

NOTE D'INFORMATION SUR LES ETUDES RELATIVES A L'EROSION MENEES PAR L'ORSTOM EN TUNISIE.

par Henri CAMUS

Hydrologue, directeur de recherche ORSTOM

1 - QUELQUES MOTS D'HISTORIQUE.

Dans le cadre d'un accord de coopération entre l'ORSTOM et le Ministère de l'Agriculture, représenté par la Direction des Ressources en Eau et la Direction des Ressources en Sol, il avait été décidé, dès 1973, de développer un programme commun sur bassins versants (de quelques hectares à 15 km²) et sur parcelles (de 100 à 3000 m²), représentatifs de trois types de climat méditerranéen (cf.fig.1). Dans le Nord, en climat sub-humide, 750 à 1000 mm de pluie/an des études ont été faites sur le bassin de l'oued Sidi Ben Naceur (IBIZA, 1985, DELHUMEAU, 1981) ; dans le centre, en climat méditerranéen semi-aride, 220 à 350 mm de pluie/an, des études ont été - et sont encore menées - sur le bassin versant de l'oued El Hissiane (GIRARD, 1981, puis CAMUS et Al, 1982, 1986, 1987, 1988, 1990), et sur sa zone de piémont (parcelles [DELHOUME 1979, 1981] et micro-bassin de Bou Faroua [MONTIBERT, 1983]) et dans le Sud, en climat méditerranéen aride, 90 / 120mm de pluie/an, des études ont été faites sur parcelles (Piste de la Trapsa [CLAUDE, PONTANIER, 1971], parcelles du jbel Dissa [PONTANIER, 1973, - BOURGES et Al, 1975, 1977 - FERSI, ZANTE, 1983], la citerne Telmam [BOURGES et Al., 1987, 1984]) et sur les bassins versants de l'oued Zita [BOURGES, 1973 - CAMUS et Al, 1979, 1980, 1981, 1983]. Le but essentiel de ces études portait non seulement sur la connaissance des relations pluie-débits-ruissellement, mais également sur l'étude du processus d'érosion à l'échelle du bassin versant et, dans la mesure du possible, sur la quantification des transports solides et en suspension à différentes échelles.

Alors que l'ensemble des études dans le nord et le sud est totalement terminée, des observations ont été maintenues en Tunisie centrale. Les dispositifs de mesures classiques ont été allégés et réduits aux seuls appareils enregistreurs. En 1986, un programme complémentaire a été décidé entre la DGRE, l'ORSTOM et la CES de Kasserine [CAMUS et Al, 1987, 1988, 1989], pour tester, sur de petites unités, l'impact des travaux anti-érosifs (essentiellement des cordons de pierre, des murets en pierres sèches et des barrages dans le lits des oueds) développés par la CES.

Enfin depuis la construction à Tunis, en 1985, d'un infiltromètre à aspersion [ASSELINE, 1986] autorisant la simulation de pluie à l'échelle du mètre carré, un programme systématique est mené par les pédologues de l'ORSTOM et la Direction des Sols du Ministère de l'Agriculture, tendant à constituer un référentiel des états de surface des sols en Tunisie [PONTANIER et Al, 1989, 1990].

Nous ne parlerons ci-après que des résultats des travaux menés plus spécifiquement sur bassins versants par les hydrologues. Cependant le lecteur pourra trouver dans une liste bibliographique, non exhaustive, annexée l'ensemble des documents relatifs aux travaux de l'ORSTOM et de ses partenaires sur l'érosion en Tunisie.

2 - LES SITES D'ETUDES ACTUELS

2.1 - Le bassin versant de l'oued Ez-Zioud.

Ce bassin de 7,74 km² a été étudié en milieu naturel non perturbé de 1975 à 1987 [CAMUS et Al, 1981, 1982, 1987, 1988], [BEN ABDALLAH, 1983]. A cette date, et en même temps que la mise en place des micro-bassins de TEBAGA, nous avons proposé de tenter d'apporter une réponse aux responsables de la CES local, qui recherchaient des résultats quantitatifs de l'impact de leurs travaux anti-érosifs. C'est pour cette raison que ce bassin versant de 774 hectares a été aménagé. Quelques résultats antérieurs aux aménagements sont présentés par la suite.

2.2 - les micro-bassins de TEBAGA

Ces 3 micro-bassins sont situés dans la partie médiane du bassin versant de l'oued Zioud, en rive gauche, au lieu dit "TEBAGA".(cf.fig. 2). Ils ont mis en service en Septembre 1987. Chacun d'eux est équipé d'un pluviomètre (PT1, PT2 ou PT3) et d'un pluviographe de type "Précis Mécanique" à bague de 400 cm² et à rotation journalière (PGT1, PGT2 ou PGT3). L'exutoire de chaque micro-bassin est constitué d'un canal d'amenée, d'un déversoir triangulaire et d'une ou plusieurs fosses à sédiments. Les stations de contrôle des débits possèdent une échelle limnimétrique et un limnigraphe type "OTT X", à rotation journalière et réduction 1/5. [CAMUS et Al, 1987].

2.3 - Le micro-bassin de BOUFAROUA.

Ce micro-bassin, situé dans la zone de piémont du jbel Semmama [GIRARD, GUISCAFRE, 1978] à une altitude moyenne de 670 mètres a été mis en service en 1976 [MONTIBERT, 1983]. Depuis cette date différentes expérimentations ont été développées, à savoir : labours dans le sens de la pente, puis parallèlement aux courbes de niveau, culture de blé sur la partie agricole du micro-bassin (1983-84), puis mise en jachère (1986 à 1988), aménagements de travaux anti-érosifs (1989-90) et plus récemment, mise en "défens" depuis octobre 1990 de la totalité du micro-bassin.

3 - LE BUT RECHERCHE.

Le but recherché est, dans une première phase, de compléter nos connaissances sur le comportement hydrologique de bassins versants et micro-bassins en "milieu naturel" ou considéré comme tel, à partir de quelques événements liés averse-crues. Puis, dans une deuxième phase, on se propose d'évaluer les modifications que ne devraient pas manquer d'apporter sur les débits, sur les transports solides, sur l'infiltration et à un degré moindre sur la recharge des nappes, les différents types de travaux anti-érosifs (barrages en pierre sèche, cordons de pierre, banquettes etc..). Pour ce faire, il est prévu de conserver comme bassin témoin, le TEBAGA 2 ($S = 0.81$ ha) et d'effectuer des aménagements anti-érosifs sur les micro-bassins de TEBAGA 1 ($S = 0.79$ ha) et de TEBAGA 3 ($S = 3.32$ ha). Enfin pour obtenir des résultats encore plus significatifs, il a été décidé d'en interdire l'accès aux troupeaux, en les clôturant, ce qui correspondra de fait à une mise en "défens" totale dès le mois de décembre 1991.

4 - LES RESULTATS ACQUIS.

Nous ne présenterons, dans les tableaux qui suivent que les résultats des événements les plus significatifs observés en Tunisie entre 1973 et 1990, avec pour les tableaux relatifs à des événements particuliers :

colonne 1 = date, date de l'événement.

Colonne 2 = P, Pluie moyenne en mm.

Colonne 3 = I_{max} , intensité maximale observée en 5' et exprimée en mm/heure.

Colonne 4 = Q_{max} , débit maximal enregistré en m^3 /seconde,

Colonne 5 = V, volume en m^3 .

colonne 6 = L_R , lame écoulée, exprimée en mm.

colonne 7 = PTS, Poids total de sédiments transportés, exprimés en tonnes.

colonne 8 = pts, poids spécifique de transports solides, exprimé en tonnes par hectare.

et pour les résultats globaux annuels, nous donnons :

en colonne 1 : l'année hydrologique (1er septembre d'une année au 31 août de l'année suivante.)

colonne 2 : P, pluie annuelle en mm.

colonne 3 : P_e , pluie efficace en mm. (nous entendons ici, par pluie efficace, celle qui est à l'origine d'un écoulement).

en colonne 4 : V, volume annuel d'écoulement en $10^3 m^3$.

en colonne 5 : L_R , lame écoulée en mm.

en colonne 6 : K_R , coefficient de ruissellement annuel.

en colonne 7 : K_{R_e} , coefficient de ruissellement efficace.

en colonne 8 : PTS, Poids total de sédiments transportés, exprimés en tonnes.

en colonne 9 : pts, poids spécifique de transports solides, exprimé en tonnes par hectare.

4.1 - Les bassins versants du Nord Tunisien.

Les observations de transport solide et en suspension, effectuées pendant trois années, ne sont pas suffisamment nombreuses pour que l'on puisse en tirer parti. Seules les observations effectuées par les pédologues sur parcelles ($100 m^2$) et sous différents couverts ont donné lieu à publication [DELHUMEAU, 1981].

4.2 - Les bassins versants de Tunisie Centrale.

Situés en climat semi-aride, pluviométrie annuelle de 250 à 450 mm, dans la région de Sbétla, sur le jbel Semmama à des altitudes comprises entre 550 mètres et 1300 mètres.

Ils sont au nombre de 8. Les bassins de l'oued Ed-Dhiar ($4,74 km^2$, sous couvert forestier dense), le bassin de l'oued Ez-Zioud ($7,74 km^2$, forêt très dégradée) incluant les micro-bassins Boisé ($4,38 Ha$), non boisé ($5,10 Ha$), Tebaga 1 ($0,81 Ha$), Tebaga 2 ($0,79 Ha$) et Tebaga 3 ($3,32 Ha$) constituant, avec le bassin intermédiaire, le bassin de l'oued El Hissiane ($15,9 km^2$). A cet ensemble, il faut ajouter le micro-bassin de Bou Faroua ($2,2 Ha$, sous alpha et terres agricoles) situé dans la zone de piémont du jbel Semmama.

Fig-1 - SITUATION DES DIFFERENTS SITES D'ETUDES

LÉGENDE :

- ① - CLIMAT MÉDITERRANÉEN SUB - HUMIDE
- ② - CLIMAT MÉDITERRANÉEN SEMI - ARIDE CONTINENTAL
- ③ - CLIMAT MÉDITERRANÉEN ARIDE À NUANCE CONTINENTALE
- ④ - CLIMAT MÉDITERRANÉEN ARIDE À NUANCE MARITIME
- ⑤ - CLIMAT SAHARIEN

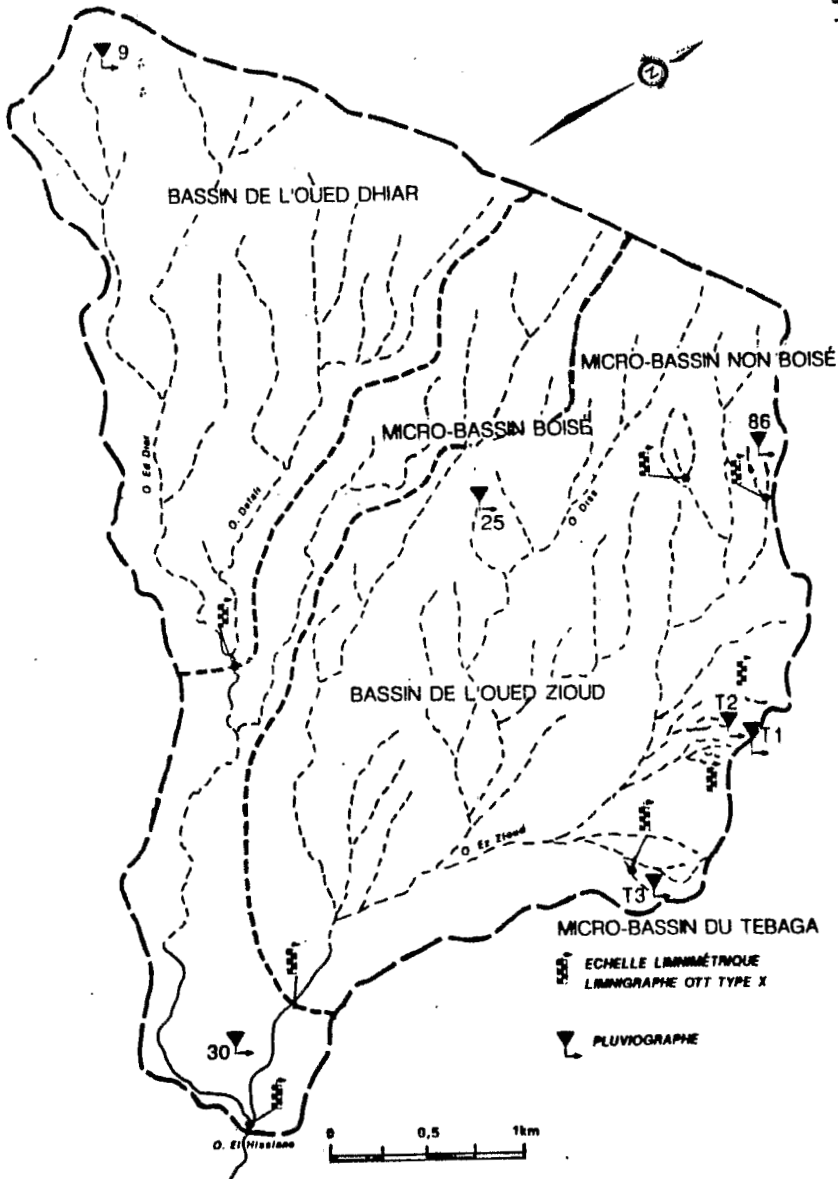
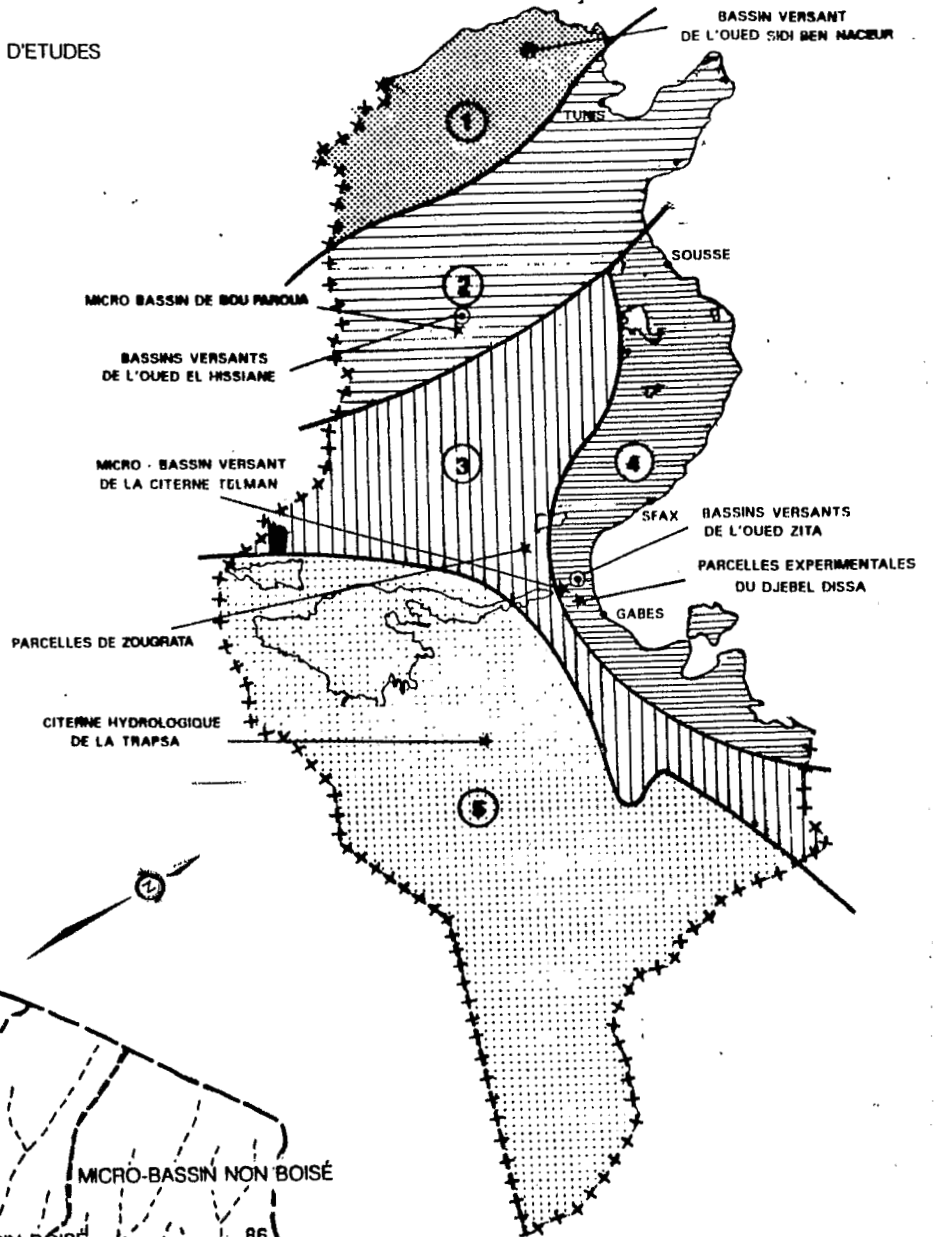


Fig-2 - Les bassins versants de l'Oued EL HSSIANE

4.2.1 - Bassin versant de l'Oued Zioud (S = 7,74 km₂)

Date	Pluie mm	lmax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/Ha
30.05.78	64.2	106.0	20.0	74000	9.6	2195	2.8
15.03.85	42.8	162.0	23.0	69600	9.0	3240	4.2

4.2.2 - Les micro-bassins versants de TEBAGA

Il s'agit de 3 micro-bassins versants (0.79 à 3.20 Ha, en tête de bassin, forêt dégradée à très dégradée, pentes différentes (de 3 à 25%), jbel Semmama, Tunisie Centrale).

4.2.2.1 - micro-bassin de TEBAGA 1 (S = 0.79 Ha)

Date	Pluie mm	lmax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/ha
8.08.89	11.7	109.0	0.135	30	3.7	2.3	2.8
22.08.89	28.1	101.0	0.023	19	2.4	1.2	1.5

4.2.2.2 - Micro-bassin de TEBAGA 2 (S = 0.81 Ha)

Date	Pluie mm	lmax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/ha
8.08.89	11.7	109.0	0.167	39.6	5.0	1.5	1.9
22.08.89	28.1	101.0	0.069	40.2	5.1	1.2	1.5

4.2.2.3 - Micro-bassin de TEBAGA 3 (S = 3.2 Ha)

Date	Pluie mm	lmax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/ha
8.08.89	11.2	77.0	0.137	56.0	1.7	0.5	0.15
22.08.89	26.8	109.0	0.385	172.0	5.2	4.0	1.2

4.2.2.4 - BILAN ANNUEL

4.2.2.4.1 - Micro-bassin versant de TEBAGA 1 (Surf. = 0.81 Ha).

Année	P mm	P _e mm	V m ³	L _R mm	K _R %	K _{Re} %	PTS	pts T/ha
1987-88	238.0	174.0	26.4	3.3	1.4	1.9	0.15	0.19
1988-89	276.1	177.8	73.3	9.0	3.2	5.1	4.05	5.00
1989-90	510.1	343.7	113.5	14.0	2.7	4.1	1.06	1.31
1990-91	340.0	194.6	66.5	8.2	2.4	4.2	0.42	0.52

4.2.2.4.2 - Micro-bassin versant de **TEBAGA 2** (Surf. = 0.79 Ha).

Année	P mm	P _e mm	V m ³	L _R mm	K _R %	K _{Re} %	PTS	pts
1987-88	238.0	174.0	31.7	4.1	1.7	2.3	0.16	0.20
1988-89	276.1	177.8	107.1	13.6	4.9	7.6	3.37	4.26
1989-90	510.1	343.7	136.2	17.2	3.4	5.0	1.00	1.26
1990-91	340.0	194.6	139.9	17.7	5.2	9.1	0.76	0.96

4.2.2.4.3 - Micro-bassin versant de **TEBAGA 3** (Surf. = 3.32 Ha).

Année	P mm	P _e mm	V m ³	L _R mm	K _R %	K _{Re} %	PTS	pts
1987-88	230.5	115.4	43.1	1.3	0.55	1.11	0.21	0.06
1988-89	255.2	114.9	362.5	10.9	4.27	9.49	5.26	1.58
1989-90	503.8	333.9	575.9	17.3	3.44	5.19	2.96	0.89
1990-91	303.9	173.1	312.6	9.4	3.09	5.43	0.29	0.87

4.2.3 - Le micro-bassin de **BOU FAROUA**.

Ce micro-bassin se trouve dans la zone de piémont du Jbel Semmama. Sa superficie est de 2,2 Ha, son altitude moyenne de 670 mètres, sur un glacis couvert d'une steppe alphatière dégradée.

ANNEE	Pluie mm	lmax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/ha
26.09.80	34.0	96.0	0.3	235	9.1	5.2	2.4
27.09.80	25.5	150.0	0.9	475	18.4	5.8	2.6

4.3. - TUNISIE DU SUD

4.3.1 - Bassin versant de l'oued Zita 1 (3,2 km²), zone des seguis, climat méditerranéen aride.

DATE	Pluie mm	lmax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/Ha
30.12.72	13.3	68.5	10.1	15000	4.7	510	1.59
12.12.73	98.6	140.0	84.0	245400	76.7	21600	67.5
12.12.73	157.9	150.0	131.0	493000	154.1	39400	123.1
18.06.75	17.0	130.0	34.4	44800	14.0	2253	7.0
24.11.77	12.9	82.8	21.7	25100	7.9	1200	3.8

4.3.2 - Bassin de l'oued ZITA 2 (S = 1.4 Ha)

Dans la partie supérieure du bassin, sur une zone de glacis dénudé.

Date	Pluie mm	Imax mm/h	Qx m ³ /s	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/Ha
12.12.73	271.8	170.0	0.71	3096	219.6	25.6	18.3
15.10.74	12.1	67.0	0.27	110.2	7.8	0.14	1.0
6.03.75	24.9	38.4	0.15	116.1	8.2	0.16	0.12
18.6.75	15.0	132.0	0.21	144.0	10.2	0.20	0.15
24.11.77	31.4	97.2	0.31	158.4	11.2	0.15	0.11

4.3.3 - Bassin versant de Zita 3 (S = 3.5 Ha)

Situé dans la partie aval rive droite du bassin principal, ce bassin présente de fortes pentes, des vallées très entaillées et un faible couvert végétal herbacé.

Date	Pluie	Imax mm/h	Qx m ³	V m ³	L _R mm	PTs Tonnes	pts T/Ha
12.12.73	243.3	173.0	2.38	68000	179.1	165.6	47.3
18.06.75	24.9	220.0	2.0	57100	19.4	18.0	5.1

5 - QUELQUES COMMENTAIRES EN GUISE DE CONCLUSIONS.

De l'ensemble des observations effectuées en Tunisie dans trois zones climatiques différentes (climat méditerranéen sub-humide, semi-aride et aride) et sur des unités de tailles variées (allant de la parcelle de 100 m² au bassin versant d'une quinzaine de kilomètres carrés), on peut après une analyse sommaire dire que :

1 - L'érosion est liée à l'intensité de la pluie lorsque celle-ci dépasse des valeurs supérieures à 60/70 mm/h. En deçà de ces valeurs, c'est la masse d'eau précipitée qui joue un rôle prépondérant, non pas tant au niveau des petites surfaces, qu'à l'échelle d'un grand bassin (le sapement des berges lors du passage des fortes crues peut représenter plus de 80 % des matériaux transportés en suspension).

2 - Les périodes les plus sensibles, dans le Centre et le Sud tunisiens sont les mois d'automne (septembre et octobre) et de printemps (mars et avril) en raison de la prédominance des orages.

3 - Lorsqu'il y a concomitance entre intensité et volume d'eau de pluie, quelque soit la période de l'année, l'érosion prend alors un caractère catastrophique. (pluies et crues de l'automne 1969 en Tunisie Centrale, du printemps 1973 et 1982 dans le Nord Tunisien et printemps 1979 dans le Sud.).

4 - Enfin les premiers résultats quantifiés de l'impact des travaux anti-érosifs à l'échelle d'un bassin versant, mettent en évidence l'importance du stockage des eaux dans le sol (estimé sur le TEBAGA à environ 50% du volume annuel global). Ces travaux réduisent les transports solides dans la même proportion et au niveau d'un grand bassin (Oued Zioud) maintiennent dans le lit mineur une prolongation de l'écoulement en participant activement à la réalimentation de la nappe de lit d'oued (vérifié en 1990, et surtout en 1991, dans le puits de Zioud et sur le débit de résurgence de cet oued en aval du puits).

5 - Enfin la modification des caractéristiques hydrologiques est significative, tant au niveau du temps de réponse du bassin et du temps de montée des crues (sur bassin aménagé) qu'au niveau du débit maximal et du volume de celles-ci.

BIBLIOGRAPHIE
RELATIVE AUX TRAVAUX SUR L'EROSION
MENES PAR L'ORSTOM EN TUNISIE.

- JOFFRE (R)** - 1978 - "Notice des cartes de la végétation du bassin versant de l'oued El Hissiane.(Tunisie centrale). ORSTOM, multig., 41p., 3 cartes H.T, Tunis.
- GIRARD (G), GUISCAFRE (J)** - 1978 - "Procès verbal d'installation des bassins versants de l'oued el Hissiane. ORSTOM, multig., 28 p., Tunis.
- RIAUCOURT (H)** - 1979 - "Aperçu géologique et lithologique du bassin versant de l'oued El Hissiane (Jbel Semmama, Tunisie Centrale). ORSTOM / DRE, multig., 24 p., Tunis.
- DELHOUME (J.P)** - 1981 - "Ruissellement et érosion en zone montagneuse de Tunisie centrale .(Jbel Semmama). Résultats 1975-1978. ORSTOM, multig., 150 p., Tunis.
- FLORET (Ch), PONTANIER (R)** - 1982 - " L'aridité en Tunisie présaharienne. Trav. et Doc. de l'ORSTOM, n° 150, multig., 544p., Paris.
- CAMUS (H), DUMAS (R), BEN YOUNES (M)** - 1982 - "Etude du ruissellement sur le bassin de l' oued el Hissiane (1974-1977). ORSTOM / DRE, multig., 153 p., Tunis.
- BARBERY (J), DELHOUME (J-P)** - 1982 - "Carte pédologique au 1/10000 du bassin versant des oueds Ed Dhiar et Ez Zioud, (Jbel Semmama), Tunisie centrale. DS / ORSTOM, E-S 206, multig.81p., 1 carte H.T, Tunis.
- BEN ABDALLAH (M)** - 1983 -" Résultats des campagnes hydrologiques 1980/81 et 1981/82 sur les bassins versants de l'oued El Hissiane (Jbel Semmama, Tunisie centrale). ORSTOM / DRE, multig., 286p., Tunis.
- MONTIBERT (A)** - 1983 -" Analyse des principaux facteurs du ruissellement et de l'érosion sur le micro-bassin de BOUFAROUA (période 1976-1982). ORSTOM / DRE, multig., 229 p., Tunis.
- BOURGES (J), FLORET (Ch), GIRARD (G), PONTANIER (G)** - 1984 - "Dynamique de l'eau sur un glaciais du Sud tunisien (type Segui). ORSTOM tunis/CEPE/CNRS, DRES, multig., 84p., Montpellier.
- DUMAS (R), BEN YOUNES (M)** - 1984 -" L'année hydrologique 1982-83 sur le bassin versant de l'oued el Hissiane. ORSTOM / DRE, multig., 14p., Tunis.
- DUMAS (R), BENYOUNES (M)** - 1985 -" Analyse hydrologique de l'année 1983-84 sur le bassin versant de l'oued el Hissiane. ORSTOM / DRE, multig., 31 p., Tunis.
- DELHOUME (J.P)** - 1985 -" Ruissellement et érosion en zone de piémont de Tunisie centrale (Djebel Semmama) - Résultats 1976 à 1981. DS / ORSTOM, E-S 224, mutig., 154 p., Tunis.
- DUMAS (R), BENYOUNES (M)** - 1986 -" L'année hydrologique 1985-86 sur le bassin versant de l'oued El Hissiane (Jbel Semmama, Tunisie centrale). ORSTOM / DGRE, multig., 33 p. Tunis.

- M'TIMET (A)** - 1987 - "Evaluation de la sensibilité des sols arides à l'érosion hydrique. " Direction des Sols, E.S 240, multig., 51p., Tunis.
- CAMUS (H), DUMAS (R), BEN YOUNES (M)** - 1987 -" Analyse de l'écoulement sur le bassin versant de l'oued El Hissiane (période 1977-80). ORSTOM / DGRE, multig., 197 p., Tunis.
- BOUZAIANE (S) ,CAMUS (H), ABDALLAH (R), RAJHA (A)** - 1987 -" Rapport d'installation de 3 micro-bassins versants dans la région de Sbeitla, pour l' évaluation de l'impact des travaux de C.E.S. DGRE / ORSTOM / CES, multig., 26 p., Tunis.
- BONVALLOT (J)** - 1987 - "Tabias et jessour du Sud tunisien. Agriculture dans les zones marginales et parade à l'érosion?" In cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXII, n° 2, pp. 163-171, Paris.
- BAHRI (A), PONTANIER (R), DRIDI (B)** - 1988 - "Conséquences des façons culturales en fin de saison sèche sur le régime hydrique et l'érosion des terres du Kairouannais." DGRS, ES 244, 30p., annexes, Tunis.
- CAMUS (H), DUMAS (R), BENYOUNES (M)** - 1988 -" Ecoulement et Erosion en Tunisie Centrale sur le bassin versant de l'oued El Hissiane,(période 1982-1986). ORSTOM / DGRE, multig., 175 p., Tunis.
- MTIMET (A), PONTANIER (R), ASSELINE (J)** - 1988 - "Une méthode de caractérisation, en zone aride et semi-aride, des états de surfaces élémentaires (1m²) soumises à des averses contrôlées. D.S, E.S 245, multig., 17p., Tunis.
- CAMUS (H), ABDALLAH (R), RAJHA (A)** - 1989 - "Evaluation de l'impact des travaux de C.E.S . Résultats de la première campagne de mesures sur les micro-bassins de Tebaga (région de Sbeitla). Année 1987-1988." ORSTOM / DGRE / CES, multig., 35p., Tunis.
- CAMUS (H), ABDALLAH (R), RAJHA (A)** - 1990 - "Evaluation de l'impact de travaux anti-érosifs. Résultats de la deuxième campagne de mesures sur les micro-bassins de Tebaga (Région de Sbeitla). Année 1988-1989. ORSTOM / DGRE / CES, multig., 34p., Tunis.
- FLORET (Ch), M'TIMET (A), PONTANIER (R)** - 1990 "Régime hydrique et sensibilité à l'érosion de systèmes écologiques de la zone aride (Tunisie). In. Cah.ORSTOM, sér.Pédol., vol. XXV, n° 1-2, 1989-90 : pp. 63-69.