sols (El Amami 1983 ; Prinz 1995 & 1996).

Les recherches les plus récentes sur les petits bassins versants expérimentaux visent à mieux connaître le cycle de l'eau et des matières transportées (Dieter G. 1994) afin de dégager les règles de bonne gestion des terroirs en considérant les modes d'entretien du sol limitant les risques de ruissellement et d'érosion (Rémy J.-C. & Le Bissonnais 1998). En Tunisie centrale, d'importantes superficies agricoles ou pastorales sont sur des sols pentus, leur teneur en matière organique est faible, parfois inférieure à 1 %, les intensités de pluie peuvent être très fortes et dépasser 100 mm/h en cinq minutes. Les conséquences de cette agressivité pluviométrique sur les sols peuvent donc être catastrophiques (Albergel & Rejeb 1997).

Dans ces zones semi-arides, où une utilisation rigoureuse de l'eau et des sols est indispensable, le gouvernement tunisien a mis en place une stratégie décennale pour la mobilisation des eaux de surface et la protection des terres en pente : constructions de réservoirs d'eau (barrages, lacs colinéaires, etc.) et aménagement intégré des versants.

La construction d'ouvrages anti-érosifs (banquettes, cordon pierreux) sur les pentes fortes des versants et le traitement des ravines sont les solutions retenues ici. Dans la zone montagneuse du bassin versant d'Ezioud, bassin expérimental, un aménagement en cordons pierreux a été réalisé dans le but de freiner l'écoulement de surface et de réduire l'érosion hydrique.

Cette communication présente une méthode simple de test de l'efficacité d'un aménagement. Son but est de quantifier l'effet des aménagements sur le comportement hydrologique du bassin versant. La démarche suivie a été de privilégier les observations de crues faites à l'exutoire et de comparer statistiquement les paramètres hydrologiques des crues avant et après l'aménagement sur un bassin versant de 7,8 km<sup>2</sup>, superficie à partir de laquelle la relation "pluie - débit" est plus difficile à étudier en raison de l'hétérogénéité spatiale des précipitations et des problèmes de calage entre observations pluviographiques et limnigraphiques. Sur le site d'Ezioud, les conséquences de l'aménagement sur cette relation a été étudiée sur des micro-bassins (aire  $\cong$  1 ha) en amont de celui étudié dans ce papier (Bergaoui & Camus, 1995).

## METHODES ET DONNEES

### Comparaison des paramètres de crues avant et après aménagement

#### *Analyse et choix des crues*

Toutes les crues observées à l'exutoire du bassin versant sont représentées graphiquement après critique et traduction des limnigrammes. Au vu du tracé des hydrogrammes, les crues sont classées en deux groupes :

- **Groupe 1:** Crues à pointe unique provenant d'une averse de courte durée présentant de fortes intensités
- **Groupe 2:** Crues à pointes multiples provenant d'une averse à pointes multiples ou d'averses séparées.

Parmi 235 crues bien observées, générées par des pluies ayant engendré un ruissellement généralisé sur tout le bassin, nous avons choisi les crues du premier groupe, soit un total de 71 crues. Les hydrogrammes choisis présentent la forme générale d'une courbe dissymétrique que l'on divise comme suit:

- la courbe de concentration des eaux,
- la pointe de crue,
- la courbe de décrue.

L'allure de la courbe de concentration dépend de plusieurs facteurs : de la durée et des hétérogénéités spatiale et temporelle de la pluie, de la superficie du bassin, de l'état d'humidité préalable du sol (cas des séquences pluvieuses). Cette courbe est caractérisée par le temps de montée et le débit maximum (Ven Te Chow, et al. 1988).

Le temps de montée varie entre 10 et 70 mn pour les hydrogrammes considérés. Ces valeurs de temps de montée sont caractéristiques de ces crues averses orageuses.

On désigne sous le nom de "pointe ou crête" de l'hydrogramme la zone comprise entre le point d'inflexion de la courbe de montée et celui de la courbe de décrue. La pointe de l'hydrogramme survient peu après la fin de l'averse, avec un retard qui dépend à la fois des caractéristiques hydriques du bassin et de la durée de l'averse. Le débit maximum, pour ces crues, varie de 0,708 m<sup>3</sup>/s à 35,6 m<sup>3</sup>/s (crue du 24/10/1984).

La courbe de décrue traduit l'écoulement de l'eau accumulée dans le bassin après la réduction ou la cessation d'apport d'eau météorique, son allure est fonction uniquement des caractéristiques physiques du réseau hydrographique. Cette courbe définit le temps de base de la crue qui varie entre 40 et 265 mn.

#### *Etablissement des hydrogrammes caractéristiques pour une période donnée*

Les données hydrométriques sont saisies en continue et dépouillées à pas de temps irrégulier. La pointe de crue est repérée exactement sur l'enregistrement limnigraphique.

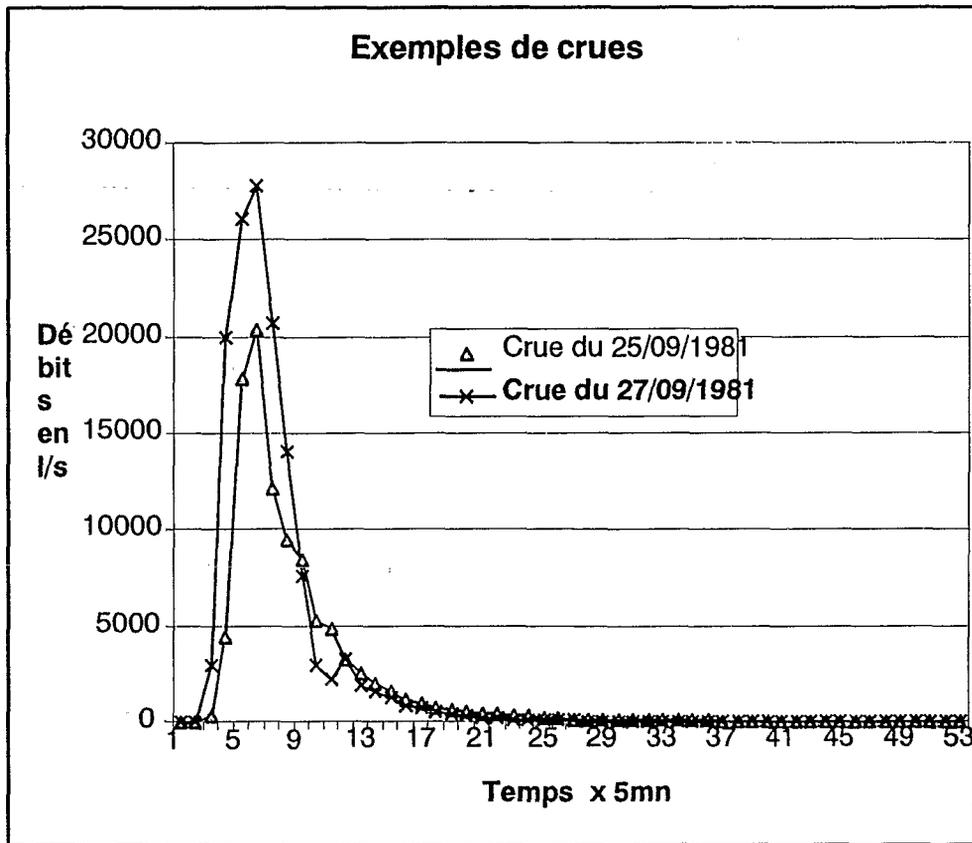
A partir du maximum de la crue ( $Q_m$ ) les courbes de montée des eaux et de décrue sont discrétisées sur un pas de temps fixe égale à cinq minutes.

Pour une période donnée, toutes les crues sélectionnées sont superposées sur un même graphique représentant le débit en fonction du temps et en prenant pour origine des temps le maximum de la crue. La figure 1 montre le traitement pour deux crues de l'année 1981.

A chaque pas de temps, on calcule le débit moyen, le débit maximum et différents quantiles pour l'ensemble des événements retenus. On construit l'hydrogramme moyen de la

période considérée en reliant tous les points de débits moyens et l'hydrogramme enveloppe en reliant tous les points de débits maximums. De la même manière il est possible de définir un hydrogramme caractéristique pour un quantile choisi. Dans notre étude, nous avons choisi comme hydrogrammes caractéristiques : l'hydrogramme enveloppe, l'hydrogramme moyen et les hydrogrammes correspondant aux quantiles 10, 50 et 90 %.

**Figure 1 : Traitement et superposition des crues.**



*Choix des périodes de la comparaison pour mettre en évidence l'impact des aménagements*

Sur chaque hydrogramme type (enveloppe, moyen et des trois quantiles choisis) on détermine les paramètres suivant, débit de pointe ( $Q_m$ ), Volume de la crue ( $V_r$ ), Temps de montée et temps de base. On dira que l'hydrogramme type est différent entre deux périodes, si l'un de ces paramètres a significativement changé : écart relatif supérieur à 10%.

Quatre périodes ont été définies, deux périodes bleues avant aménagement d'égale durée : 1976-1981 avec 17 crues retenues suivant les critères définis ci dessus, 1982-1986 avec 26 crues ; une période blanche correspondant à la mise en place des aménagements : 1987-1989 avec 11 crues et enfin une période rouge d'après les aménagements : 1990-1994 avec 14 crues.

On dira que l'aménagement a un effet sur un paramètre de la crue si celui ci n'a pas varié significativement entre les deux périodes bleues et qu'il a pris une valeur nettement différente dans la période rouge.

## Données géographiques

Le bassin versant de l'oued Ez-Zioud est le sous-bassin le plus important du bassin de l'oued El Hissiane dans le Djebel Semmama, en Tunisie Centrale non loin de Sbeitla. La figure 2 présente la carte de situation.

Le paysage général est celui des Hautes Steppes de Tunisie Centrale, où des massifs montagneux dominant un système de glacis ou de plaines alluviales façonnées à l'ère quaternaire. Le massif du djebel Semmama (1314m), comme beaucoup de djebels de cette région, est le siège d'une érosion hydrique très forte qui tend à donner aux oueds une forme caractéristique par leur encaissement et leurs nombreuses ramifications. Ceux-ci débouchent sur un glacis de piedmont qu'ils entaillent fortement jusqu'à venir s'épandre dans les basses plaines.

Les affleurements calcaires du crétacé inférieur et moyen forment la ligne de partage des eaux des bassins et occupent une importante partie amont. Ils surmontent des formations détritiques grossières. Les formations quaternaires occupent les parties aval. Elles sont constituées de dépôts continentaux de sables, limons et argiles, surmontés d'une puissante croûte calcaire (quaternaire ancien), de croûtes et encroûtements calcaires variés (quaternaire moyen) et de dépôts éoliens et alluviaux (quaternaire récent) (Riaucourt 1979).

Le climat dominant est de type méditerranéen semi-aride, avec une pluviométrie de l'ordre de 350 mm par an. Les chutes de pluies sont essentiellement générées par des orages d'automne et de printemps et par quelques pluies d'hiver. Les contrastes thermiques sont importants, tant au niveau des saisons, été très chaud (la température maximale moyenne du mois d'août à Sbeitla atteint 34 °C) et hivers rigoureux (la température minimale moyenne du mois de janvier à Sbeitla atteint 3,4 °C). Le régime général des vents est régi par le déplacement de l'anticyclone saharien (le sirocco est un vent sec et chaud porteur de poussière en été), de l'anticyclone des Açores sur l'atlantique et les déplacements des masses d'air froid venant d'Europe.

Les sols subissent une très forte érosion hydrique Ils sont de deux types, en fonction de la situation géomorphologique et du matériau dans lequel ils développent (Delhoume 1981 ; 1985) :

- les sols de surfaces structurales, sur les calcaires dur du Crétacé qui forment le flanc sud-est de l'anticlinal constituant le djebel Semmama où l'on observe un sol calci-magnésique de type rendzine ;
- les sols des versants.

Par suite de l'enfoncement progressif du réseau hydrographique, les surfaces structurales sont entaillées par des oueds ayant donné naissance à des vallées très encaissées. Leurs versants sont recouverts par une couche de colluvions provenant de l'érosion des sols et des surfaces structurales, dans laquelle se sont développés des sols calci-magnésiques de type brun calcaire.

La répartition des groupements végétaux du djebel SEMMAMA est la résultante du bioclimat et de l'action humaine (Joffre 1978). Pour chaque groupement rencontré, il existe plusieurs stades de dégradation (diminution du recouvrement de la strate arborée, apparition de taches sans végétation). Le couvert naturel est principalement constitué par des forêts de pins d'Alep plantés ou des maquis à genévriers.

Figure 2 a : Carte de la Tunisie avec la localisation du bassin versant de l'oued Zioud.

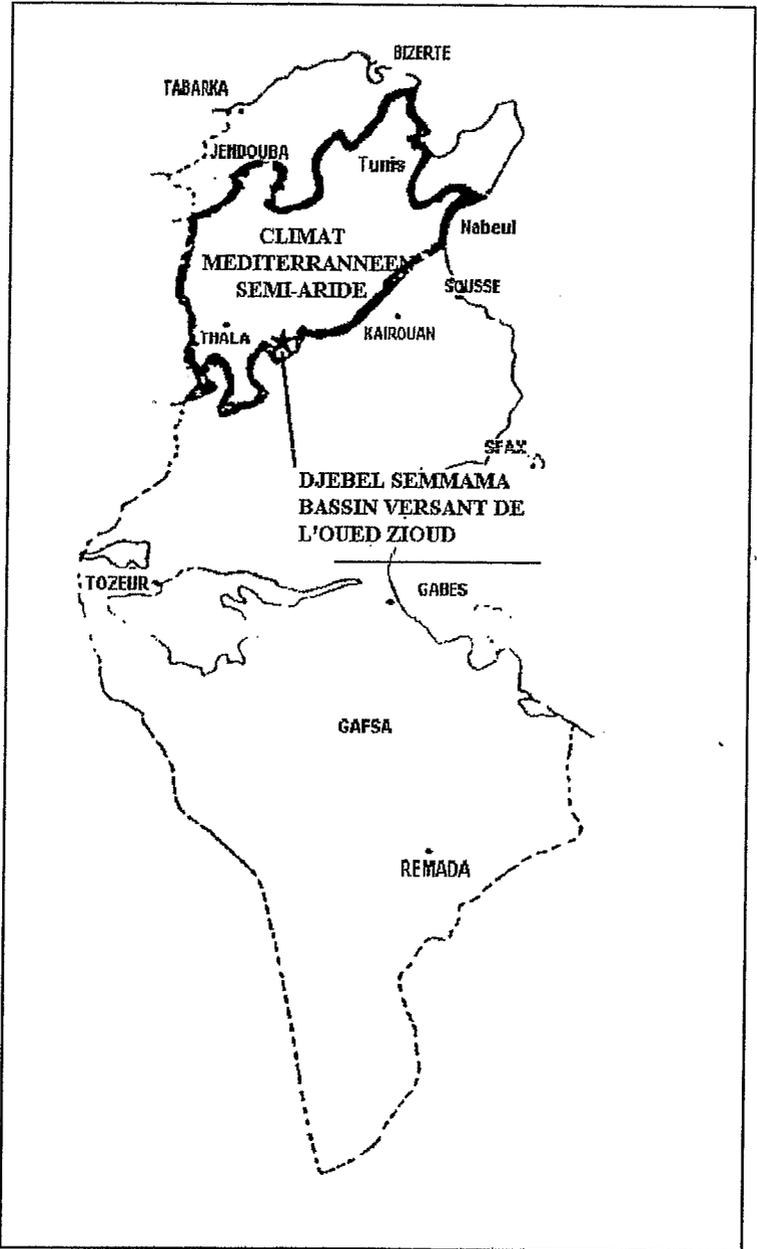
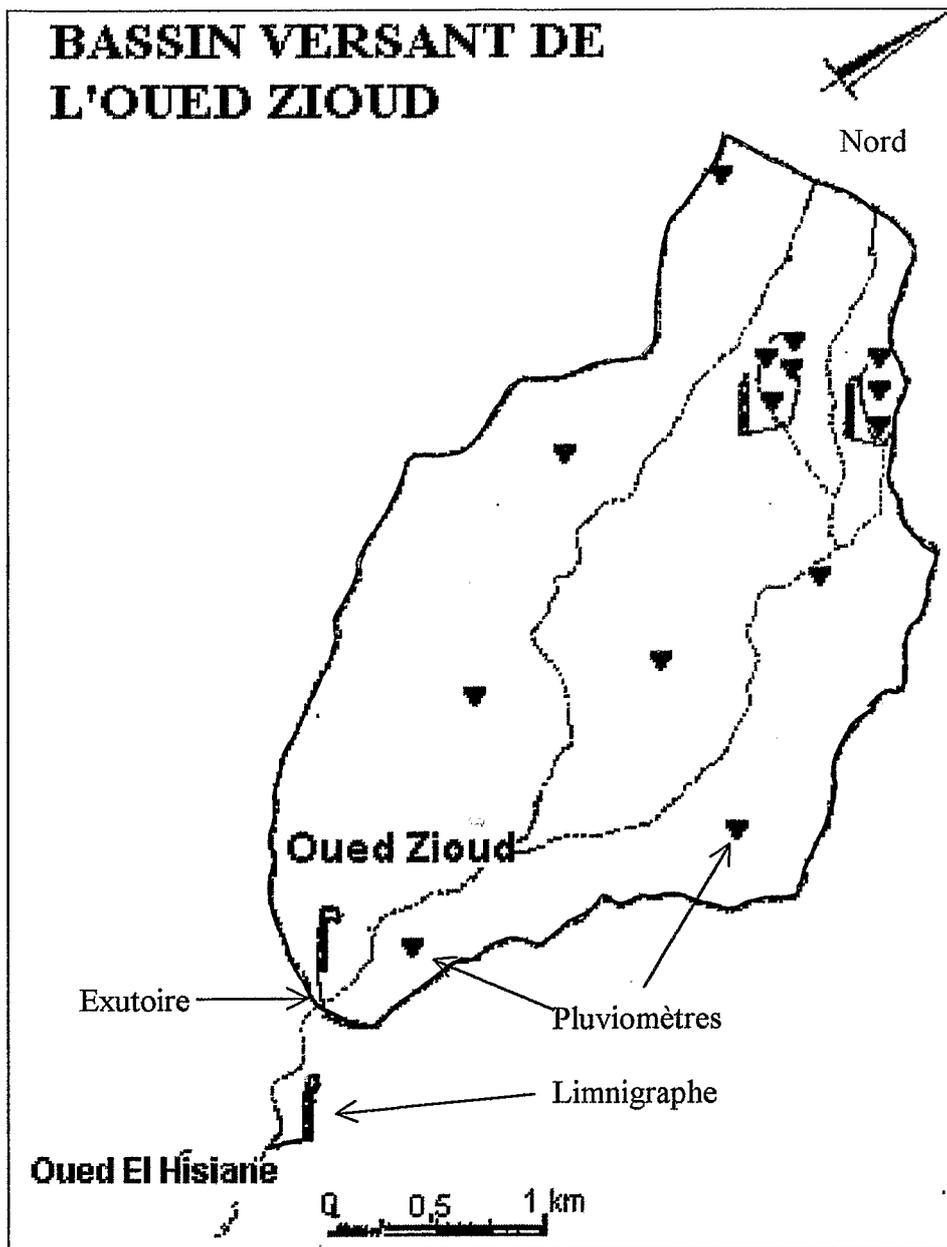


Figure 2 b : Equipements pluviométrique et hydrométrique du bassin versant de l'oued Zioud.



Les caractéristiques physiques du bassin versant de l'oued Ez-Zioud sont résumées dans le tableau 1. Il s'agit d'un bassin versant allongé, d'altitude s'étalant entre 772 et 1250 m. Il présente un relief accidenté avec une forte déclivité entre 1250 et 1100 m. On atteint l'altitude 900 m par de longs glacis à pente concave puis l'exutoire à 772m par une série d'accidents topographiques et de fortes pentes convexes et fortement entaillées par une érosion en ravines.

Les écoulements sont rapides et brutaux, ils apparaissent pour un très faible montant pluviométrique. Les hauteurs minimales d'averses génératrices d'écoulement (partiel ou généralisé) sont de l'ordre de 1 à 1,5 mm en 5 minutes, soit une intensité de 12 à 15 mm/h, avec une hauteur d'averse minimale de 7mm. Ce seuil peut être abaissé très sensiblement dans le cas de séquences pluvieuses de plusieurs jours, compte tenu de l'humectation préalable du sol. Le prolongement dans le temps et dans l'espace de telles averses peut générer alors des volumes d'eau considérables. L'averse génératrice d'écoulement de récurrence décennale, calculée avant aménagement, aurait une durée de 320 minutes et une intensité en 5 minutes égale à 129 mm/h. (Bergaoui & Camus 1994).

**Tableau 1: Caractéristiques morphométriques du bassin de l'oued Ez-Zioud**

Surface	A = 7,74 Km <sup>2</sup>
Périmètre	P = 12,3 Km
Indice de compacité	Kc = 1,24 ⇒ bassin assez allongé
Dimensions du rectangle équivalent	L = 4,32 Km l = 1,79 Km
Indice de pente de Roche	Ip = 0,0252
Indice de pente globale	I <sub>G</sub> = 59 m/Km
Dénivelée spécifique	D <sub>s</sub> = 21,2 m ⇒ relief faible
Altitude moyenne	H <sub>moy</sub> = 1011,2 m
Altitude maximale	H <sub>max</sub> = 1250 m
Altitude minimale	H <sub>min</sub> = 772,5 m
Altitude limitant 5% de la surface	H 5% = 1205
Altitude limitant 95% de la surface	H 95% = 800 m
Dénivelée H5% - H95%	D = 225 m

### Données hydrologiques

La station de l'oued EZ-ZIOUD appelée également " Station Est " contrôle un bassin versant de 7,74 kilomètres carrés. Elle est située à quelques 860 mètres au nord-ouest de la station de l'oued El Hissiane et comprend :

- une batterie d'échelle de 0 à 5,0 m, composée de 5 éléments de 1,0 m installés en rive gauche ;
- un limnigraphe OTT type X, installé sur une buse d'un diamètre de 400 mm en rive gauche et au droit des échelles.

Un seuil en béton de stabilisation du lit a été construit. Des mesures de débits au moulinet sont réalisées pour, pratiquement, chaque crue importante.

Du 11/1976 jusqu'au 10/1994, 235 crues ont été enregistrées, transformées en hydrogrammes et analysées. Sur chaque hydrogramme, les paramètres suivants ont été calculés :

- le volume de la crue ( $V_r$  (m<sup>3</sup>)) et hauteur de la lame ruisselée correspondante  $L_r$  (mm) (rapport entre le volume ruisselé et la superficie du bassin versant),
- le débit maximum de la crue ( $Q_{max}$  en m<sup>3</sup>/s),
- le débit spécifique ( $q$  en l/km<sup>2</sup>/s ou en mm/h),
- le temps de montée ( $T_m$  en mn),
- le temps de base ( $T_b$  en mn).

Les 235 événements enregistrés durant 20 années de mesures correspondent à 207 journées de pluie. La répartition des crues année par année est très variable (on passe de 7 crues en 1980-1981 à 19 crues en 1981-1982). Le tableau 2 montre la répartition des crues observées en fonction de leur lame ruisselée.

**Tableau 2 : Répartition de la lame ruisselée.**

$L_r$ (mm)	> 0	> 1,0	> 2,0	> 3,0	> 4,0	> 5,0	> 10,0
Nombre d'événements	235	45	20	10	5	3	0
% du total	100	19,15	8,5	4,25	2,12	1,27	0

Les hauteurs de la lame ruisselée s'échelonnent de  $L_r = 0,01$  mm à  $L_r = 8,5$  mm (crue du 15/09/1985). Durant la période d'étude, la lame ruisselée moyenne est de 0,64 mm, la lame ruisselée médiane est de 0,16 mm et la lame ruisselée moyenne interannuelle de 8,3 mm soit un coefficient de ruissellement annuel moyen de l'ordre de 3 %.

Nous avons réalisé le calcul des hydrogrammes caractéristiques sur des périodes de cinq années : deux périodes avant aménagement (périodes bleues) et une période après aménagement (période rouge). On distinguera également la période de deux années correspondant à la mise en palace de l'aménagement (1987-1989). On vérifiera sur les deux premières périodes que la variabilité naturelle du climat n'a pas d'effet significatif sur la forme de la crue et l'on appréciera l'influence de l'aménagement en comparant la troisième période aux deux premières.

### Les aménagements réalisés

L'aménagement anti-érosif du bassin versant Zioud a débuté en 1987, le plus gros des travaux a été achevé en 1989. Des travaux de consolidations et de finition se sont poursuivis jusqu'en octobre 1993.

Les traitements ont débuté par la construction de banquettes sur les versants et des barrages en pierres sèches dans le lit de l'oued sur la partie médiane et vers l'aval du bassin. Les eaux de ruissellement de la crue du 12 juillet 1989 ont été piégées par les premiers barrages qui ont débordé, puis rompu en cascade. A la suite de cet incident, la démarche des techniciens de la conservation des eaux et des sols a changé. L'aménagement des versants a précédé celui des lits d'oueds.

Les traitements en cordons en pierres sèches occupent 60% de la superficie totale du bassin versant et se situent dans les parties aux pentes les plus fortes et sur les accidents

topographiques. Les ravines actives ont été traitées par des empierrements formant des seuils et par des micro-barrages. Tout le bassin, situé dans une région à vocation de réserve naturelle forestière, a été mis en défens en 1987 avec le début des travaux d'aménagement.

L'objectif de ces aménagements en pierres sèches est de ralentir le ruissellement et de permettre le stockage des matières en suspension. Les cordons, disposés suivant les courbes de niveau jouent un rôle de frein hydraulique en augmentant la rugosité des versants. Les seuils dans les ravines sont destinés à stabiliser la pente et les bords d'arrachement, ils ralentissent le flux d'eau sans le stopper. Ce sont des seuils poreux qui libèrent une partie de l'écoulement en réduisant ses forces dynamiques et hydrostatiques.

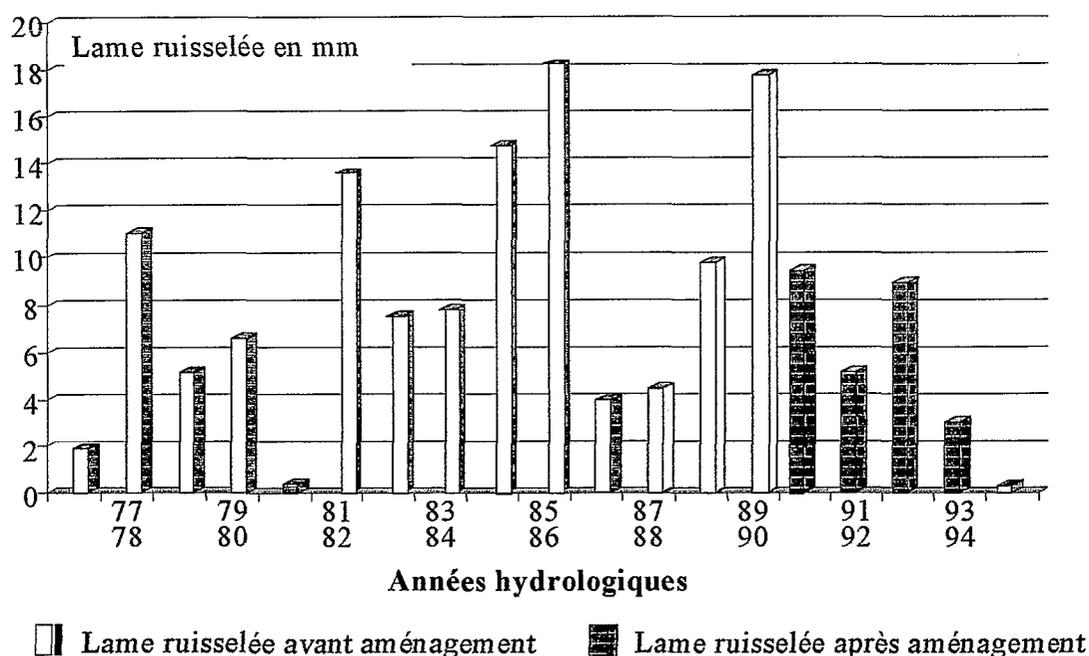
Ces aménagements de petits bassins versants de montagne sont réalisés suivant les normes définies par le guide de conservation des eaux et du sol (Cherif *et al.* 1995).

## RESULTATS

### Régime hydrologique observé sur le bassin versant du Zioud

Le graphique 3 montre les valeurs de la lame ruisselée enregistrée durant les années d'étude.

Figure 3: Lames ruisselées annuelles.



La répartition de la lame ruisselée, année par année, est très variable. On passe d'une lame ruisselée de 18,2 mm en 1985-1986 à une lame de 3,9 mm l'année suivante. Pour l'année correspondant au maximum de ruissellement, la crue du 15/ 9/ 85 a contribué pour 46,7 % au ruissellement total annuel.

L'examen rapide des lames ruisselées annuelles ne montre pas une différence entre les périodes avant, durant ou après l'aménagement. La variabilité climatique paraît dominer sur l'effet de l'aménagement.

parfois des superficies assez importantes. Ces averses ne se produisent que sur des sols pratiquement nus favorisant en premier lieu le ruissellement.

- Chaque mois il y a des crues bien individualisées qui participent de manière importante au ruissellement.
- L'effet de l'aménagement ne ressort pas non plus de l'observation des lames ruisselées à l'échelle mensuelle.

## Comparaison des crues caractéristiques

### Résultats sur les crues enveloppes

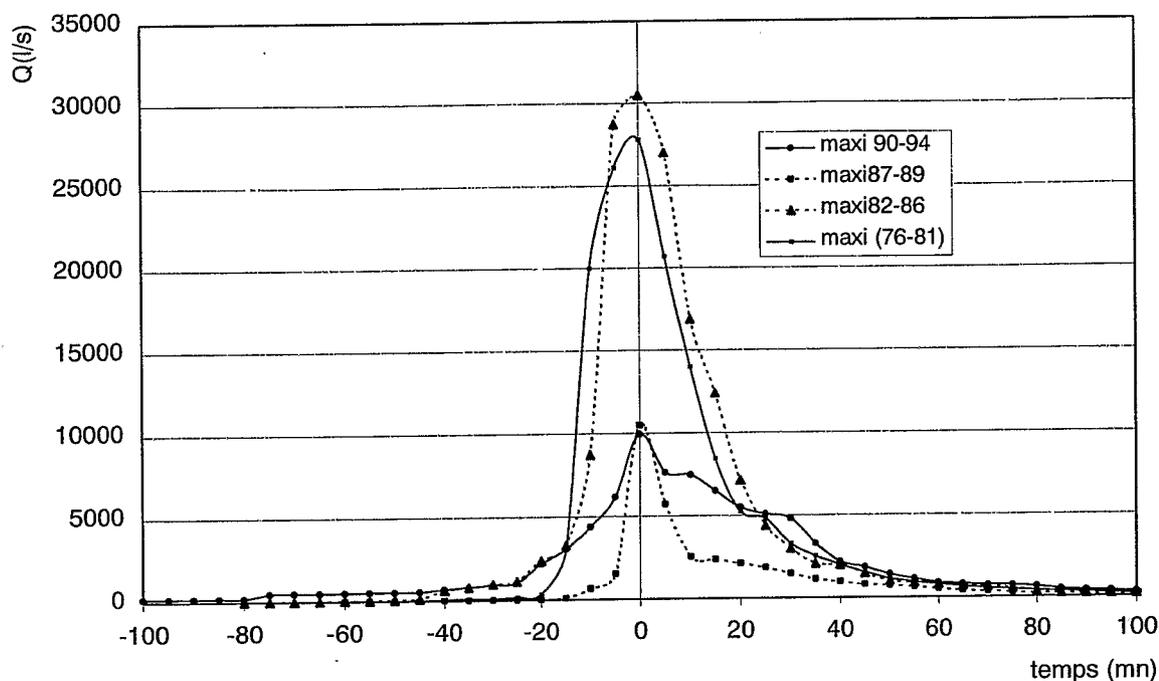
Le tableau 4 donne les valeurs des paramètres des crues enveloppes avant aménagement du bassin (période bleue), pendant l'aménagement (période blanche) et après l'aménagement (période rouge). Sous chaque paramètre est exprimé, en pourcentage, le rapport des valeurs observées à celle de la période rouge, après aménagement.

L'examen du tableau 4, plus particulièrement des rapports relatifs à la période après aménagement, permet de constater que les débits de pointe sont fortement écrêtés et que le volume de crue diminue significativement. Les temps de montée et de base crues sont également affectés par l'aménagement et sont multipliés quasiment par deux. La figure 4 compare cette crue caractéristique pour les différentes périodes.

**Tableau 4 : Comparaison des paramètres des hydrogrammes enveloppes.**

Numéro des colonnes		Période bleue		Période blanche	Période rouge
		1	2	3	4
Paramètres	Symboles	1976-81	1982-86	1987-89	1990-94
Débit maximal en l/s	Q <sub>max</sub>	27 800	30 500	10 500	9 960
Rapports colonnes 1/4 à 4/4	R en %	279	306	105	100
Volume de crue en Mm <sup>3</sup>	Vol	44,26	50,92	11,10	27,50
Rapports colonnes 1/4 à 4/4	R en %	161	185	40	100
Temps de montée en mn	T <sub>m</sub>	60	70	60	150
Rapports colonnes 1/4 à 4/4	R en %	40	47	40	100
Temps de base en mn	T <sub>b</sub>	285	265	330	575
Rapports colonnes 1/4 à 4/4	R en %	50	46	57	100

**Figure 4 : Superposition des hydrogrammes enveloppes.**



**Résultats sur les crues du centile 0,9**

Pour les crues de centiles 0,9, que l'on peut qualifier de fortes crues, on remarquera (tableau 5) qu'après aménagement le débit maximum est égal à 60 % du débit maximum de la première période bleue ou 87 % de la seconde. Les volumes ruisselés des périodes 76-81 et 90-94 n'ont pas changé significativement, par contre les temps caractéristiques se sont rallongés.:

**Tableau 5 : Comparaison des paramètres des hydrogrammes centile 0,9**

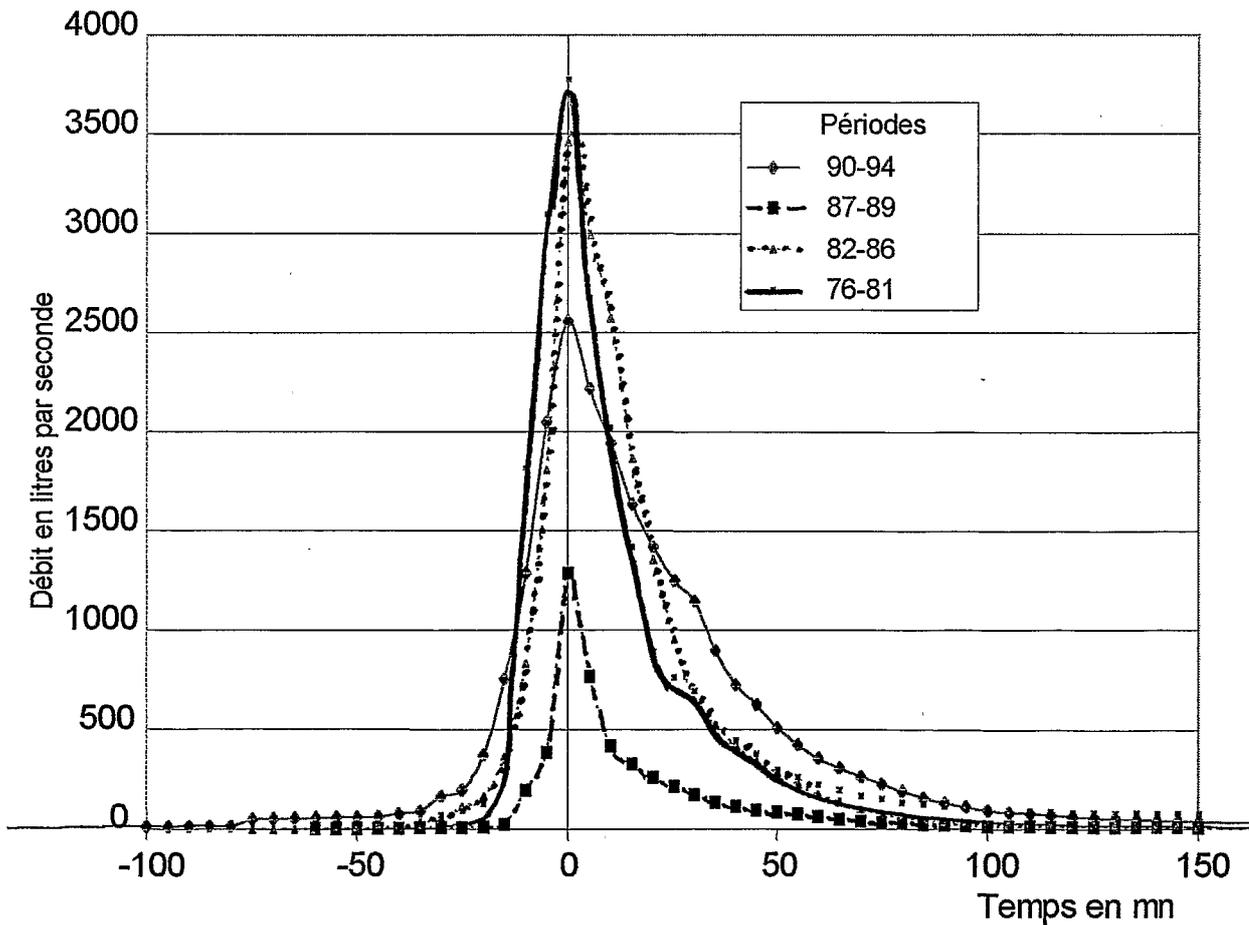
Symbole	Période bleue		Période blanche	Période rouge
	76-81	82-86	87-89	90-94
Qmax	10 488	7 400	1 700	6 432
R en %	163	115	26	100
Vol	16,5	13,4	2,14	17,3
R en %	95	77	12	100
Tm	60	60	50	75
R en %	80	80	67	100
Tb	275	250	290	360
R en %	76	69	81	100

*Résultats sur les crues moyennes*

**Tableau 6 : Comparaison des paramètres des hydrogrammes moyens.**

Symbole	Période bleue		Période blanche	Période rouge
	76-81	82-86	87-89	90-94
Q <sub>max</sub>	3 720	3 460	1 290	2 560
R en %	145	135	50	100
Vol	5,85	5,94	1,49	7,15
R en %	82	83	21	100
T <sub>m</sub>	60	75	60	155
R en %	39	48	39	100
T <sub>b</sub>	290	270	330	580
R en %	50	47	57	100

**Figure 5 : Superposition des hydrogrammes moyens.**



Les pointes de crues sont plus faibles dans la période rouge, tandis qu'elles sont équivalentes dans les deux périodes bleues. Le volume de la crue moyenne n'est pas affecté par l'aménagement alors que les temps de montée et de base sont nettement plus longs après aménagement (période rouge).

#### *Résultats sur les crues du centile 0,1*

Dans la période rouge, le nombre de petites crues diminue de manière importante. La période rouge va se caractériser par des crues centiliques 0,1 plus fortes que dans les périodes bleues. Les faibles précipitations ne donnent plus d'écoulement généralisé.

**Tableau 7: Comparaison des paramètres des hydrogrammes du centile 0,1**

Symbole	Période bleue		Période blanche	Période rouge
	76-81	82-86	87-89	90-94
Qmax	37	45	23	54
R en %	69	83	43	100
Vol Mm <sup>3</sup>	0,05	0,07	0,06	0,13
R en %	38	54	46	100
Tm	15	25	15	25
R en %	60	100	60	100
Tb	85	110	125	160
R en %	53	69	78	100

## CONCLUSION

Cette étude montre que sur une période de cinq années, un aménagement complet de bassin versant ne montre pas d'effet sur le volume annuel ruisselé. La variabilité climatique gomme l'impact de l'aménagement. Il faudrait, peut être, des observations plus longues pour avoir des moyennes plus représentatives des apports en eau du bassin versant.

Par contre, lorsqu'on les analyse individuellement, l'aménagement affecte toutes les crues. On assiste à la disparition d'écoulements généralisés pour les faibles pluies, alors qu'avant l'aménagement, 5 mm de pluie était suffisant pour donner une crue à l'exutoire. Les crues les plus faibles observées (celles proches d'un centile 0,1) sont plus importantes (volume, débit de pointe) après aménagement mais elles correspondent à des pluies qui donnaient de fortes crues pendant la période bleue (76-86), avant aménagement du bassin versant.

Les crues moyennes, surtout les plus fortes, ont été nettement modifiées. Le volume et les pointes de crues ont diminué (réduction de 50% environ), les temps caractéristiques se sont allongés avec l'augmentation de la rugosité induite sur les versants par les murets en

pierres sèches et par les freins hydrauliques à la propagation de la crue que représentent les traitements en gabions des ravines.

La forme des crues et les coefficients de ruissellement sont affectés par l'aménagement. Une analyse stochastique des crues observées a montré un aplatissement et un allongement des hydrogrammes. Ces modifications doivent apparaître dans une modélisation de la transformation pluie-débit où les fonctions de production et de transfert doivent avoir des paramètres caractérisant les divers périodes. Malgré un dispositif pluviographique important, il ne nous a pas encore été possible d'analyser les relations pluie -débits. L'homogénéisation des banques de données pluviographiques est longue et difficile et les nombreux décalages en temps entre pluviographes et limnigraphes sont difficiles à corriger. Ce premier travail statistique sur la forme des crues à partir de la banque de données des écoulements est un préalable à la modélisation. Il nous a permis d'apprécier et de quantifier les modifications du régime hydrologique induites par l'aménagement anti-érosif du bassin versant.

A l'heure où les aménagements de bassins versants se multiplient, il est possible de proposer cette méthodologie pour apprécier leur efficacité. Sur des plus grands bassins, contrôlés par le réseau hydrographique national, il serait intéressant de vérifier l'applicabilité de la méthodologie en utilisant un pas horaire pour les crues.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL J. & REJEB N., 1997. Les lacs collinaires en Tunisie : Enjeux, contraintes et perspectives. Comptes rendus à l'Académie d'Agriculture de France. Vol 83 n°2 (1997) 77(2)-88(2) et 101(2)-104(2).
- BERGAOUI M. et CAMUS H., 1994. Etude statistique des averses sur le bassin versant de l'oued Ezioud. *Les annales Maghrébines de l'Ingénieur. Vol. 8, n°2, octobre 1994.* Tunis
- BERGAOUI M. et CAMUS H., 1995. Impact des travaux anti-érosifs sur les crues et le transport solide en Tunisie centrale. Sécheresse, 1995, pp :113-126. Science et changement planétaire . » l'Homme peut-il refaire ce qu'il défait ».
- CHERIF B., MIZOURI M., AOUINA M, KHALDI R. et LARIBI M., 1986. Guide de conservation des eaux et des sols. *Proj.PNUD /86 /FAO TUN/86/020.min.Agr. Tunis,* 274p.
- CHOW V.T., MAIDMENT D.R., MAYS L.W., 1988. Applied hydrology. *Mc Graw-Hill.Ed. Singapore,* 572p.
- DELHOUME J.P., 1981. Etude du milieu méditerranéen semi-aride, ruissellement et érosion en zone montagneuse de Tunisie Centrale (Djebel Semmama). résultats 1975 à 1979. ORSTOM.
- DELHOUME J.P., 1985. Etude du milieu méditerranéen semi-aride, ruissellement et érosion en zone de piedmont de Tunisie Centrale (Djebel Semmama). résultats 1976 à 1982. ORSTOM.
- DIETER GOMER., 1994. Ecoulement et Erosion dans les petits bassins versants à sol marneux sous climat semi-aride méditerranéen. Thèse de l'Université de Karlsruhe 1994. Pp: 207.

- EL AMAMI S., 1983. Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. CRGR, Tunis, Tunisie.
- JOFFRE R., 1978. Notice des cartes de la végétation du bassin versant de l'oued el Hassiane (centre Tunisien), Tunis, mission ORSTOM, multigr. 35p.
- PONTANIER R., M'HIRI A., ARONSON J., AKRIMI N., LE FLOC'H E., 1995. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait. Libbey J. (ed), *Colloque et congrès « Science et changement planétaire / sécheresse »*. AUPELF UREF, Min. de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire, Min. de l'Agriculture, Secrét. d'Etat à la recherche scientifique et à la technologie, ORSTOM.
- PRINZ D., 1995. Water harvesting in the Mediterranean environment. Its past role and future prospects. In Tsiourtis N. (ed), water resources management in the Mediterranean under drought or water shortage conditions. Proceedings, International Symposium, Nicosia, Cyprus 14-18/03/1995, pp. 135-144, Balkema, Rotterdam.
- PRINZ D., 1996. Water harvesting. History, techniques and trends. Z. f. Bewässerung -

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

Bergaoui, M.; Albergel, J. - Effets d'un aménagement antiérosif en pierres sèches sur la violence et la forme des crues : le bassin versant de l'Oued Zioud, Tunisie, pp. 23-38, Bulletin du RESEAU EROSION n° 20, 2000.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)