

# LE RUISSELLEMENT A L'ECHELLE D'UN PETIT BASSIN VERSANT ET DE PARCELLES DANS LES MONTS MANDARA (CAMEROUN)

François HIOL HIOL\* et Michel MIETTON\*\*

\*Chargé de Cours à l'Université de Dschang , Cameroun

\*\*Professeur à l'ULP-CEREG ULP - CEREG - CNRS ERS 1747,  
3 rue de l'Argonne 67083 Strasbourg Cedex.

## RESUME

Le rôle des terrasses dans la conservation de l'eau et du sol est évident mais il peut être intéressant de le quantifier. Comme bien souvent, le fonctionnement hydrologique des terrasses a été peu étudié dans les Monts Mandara alors même que la terrasse constitue l'élément fondamental du paysage et le révélateur de l'identité du système agraire de cette région.

Les mesures du ruissellement ont été faites à deux échelles : sur parcelles de Wischmeier et sur un petit bassin versant entièrement aménagé en terrasses. Les parcelles de Wischmeier, situées à Mouhour, à 8 km de Mokolo, sur l'axe routier Maroua-Mokolo, ont été mises en place par Roger Pontanier et Seny Boukar en 1986. Elles ont été suivies jusqu'en 1987 puis reprises et réhabilitées en 1995 avec différents traitements sur deux couples de parcelles situés à 200 m de distance. L'objectif de ces nouvelles mesures et la comparaison des pertes en eau et en terre sous différentes conditions de mise en culture. Le petit bassin versant de 3,5 km<sup>2</sup> est situé à Djingliya, (à 13 km de Mokolo le long de la route Mokolo-Mora. Il possède une retenue d'eau aménagée grâce à la construction d'une digue depuis les années 70. Nous avons profité de l'existence du barrage pour mesurer le rendement hydrologique en vraie grandeur de ce système de terrasses, grâce à un suivi limnimétrique du plan d'eau en amont de la digue.

Sur parcelle, la faiblesse des coefficients de ruissellement annuels moyens, compris entre 0,3% et 4,6%, confirme la grande stabilité de ces milieux de terrasses, même lorsqu'elles sont cultivées. Le coefficient de ruissellement maximum annuel enregistré n'est que de 6,8 %. En outre, avec un coefficient de ruissellement annuel moyen de 0,3 %, l'effet protecteur du couvert végétal d'une jachère de 15 ans est bien mis en évidence.

Sur le petit bassin versant en terrasses qui alimente la retenue de Djingliya, les coefficients annuels de ruissellement sont égaux à 6% en 1996, 45% en 1995 et 1997. La montée annuelle des eaux comporte une première phase lente et une seconde phase rapide :

\* la première phase correspond à une lente augmentation de la hauteur d'eau dans la cuvette au cours de la première moitié de l'hivernage, sans débordement sur la digue, notamment pour les grosses averses, avec des coefficients d'écoulement inférieurs à 3 %, identiques à ceux mesurés sur parcelles ;

\* la seconde phase correspond, après un rapide remplissage du lac de retenue, à un déversement continu durant la deuxième moitié de l'hivernage, avec des valeurs du coefficient d'écoulement comprises entre 24 et 87 %.

**Mots clés :** Monts Mandara, Cameroun, terrasses de cultures, ruissellement, écoulement, parcelles, petit bassin versant.

## 1-INTRODUCTION

En Afrique soudano-sahélienne et sahélienne, les régions de plaines et bas plateaux, facilement accessibles, connaissent une évolution régressive de leurs paysages, tandis que les montagnes pourtant densément peuplées, sont présentées comme des îlots de conservation de la nature avec un environnement plus stable (FROELICH en 1968; BOUTRAIS *et al* en 1984; HALLAIRE en 1991; SEIGNOBOS en 1988 et 1997; BART en 1993; BRETON & MAURETTE en 1993). En effet, il existe en Afrique subsaharienne des massifs dont font partie les Monts Mandara (Nord-Cameroun), très anciennement occupés par des populations dites "paléo-négritiques" ou "paléo-soudanaises" ayant apparemment échappé, volontairement ou non, à l'influence des autres systèmes culturels plus récents (FROELICH en 1968; BRETON et MAURETTE en 1993). Les observations de FROELICH soulignent la pratique très ancienne, dans ces massifs, d'une agriculture intensive de type élaboré contrastant fortement avec les méthodes rudimentaires des populations islamisées de la plaine.

Dans les Monts Mandara, un système agraire intensif et à haute productivité a été lentement élaboré depuis des siècles par des populations montagnardes réfugiées dans les massifs. Ce système, décrit par plusieurs auteurs (BOUTRAIS en 1973; BOULET en 1975; BOUTRAIS *et al* en 1984; HALLAIRE en 1991; SEIGNOBOS en 1988 et 1997), est caractérisé par la construction et l'entretien des terrasses.

Le rôle des terrasses dans la conservation de l'eau et du sol est évident mais il peut être intéressant de le quantifier. Comme bien souvent, le fonctionnement hydrologique des terrasses a été peu étudié dans les Monts Mandara, alors que la terrasse constitue l'élément fondamental du paysage et le révélateur de l'identité du système agraire de cette région.

## 2-METHODOLOGIE

La zone d'étude est située dans le Nord du Cameroun (10°-11°03' N; 13°20'-13°30' E), le long de la frontière avec le Nigéria (Fig.1). Elle concerne en particulier la partie septentrionale des Monts Mandara où l'ethnie Mafa est majoritaire et occupe très anciennement le territoire du Haut Mandara.

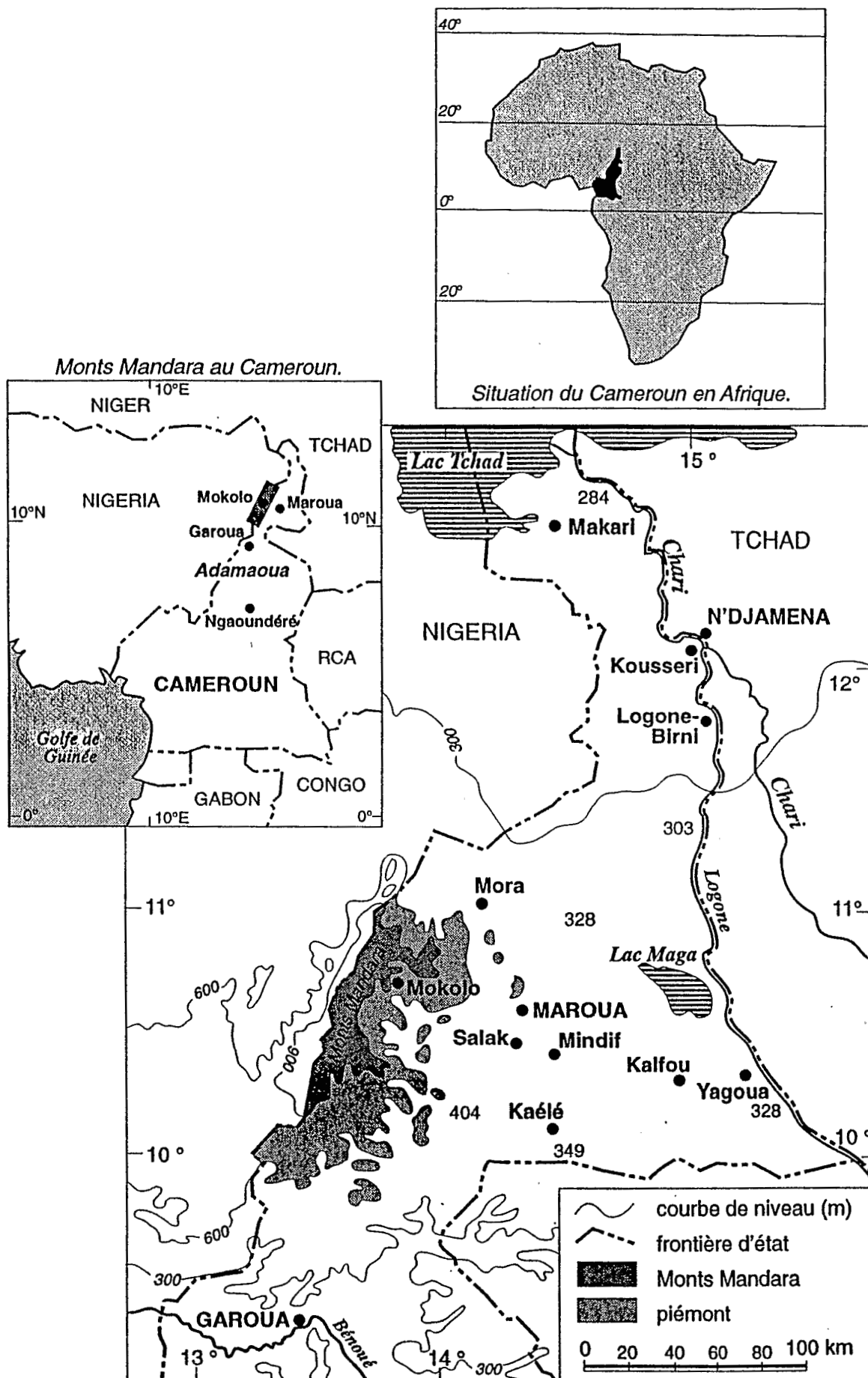
Dans cette région, les mesures du ruissellement ont été faites à deux échelles : sur parcelles de type Wischmeier installées à Mouhour et sur le petit bassin versant de Djingliya entièrement aménagé en terrasses. (Fig.2).

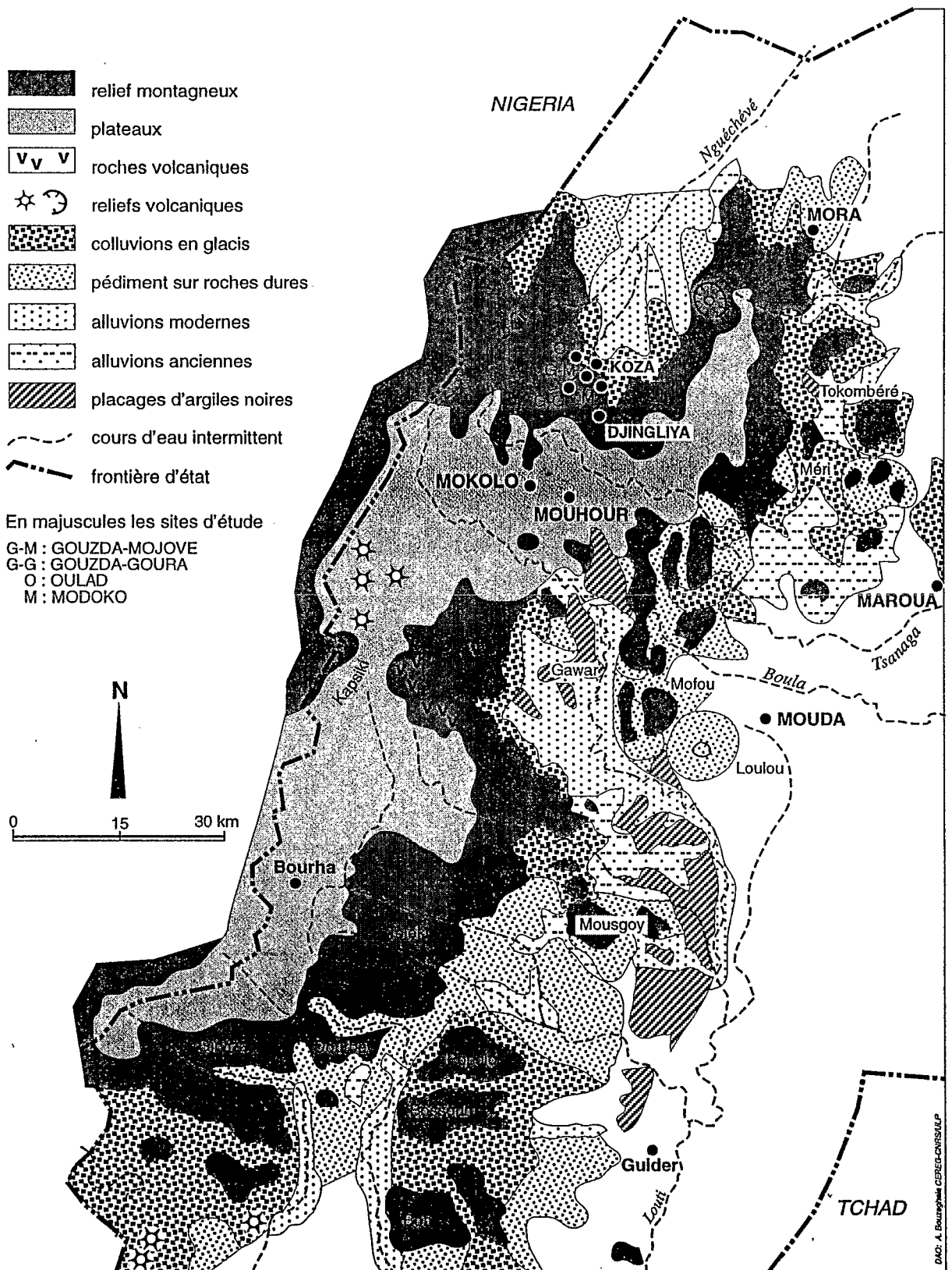
### 2-1-Parcelles de type Wischmeier

Quatre parcelles de type Wischmeier (de 100 m<sup>2</sup> chacune) ont été disposées sur le terrain en deux couples distants de 200 mètres sur des pentes moyennes comparables (30 % sur P1 et P2; 34 % sur P3 et P4). Elles sont situées à Mouhour, au km 70 le long de l'axe routier Maroua-Mokolo. Mises en place en 1986 et observées de 1986 à 1987 par Roger PONTANIER & Seny BOUKAR, nous les avons reprises entre 1995 et 1997 avec de nouveaux protocoles (Tableau 1).

Seule la parcelle sous jachère P4 a été conservée telle quelle, comme témoin naturel de plus de quinze ans d'âge. Le compost de poudrette, utilisé sur la parcelle P1, correspond à de la fumure de parc de bétail mélangée à des feuilles de jujubier en 1995 et 1996 puis à des feuilles de *Diospyros mespiliformis* en 1997 (5 tonnes de matière sèche/ha).

A cette échelle, l'analyse hydrologique a été faite par l'estimation du bilan hydrique.





**Figure 2 : Les différentes unités de relief des monts Manadra, BOUTRAIS et al. 1984.**

	PONTANIER <i>et al.</i>		HIOL HIOL & MIETTON		
	1986	1987	1995	1996	1997
P1	Sorgho et arachide sans apport	Sorgho et arachide sans apport	Sorgho et arachide avec compost	Sorgho et arachide avec compost	Sorgho et niébé avec compost
P2	Jachère de plus 5 ans	Coton, remise en état des terrasses,	Sorgho et arachide, sans apport	Sorgho et arachide, sans apport	Sorgho et niébé sans apport
P3	Sorgho et arachide sans apport	Jachère de 1 an	Sorgho et arachide avec engrais	Sorgho et arachide avec engrais	Sorgho et niébé avec engrais
P4	Jachère de plus 5 ans	Jachère de plus 5 ans	Jachère de plus 15 ans	Jachère de plus 15 ans	Jachère de plus 15 ans

**Tableau 1 : Les traitements agronomiques successifs sur les quatre parcelles de Mouhour (Nord-Cameroun) en 1986-1987 puis de 1995 à 1997.**

## 2-2. Le petit bassin versant de Djingliya

Nous avons profité de l'existence d'un barrage à l'exutoire du petit bassin versant de Djingliya (3,5 km<sup>2</sup>) pour évaluer le rendement hydrologique en vraie grandeur du système de terrasses des Monts Mandara. Cette évaluation a été possible grâce à un suivi limnimétrique des niveaux d'eau dans la retenue de ce barrage. Un levé topométrique de la cuvette asséchée en amont du barrage a été effectué afin de déterminer les courbes de cubature. Deux cas peuvent être considérés :

\* sans déversement lors d'un remplissage de la retenue, la relation hauteur-volume permet de calculer le volume des apports, puis le coefficient d'écoulement du bassin à l'échelle de l'événement pluvieux ;

\* en cas de déversement, la connaissance de la hauteur de la lame d'eau au-dessus du déversoir permet de calculer les débits déversés à l'aide de la formule de BAZIN.

Pour un déversoir rectangulaire à crête épaisse, comme dans le cas du barrage de Djingliya, la formule de Bazin prend la forme suivante :

$$Q = m L h (2 g h)^{1/2}$$

avec  $Q$  = débit en m<sup>3</sup>/s ;  $m = 0,385$ ;  
 $h$  = hauteur en m au-dessus du seuil du déversoir;  
 $g$  = accélération de la pesanteur en m<sup>2</sup>/s;  
 $L$  = longueur de la crête du déversoir en m.

Après planimétrie des hydrogrammes, les volumes d'eau déversés sont calculés, ainsi que les coefficients d'écoulement saisonniers correspondants, pour plusieurs averses rapprochées durant la seconde moitié de la saison des pluies.

### 3-RESULTATS

#### 3-1-A P'échelle des parcelles de type Wischmeier

##### 3-1-a-Le ruissellement

La faiblesse des coefficients de ruissellement annuels moyens, compris entre 0,3% et 4,6%, confirme la grande stabilit' de ces milieux de terrasses, m'eme lorsqu'elles sont cultiv'ees. Le maximum annuel enregistr' n'est que de 6,8% sur P3 (Tableau.2 et Fig.3).

Parcelle	1995	1996	1997	Moyenne
P1 (mil avec fumure organique)	3,9	2,5	2,0	2,8
P2 (mil sans apport)	3,5	2,0	1,9	2,5
P3 (mil avec fumure min'rale)	4,0	3,1	6,8	4,6
P4 (jach'ere)	0,4	0,2	0,2	0,3

Tableau 2 : Coefficients de ruissellement annuel moyen (KRAM) en %  
à Mouhour entre 1995 et 1997

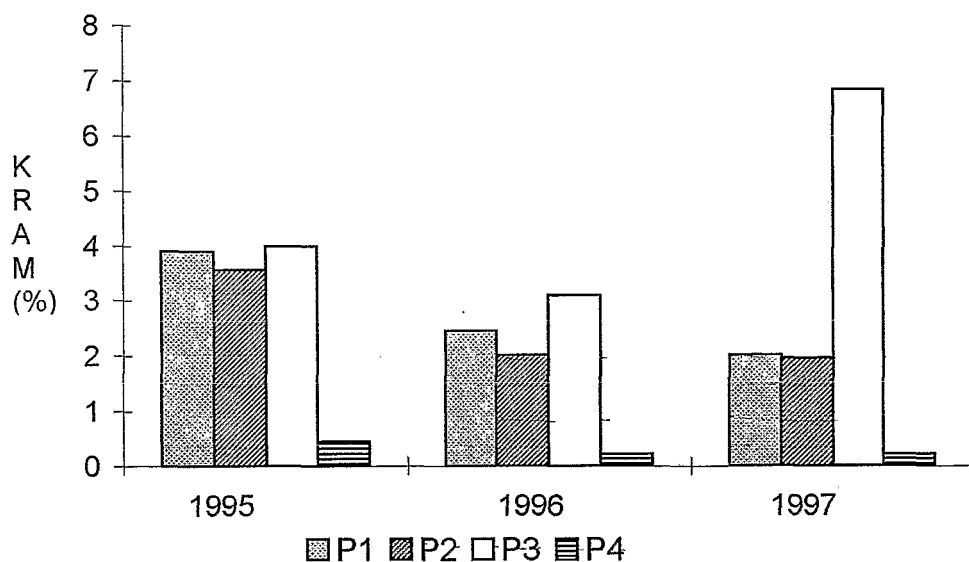


Figure 3 : Coefficient de ruissellement annuel moyen  
(KRAM) dans les parcelles de Mouhour (1995-1997)

P1 = sorgho+ fumure organique ;

P2 = Sorgho sans apport ;

P3 = Sorgho + engrais min'ral ; P4 = Jach'ere

L'effet protecteur du couvert v'g'tal d'une jach'ere de 15 ans (P4) est bien mis en 'vidence sur la figure 3. Par ailleurs, la vitesse de reconqu'ete de la v'g'tation enregistr'ee sur cette jach'ere montre qu'en l'absence de cultures, le reboisement de ces massifs s'op'rerait rapidement, conf'rant à ce milieu une quasi absence de ruissellement.

La diff'rence entre les parcelles P1 et P2 d'une part, où le coefficient de ruissellement annuel moyen (KRAM) est de l'ordre de 2,5 % et la parcelle P3 d'autre part, où il atteint 4,6 %, pourrait s'expliquer par les diff'rences de traitement conf'rant une plus forte teneur en

matières organiques sur les deux premières et une meilleure structure du sol. Cette amélioration renforce donc la capacité d'infiltration des sols cultivés. Ces valeurs sont très voisines de celles rapportées par PONTANIER et al. (1988) :

- KRAM égal ou inférieur à 3% pour les parcelles en jachère ;
- KRAM compris entre 10 et 20 % pour les parcelles cultivées traditionnellement sans apport de fumure.

A l'échelle saisonnière, le coefficient de ruissellement est plus élevé pendant les quatre premiers mois de l'hivernage, avec un maximum observé en juillet, ce qui peut être mis en relation avec l'agressivité des pluies. En effet, les indices d'agressivité climatique ( $R_{USA}$ ) du mois de juillet sont supérieurs à ceux des autres mois et représentent plus du tiers de l'indice annuel d'agressivité de Wischmeier (47 % en 1995, 35 % en 1996, 55 % en 1997).

A l'échelle de l'averse, même sous une pluie très plus agressive (15 juillet 1997), le coefficient de ruissellement maximum (KRMAX) est très faible sur la jachère, inférieur ou égal à 2,5 % et il diminue pendant les trois années d'expérimentation (tableau 3). Sur les parcelles cultivées, ce coefficient, sans être catastrophique (entre 7 et 37%), est beaucoup plus élevé. La relation avec cette agressivité de la pluie ne se perçoit bien qu'au niveau de la parcelle P3 qui ruisselle le plus.

Date	Parcelle	KRMAX (%)	$R_{USA}$ de l'averse
05/7/95	P1	19	65
	P2	17	
	P3	24	
	P4	2,5	
01/7/96	P1	8	27
	P2	7	
	P3	9	
	P4	2	
15/7/97	P1	11	101
	P2	11	
	P3	37	
	P4	0,3	

**Tableau 3 : Coefficients de ruissellement maximums (KRMAX) et agressivité climatique ( $R_{USA}$ ) à Mouhour (1995-1997)**

Il ressort de tout ce qui précède une convergence entre les résultats des parcelles P1, P2 et P3 (cultivées en terrasses) qui ont des taux de ruissellement voisins. Certes, ces derniers sont nettement supérieurs à ceux de P4 (jachère de plus de 15 ans) mais sans être trop élevés pour des coefficients de ruissellement maximaux, surtout si l'on ajoute à la culture traditionnelle une fumure assez accessible (poudrette).

3-1-b. Le bilan hydrique

Tableau 4 : Bilan hydrique des parcelles de type Wischmeier à Mouhour en 1996

P1		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	%
	Pluie	0	0	0	19	77	88	216	227	80	19	0	0	726	100
	Ruiss.	0	0	0	0	4	3	7	7	0	0	0	0	21	3
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	19	73	85	110	107	80	19	0	0	494	
	ETR corr.	0	0	0	19	73	85	110	107	109	19	0	0	522	72
	Drain brut	0	0	0	0	0	0	99	113	0	0	0	0	212	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	70	113	0	0	0	0	183	25
	RU en mm	0	0	0	0	0	0	29	29	0	0	0	0		
P2		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	%
	Pluie	0	0	0	19	77	88	216	227	80	19	0	0	726	100
	Ruiss.	0	0	0	0	3	1	5	6	0	0	0	0	15	2
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	19	74	87	110	107	80	19	0	0	497	
	ETR corr.	0	0	0	19	74	87	110	107	109	20	0	0	526	73
	Drain brut	0	0	0	0	0	0	101	114	0	0	0	0	215	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	71	114	0	0	0	0	185	25
	RU en mm	0	0	0	0	0	0	30	30	1	0	0	0		
P3		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	%
	Pluie	0	0	0	19	77	88	216	227	80	19	0	0	726	100
	Ruiss.	0	0	0	0	4	3	10	13	0	0	0	0	30	4
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	19	73	85	110	107	80	19	0	0	493	
	ETR corr.	0	0	0	19	73	85	110	107	102	19	0	0	515	71
	Drain brut	0	0	0	0	0	0	96	107	0	0	0	0	203	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	74	107	0	0	0	0	181	25
	RU en mm	0	0	0	0	0	0	22	22	0	0	0	0		
P4		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL	%
	Pluie	0	0	0	19	77	88	216	227	80	19	0	0	726	100
	Ruiss.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	19	77	88	110	107	80	19	0	0	500	
	ETR corr.	0	0	0	19	77	88	110	107	109	25	0	0	535	74
	Drain brut	0	0	0	0	0	0	105	120	0	0	0	0	225	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	70	120	0	0	0	0	190	26
	RU en mm	0	0	0	0	0	0	35	35	6	0				



**Tableau 5 : Bilan hydrique des parcelles de type Wischmeier à Mouhour en 1997**

P1		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
	Pluie	0	0	0	30	152	88	263	141	74	78	0	0	826	100
	Ruis	0	0	0	0	3	1	10	2	0	1	0	0	17	2
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	30	130	87	110	107	74	77	0	0	616	
	ETR corr.	0	0	0	30	130	106	110	107	103	77	0	0	663	80
	Drain brut	0	0	0	0	19	0	143	32	0	0	0	0	194	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	114	32	0	0	0	0	146	18
	RU en mm	0	0	0	0	19	0	29	29	0	0	0	0		
P2		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
	Pluie	0	0	0	30	152	88	263	141	74	78	0	0	826	100
	Ruis	0	0	0	0	1	0	12	1	0	1	0	0	16	2
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	30	130	88	110	107	74	77	0	0	616	
	ETR corr.	0	0	0	30	130	109	110	107	104	77	0	0	667	81
	Drain brut	0	0	0	0	21	0	141	33	0	0	0	0	194	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	111	33	0	0	0	0	144	17
	RU en mm	0	0	0	0	21	0	30	30	0	0	0	0		
P3		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
	Pluie	0	0	0	30	152	88	263	141	74	78	0	0	826	100
	Ruis	0	0	0	0	3	3	45	2	1	2	0	0	56	7
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	30	130	85	110	107	73	76	0	0	612	
	ETR corr.	0	0	0	30	130	104	110	107	95	76	0	0	652	79
	Drain brut	0	0	0	0	19	0	108	32	0	0	0	0	159	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	86	32	0	0	0	0	118	14
	RU en mm	0	0	0	0	19	0	22	22	0	0	0	0		
P4		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	%
	Pluie	0	0	0	30	152	88	263	141	74	78	0	0	826	100
	Ruis	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	ETP	188	225	246	164	130	117	110	107	109	122	157	188	1864	
	ETR brut	0	0	0	30	130	88	110	107	74	78	0	0	617	
	ETR corr.	0	0	0	30	130	109	110	107	109	78	0	0	673	82
	Drain brut	0	0	0	0	21	0	153	34	0	0	0	0	207	
	Drain corr.	0	0	0	0	0	0	117	34	0	0	0	0	151	18
	RU en mm	0	0	0	0	21	0	35	35	0	0	0	0		

Nos mesures sur les parcelles de Mouhour confirment que :

- l'ETR représente le terme le plus important du bilan. En effet, l'ETR corrigé<sup>1</sup> varie de 71 à 74% des précipitations annuelles en 1996 et 79 à 82% en 1997 sur l'ensemble des parcelles.

- le drainage n'est possible qu'en juillet et août, les mois les plus pluvieux de l'année (tabl. 4 et 5). Le drainage corrigé représente :

- pour l'année 1996 : 25% des précipitations annuelles en P1, P2 et P3 ;  
26% en P4 ;
- pour l'année 1997 : 18% en P1 et P4,  
17% en P2 et 14% en P3.

Précisons que la RU a été estimée pour chaque parcelle en tenant compte de la faible capacité de stockage de ces sols ( $RU \cong 0,5$  à  $07$  mm/cm selon Pontanier *et al*, 1988).

La réserve hydrique du sol (lorsqu'elle est disponible) doit être ajoutée à ETR brute qui devient ETR corrigée. Elle doit être soustraite au drainage brut qui devient drainage corrigé.

### 3. 2 A l'échelle du petit bassin versant

#### 3-2-a. Les variations de la hauteur du plan d'eau

Dans la retenue de Djingliya, pour chacune des trois années d'enregistrement, la montée des eaux comporte deux phases :

- une première phase lente d'une trentaine de jours, présentant une très faible variation de hauteur d'eau (6,5 à 87 cm en 1995 ; 39 à 87 cm en 1996 ; 69 à 74 cm en 1997);
- une seconde phase rapide qui dure une quinzaine de jours, marquée par une forte variation de hauteur d'eau (87 à 473 cm en 1995 ; 87 à 481 cm en 1996 ; 74 à 482 cm en 1997) (fig. 4).

La première phase de montée des niveaux d'eau a débuté :

- le 12 juin 1995 après 7% des précipitations totales de la saison (68,9 mm),
- le 5 juillet 1996 après 26 % des précipitations totales (248,9 mm)
- et le 10 juin 1997 après 17% des précipitations totales (179,2 mm).

La seconde phase, considérée comme étant la phase effective de montée des eaux, a commencé :

- le 15 juillet 1995 (après 32% des précipitations totales : 308,8 mm),
- le 16 août 1996 (après 56% des précipitations totales : 531,1 mm)
- et le 10 juillet 1997 (après 20% des précipitations totales : 211,4 mm).

Une analyse des classes de hauteur des pluies au cours des phases de remplissage de la retenue révèle qu'en 1996 le pourcentage des petites pluies, inférieures à 10 mm, est plus élevé qu'en 1995 et 1997, que ce soit en nombre : 72% du nombre total des averses en 1996 contre 65% en 1995 et 60% en 1997, ou en volume : 28,3% en 1996 contre 22,9% en 1995 et 14% en 1997. Or, ces petites pluies sont moins agressives que les grosses averses et elles ruissellent peu. Il en résulte logiquement un démarrage beaucoup plus tardif de la montée des eaux en 1996.

### **3-2-b. Les coefficients d'écoulement**

Deux cas ont été considérés :

- celui où l'on a une augmentation de la hauteur d'eau dans la cuvette, sans débordement sur la digue,
- celui où l'on a déversement continu après remplissage du lac de retenue

Dans le premier cas, notamment pour les grosses averses dans la première moitié de l'hivernage, on peut calculer un coefficient de ruissellement en rapport avec l'événement pluvieux correspondant. Ils sont tous inférieurs à 3 % (tabl. 6) pour chacune des 3 années observées (1995 à 1997). En début de saison des pluies, les terrasses favorisent donc l'infiltration des eaux de pluie, même sous des averses fortes. En outre, l'on ne doit pas négliger le fort pouvoir évaporant de l'air au cours des mois de mai et juin qui supprime toute possibilité d'imbibition des horizons superficiels du sol, nécessaire au déclenchement du ruissellement.

**Il nous paraît important de souligner - du point de vue de l'existence ou non des effets d'échelle - que l'on retrouve pour ces pluies de début d'hivernage des coefficients d'écoulement identiques sur ce petit bassin de 3,5 km<sup>2</sup> à ceux mesurés sur parcelles.**

Dans le second cas, il faut calculer les écoulements sur des périodes plus longues en raison du déversement des eaux de la retenue par dessus la digue du barrage. Les débits instantanés correspondants aux différentes hauteurs de la lame d'eau déversée sont calculés à l'aide de la formule de BAZIN. Après planimétrie des hydrogrammes et détermination des volumes déversés, les coefficients d'écoulement « saisonniers » sont calculés pour un ensemble de pluies (tabl. 7). Ces valeurs du coefficient d'écoulement ainsi déterminées sont beaucoup plus grandes que celles mesurées au cours de la première moitié de l'hivernage. Elles sont comprises entre 24 et 87%. Globalement, à l'issue de l'ensemble de la saison des pluies, les coefficients sont égaux à 6% en 1996 et 45% en 1995 et 1997.

On peut donc distinguer deux phases de fonctionnement très différentes du bassin versant de Djingliya :

- une première phase pendant laquelle l'essentiel des précipitations est consommé par évapotranspiration et par la recharge des nappes,
- une deuxième durant laquelle le ruissellement de surface est beaucoup plus efficace.

Les terrasses favoriseraient donc une recharge des nappes de fracture par un drainage plus ou moins profond, dont les résultats sur parcelles ont d'ailleurs montré qu'il pouvait être évalué compris entre 15 et 25 % durant les seuls mois de juillet et d'août. Il ne s'agit plus seulement ici d'un écoulement rapide de crue mais aussi d'un écoulement très différé, hypodermique ou plus profond, après remplissage du système des fractures.

Date	Hauteur de pluie (mm)	Variation hauteur du plan d'eau (cm)	Lame écoulée (mm)	Coefficient d'écoulement (%)
15/7/1955	16,9	87 - 110	0,2	1,2
16/7/1995	48,9	110 - 246	1,1	2,2
20/7/1995	15,2	273 - 283	0,1	0,7
23/7/1995	15,9	299 - 311	0,1	0,6
31/7/1995	57,3	338 - 422	0,3	0,5
16/8/1996	57,3	81,3 - 277,5	1,6	2,8
26/8/1996	58,9	430 - 468,5	0,2	0,3
11/7/1997	46,8	255,3 - 352,4	0,5	1,1
12/7/1997	78,8	352,4 - 456	0,9	1,1

**Tableau 6 : Coefficients d'écoulement de quelques averses durant la phase de remplissage de la retenue sans débordement.**

	Période	Volume écoulé (m <sup>3</sup> )	Volume précipité (m <sup>3</sup> )	Coefficient d'écoulement (%)
Débordement	3/8/95 10 :00 - 30/9/95 23 :30	1 544 939	1 776 600	87
Débordement	27/8/96 11 :15 - 26/9/96 19 :30	191 211	785 400	24
Débordement	12/7/97 3 :00 - 16/9/97 0 :30	1 652 114	2 670 500	62
Hivernage 1995	9/5/95 - 8/10/95	1 556 138	3 420 900	45
Hivernage 1996	15/4/96 - 30/9/96	202 070	3 303 650	6
Hivernage 1997	10/4/97 - 30/9/97	1 662 739	3 669 050	45

**Tableau 7 : Coefficients d'écoulement pour la période de débordement et pour l'ensemble de l'hivernage pour chacune des 3 années de mesure sur le bassin versant de Djingliya (1995-1997)**

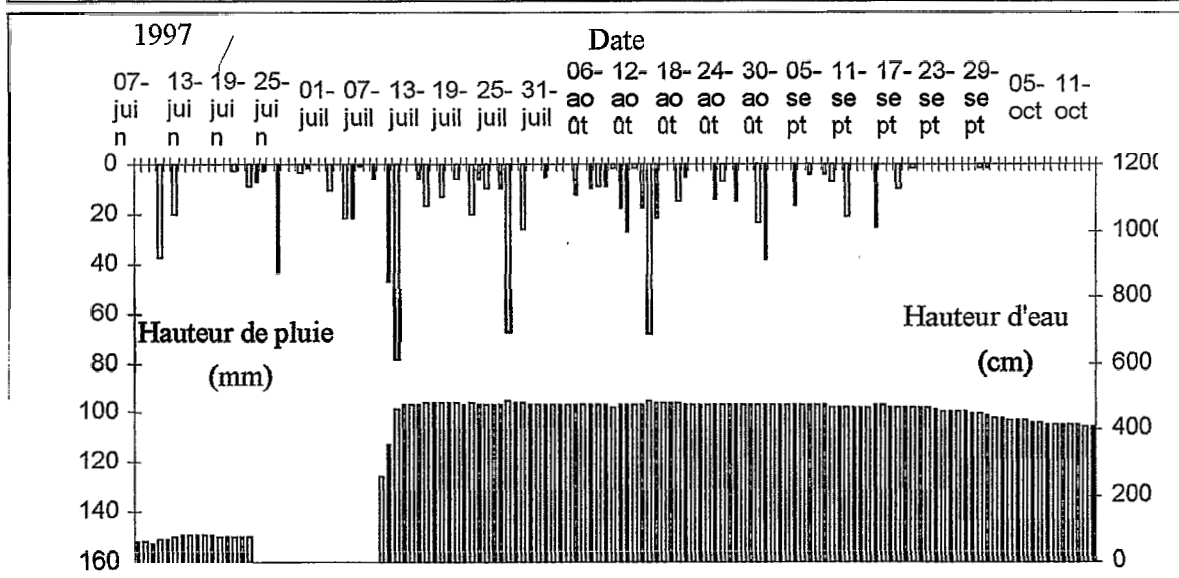
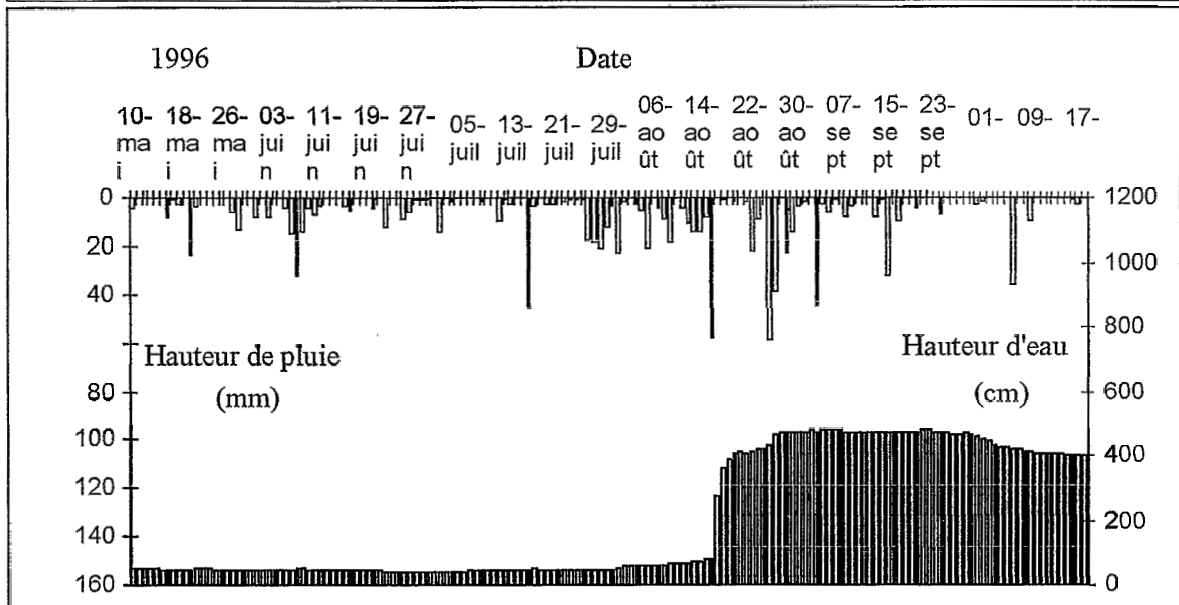
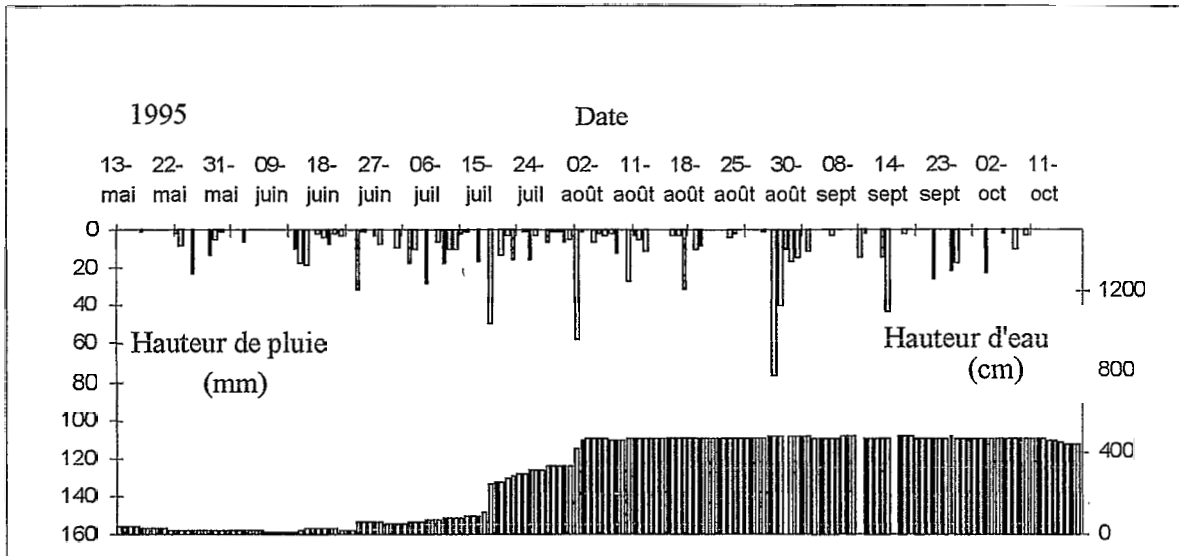


Figure 4 : Variations quotidiennes des niveaux d'eau dans la retenue de Djingliya.

#### 4. CONCLUSION

Plus encore peut être que ce à quoi l'on pouvait s'attendre, les terrasses freinent de façon très significative le ruissellement. Le contraste est frappant avec les valeurs obtenues sur les piémonts voisins. Ainsi, dans le bassin versant de Mouda, situé sur le piémont sud des monts Mandara, les valeurs annuelles des coefficients d'écoulement, rapportées par PONTANIER *et al.* (1988), atteignent 14 à 54 % contre 2 à 7 % dans nos parcelles cultivées en terrasses de montagne.

Certes, ces comparaisons n'ont qu'une valeur relative, car elles ne tiennent pas compte des différents types de sol et notamment du taux de couverture par la végétation; elles démontrent néanmoins les effets d'une mise en valeur peu conservatrice des terres dans les piémonts.

Le danger de toute politique de dépeuplement des montagnes vers les plaines et les piémonts environnants est donc lié, selon nous, non pas tant à une exacerbation du ruissellement et de l'érosion sur les versants des montagnes, mais au renforcement de la pression anthropique sur les terres de piémont, plus vulnérables à l'érosion. Sur les versants montagneux, un à deux ans après l'abandon des terres cultivées, la reconquête du milieu végétal "naturel" freinerait rapidement le ruissellement et limiterait l'érosion des sols.

En outre, dans le contexte actuel d'une gestion encore équilibrée des monts Mandara, il est important de souligner que les terrasses contribuent aussi très probablement, par le biais du drainage fissural, à réalimenter les nappes de piémont. Elles contribuent donc à faire de cette région un château d'eau plus efficace pour la préservation des ressources en eau que la simple alimentation des écoulements superficiels par des crues sporadiques.

#### BIBLIOGRAPHIE

ANONYME 1991 : Mémento de l'Agronome. *République Française, Ministère de la Coopération* ; 4<sup>ème</sup> édition ; *Collection « Techniques rurales en Afrique »* ; 1635 p.

BOULET J. 1975. Magoumaz Pays Mafa (Nord Cameroun) (Etude d'un terroir de montagne). *Atlas des Structures Agraires au Sud du Sahara n°11* ; ORSTOM ; 85 p.

BOUTRAIS J., BOULET J., BEAUVILAIN A., GUBRY P., BARRETEAU D., DIEU M., BRETON R., SEIGNOBOS Ch., PONTIE G., MARGUERAT Y., HALLAIRE A. et FRECHOU H. 1984. Le Nord du Cameroun Des hommes Une région. *Editions de l'ORSTOM, Collection Mémoires n° 102*, 551 p.

BOUTRAIS J 1973. La colonisation des plaines par les montagnards au Nord Cameroun (Monts Mandara). *Travaux et Documents de l'ORSTOM n° 24* ; 277 p.

BRETON R. et G. MAURETTE 1993. Montagnards d'Afrique Noire. Les Hommes de la Pierre et du Mil. Haut - Mandara, Nord - Cameroun. *Editions L'Harmattan* ; 71 p.

DUMAS D.1992. Les terrasses de cultures dans les Monts Mandara (Nord Cameroun). *Mémoire de maîtrise, Université Louis Pasteur de Strasbourg UFR de Géographie*, 128 p.

FROELICH J.C. 1968. Les montagnards paléonégritiques. *Collection « l'homme d'Outre mer »* ; n° 9 ; 268 p.

HALLAIRE A. 1991. Les paysans montagnards du Nord Cameroun : les Monts Mandara. *ORSTOM, Paris*, 253 p.

IYEBI MANJEK O. 1993. Les migrations saisonnières chez les Mafas, montagnards du Nord - Cameroun : une solution au surpeuplement et un frein à l'émigration définitive. *Cahiers des Sciences Humaines Vol. 29 n° 2 - 3 ; Editions de l'ORSTOM ; pp. 419-441.*

PONTANIER R. et al. 1988. Utilisation et Conservation des Ressources en Sol et en Eau (Nord Cameroun). *Rapport final Contrat TSD.A.216.CAM DG 12-CCE, Institut de la Recherche Agronomique (IRA) et Institut de Recherches Géologiques et Minières (IRGM) du Cameroun, ORSTOM, CNRS-Centre L. Emberger de Montpellier, France 232 p.*

SEIGNOBOS Ch. 1988. Le sommet du Mont Ziver : Un agro-système montagnard relique. *In l'Homme et la Montagne Tropicale*, pp. 123-134, Société pour l'Etude, la Protection et l'Aénagement de la Nature dans les Régions Intertropicales (SEPANRIT), Bordeaux.

SEIGNOBOS Ch. 1997. Maîtrise de l'eau et contrôle de l'érosion l'exemple Mafa (Nord - Cameroun). *In L'homme et l'eau dans le bassin du lac Tchad ; édité par Jungraithmayr, H., D. Barreteau, U. Seibert ; pp. 351-365.*

VAN OOSTRUM K. 1994. Sustainable Land-Use and Social change. A study on Ecological Knowledge, Soil and water Management and Social Change of Mafa in North Cameroon. *CEDC, Programme Environment and Development, Centre for Environmental Studies, University of Leiden, Institute of Cultural Anthropology, University of Leiden ; Mémoire de maîtrise ; 137 p.*

## **NOTES**

Cette recherche a été rendue possible grâce à plusieurs sources de financements :

1. une bourse d'étude en France du Gouvernement Français,
2. une convention entre l'Université de Dschang et l'Ecole Nationale du Génie Rural et des Eaux et forêts (Appui au département de Foresterie de la faculté d'Agronomie),
3. le Centre d'Etudes et de Recherches Eco-Géographiques, CEREG, URA95-CNRS-ULP Strasbourg. France.
4. The Netherland Israel Research Programme (NIRP), Leiden, Pays Bas.
5. Le Centre d'Etudes de l'Environnement et du Développement du Cameroun, Maroua, Cameroun.

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

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

Hiol Hiol, F.; Mietton, M. - Le ruissellement à l'échelle d'un petit bassin versant et de parcelles dans les Monts Mandara (Cameroun), pp. 89-103, Bulletin du RESEAU EROSION n° 20, 2000.

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