Quelle différence sur le ruissellement ?

Jean ALBERGEL & Bernard THEB

Depuis la mise au point du mini-simulateur de pluie à l'ORSTOM (Asseline & Valentin, 1978), de nombreux travaux sur la caracterisation de l'hydrodynamique des sols ont vu le jour dans des domaines aussi diversifiés que l'étude des structures superficielles des sols (Valentin, 1981), la prédétermination des crues sur petits bassins versants (Casenave & Chevalier, 1982), ou le test de la sensibilité à l'érosion de différents types d'occupation du sol (Pontanier & al, 1984).

Toutes ces études ont admis deux hypothèses:

-La dynamique de l'eau dans le sol sous pluie simulée et sous pluie naturelle est la même puisque le simulateur reproduit fidélement les principaux paramétres des averses naturelles (intensités, hauteur, énergie cinétique des gouttes de pluies).

-Pour s'affranchir des perturbations dues aux pluies naturelles les expérimentations ont toujours été menées en saison sèche, en considérant que l'influence de la végétation herbacée sur l'infiltration et le ruissellement est liée à sa densité et non à son état physiologique.

En 1984-85 un protocole expérimental original a permis de contrôler ces hypothèses sur le bassin versant de MOUDA au Nord CAMEROUN (Thébé & al, 1985, 1986).

1. DONNEES ET METHODES.

1.1 Cadre de l'étude

Le bassin versant de Mouda (18.1 km^2) situé à 30 km au sud de MAROUA sous l'isohyète 800 mm est représentatif des sols du Nord CAMEROUN (Brabant & Gavaud 1983). Quatre types de sols développés sur matériaux acides quartzeux ou quartzo-feldspathiques (granites, certains gneiss, dunes sableuses, alluvions et colluvions sableuses) se répartissent en fonction de la topographie :

-Des sols en "voie d'évolution" aréniques sur les versants et sommets.

-Des sols ferrugineux sablo-argileux à argilo-sableux plus ou moins lessivés, localisés sur les positions hautes de la pénéplaine.

-Des sols fersialitiques (rouges tropicaux) situés à mi-pente ou en bas de pente.

-Des sols hydromorphes dans les bas-fonds, qui peuvent prendre un caractére de vertisol en milieu confiné réducteur.

C'est dans ce dernier domaine pédologique que l'on rencontre les terrains "HARDE" (terre stérile) qui constituent l'essentiel du sous-bassin sur lequel porte l'expérimentation.

La végétation est constituée d'une savane arborée à BOSWELIA SSP, qui se dégrade vers les bas-fonds, où apparaissent les épineux (type accacia SEYAL). La couverture herbacée à dominante graminéenne (ANDROPOGON SSP et LOUTETIA SSP) assez dense sur le bassin devient clairsemée sur les hardés, leur conférant un faciès sahélien.

Les espèces cultivées sont celles traditionnellement rencontrées dans ces zones climatiques : arachides et coton sur les sols fersialitiques, sorgho repiqué sur les vertisols.

adresse des auteurs:

Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM, rue de la Croix Verte, Miniparc bat.2, 34100 MONTPELLIER (France)

1.2 Le dispositif de mesure.

Le mini-simulateur a été décrit par Asseline & Valentin (1978), nous ne rappellerons ici que le principe de l'appareil (fig. 1). Trois parties composent l'ensemble du dispositif :

- Un dispositif d'aspersion, animé d'un mouvement pendulaire par l'intermédiaire d'un système de biellette et moteur électrique, est fixé au sommet d'une tour en forme de tronc de pyramide. L'angle de balancement du gicleur conditionne les variations d'intensité de la pluie en cours d'averse, la surface arrosée au sol (centrée sur la parcelle) variant de 3.5 à 14 m².

- La parcelle de mesure est délimitée par un cadre métallique de 1 m² enfoncé dans le sol de 5 cm. Une série de trous sur la face aval du cadre et au niveau du sol permet l'écoulement des eaux de ruissellement dans un canal collecteur, évitant ainsi les mises en charge.

- Le dispositif d'enregistrement est constitué d'une cuve de recueillement des eaux reliée à la parcelle par une goulotte, et d'un limnigraphe à flotteur de précision.

Le tout est alimenté en eau et électricité par moto-pompes et batteries 12 volts.

La tour doit être recouverte de bâches qui protègent le dispositif d'aspersion des nuisances du vent.

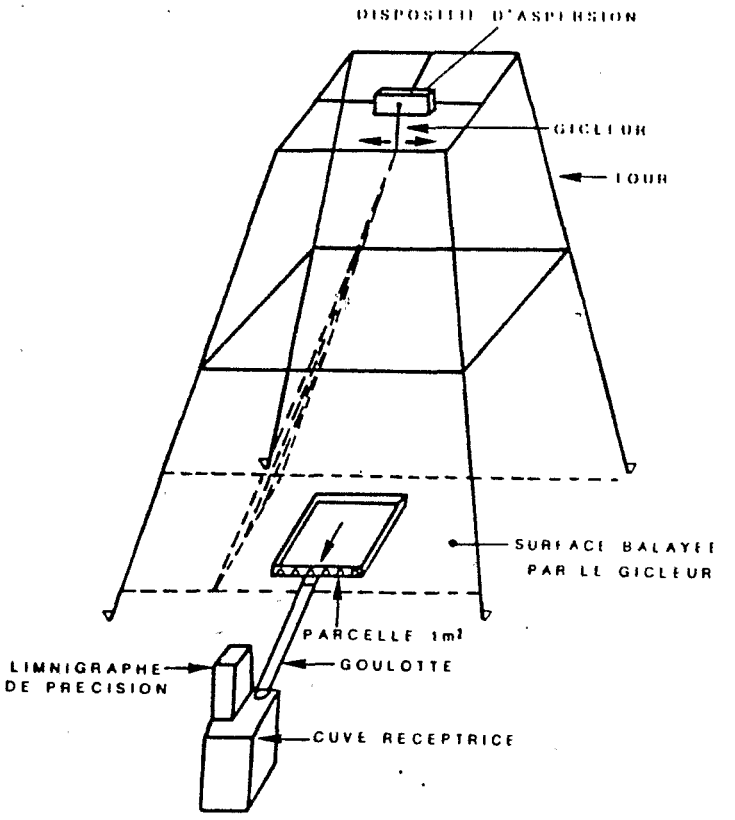


Fig-1- SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU SIMULATEUR DE PLUIE

1.3 Protocole experimental.

Trois sites experimentaux decrits par PONTANIER (1984) ont étés retenus:

-Le site I, localisé en bordure du glacis à proximité de l'axe de drainage de la cuvette de Mouda, dans un paysage trés dégradé, sol érodé en nappe, griffes et ravines, végétation trés clairsemée, le tout prenant un caractére de bad-lands vers le mayo. L'originalité de ce site est la présence d'une pellicule de battance généralisée, renforcée localement par la présence de lychens ou d'algues de couleur sombre. La surface ne présente aucune aspérité sur les trois parcelles de mesures. La végétation herbacée y est totalement absente.

-Le site II, proche du précédent, distant de quelques dizaines de mètres, est dans le même paysage trés dégradé. La surface des trois parcelles sélectionnées pour ce site est plane, mais moins lisse que sur le précédent. En effet, la pellicule de battance, noirâtre, est moins développée (60% de recouvrement), et alterne avec des plages sableuses (pseudo sables) et des pailles de graminées dont les pieds créent de petites aspérités de 1 à 2 cm. de hauteur. Sur la pellicule, on note la présence de gravillons ferrugineux, de nodules calcaires et de graviers quartzeux, l'ensemble étant libre et non incorporé dans la pellicule. Sous celle-ci se développe un micro-horizon de 5 à 10 mm. d'épaisseur, sableux, ennoyant les premiers agrégats polyédriques argileux d'un vertisol bien structuré jusqu'à 28 cm. C'est sur ce site que la végétation herbacée se développe le mieux.

Le site III, en aval des précédents, sur les flancs de l'axe de drainage est caractérisé par la présence en surface de nodules calcaires, traduisant une érosion très forte de ce vertisol. La densité du recouvrement par les nodules confère à ce sol une rugosité assez forte. La pellicule de battance est peu développée (10 à 15 % de la surface). La végétation plus clairsemée que sur le site II couvre de 10 à 20 % des trois parcelles du site.

Au cours des saisons sèches 1984 et 1985 ont été menées deux campagnes de simulation de pluie. Chaque parcelle a reçu neuf averses d'intensités variables, sur des états différents d'humectation du sol, et du couvert herbacé. Le ruissellement a été mesuré en temps réel. Au cours de la saison des pluies 1985 des mesures similaires sur les mêmes parcelles, et sous averses naturelles nous ont permis de comparer les comportements hydrodynamiques de ces sols. La pluie a été mesurée avec un pluviomètre au sol (type SNOWDON).

1.4 LA METHODE

Trois paramètres ont été retenus comme variables explicatives du ruissellement : la hauteur de pluie, l'état d'humectation du sol représenté par un indice d'antécédence des pluies du type KOHLER (Chevalier 1983), et le pourcentage de couverture végétale. En utilisant les résultats obtenus sous pluies simulées un modèle "régression linéaire" a été mis au point pour expliquer les lames ruisselées.

Ce modèle comporte trois étapes :

- homogénéité des données observées sur les trois parcelles représentatives du site.
- test de signification des coefficients de régression.
- expression sous forme de fonction linéaire de la lame ruisselée en fonction des variables les plus significatives.

A partir des pluies naturelles les lames ruisselées ont été reconstituées par ce modèle sur chaque parcelle et comparées aux observations. Il a été également possible, sous pluie naturelle de recalculer des équations linéaires exprimant le ruissellement et de comparer la signification des variables explicatives dans les deux situations.

2. RESULTATS

2.1 Modélisation du ruissellement sous pluies simulées.

L'homogénéité des données recueillies sur les parcelles de chaque site a été vérifiée. La parcelle 6 par sa nature pédologique appartient au site II, mais pendant les deux années d'observations elle s'est singularisée par une absence de couverture végétale. Ceci nous a conduits à ne pas l'utiliser dans cette étude.

Le tableau n°1 rassemble les principales caractéristiques des régressions.

Tableau n°1 :

CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS LINEAIRES - PLUIES SIMULEES.

	SITE I			SITE II			SITE III		
VAR.EX	C.REG.	E.TYPE	I.C. 95%	C.REG.	E.TYPE	I.C. 95%	C.REG.	E.TYPE	I.C. 95%
PU	.91	.045	.82 _ 1.00	.69	.16	.37 _ 1.00	.66	.10	.46 _ .86
IK	-	-	-	.17	.06	.04 _ .29	.20	.04	.12 _ .27
CV	-	-	-	-.24	.05	-.34 _ -.15	-.29	.18	-.64 _ -.05
C	-4.21	5.19	-7.42 _ 0.00	-.29	20.8	-13.2 _ 12.6	-5.47	10.9	-12.2 _ 1.29
N.OBS.	28			22			18		
R	.970			.892			.949		
R^2	.941			.796			.900		

(-) coefficient de régression non significativement différent de zéro.

Sur le site I seule la variable pluie est significative, alors que sur les deux autres sités le même test (Student) accepte également les variables ik (indice d'antécédence des pluies) et cv (densité du couvert végétal). La non incidence du ik sur le ruissellement des parcelles trés imperméables du site I a été vérifiée par les mesures de profils hydriques.

2.2 Reconstitution des lames ruisselées observées sous pluies naturelles

La figure n°2 compare les lames ruisselées observées au cours de la saison des pluies 1985 sur les parcelles 1 et 2 du site I. à celles calculées par le modèle simulation. (la parcelle 3 n'a pu être suivie pour cause de défaillance du dispositif de mesures).

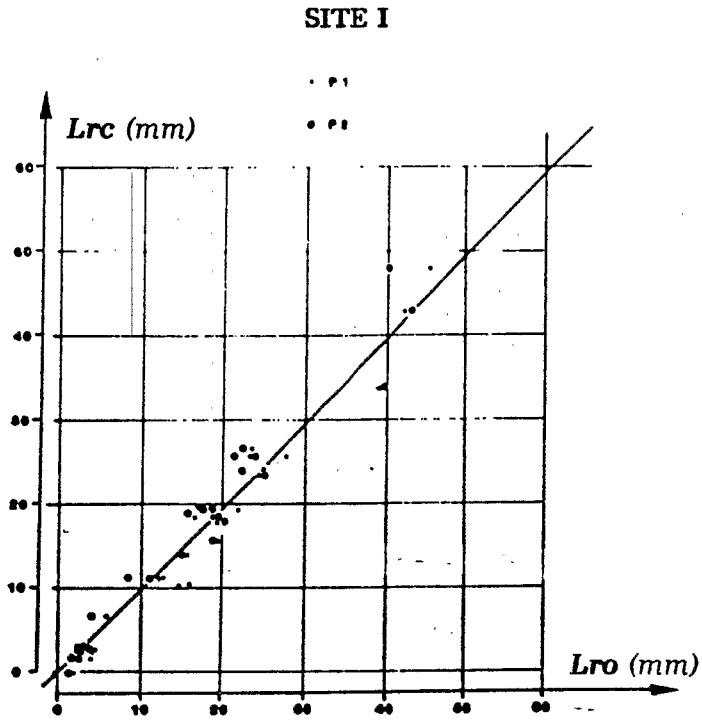


Fig.2 - Relation lames ruissellées calculées - lames ruisselées observées

L'excellente adéquation entre les valeurs observées et calculées traduit la fidélité de la reconstitution des pluies par le simulateur. Ce site I, dénudé en toutes saisons, très imperméable, était le terrain idéal pour vérifier l'hypothése 1.

Sur les sites II et III l'indice ik a été calculé à partir des enregistrements du pluviographe situé à proximité immédiate des parcelles expérimentales.

Un suivi régulier de la densité du couvert herbacé a permis de donner une valeur par pluie à l'indice cv. Le modèle a pu ainsi être appliqué. Il montre une surestimation des lames ruisselées reconstituées, surtout sur le site II (figure n°3 et 4). La corrélation entre les valeurs observées et calculées est trés forte (0.933 pour 57 observations sur le site II, 0.929 pour 97 observations sur le site III). Cette surestimation doit avoir pour origine l'état physiologique de la végétation herbacée qui est le seul paramètre important dont les variations n'ont pas été prises en compte par le modèle. La différence de comportement entre les sites I, II et III conforte cette hypothèse, puisque l'écart entre lames ruisselées observées et calculées croît avec le pourcentage de couvert végétal moyen.(tableau 2). Pendant la campagne de pluies simulées cette végétation est sèche et surtout constituée de tiges, tandis que pendant la saison des pluies le système foliaire se développe, les tiges sont vertes, la végétation est vivante.

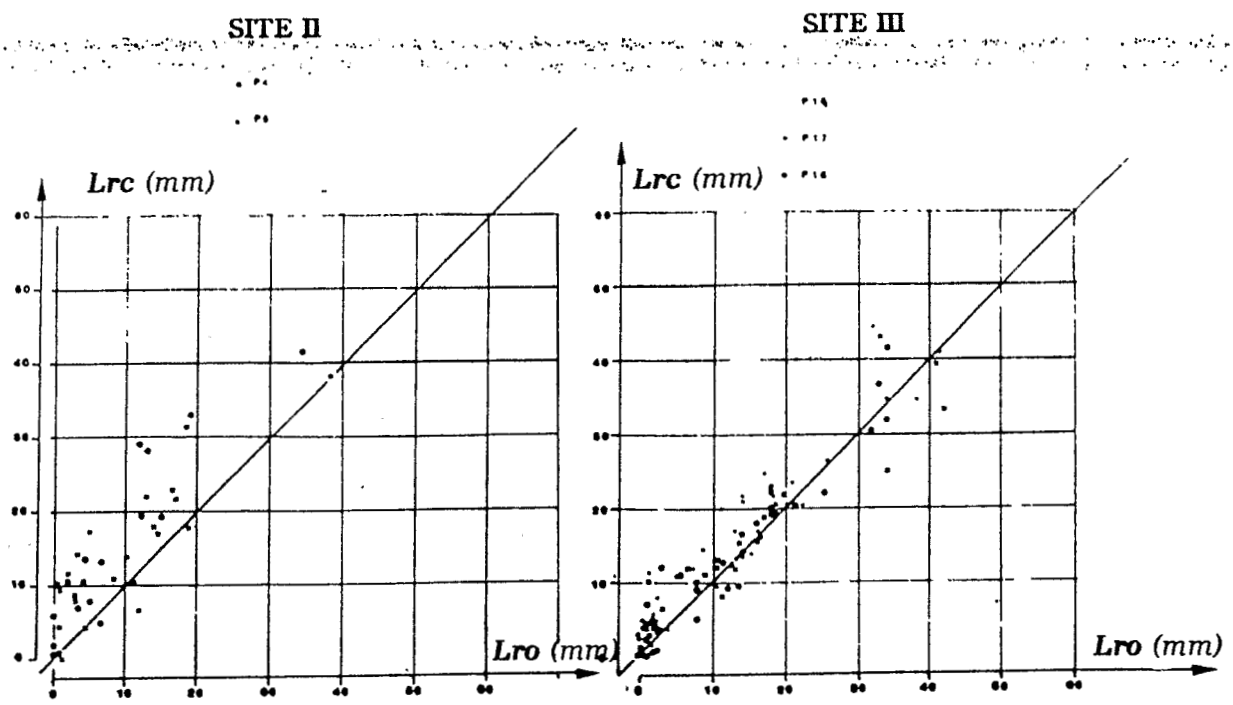


Fig.3 et 4 - Relation lames ruisselées calculées - lames ruisselées observées

TABLEAU N°2 :

LAMES RUISSELEES ET COUVERT VEGETAL.

	COUVERT VEGETAL MOYEN %	DROITES DE REGRESSION LR OBSERVEES/LR CALCULEES	COEF.DE CORRELATION -
SITE I	0	Y = X	.998
SITE II	45	Y = 1.33 X - 2.13	.933
SITE III	15	Y = X + 2.34	.929

Ces résultats infirment la seconde hypothèse du rôle négligeable de l'état physiologique de la végétation sur le ruissellement.

2.3 Modélisation du ruissellement sous pluies naturelles. Comparaison avec le "modèle simulateur".

Les observations de saison des pluies ont permis le calcul de nouvelles régressions (tableau 3) et la comparaison avec celles de saison sèche.

Tableau n°4

CARACTERISTIQUES DES REGRESSIONS LINEAIRES - PLUIES NATURELLES.

	SITE I			SITE II			SITE III		
VAR.EX	C.REG.	E.TYPE	I.C. 95%	C.REG.	E.TYPE	I.C. 95%	C.REG.	E.TYPE	I.C. 95%
FC	.84	.022	.80 _ .88	.42	.023	.37 _ .46	.56	.022	.53 _ .62
CV	-	-	-	-.19	.05	-.29 _ -.09	-	-	-
C	-2.34	1.73	-3.41 _ -1.26	3.16	5.28	-1.18 _ 6.44	-.96	2.21	-2.33 _ 4.09
N.OBS.	60			57			78		
R	.981			.930			.937		
R^2	.962			.864			.878		

(-) coefficient de régression non significativement différent de zéro.

La figure n°5 sur laquelle on a reporté pour les trois sites les lames ruisselées calculées par le modèle simulateur en fonction de celles calculées par les équations établies sous pluies naturelles montre :

-Sur le site I les deux régressions sont équivalentes dans la plage de variation de hauteur des pluies observées.

-Sur les sites II et III les régressions établies par le "modèle simulateur" donnent des résultats plus forts que ceux établis sous pluies naturelles.

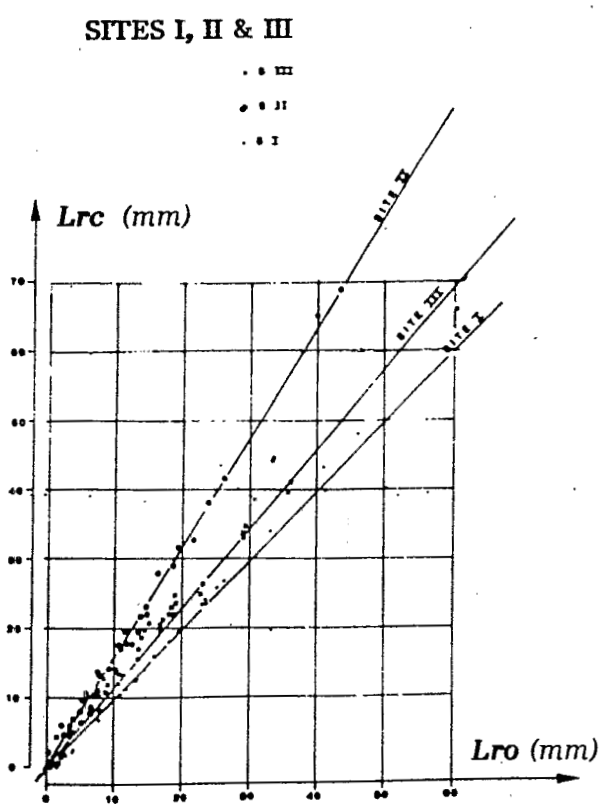


Fig.5 - Relations Pluies simulées-Pluies naturelles

Les écarts enregistrés entre les sites I, II et III apparaissent plus nettement que sur les figures 3 et 4, la dispersion des points étant réduite par le calcul.

On notera les trés bonnes corrélations entre les estimations faites par ces deux modéles. (R > 0.98 pour les trois sites).

Remarque. La variable ik n'est plus significative dans les régressions sous pluies naturelles aux sites II et III, sa plage de variation pendant la saison des pluies étant plus limitée, et les ik les plus forts survenant toujours pour des pluies trés faibles. Une étude statistique de ik sachant la pluie sur une série pluviomètrique de longue durée devrait nous donner les probabilités d'occurence des événements "pluies fortes et ik forts" et indiquer si les valeurs de ik prises en compte dans le protocole de pluies simulées sont réalistes.

Sur le site III l'indice de couvert végétal n'apparait plus comme significatif dans les équations sous pluies naturelles. Ce résultat semble montrer que pour une couverture végétale inférieure à 20 % l'état physiologique de la végétation a un rôle plus important que sa densité.

La diminution du ruissellement sur la végétation de saison des pluies peut avoir deux origines:

-Une augmentation de l'infiltration due à la fragilisation des pellicules de battance par les germinations, au développement racinaire et à l'activité mésofaunique à la surface du sol lorsqu'il est couvert.(Albergel et al.1985).

-Une augmentation de l'interception par une végétation présentant pour une même couverture au sol une surface totale en feuilles beaucoup plus forte.

CONCLUSION.

Cette courte étude qui demande à être confirmée par un plus grand nombre d'expérimentations permet d'affirmer la fidélité du mini-simulateur pour l'étude du ruissellement. En effet lorsque l'état de la parcelle ne varie pas, les relations pluies - lames ruisselées sont les mêmes en conditions naturelles ou simulées.

Pour des parcelles enherbées la différence des résultats obtenus sous pluies simulées sur végétation sèche et sous pluies naturelles sur plantes vivaces peut sembler être un inconvénient à l'utilisation des tests infiltromètriques en saison sèche. Vu les excellentes corrélations obtenues entre les lames ruisselées observées pour ces différents états, un plus grand nombre d'observations doit permettre d'établir des relations afin de corriger les expérimentations menées en saison sèche sur végétation. De plus, la surestimation du ruissellement dans ce dernier cas va dans le sens de la sécurité lorsque ces tests sont utilisés pour la prédiction des plus fortes crues.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL (J.), RIBSTEIN (P.), VALENTIN (C.) 1985 Quels facteurs explicatifs de l'infiltration ? Analyse sur 48 parcelles au Burkina Faso. Journées Hydrologiques de Montpellier 19 au 21 Septembre 1985.

ASSELINE (J.), VALENTIN (C.) 1978 Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah ORSTOM série hydrologie vol. XV. n° 4. 1978: 321 - 349.

BRABANT (P.), GAVAUD (M.). 1983. Cartes des sols du CAMEROUN. Feuilles GAROUA _ MAROUA _ KOUSSERI. ech. 1/ 500.000. ORSTOM. Notice explicative n° PARIS. in print.

CASENAVE (A.), CHEVALIER (P.). 1982. Simulation de pluie sur bassins versants représentatifs. Cah. ORSTOM. série hydrologie . vol. XIX. n° 4. P.207_297.

CHEVALIER (P.) 1983. L'indice des précipitations antérieures. Evaluation de l'humectation des sols des bassins versants représentatifs. Cah. ORSTOM. série hydrologie. vol. XX. n° 3_4. 1983.

PONTANIER (R.), MOUKOURI-KUOH (H.), SAYOL (R.), SEYNI-BOUKAR, THEBE (B.). 1984. Comportement hydrique et sensibilité à l'érosion de quelques sols du Nord-Cameroun. IRA. IRGM. YAOUNDE. 1984.

THEBE (B.), AYANGMA (A.), SEYNI-BOUKAR, SIGHOMNOU (D.). 1985. Bassins versants de MOUDA. Nord Cameroun. Rapport campagne 1984. IRGM. IRA. YAOUNDE. 1985.

THEBE (B.), SEYNI-BOUKAR, ABEGA (R.), DJOKO-PAWA (A.), MAINAM (F.). 1986. Bassins versants de MOUDA. Nord Cameroun. Rapport campagne 1985. IRGM. IRA. YAOUNDE.

VALENTIN (C.). 1981. Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de régions désertiques (AGADEZ, NIGER). Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau. Thèse de troisième cycle. Université PARIS VII.

NOUVELLES BREVES

- BOIFFIN (J.) - Dégradation structurale de la surface du sol par la pluie: influence des propriétés des sols et du système de culture. Conséquences sur certaines phénomènes d'érosion. (à paraître dans Science du Sol).
- JARY (F.), GRILL (J.J.) , MICHEL (C.), NORMAND (M.) - Contribution à l'échelle du ruissellement par la technique de la simulation de pluie; cas d'un limon des plateaux (bassin d'Orgeval). (à paraître dans Science du Sol).
- CHEVALLIER (P.), VALENTIN (C.)- 1985 - Influence des micro-organisaitons pellicularies superficielles sur l'infiltrabilité d'un type de sol sahélien. Bull. GFHN, N°17,9-22.
- LE BISSONNAIS (Y.)- 1985 - Etude expérimentale de l'influence des conditionneurs de sol sur la micro-organisation et les propriérés physiques des argiles et des sols. D.E.A./PARIS.INRA-Versailles.
- COSANDEY (C.), GRILL (J.J.), CANLER (J.P.),JARRY (F.), MUXART (T.), NORMAND (M.), BILLARD (A.) et Simulation de pluie et ruissellement sur des sols érodés dans le massif du Lingas. Bull.GFHN N°18,1985.

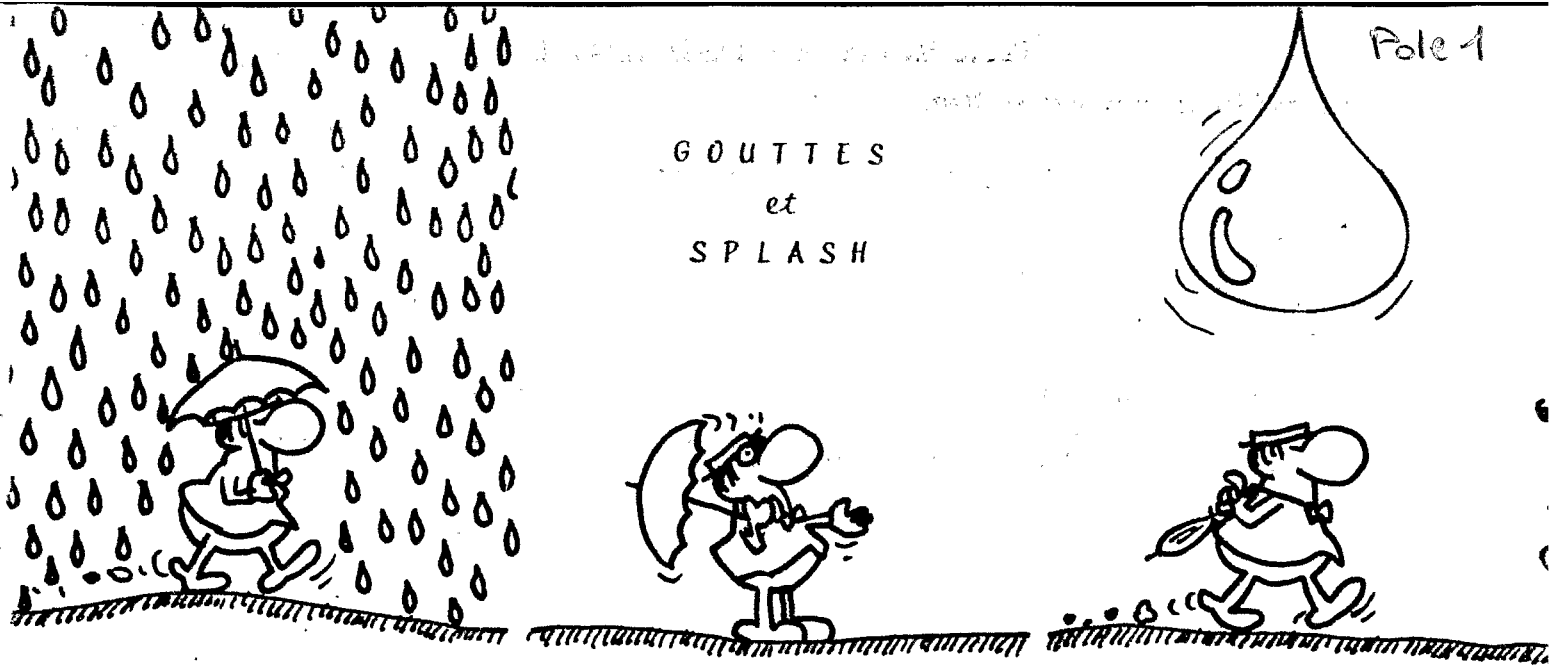
Réunion du RESEAU EROSION conjointe avec celle du RESEAU RHUM, le 8 septmebre 1986, à l'ORSTOM, 213, rue LA FAYETTE, Paris, sur le thème: Matières organiques, propriétés physiques et érosion des sols"

*Les comptes-rendus des Journées Hydrologiques de Montpellier - 1985 ont paru et sont disponibles auprès de l'ORSTOM (Bondy et Montpellier).

ENVOI DES DOCUMENTS:

Gouttes & Splash

c/o C.VALENTIN, ORSTOM, B.P. v-51 ABIDJAN, COTE D'IVOIRE



Pole 1

GOUTTES et SPLASH

Bulletin du Groupe Méthodologique de Simulation de Pluie

volume 3: N°1

juillet 1986

SOMMAIRE

Logiciels..... 1
Pluie naturelle - Pluie simulée: quelle différence.....
pour le ruissellement ? (J. ALBERGEL & B. THEBE)... 2
Nouvelles brèves..... 10

LOGICIELS

1 - DEPOUILLEMENT DES DONNEES DE TERRAIN PAR MICRO-ORDINATEUR-CASIO PB 700-

(R.ESCADAFAL & J.ASSELINE)

Un logiciel complet de traitement des données d'infiltromètre à aspersion a été développé par l'équipe ORSTOM de Gabès (B.P. 94 GABES, TUNISIE) sur un micro-ordinateur à table traçante (CASIO PB 700). Cette configuration de coût modeste (7.500 FF), peu encombrante et autonome, permet de faire toutes les opération sur ces données: saisie, ocrrections, sauvegarde ou lecture, calculs du ruissellement et des débits solides, édition de tableaux de résultats, tracés des courbes. Ce logiciel a été testé et appliqué aux mesures des campagnes de simulation réalisées dans le Sud tunisien. Ce logiciel, ainsi que sa notice, sont disponibles auprès des auteurs.

2 - LOGICIELS DE TRAITEMENT DES DONNEES D'HUMIDIMETRE NEUTRONIQUE SUR MICRO-ORDINATEUR COMPATIBLE IBM-PC

(R. POSS)

Les quatre logiciels permettent: (sonde1) de saisir, contrôler, corriger et traiter les profils neutroniques obtenus sur un site quelque soit le nombre de profondeurs de mesures, (Liss3) d'effectuer des lissages sur les fichiers crées par sonde1, (pluvio et bilan 1)de calculer les valeurs quotidiennes des variations de stock et de P-variation de stock sur une période donnée. Dans sa version actuelle, sonde 1 nécessite une imprimante et une table traçante HP 7470A. Pluvio et Bilan 1 requièrent une imprimante seule. La mémoire vie doit être d'au moins 124 ko. Les quatre logiciels, écrits en GW-BASI, occupent environ 40 ko. Ils sont diffusés sur disquette 5 pouces (360 ko), format IBM, par l'auteur (Centre ORSTOM, B.P. 375, LOME, TOGO).

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire
N° : 24 640 ex. 1
Cpte : B 83 M