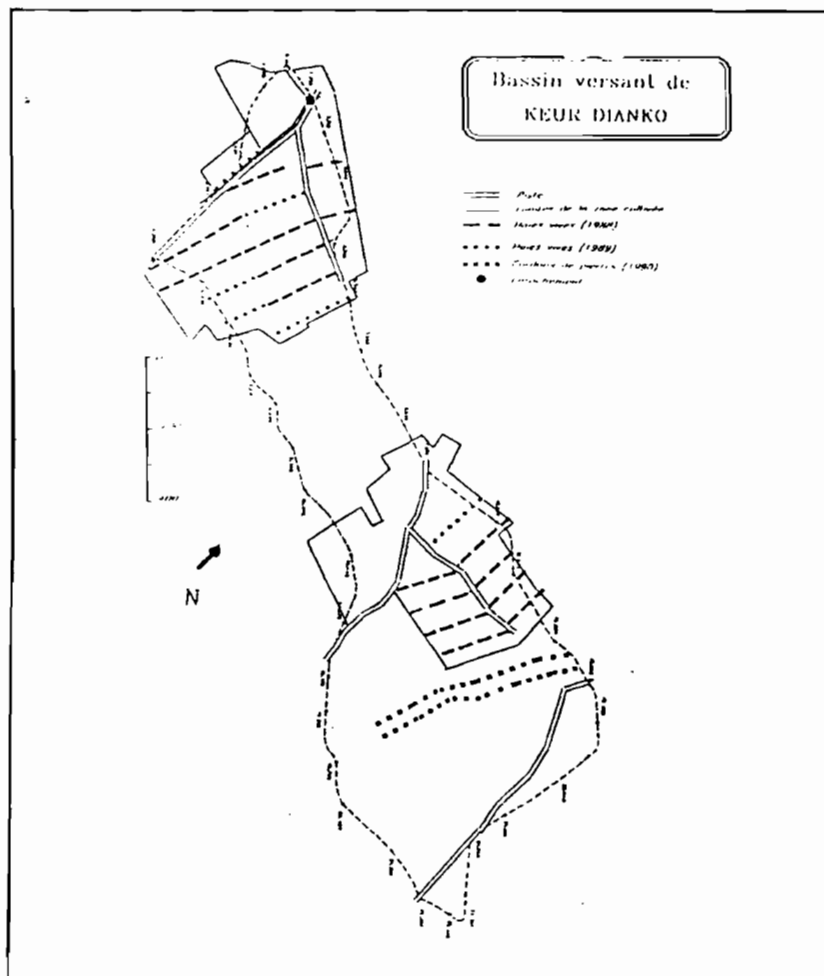


ORSTOM



Programme
GESTION DES RESSOURCES NATURELLES
Rapport d'activité "Economie de l'eau - DRS"
Année 1989



P.PEREZ* & P.S. SARR**

* Ingénieur Agronome IRAT/DRN

** Technicien supérieur ISRA

MARS 1990

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1. CONNAISSANCE DU MILIEU

- 1.1. Caractérisation hydrodynamique en profondeur
- 1.2. Caractérisation des faciès de ruissellement

2. UTILISATION DE L'EAU PAR LES PLANTES

- 2.1. Caractéristiques de l'hivernage
- 2.2. Méthode d'étude
- 2.3. Bilan hydrique avec ruissellement
 - 2.3.1. Ruissellement
 - 2.3.2. Drainage
 - 2.3.3. Satisfaction des besoins
 - 2.3.4. Composantes du rendement
- 2.4. Bilan hydrique en milieu contrôlé

3. LUTTE CONTRE L'EROSION

- 3.1. A l'échelle de la parcelle : bassin versant S4 (2.4 ha)
 - 3.1.1. Lames ruisselées et transports solides
 - 3.1.2. Variabilité spatiale des stocks hydriques
- 3.2. A l'échelle de la toposéquence : bassin versant S2 (58 ha)
 - 3.2.1. Lames ruisselées et transports solides
 - 3.2.2. Gestion des haies-vives
- 3.3. Amélioration de l'itinéraire technique
 - 3.3.1. Travail du sol à la dent en traction bovine
 - 3.3.2. Sarclo-buttage de prélevée sur arachide

4. ANIMATION ET COMMUNICATION

- 4.1. Animation - Développement
 - 4.1.1. Pépinière de KEUR DIANKO
 - 4.1.2. Traitement de piste
- 4.2. Communication - Formation

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

La persistance de la période de sécheresse des années 1970 à 1984 a eu une forte incidence sur les niveaux de productions végétales et sur l'équilibre du milieu naturel, dans le bassin arachidier sénégalais. Compte tenu des pratiques d'exploitation et d'une forte pression démographique, c'est dans un contexte de dégradation du milieu que l'équipe Gestion des Ressources Naturelles de l'ISRA travaille sur les problèmes d'érosion et de baisse de la fertilité dans la région. Le retour d'une pluviométrie satisfaisante depuis quelques années laisse espérer un accroissement de la production; cependant inféodée à une meilleure gestion de l'espace rural par les villageois et une prise en compte, par la recherche, de l'ensemble du système de production.

Dans ce cadre les activités du programme ont été recentrées autour de quatre axes :

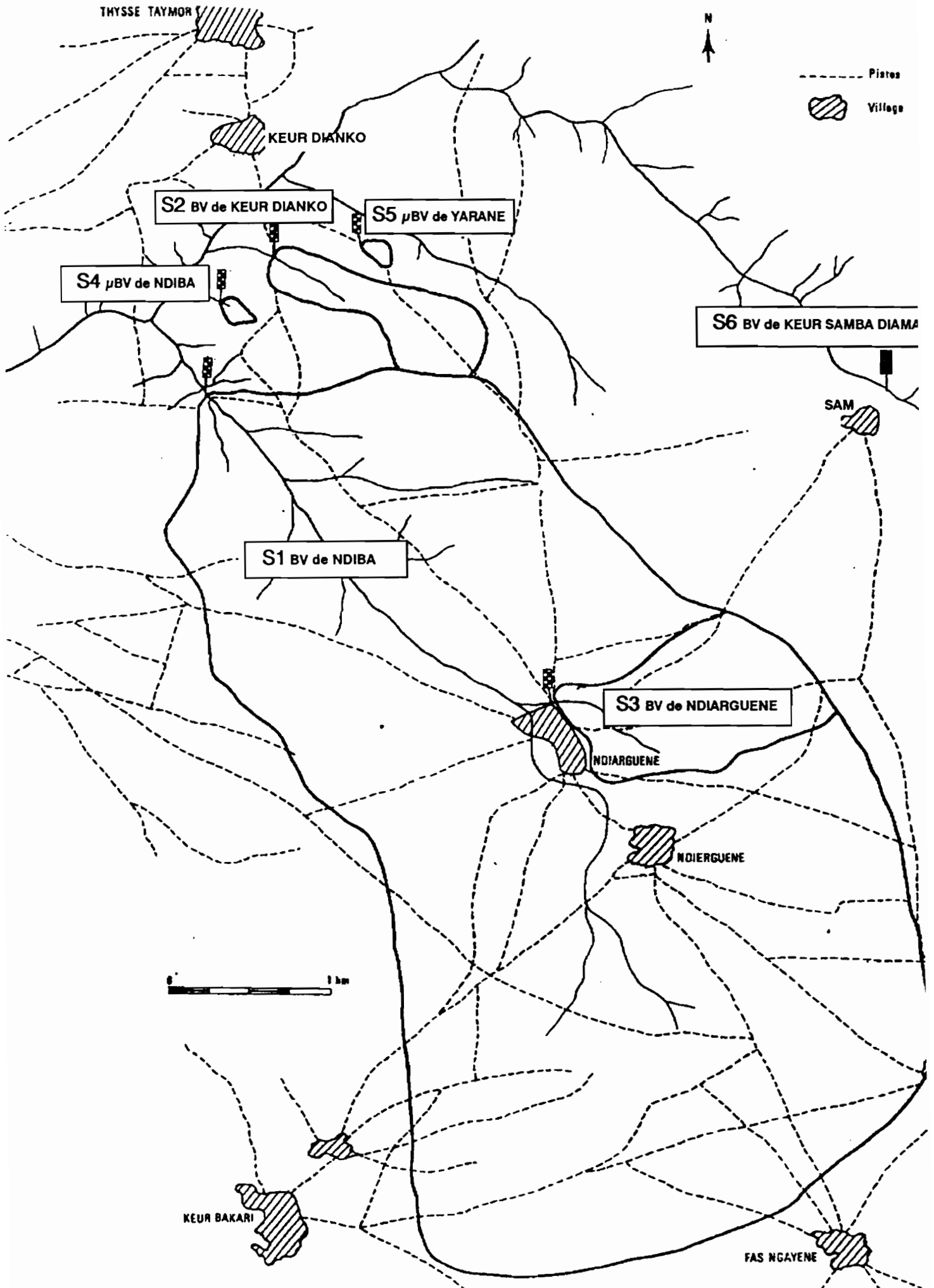
- Analyse de la gestion de l'eau à différentes échelles
- Test de dispositifs de DRS et expérimentations sur l'itinéraire technique afin de disposer de moyens d'intervention adaptés
- Référentiel d'aménagement intégré sur bassin versant, à partir des résultats acquis
- Etude des réactions des producteurs face aux propositions d'aménagement et des possibilités de vulgarisation à grande échelle (terroir villageois).

Le sous-programme Economie de l'eau/DRS repose sur un dispositif expérimental, mis en place en 1983, de plusieurs unités hydrologiques représentatives de différentes tailles (fig.1). Il comprend actuellement trois bassins versants (S1 = 1620 ha, S2 = 58 ha, S3 = 90 ha) auxquels ont été adjoints deux micro-bassins versants (S4 et S5 = 2.4 ha) caractéristiques des deux principales situations morphopédologiques.

Récemment, le dispositif a été complété par un sixième bassin versant (S6 = 7560 ha) se terminant par un bas-fond partiellement aménageable pour favoriser la riziculture et le maraichage qui s'y développent. Les données très fragmentaires recueillies ne permettent pas d'inclure ces travaux dans ce rapport; une publication spécifique réunira les acquis dès que possible. On trouvera, néanmoins, une représentation du bas fond en annexe.

Les bassins versants S2, S4, S5 aménagés depuis 1988 nous servent de référentiel d'aménagement intégré. Les schémas d'aménagement sont disponibles en annexe du présent rapport, le texte des différentes parties en faisant souvent mention.

CARTE DE SITUATION DISPOSITIF EXPERIMENTAL



1. CONNAISSANCE DU MILIEU

1.1. Caractéristiques hydrodynamiques en profondeur

1.1.1. Objectifs

La pluviométrie importante enregistrée lors de l'hivernage 1988 a entraîné un drainage sous les zones racinaires du mil et de l'arachide. Afin d'estimer les flux hydriques et les pertes en profondeur, lors de la campagne, un essai de caractérisation hydrodynamique en profondeur (1,70 m) a été réalisé en Mars 1989.

1.1.2. Dispositif expérimental

Concernant le bassin versant S4, situé en bas de pente sur une terrasse colluvio-alluviale (ANGE, 1984), le sol présente une texture sableuse jusqu'à 60 cm de profondeur (5 % d'argile en surface), à structure continue, friable et fragile. Ensuite, la texture devient sablo-argileuse puis argilo-sableuse jusqu'à 2 m. Le matériau est plastique, très poreux, avec des nodules d'oxydation en profondeur (BROUWERS, 1987).

La méthode utilisée est celle du drainage interne, le dispositif tensio-neutronique est placé dans une fosse à 1,20 m de profondeur, pour faciliter l'installation du matériel (saison sèche) et réduire les temps d'infiltration. Le site comprend :

- un dispositif d'infiltration double anneau (Sint = 0,25 m², Sext = 0,80 m²), contrôlé par stylets pointeurs.
- un tube d'accès pour humidimètre neutronique (TROXLER 3222) jusqu'à 150 cm de profondeur, les mesures sont effectuées tous les 10 cm.
- 9 tensiomètres couplés à un manomètre à mesure (DTMS 5000) installés aux côtes suivantes : 10, 20, 30, 40, 50, 70, 90, 110, 130.

1.1.3. L'expérimentation

La phase d'infiltration sous charge constante (4 cm d'eau) a débuté le 22/03/89 à 9h30, après une durée de 151 mn le front d'humectation atteint la côte 60 cm. La disparition de la lame d'eau correspond à un volume infiltré de 120 mm. La surface est alors bâchée afin d'éviter toute évaporation.

Le calendrier des mesures est le suivant :

- mesures tensiométriques et neutroniques en continu durant la première heure.
- mesures bi-horaires puis horaires le premier jour.
- mesures bi-journalières jusqu'au 20/04/89, fin de l'expérience.
- la mise en conditions naturelles a eu lieu le 29/03/89.

L'étalonnage neutronique a été réalisé in situ par RUELLE et al. en 1987. Au-delà de la côte 80 cm, l'équation de régression s'écrit :

$$H_v = 1,015 N/N_0 - 69,9 \cdot 10^3 \quad (n = 85 ; r^2 = 0,983)$$

Sur la profondeur d'étude, la densité apparente (D_a) demeure proche de 1,55 ; quatre prélèvements gravimétriques ont permis, à posteriori, de confirmer la bonne adéquation de la relation utilisée. Une forte imprécision entache, toutefois, les calculs sur les quinze premiers centimètres ; l'absence de gamma densimètre ou de densitomètre à membrane interdisant d'évaluer l'erreur d'estimation sur D_a (0-15).

1.1.4. Résultats

Les données sont traitées grâce au logiciel CARHYD (LATY, VACHAUD) et STATITCF. Au total, 67 couples de mesures neutroniques (N) et tensiométrique (h), pour chaque côte, sont conservés et utilisés pour l'établissement des lois K (H_v) et h (H_v).

1.1.4.1. Infiltration

L'évolution de la lame d'eau cumulée $I(t)$, durant la phase d'infiltration est présentée sur le figure n°2. En régime permanent, la vitesse d'infiltration stabilisée correspond à l'asymptote de la courbe $i(t)$, soit 0,5 mm/mm équivalent à 30 mm/h. Le profil initial uniforme nous permet d'utiliser l'équation de PHILIP (1957) afin d'estimer la conductivité hydraulique à saturation (K_s) :

$$I = S Vt + At$$

et $2/3 K_s < A < 1/3 K_s$ en régime permanent.

Après régression du type $I/Vt = S + A Vt$, nous obtenons :

$$S = 6.42 \text{ mm/Vmm}$$

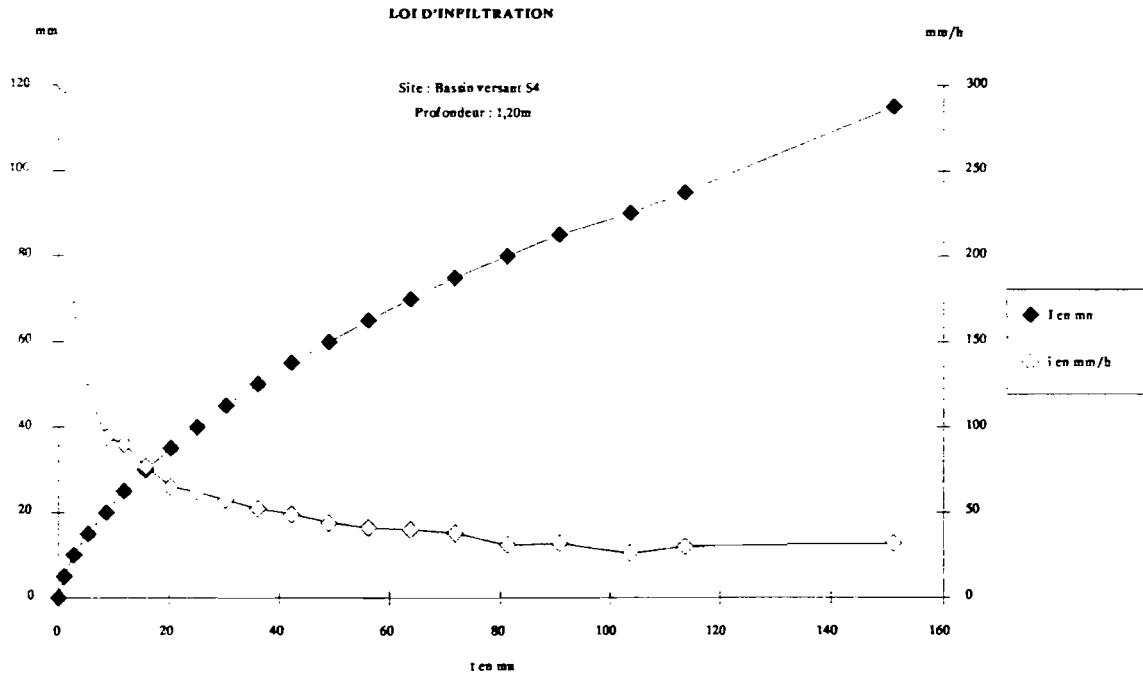
$$n = 18, r^2 = 0.90$$

$$A = 0.27 \text{ mm/mm}$$

soit : $24.6 < K_s < 49.2 \text{ mm/h}$.

Des études antérieures (AUDIN, 1987) menées sur des sites proches, entre 1,50 et 1,85 de profondeur, donnaient des résultats analogues : A variant de 21 à 43 mm/h.

fig.2 LOI D'INFILTRATION - Site : bassin versant S4 - Profondeur : 1,20m



1.1.4.2. Drainage

La figure 3 indique que l'hypothèse de gradient unitaire à la côte 0.50 m est acceptable dès la disparition de la lame d'eau en surface. La méthode simplifiée de calcul de $K(Hv)$ (VAUCLIN,87) peut être comparée à la méthode complète.

Les tableaux 1 et 2 donnent les principales étapes du calcul à la côte 0.50 m. Les erreurs cumulées de la méthode complète entraînent une dispersion notable des points (fig. 4) mais la régression effectuée reste acceptable :

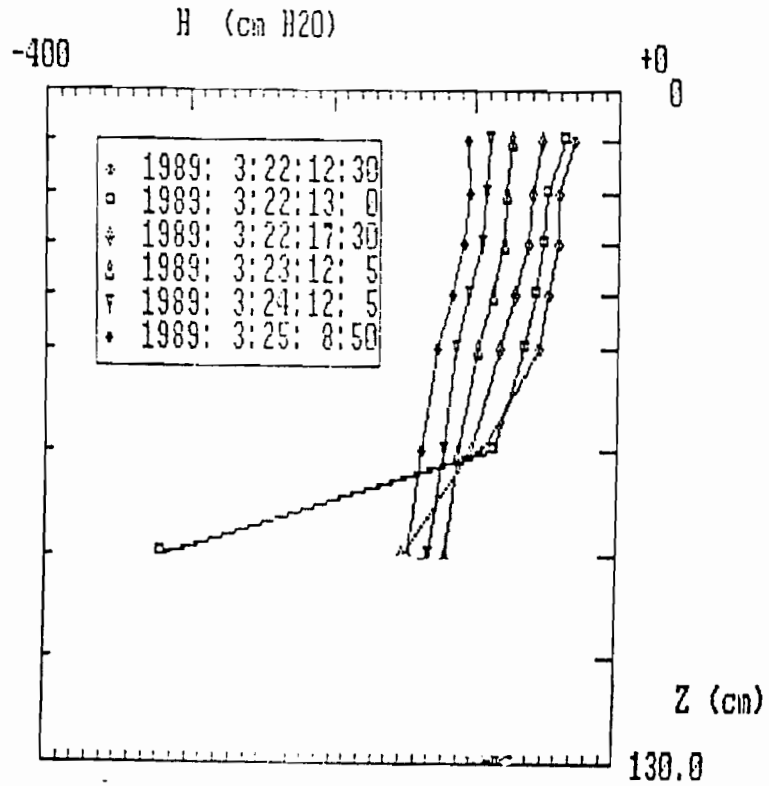
$$\ln K = aHv + b$$

$$a = 113.4977$$

$$b = 27.2042$$

$$r^2 = 0,975$$

fig.3 EVALUATION DES PROFILS DE CHARGE



tab.1 METHODE COMPLETE

à 50 cm (170 cm /surface)

t	0	0,5	1	3	5	10	30	70	100	160
Hv	0,27	0,26	0,255	0,243	0,24	0,232	0,225	0,215	0,212	0,21
S	110	107	105	99	92	89	85	84	82	81
dS/dt	-	5	3,2	(3.2)	2,5	0,2	0,1	0,06	0,03	0,02
dH/dZ	-	0,8	0,9	1	1	1	0,8	0,8	0,9	0,95
K	-	6,2	3,6	(3.2)	2,5	0,2	0,12	0,07	0,03	0,02

tab.2 MUNTZ PROFOND S41
Méthode simplifiée

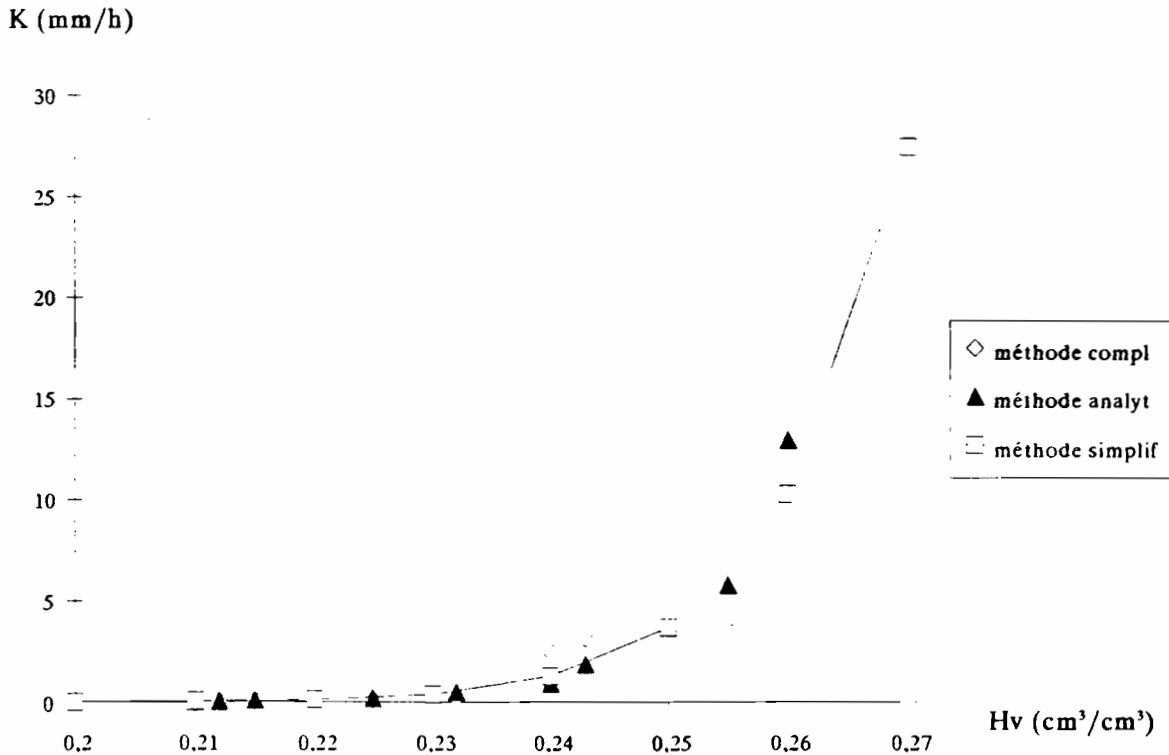
à 50 cm (170 cm/surface)

$$\left\{ \begin{array}{l} H_{v_{50}} = 0,2546T^{-0,3993} \cdot 10^{-1} \quad R^2 = 0,92 \\ H_{v_{0-50}} = 1,1738 H_{v_{50}} - 0,066 \quad R^2 = 0,90 \end{array} \right.$$

$$K_{50}(Hv) = 1,8209 \times 10^{16} \times Hv^{26,063}$$

Hv	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20
K50	27,5	10,3	3,7	1,3	0,4	0,13	0,04	0,01

fig.4 INFILTRATION EN PROFONDEUR S41
mars - mai 1989



Après comparaison avec les profils hydriques enregistrés sur le site depuis 1986, nous constatons :

. une bonne adéquation du point A(0,195 ; 0.005) de la courbe $K(Hv)$ avec l'humidité moyenne après ressuyage sur les profils.

. une concordance entre le point B (0.270 ; 27.5) et la conductivité hydraulique à saturation déduite de la loi de PHILIP. Notons que ces données infirment les résultats tirés des expériences en laboratoire (BROUWERS, 1987) qui indiquaient une conductivité maximum de 3.5 mm/h sur le même site pour la tranche 115-150 cm.

La validation de la relation de conductivité est effectuée sur les données hydriques 1989.

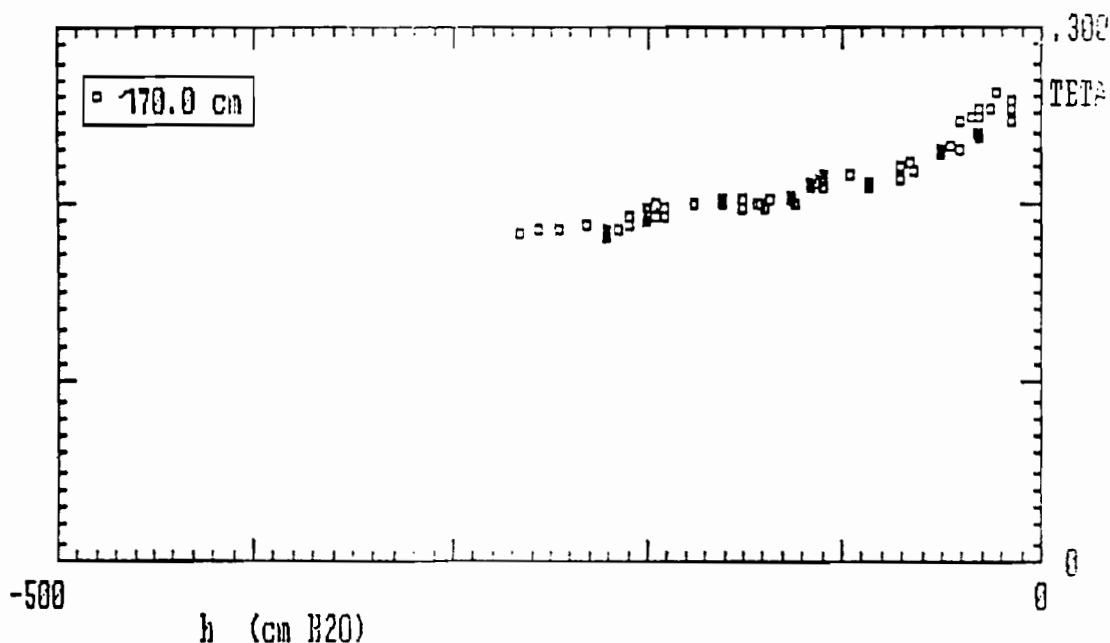
La seconde courbe (fig. 5) tirée de l'expérimentation concerne la relation $h = F(Hv)$. Celle-ci confirme les relations obtenues par RUELLE et TOUMA (1988) pour les horizons sus-jacents. L'intérêt de la relation sera évoqué dans la partie 2.3.2.

1.2. Caractérisations des faciès de ruissellement

1.2.1. Objectifs

La bassin versant S2 couvre l'ensemble de la toposéquence et regroupe divers faciès morphopédologiques. Connaissant les lames ruisselées et les transports à l'aval, il convient d'appréhender la contribution des diverses unités. La méthode de simulation de pluie (CASENAVE, 82 ; ALBERGEL, 87) est utilisée pour quantifier, à l'échelle du m^2 , les lames ruisselées.

fig.5 COURBE DE RETENTION A LA COTE 50cm (170cm/surface)



1.2.2. Dispositif expérimental

Trois sites de simulation de pluie sont choisis, représentatifs des unités morphopédologiques de la toposéquence (fig. 6) :

- site I : bas versant de pente < 2 %, sol sableux à sablo-argileux en profondeur, absence d'horizon gravillonnaire. Zone de culture, limite supérieure du peuplement de *Pilostigma reticulata*.

- site II : mi-versant de pente < 1 %, sol sableux à sablo-argileux, horizon gravillonnaire à partir de 40 cm, gravillons libres en surface. Zone de parcours progressivement gagnée par les cultures. Le passage au type I se fait de manière progressive.

- site III : plateau sur cuirasse latéritique altérée, sol superficiel à blocs affleurants. Zone de parcours dégradée à peuplement de *Combretum glutinosum*. Le passage au versant se fait par un talus pierreux (pente 6 %).

Chaque site est équipé de trois parcelles de ruissellement. Le protocole de simulation prévoit cinq pluies (a,b,c,d,e) de caractéristiques suivantes :

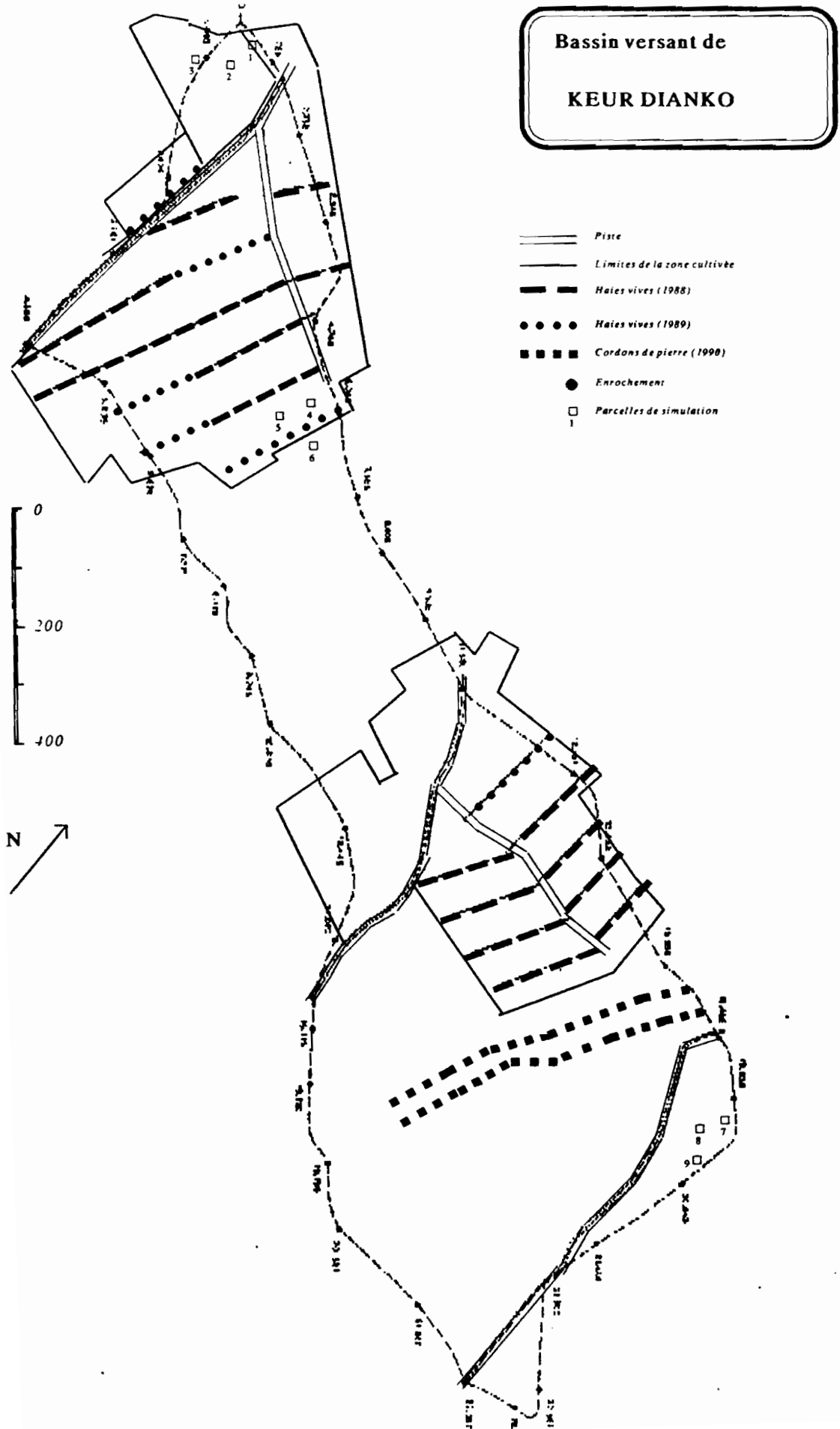
- pluies a et e :

Durée	85 mn						
Lp	96,7 mm (réurrence décennale)						
Forme	temps	30	10	10	10	10	15
	intensité	30	135	120	90	70	50

- pluies b,c,d :

Durée	50 mn					
Lp	61,7 mm					
Forme	temps	10	10	10	10	10
	intensité	40	120	90	70	50

fig.6 BASSIN VERSANT S2 - Sites de simulation de pluies



- durées de ressuyage : a-b 72 h
- b-c 12 h
- c-d 40 h
- d-e 12 h

Le protocole complet est décrit par A. BERNARD (ORSTOM, 89). Les parcelles n°2 (bas versant, arachide) et n°5 (mi-versant, arachide) sont équipées de tubes neutroniques ; les mesures sont effectuées avant et après chaque pluie, accompagnées de prélèvements gravimétriques. Le suivi du ressuyage se poursuit jusqu'au 05/04.

La gamme des humidités rencontrées permet d'établir un étalonnage satisfaisant de la sonde jusqu'à 1,50 m de profondeur (site I) : $Hv = A_1 \times N/N_0 + A_0$

Z	A ₁	écart-type A ₁	A ₀	n	r ²
10	1,128	0,06	0,72 10 ⁻²	14	0,968
20-50	1,185	0,05	-4,41 10 ⁻²	52	0,882
50-80	1,185	0,04	-6,70 10 ⁻²	33	0,924
90-150	1,108	0,05	-8,98 10 ⁻²	28	0,803

1.2.3. Résultats

L'analyse complète des résultats et l'établissement des équations LR = F(P,IK) fera l'objet d'une prochaine publication. Dès à présent, le tableau n°3 résume les principales informations.

tab.3 SIMULATIONS DE PLUIES
Lames infiltrées (LI) et coefficients de ruissellement (KR)

Type averse	Durée moy. ressuyage (h)	Site 1 parc 2		Site 1 parc 3		Site 2 parc 5		Site 2 parc 6		Site 3 parc 7		Site 3 parc 9	
		LI	KR	LI	KR	LI	KR	LI	KR	LI	KR	LI	KR
a	sec	74,3	23	86,6	10	41,3	57	60,0	38	14,6	96	41,3	57
b	72	36,7	40	56,8	8	25,6	59	44,1	29	11,9	81	20,0	68
c	10	25,9	58	55,6	10	13,0	79	34,2	45	6,3	90	14,6	76
d	48	26,7	57	61,8	13	14,3	77	40,2	35	7,2	88	16,8	68
e	10	41,4	57	61,8	5	14,3	85	36,9	62	5,3	95	15,4	84

- Caractéristiques : S1P2 = bas versant, champ précédent arachide
 S1P3 = bas versant, champ enherbé précédent mil
 S2P5 = mi-versant, champ précédent arachide
 S2P6 = mi-versant, jachère enherbée
 S3P7 = plateau, sol dénudé avec croute d'érosion
 S3P9 = plateau, sol dénudé à graviers et cailloux

- L'aptitude au ruissellement décroît du haut vers le bas de la toposéquence, fonction des capacités d'induration de surface.
- Localement, cette hiérarchisation est nuancée par l'anthropisation des surfaces (type de culture, itinéraire technique, taux d'enherbement).

- A ce stade de l'analyse, il est dangereux de retenir les coefficients de ruissellement (Kr) présentés : le protocole repose sur des événements exceptionnels et un spectre de conditions le plus large possible. Seul l'établissement des équations $L_r = F(P, IK)$ pourra amener des applications directes (CASENAVE et VALENTIN, 1988). Toutefois, les mesures de ruissellement en conditions naturelles, lors d'un événement d'occurrence décennale, atteignent des valeurs semblables :

Date	13/07/88
Précipitation	84 mm
Imax/5 mn	128 mm/h
IK	0,01
P antérieures	85 mm

* Bassin versant S4 (bas-versant)

parcelle S41	Kr = 50 %
parcelle S43	Kr = 48 %
parcelle S46	Kr = 54 %

* Bassin versant S5 (bas-versant)

parcelle S51	Kr = 73 %
parcelle S52	Kr = 68 %
parcelle S53	Kr = 76 %

- Du point de vue méthodologique, la comparaison entre données hydrologiques (Li, Kr, IK) et hydro-pédologiques (Pfh, S, S_{0-x}) amène quelques réflexions (tableau n° 4) :

- Les lames infiltrées déduites des lames ruisselées (méthode hydrologique) ou des variations de stocks (méthode hydro-pédologique) sont comparables. Toutefois, ces dernières accusent une sous-estimation de 10 à 20 % imputables à deux phénomènes :

. précision de la méthode neutronique

. installation du tube de mesure à l'extérieur de la parcelle de ruissellement, afin de ne pas perturber les écoulements. Situé en limite de zone arrosée, le profil doit être soumis à des phénomènes de diffusion latérale importants.

- L'indice de pluies antérieures (IK), considéré par modélisation comme un réservoir infini à vidange exponentielle, traduit en fait les variations de stocks de la tranche superficielle du sol (ressuyage et évaporation); dans notre cas, S_{0,30}.

tab.4 SIMULATION SITE 1 PARCELLE 2
Comparaison des données hydrologiques et hydro-pédologiques

Type averse	Durée ressuyage	KR (%)	IK	LI (mm)	PFh (cm)	S ₀₋₁₀₀ (mm)	S ₀₋₃₀ (mm)	Δ S
a	sec	23	0	74,3	0	65,2	18,3	+64,4
b	72	40	21,9	36,7	660	106,9	56,6	+29,0
c	9	58	69,2	25,9	70	138,7	84,9	+24,4
d	50	57	46,8	26,7	95	156,6	73,5	+23,9
e	8	57	91,8	41,4	100	178,5	92,6	+31,6

KR : Coefficient de ruissellement

IK : Indice des pluies antérieures

LI : Lame infiltrée

PFh : Profondeur du front d'humectation avant la pluie n

S0-100 : Stock hydrique 0-100cm avant la pluie n

Δ S : Variation de stock après la pluie n

2. UTILISATION DE L'EAU PAR LES PLANTES

2.1. Caractéristiques de l'hivernage

Le tableau 5 des chroniques mensuelles 86-89, montre que la campagne est caractérisée par un démarrage rapide et conséquent (180 mm du 10 au 30/06/89). Ensuite, la répartition des précipitations est régulière et comparable à l'année 1987 ; seule la première décade d'Août offre un déficit pluviométrique durable. Conséquences de cet hivernage, les taux de ruissellement et de drainage profond sont faibles, l'alimentation hydrique des plantes optimale.

tab.5 PLUVIOMETRIE MENSUELLE
PAPEM Thyssé

ANNEE	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	TOTAL
1986	17,5	23,4	81,5	287,8	257,1	36,2	703,5
1987	-	124,2	134,8	244,2	99,4	99,3	701,9
1988	15,6	37,0	205,7	557,2	184,3	29,4	1029,2
1989	1,0	180,5	142,1	232,8	117,9	73,4	747,8
1973-1987	2,0	56,0	141,0	236,0	177,0	38,0	650,0

2.2. Méthode d'étude

Les bilans hydrique sous mil et arachide sont établis en milieu contrôlé (Papem, densité optimale, absence de ruissellement) et en milieu paysan (bassins versants S4 et S5). Quatre sites tenseurioniques sont installés au Papem (mil 2, arachide 2). Sur le bassin versant S4 : quatre parcelles de ruissellement - 1 m², type ORSTOM - avec équipement tenseurionique (mil 1, arachide 3) et deux sites neutroniques témoins (mil 1, arachide 1). Les 6 sites du bassin versant S5 présentent des problèmes d'étalonnage neutronique, interdisant la valorisation actuelle des données.

L'équation de conservation de la masse, en terme de bilan hydrique peut s'écrire, pour un pas de temps Δt :

$$ETR = P - \Delta S - R - D$$

avec : ETR évapotranspiration réelle
P pluie au sol
 ΔS variation de stock hydrique
R ruissellement
D drainage

En 1989, sur la majorité des tubes neutroniques, le drainage n'a pas atteint la dernière côte de mesure. Cet avantage nous permet, dans les limites de précision de la méthode neutronique :

- D'établir un bilan hydrique complet sur les sites équipés de parcelles de ruissellement.
- De valider la relation $K(Hv)$, établie en Mars 89, à la côte 1.70 m.
- De tester les coefficients culturaux (Kc) (DANCETTE, 84 ; VANDERCHMITT, 89).

L'analyse des données est effectuée grâce aux logiciels AIDHYS (LATY, VACHAUD, 87) et BIPODE (FRANQUIN et FOREST, 77 ; VAKSMANN, 88)

tab.6 RUISSELLEMENT 1989
Lame ruisselée (LR) et coefficient de ruissellement (KR)

Date	Précipit.	S41 (arachide)		S43 (arachide)		S44 (arachide)		S46 (mil)	
		LR (mm)	KR (%)	LR (mm)	KR (%)	LR (mm)	KR (%)	LR (mm)	KR (%)
12/06	45,0	5,5	12,0	3,0	6,6	17,5	37,7	5,0	11,1
15/06	25,0	6,0	24,0	7,5	28,0	11,0	44,0	24,0	6,0
17/06	40,0	25,0	62,5	23,5	58,7	33,0	81,5	21,0	52,5
19/06	12,6	3,6	28,5	5,6	44,4	7,0	55,5	3,6	28,5
24/06	24,0	6,0	25,0	6,0	25,0	6,5	27,1	8,0	33,3
27/06	22,6	5,0	22,1	5,6	24,8	6,6	29,2	6,6	29,2
30/06	13,0	2,5	19,2	4,0	30,7	4,5	34,6	4,0	30,7
01/07	10,0	0	0	0	0	0	0	10,0	1,0
07/07	12,0	0	0	0	0	4,2	0,5	0	0
11/07	27,0	2,0	7,4	1,0	3,7	2,0	7,4	1,0	3,7
12/07	12,5	1,0	8,0	1,5	12,0	1,5	12,0	0,5	4,0
13/07	14,0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/07	37,0	5,0	13,5	4,0	10,8	3,0	8,1	3,0	8,1
25/07	17,5	0,5	2,8	0,5	2,8	0,5	2,8	0,5	2,8
28/07	12,5	0,5	4,0	0,5	4,0	0	0	0,5	4,0
01/08	37,0	3,0	8,1	3,0	8,1	6,5	17,6	10,0	27,0
11/08	28,0	0	0	0	0	0	0	1,0	3,6
14/08	36,0	6,0	16,7	4,0	11,1	16,0	44,4	5,0	13,8
16/08	17,2	0,5	2,9	0,2	1,1	7,0	40,7	2,2	12,8
23/08	25,0	5,0	20,0	5,0	20,0	7,0	28,0	9,0	36,0
24/08	32,0	10,0	31,2	8,0	25,0	15,0	46,9	7,0	21,9
27/08	9,5	0,5	5,2	0	0	1,5	15,8	3,0	31,6
11/09	17,0	0	0	0	0	0	0	0	3,0
13/09	14,5	0,5	3,4	0	0	0,5	3,4	1,0	6,9
15/09	23,0	2,0	8,7	2,0	8,7	5,0	21,7	6,0	26,1
16/09	20,0	2,5	12,5	2,5	12,5	5,0	25,0	8,0	40,0
20/09	20,0	0	0	0	0	0,5	2,5	4,0	20,0
27/09	16,0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/10	22,0	0	0	0,5	2,3	2,0	9,1	10,0	45,0
06/10	18,5	0	0	0	0	0,5	2,7	2,0	10,8
20/10	9,0	0	0	0	0	0	0	3,0	33,3
LR total (mm)		93,3		88		160,2		134,9	
KR moyen (%)			11,9		11,4		20,7		17,4

2.3. Bilan hydrique avec ruissellement

2.3.1. Le ruissellement (R)

Le tableau 6 indique les lames ruisselées enregistrées en 1989. Hormis la dernière quinzaine de Juin, les ruissellements sont faibles et les coefficients annuels équivalents à ceux de 1987 (10 à 20 %). Néanmoins, la perte moyenne en début de cycle est de 50 mm en 6 pluies, confirmant la vulnérabilité des sols à cette période. La récolte du mil (15/09) entraîne une recrudescence du ruissellement en fin de cycle. Les zones les plus ruisselantes (S44) demeurent identiques à celles mises en évidence précédemment (RUELLE, SENE, 87)

2.3.2. Le drainage (D)

Appliqué au bilan hydrique des cultures, le drainage correspond aux pertes sous la zone d'exploration racinaire. Des travaux antérieurs (AUDIN, 87 ; SENE, 88) indiquent une profondeur moyenne d'enracinement de 1.50 m pour l'arachide et 1.70 m pour le mil dans les sols considérés. Afin de valider la relation $K(Hv)$, une cote de drainage unique a été utilisée : 1.70 m.

Les tableaux 7 et 8 comparent, respectivement sous arachide et mil, les lames drainées calculées par la méthode de Darcy et par la méthode des différences de stocks. Pour plus de clarté, les résultats sont donnés par périodes, mais les données tensiométriques quotidiennes ont permis, grâce à la relation $h(Hv)$, d'appliquer la loi de Darcy sur un pas de temps plus court. Les volumes drainés sont faibles sous arachide (0 à 40 mm, fonction des lames ruisselées) et négligeables sous mil. Rappelons qu'en 1988 ces sites avaient enregistré un drainage de 200 mm, comme le montre le suivi du stock à 1.70 m sur le site S43 (figure 7).

La faiblesse des flux observés et la stagnation du front d'humectation à la cote de calcul, entraînent une faible précision des résultats (S46), qui reste acceptable à l'échelle du bilan hydrique des cultures.

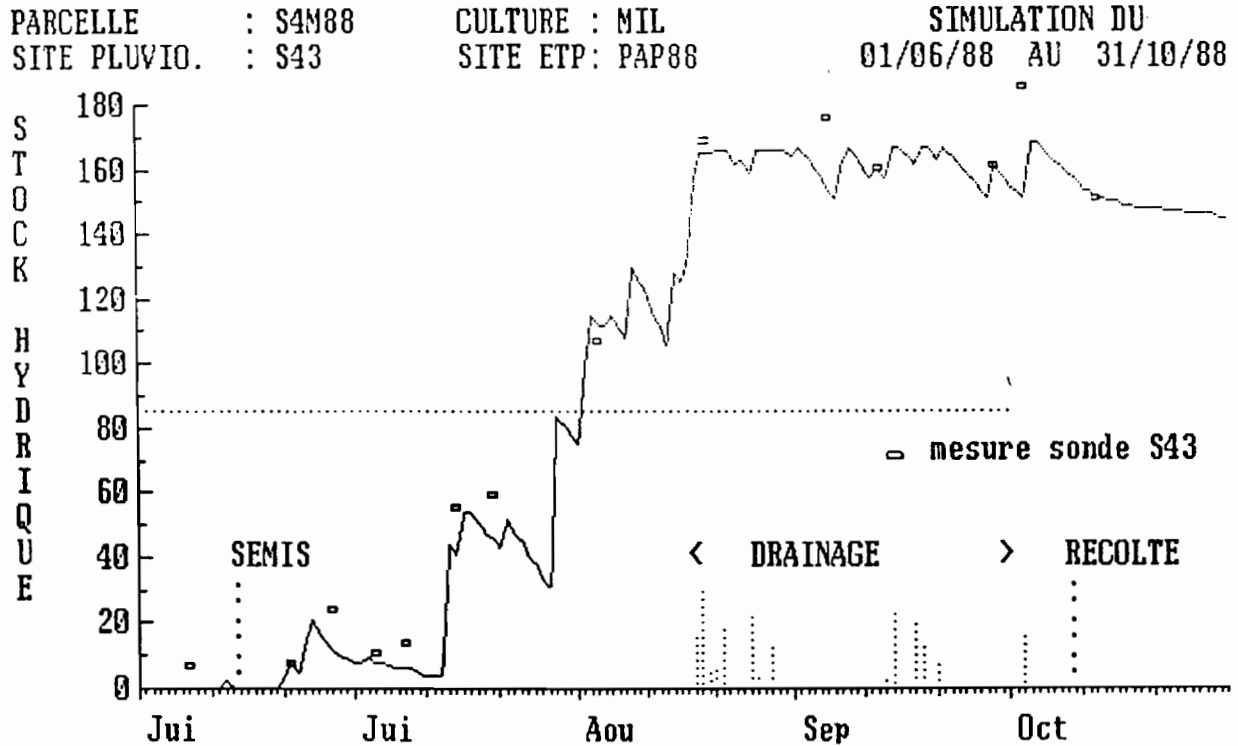
tab.7 DRAINAGE SOUS ARACHIDE - Site S41

Période	Hv cm ³ /cm ³	$\Delta H/\Delta Z$	K mm/h	Qpériode mm	ΔS_{0-170} mm	ΔS_{0-250} mm	D mm
22/08 au 29/08	0,197	-6,7	0,009	9,9	+31	+42	11
29/08 au 21/09	0,212	-1,0	0,043	23,7	-11	+7	18
21/09 au 29/09	0,210	-0,7	0,034	4,0	-8	-11	-
29/09 au 03/10	0,200	-0,5	0,011	1,9	+3	+7	4
03/10 au 09/10	0,198	-0,6	0,010	1,0	+5	+8	3

tab.8 DRAINAGE SOUS MIL - Site S46

Période	Hv cm ³ /cm ³	$\Delta H/\Delta Z$	K mm/h	Qpériode mm	ΔS_{0-170} mm	ΔS_{0-250} mm	D mm
22/08 au 29/08	0,171	-	0	traces	+30	+32	2
29/08 au 17/09	0,170	-	0	0	+18	+21	3
17/09 au 21/09	0,180	-0,8	0,01	1			
21/09 au 29/09	0,170	-	0	0	-13	-15	-
29/09 au 09/10	0,165	-	0	0	+6	+10	4

fig.7 EVOLUTION DU STOCK A LA COTE 170 cm
mil, site S43, Papem 1988



2.3.3. Satisfaction des besoins

Connaissant les termes P, R, D, S, la résolution de l'équation du bilan hydrique devient triviale pour quatre sites de mesures (S41, S43, S44 arachide ; S46 mil). Ceci nous permet d'évaluer la représentativité des coefficients culturaux traditionnels (Kc). Il ressort des exemples suivants que l'offre évaporative en début de cycle est maximale et avoisine la référence EVBAC (5 mm/j), quelque soit le stade cultural ; cette constatation rejoint les travaux de DURENBOOS et PRUITT (75) sur l'évaporation en période humide.

En fin de cycle, le prolongement de la période de maturation et l'enherbement excessif maintiennent les consommations à un niveau élevé. Force est de constater la difficulté d'utilisation en milieu paysan - au niveau de la parcelle - des coefficients préétablis en station avec un itinéraire technique optimal.

Les coefficients utilisés, loin de constituer une référence, expriment le comportement du trinôme sol/adventices/culture lors de l'hivernage 1989.

2.3.3.1. Arachide

Une seule variété est utilisée (73-33, cycle 110 j), aucun apport d'engrais. Quelque soit la date de semis, les besoins en eau sont satisfaits à 89 % sur le cycle végétatif. Toutes les décades possèdent un rapport ETR/ETM > 85 %. Le facteur eau n'a pas été limitant durant la campagne.

Le site S41 (figure 8) correspond à un semis du 22/06, récolté après 128 jours.

Le site S43 (figure 9) correspond à un semis du 16/06, récolté après 123 jours.

- Caractéristiques des simulations du 12/06 au 31/10 (logiciel BIPODE).

Site	P-R mm	EVB mm	ETR mm	D calc. mm	D mes. mm	S calc. mm	S mes. mm
S41	681	620	545	45	38	80	60
S43	685	620	544	30	20	95	85

fig.8a EVOLUTION DU STOCK ET DRAINAGE A LA COTE 170 mm
arachide, site S41, Papem 1989

PARCELLE : S4A89 CULTURE : ARACHIDE SIMULATION DU
SITE PLUVIO. : S41 SITE ETP: PAP89 01/06/89 AU 31/10/89

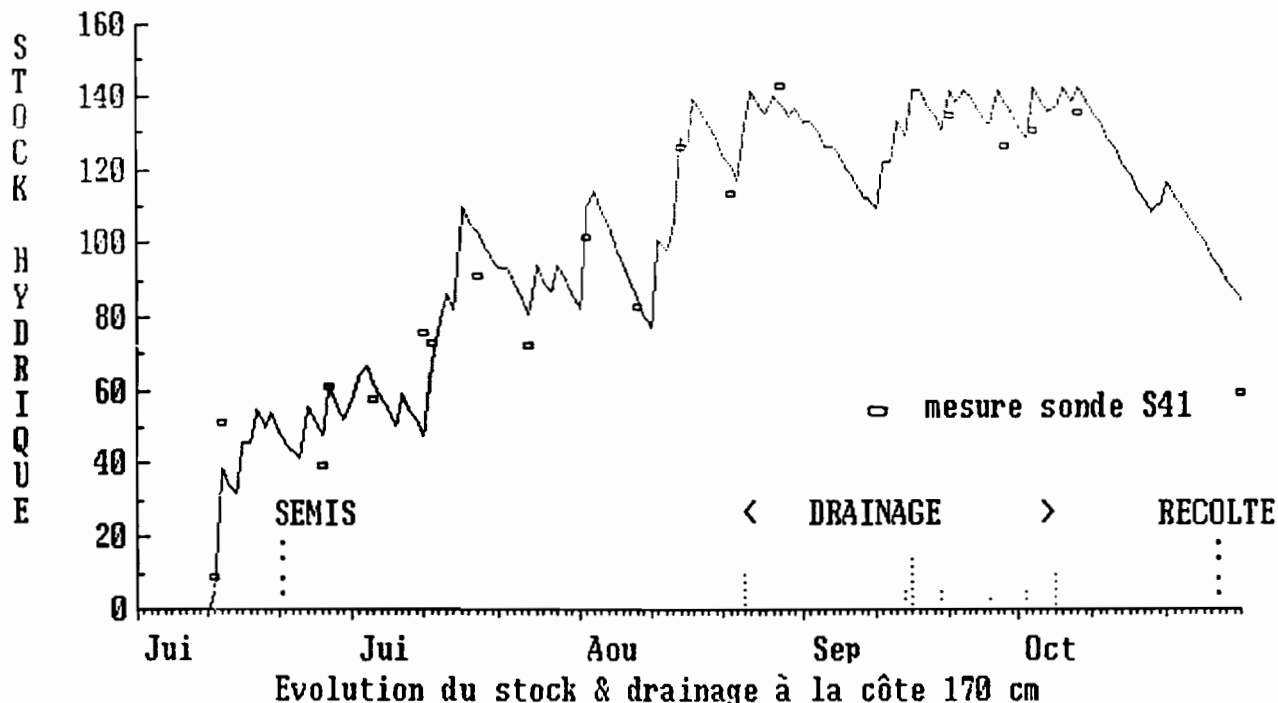


fig.8b COEFFICIENTS CULTURAUX CLASSIQUES (VANDERCHMITT, 1989)
arachide, site S41, Papem 1989

PARCELLE : S4A89 CULTURE : ARACHIDE SIMULATION DU
SITE PLUVIO. : S41 SITE ETP: PAP89 01/06/89 AU 31/10/89

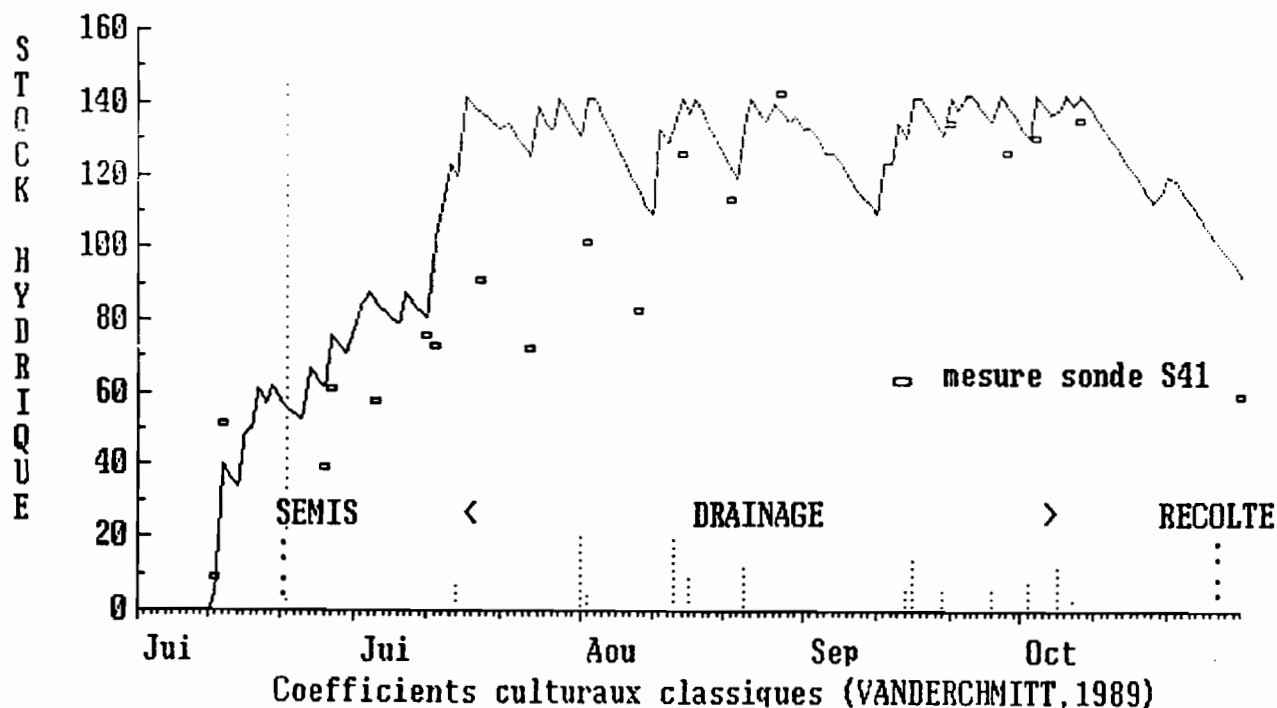


fig.9a EVOLUTION DU STOCK ET DRAINAGE A LA COTE 170 cm
arachide, site S43, Papem 1989

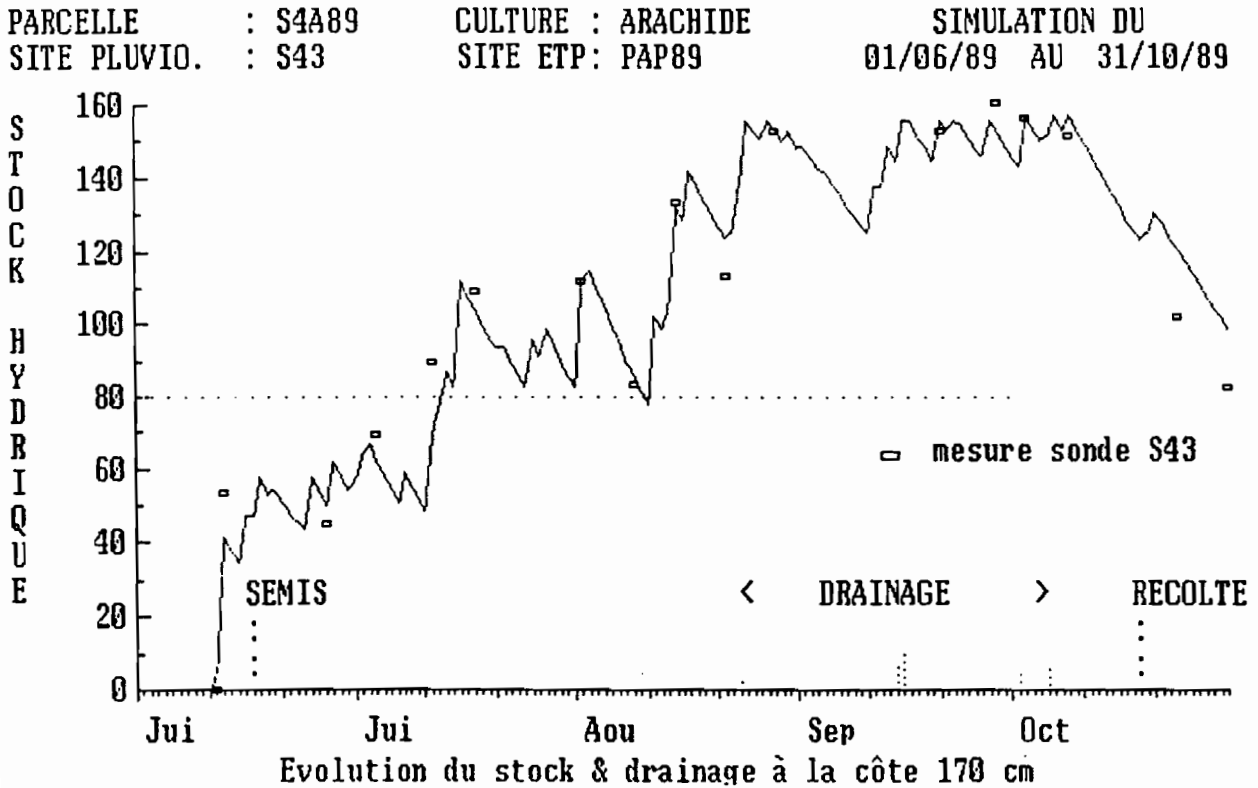
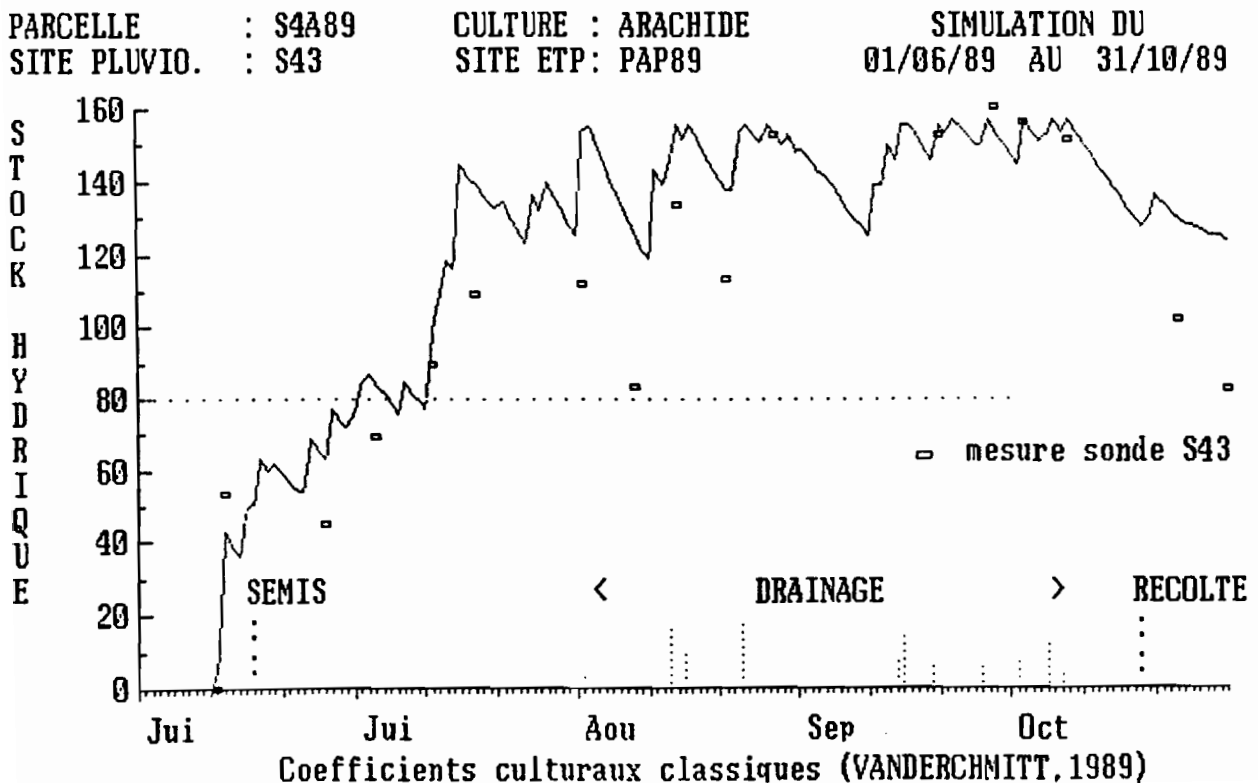


fig.9b COEFFICIENTS CULTURAUX CLASSIQUES (VANDERCHMITT, 1989)
arachide, site S43, Papem 1989



- Ajustement des coefficients culturaux - Site S41.

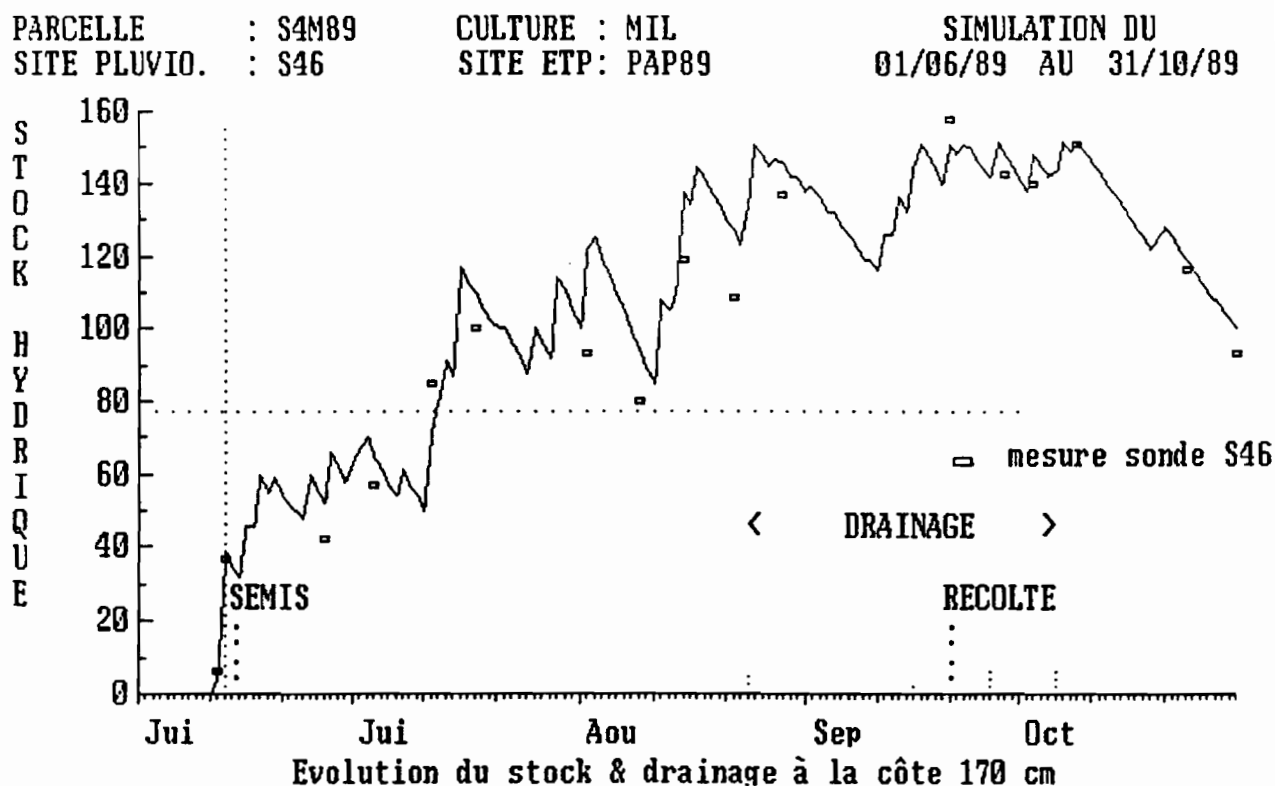
Coef. culturaux	J1	J2	J3	J1	J2	J3	A1	A2	A3	S1	S2	S3	O1	O2	O3
Vanderchmit	-	-	0,35	0,50	0,65	0,90	1,10	1,10	1,05	1,05	0,95	0,90	0,80	0,80	0,80
Ndiba 89	-	0,95	0,95	0,95	0,95	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	0,90	0,90	0,90

2.3.3.2. Mil

Compte tenu des emblavements, une seule parcelle de mil est disponible sur le bassin versant S4. Semée le 13/06 (variété Souna III), elle est récoltée le 21/09, soit un cycle de 100 jours. Aucune fumure n'est apportée.

Les besoins hydriques sont satisfaits à 90 % sur le cycle végétatif. Aucune décade ne semble limitante, mais une inconnue demeure concernant le taux de prélèvement des adventices, leur développement - malgré trois sarclages - étant important.. Leur rôle se retrouve en fin de cycle, pendant lequel les coefficients culturaux restent élevés (figure 10).

fig.10 EVOLUTION DU STOCK ET DRAINAGE A LA COTE 170 mm
mil, site S46, Papem 1989



- Caractéristiques de la simulation du 12/06 au 17/10 (Logiciel BIPODE).

Site	P-R mm	EVB mm	ETR mm	D calc. mm	D mes. mm	S calc. mm	S mes. mm
S46	658	620	529	20	9	97	85

2.3.4. Composantes du rendement

Les conditions hydriques étant semblables à celles de 1987, les composantes du rendement sont comparables, site à site. Ceci ne doit pas cacher une certaine hétérogénéité à l'échelle de la parcelle, que nous étudierons plus loin.

- Composantes du rendement

Culture	année	P-Rm	Dm	ETR	plante entière kg/ha	gousses ou grains kg/ha	adventices kg/ha
Mil (S46)	1987	500	-	427	-	1060	740
	1988	570	9	403	4930	1295	550
Arachide (S43)	1987	560	-	509	3240	1250	206
	1988	676	20	499	4627	1600	347

2.4. Bilan hydrique en milieu contrôlé

Les anneaux de garde contre le ruissellement n'ayant pu être mis en place au début de l'hivernage, les pertes analogues à celles précédemment décrites ont eu lieu : de 30 à 40 mm entre le 12/6 et le 29/6, suivant les sites.

Compte tenu de la bonne alimentation hydrique des cultures, aucun enseignement ne peut être tiré d'une comparaison entre les sites de mesure du bassin versant S4 et ceux du PAPEM.

3. LUTTE CONTRE L'EROSION

3.1. A l'échelle de la parcelle : bassin versant S4 (2,4 ha)

Rappelons que l'aménagement du bassin versant S4 a débuté en 1988 et comprend :

- une haie multispécifique, perpendiculaire à la ligne de plus grande pente ($P < 1\%$), doublée d'une ligne de *Panicum maximum*.
- 4 facines placées en tête de collatures, dans le tiers aval du bassin ($P = 1\%$).
- 4 cordons de pierres barrant les collatures en aval des facines ($P = 2\%$).
- un itinéraire technique amélioré, sur les cinq parcelles du bassin : travail du sol en sec (dent RRS, CEEMAT) et semis perpendiculaire à la plus grande pente.

Afin d'évaluer l'efficacité de l'aménagement, des mesures hydrologiques (menées conjointement avec l'ORSTOM), hydro pédologiques et agronomiques sont effectuées durant l'hivernage.

3.1.1. Lames ruisselées et transports solides

Les caractéristiques des crûes du bassin versant S4 sont exposées dans le rapport de campagne hydrologique 1989 (ALBERGEL et al, 89).

Les volumes d'eau exportés au niveau du déversoir avoisinant 82 m^3 , soit une lame ruisselée de 3,4 mm pour l'ensemble du bassin versant, dont 45 % sur les quatre premières pluies de l'hivernage. Le coefficient de ruissellement est faible ($K_r = 0,45\%$).

La comparaison avec les lames ruisselées au niveau du m^2 (tableau 6) indique une importante déperdition entre la zone de collecte et l'exutoire. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées :

- Facteur d'échelle, classique en hydrologie, mais qui ne peut expliquer le rapport de 1/30 des lames enregistrées. D'autant plus que les emplacements des parcelles de ruissellement correspondent aux différents états de surfaces rencontrés sur le bassin (RUELLE, SENE, VAUCLIN, 88 ; ALBERGEL, TOUMA & RUELLE, 89)

- Piégeage d'une partie du ruissellement au niveau des ouvrages anti-érosifs. La répartition des stocks hydriques sur le bassin versant, en fin d'hivernage semble confirmer cette hypothèse (cf. infra). Le suivi du bilan hydrique, par méthode tensionneutronique, dans le dernier tiers de la collature (site S47) apporte également de précieux renseignements :

- > Le front humectation atteint la côte 170 cm le 15/07 dans la dépression (S47) et du 15/08 au 31/8 sur les autres sites. La lame infiltrée excédentaire, au 15/07 avoisine 100 mm (tableau 9).

- > En appliquant la Loi de DARCY à la côte 170 cm, nous obtenons un drainage sous la zone racinaire de 213 mm au 31/10/89. Une inconnue demeure sur les surfaces concernées par ce phénomène ; une première approche est proposée plus loin.

Les transports solides par charriage de fond sont inférieurs à 200 kg, et sont négligeables par rapport aux années précédentes :

1613 kg en 1987 ($P = 700 \text{ mm}$ non aménagé)

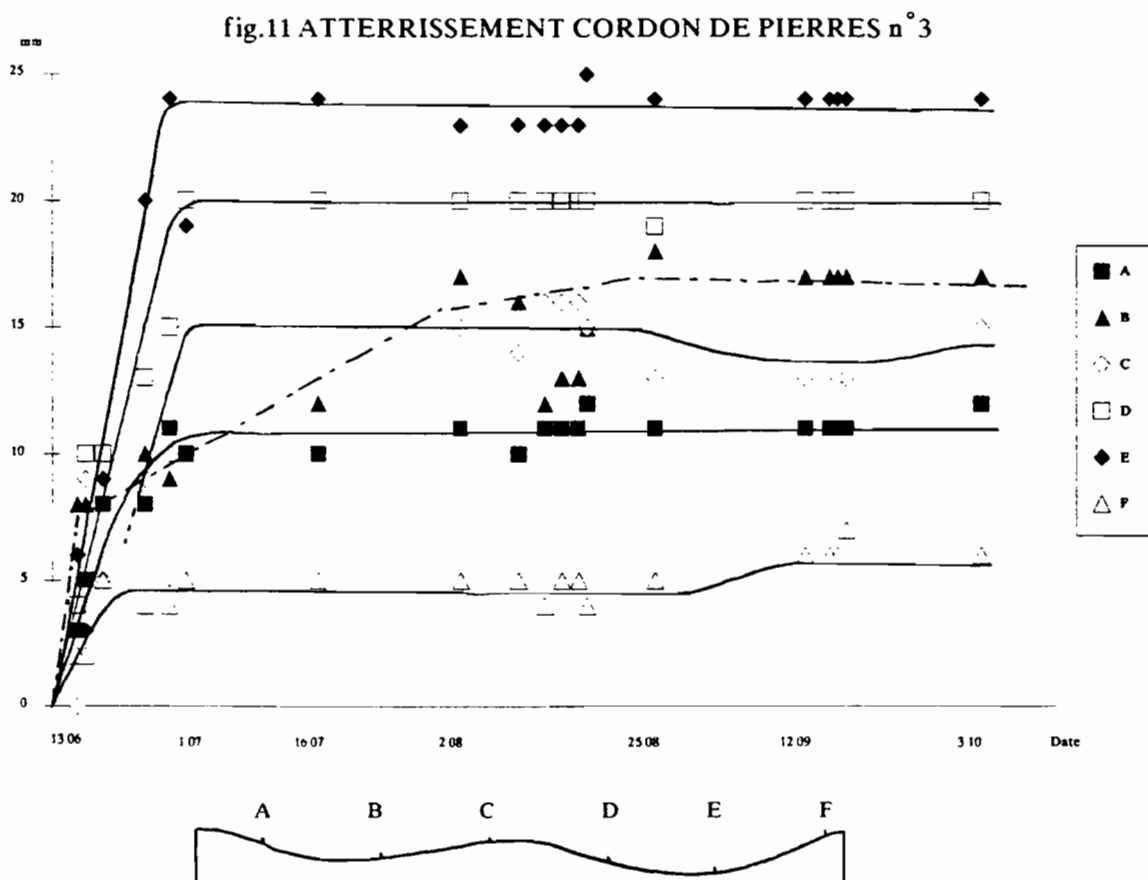
984 kg en 1988 ($P = 930 \text{ mm}$, aménagé) tab.9

tab.9 VARIATIONS COMPAREES DES STOCKS HYDRIQUES

Date	Variations de stocks (0-270cm) en mm			
	S41	S43	S47	excédent S47
12/06				
27/06	+ 32	+ 40	+ 92	50/60
11/07	+ 36	+ 46	+ 74	30/40
18/07	+ 10	+ 21	+ 25	4/15
02/08	+ 15	(+ 2)	+ 26	-/10
15/08	+ 21	+ 22	+ 16	0
29/08	+ 25	+ 22	+ 23	0
21/09	+ 9	+ 2	Dr	-

Les ouvrages anti-érosifs agissent efficacement sur les débits solides en ralentissant la lame ruisselée (sédimentation) et en diminuant les volumes exportés. A l'échelle du bassin nous assistons à un transfert limité des particules de surface. Le niveau de base de la collature étant stabilisé, ces phénomènes devraient s'atténuer lors des prochaines années.

Chaque ouvrage est équipé d'une série de plaquettes d'atterrissement qui permettent de suivre la sédimentation amont. Cordons de pierres et facines accumulent de 15 à 25 mm de sédiments dans l'axe de talweg (figure 11), la haie vive enregistre un atterrissement moyen de 15 mm.



3.1.2. Variabilité spatiale des stocks hydriques

3.1.2.1. Objectifs

Initiée en 1987, l'étude de la variabilité spatiale des stocks hydriques doit permettre :

- d'évaluer la représentativité des sites de mesures ponctuels. Cet aspect a été traité par RUELLE, SENE, VAUCLIN (88) ;
- de comprendre le fonctionnement hydraulique du bassin versant, en association avec les mesures hydrologiques ;
- de suivre l'évolution éventuelle de cette variabilité, fonction - par exemple - des aménagements créés.

Cette étude est réalisée à partir de prélèvements à la tarière sur 53 profils d'une grille de maille élémentaire 20 x 20 m superposée au bassin versant ; les principales données agronomiques sont également collectées (figure 12).

Les données sont traitées grâce aux logiciels GEOEAS (ENGLUND, SPARKS, EPA) et SURFER (GOLDEN SOFTWARE, INC.), en liaison avec l'Institut Mécanique de Grenoble.

3.1.2.2. Répartition des stocks hydriques le 25/10/89

L'échantillon des 53 stocks hydriques (0-150 cm) suit une loi normale (figure 13), les observations sont assimilées à des variables régionalisées.

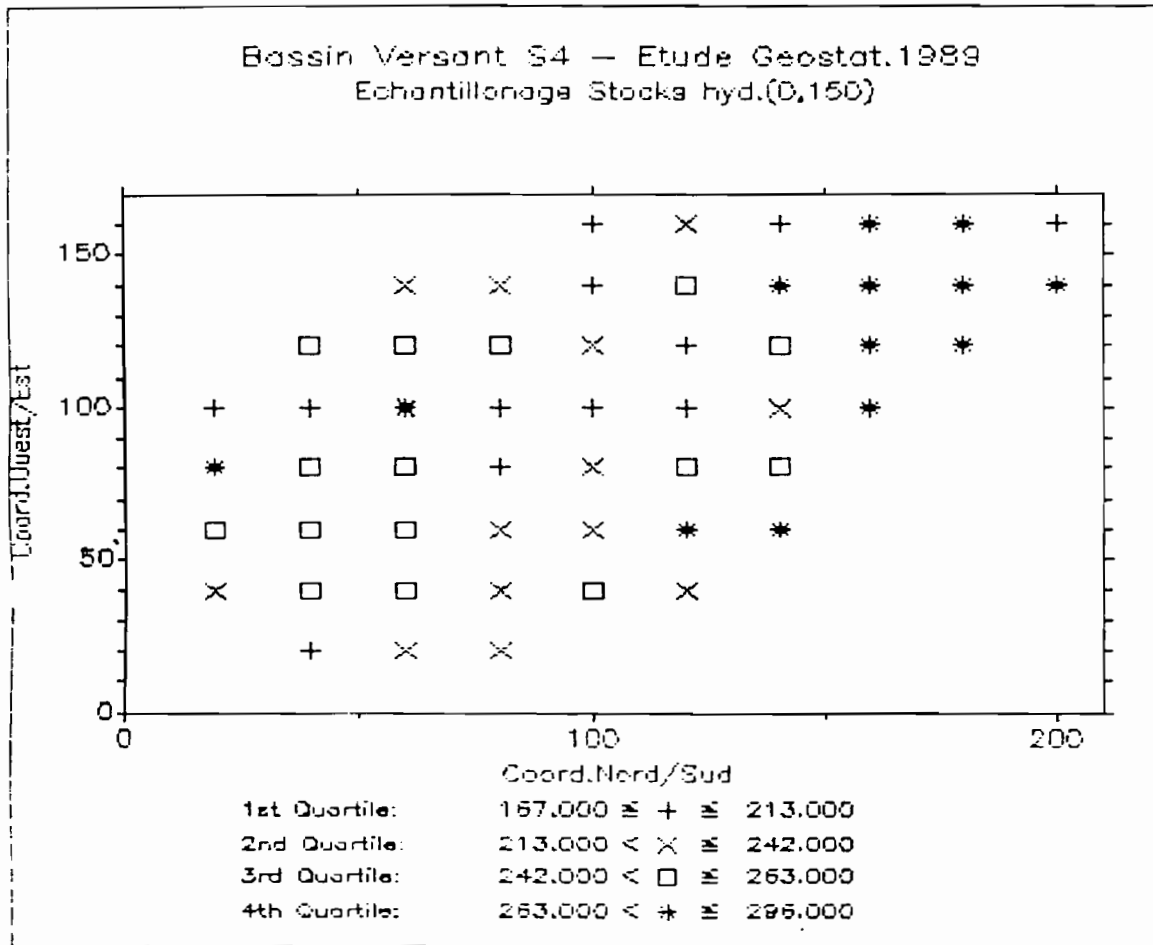
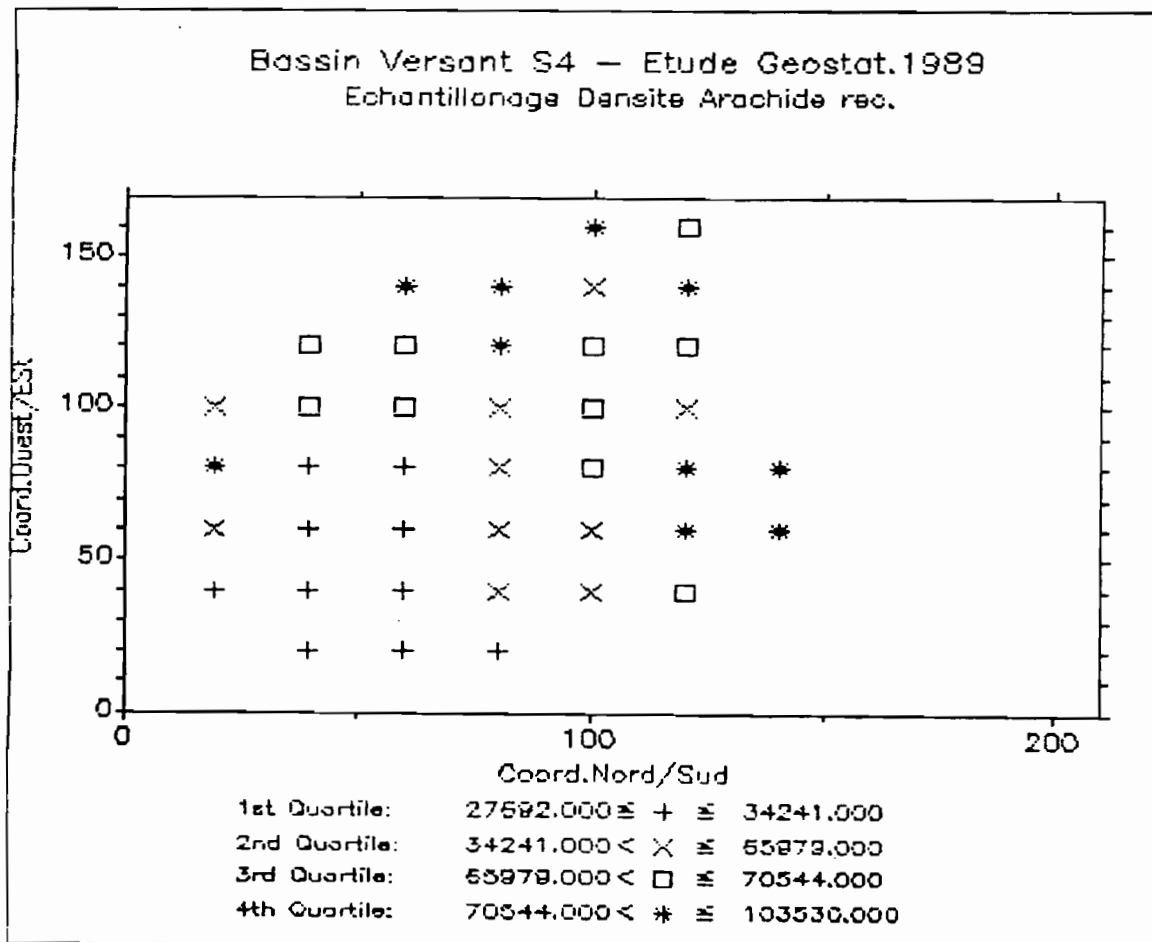


Fig 12 : Echantillonnage hydro-pédologique et agronomique



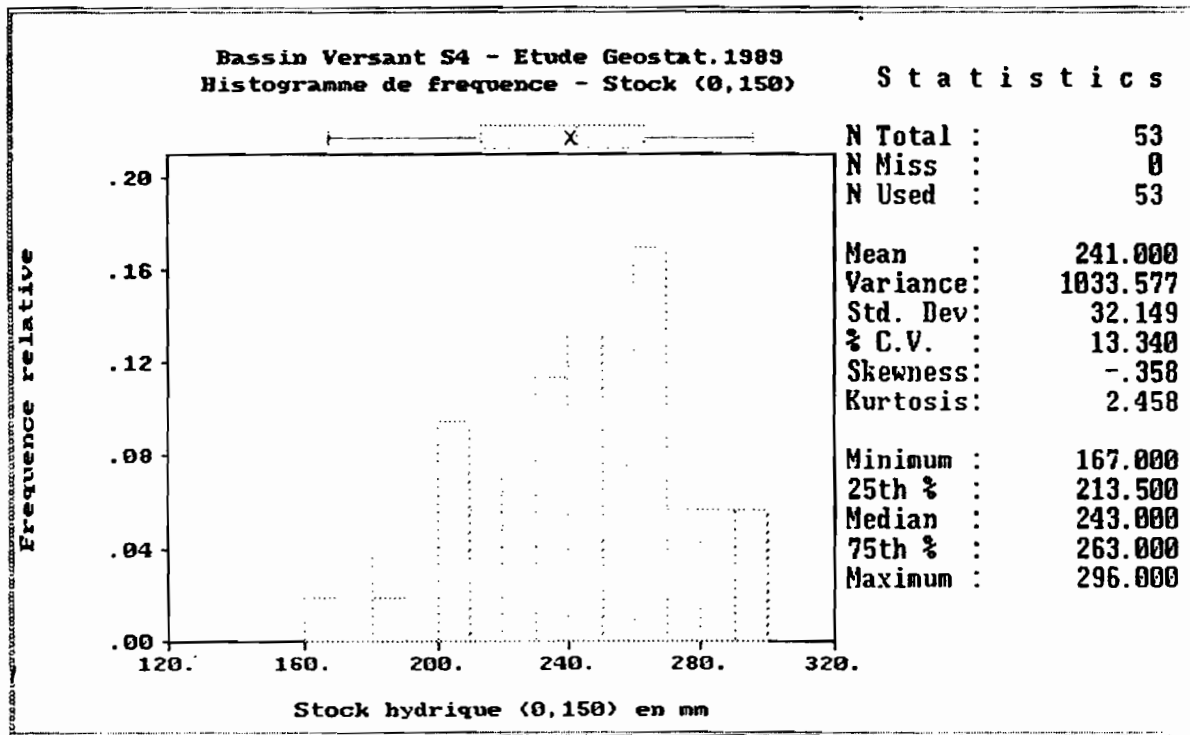
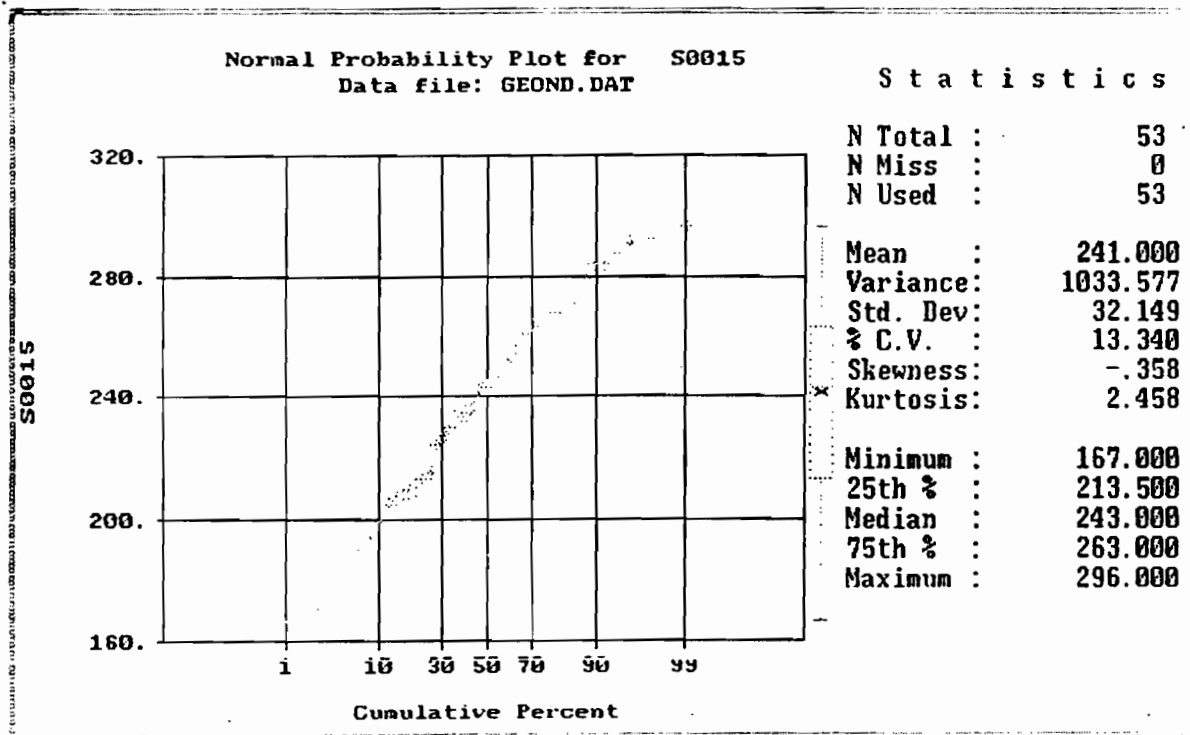


Fig 13 : Loi de répartition de S (0-150)



L'analyse géostatistique montre que les stocks présentent une structure modélisée par un variogramme sphérique de portée stable, voisine de 50 m (figure 14). Cette portée est inférieure à celle mise en évidence en 1987 (100 mètres), les dates de prélèvements (10/6/87 et 25/10/89) sont peut être en cause.

La cartographie par krigeage, utilisant le variogramme modélisé, permet d'identifier des zones homogènes au sein du bassin versant (figure 15) : au Sud-Est, une zone à forte réserve en fin d'hivernage, au centre une zone dépressive qui recoupe les deux ensembles mis en évidence en 87 : une zone à bonne réserve couvrant tout le Nord du bassin et une bande Est-Ouest, au centre du bassin, ruisselante et à faible réserve.

Les données agronomiques récoltées sont analysées de manière équivalente afin d'appréhender les interrelations éventuelles.

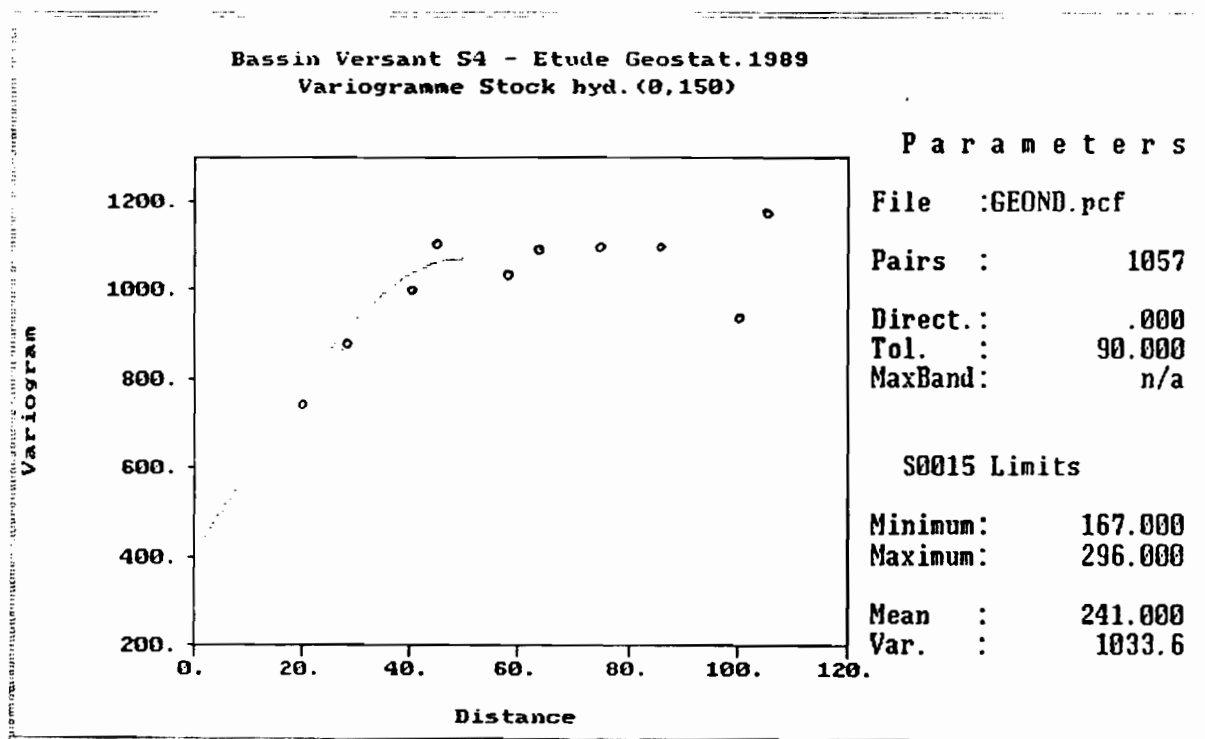
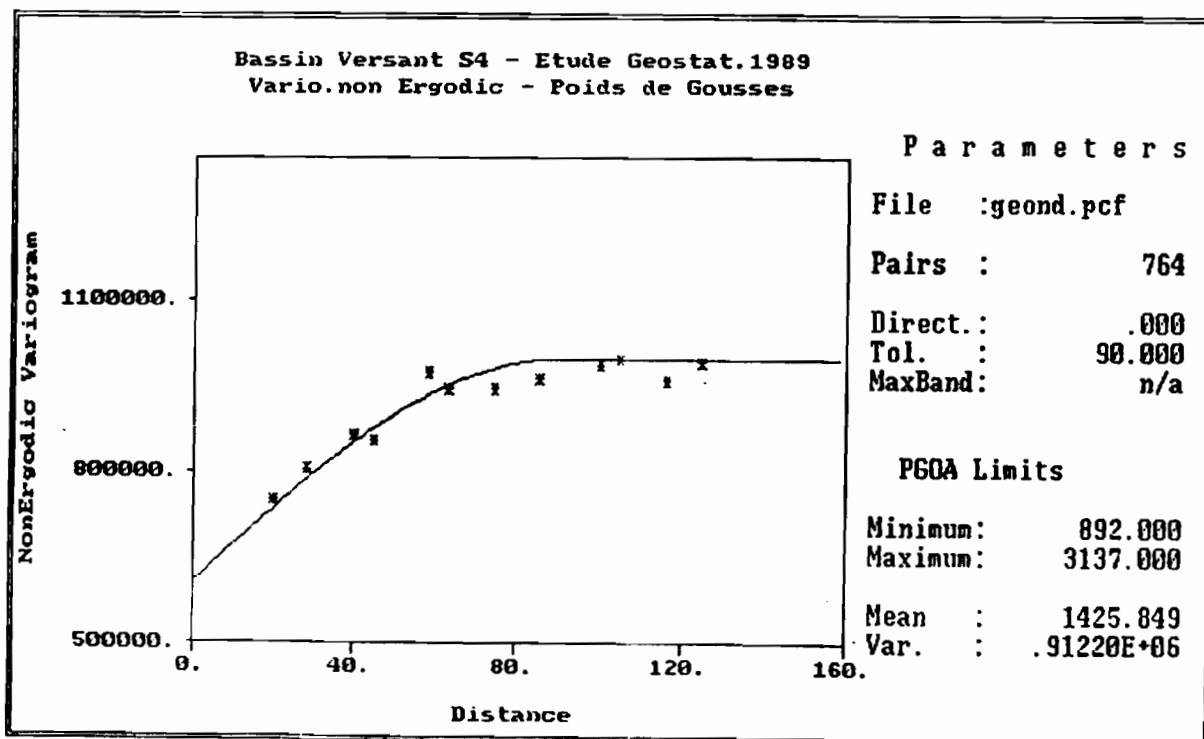


Fig 14 : Structure spatiale des variables hydro-pédologiques et agronomiques



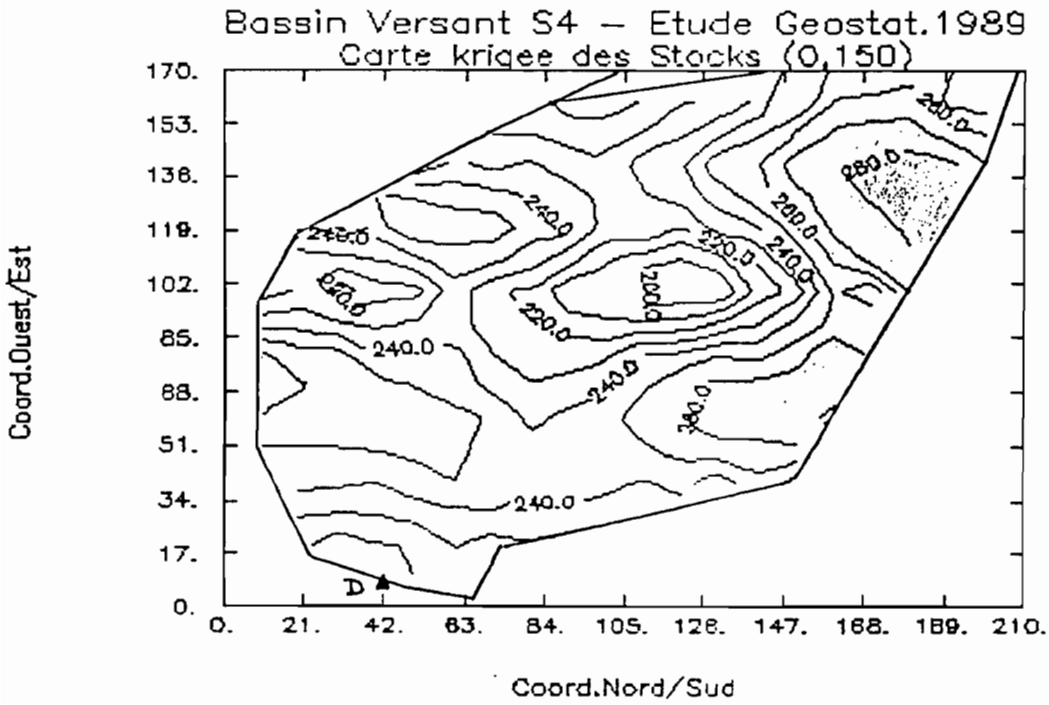
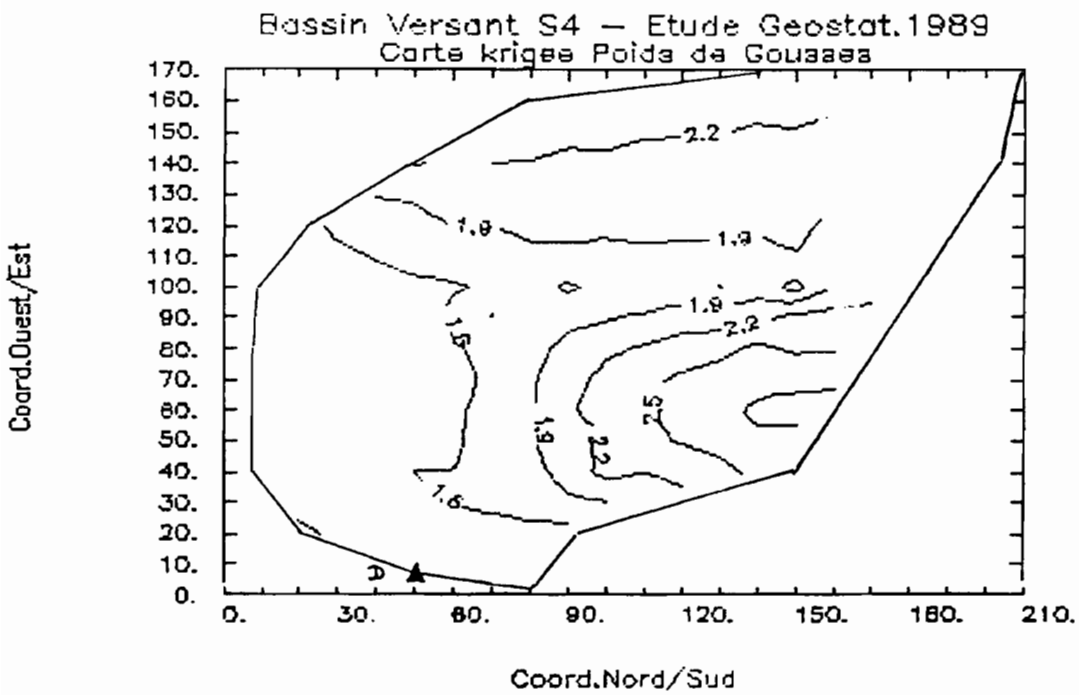


Fig 15 : Krigage des variables hydro-pédologiques et agronomiques



3.1.2.3. Analyse des données agronomiques

Le bassin est réparti en 5 parcelles de cultures (figure 17) ; une seule semée en mil, dans la partie Sud-Est. Cela explique les stocks importants observés dans cette zone : après la récolte (15/09), les réserves de surface se reconstituent malgré une légère reprise du ruissellement. Compte tenu du faible nombre de points (13), aucune analyse statistique n'a été effectuée sur cette parcelle.

Les principales variables de la zone arachidière (40 points) ont été analysées : densité (DA), rendement gousses (RG), rendement fanes + gousses (RFG), adventices à la récolte (AR).

RFG et AR présentent une loi de distribution Log Normale, RG une distribution normale et DA une répartition bimodale des effectifs. L'existence de deux dates de semis explique ce phénomène (15/06 et 22/06) : les seconds semis, dans le tiers inférieur du bassin versant, amènent une mauvaise levée de l'arachide et une densité à la récolte inférieure, 35000 p/ha contre 70000 p/ha (figure 12). Ceci influe sur les rendements en fanes, beaucoup moins sur les rendements gousses (RG) du fait des phénomènes de compensation.

L'analyse géostatistique de RG (figure 14) permet d'établir une structure stable modélisée par un variogramme sphérique de portée 80 m. La cartographie krigée des rendements met en évidence une zone dépressive où les rendements sont inférieurs de 25 % au reste du bassin.

Ce rôle prépondérant de l'itinéraire technique et les conditions hydriques favorables de l'hivernage entraînent une faible liaison entre les structures spatiales des stocks et les rendements.

3.1.2.4. Rôle des aménagements

Afin de vérifier l'action des aménagements sur les stocks, nous avons superposé le plan d'installation à la cartographie krigée (figure 17).

La zone dépressive centrale est liée à l'emplacement d'un baobab (*Adansonia digitata*) entouré d'une forte population de graminées (*Brachiaria* sp.) et arbustes (*Pilostigma reticulata*). L'étude en fin d'hivernage renforce les contrastes dus à la végétation.

L'action de la rangée de Neems est moins évidente, en partie du fait du maillage (20x20) dont peu de points sont proches de cette zone. Par contre, la haie vive implantée en 1988 bénéficie de la proximité (< 3 m) d'une ligne de prélèvements parallèle.

Malgré la présence de *Panicum maximum* aucun effet dépressif sur les rendements ou sur les stocks n'est repérable : la fonction de piégeage de la lame ruisselée semble compenser la consommation propre de la haie vive.

Concernant le rôle des cordons et facines, le maillage 10 x 10 effectué au niveau des collatures permet de confirmer le rôle de drain des talwegs. La majeure partie des écoulements est piégée de part et d'autre du cordon de pierres n°3, lieu de jonction des deux collatures principales (figure 18).

Afin de quantifier les surfaces à infiltration préférentielle, une première approche consiste à sélectionner les zones krigées à stock surnuméraire. Deux seuils sont proposés :

$$S = 240 \text{ mm surface} = 2680 \text{ m}^3$$

$$S = 250 \text{ mm surface} = 1744 \text{ m}^3.$$

En prenant une surface moyenne de 2200 m² et une lame drainée moyenne de 200 mm (site S47) nous obtenons un volume drainé de 440 m³. Cette estimation reste faible face aux volumes ruisselés du bassin versant :

$$\text{Lame ruisselée moyenne} : 90 \text{ mm}$$

$$\text{Volume ruisselé moyen/1 ha} : 900 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume ruisselé moyen/2 ha} : 1800 \text{ m}^3$$

Une étude de terrain plus précise devrait permettre d'affiner les résultats et rechercher d'autres zones de drainage.

Nous retiendrons qu'à l'échelle de la parcelle, les aménagements proposés prouvent leur efficacité dès la deuxième année de fonctionnement.

fig.17 BASSIN VERSANT S4 (2,4 ha)
Impact de l'aménagement sur le stock 0-50

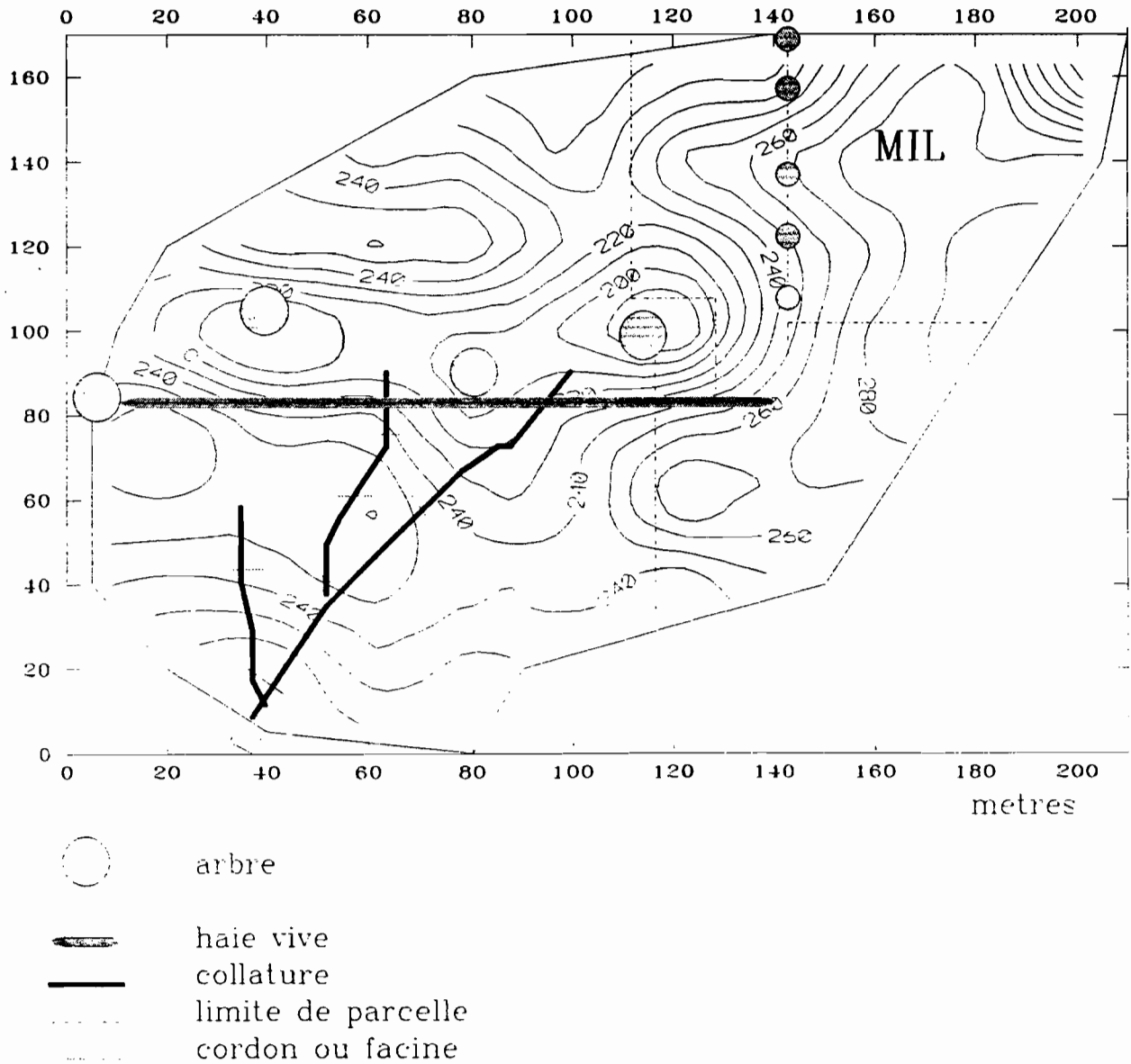
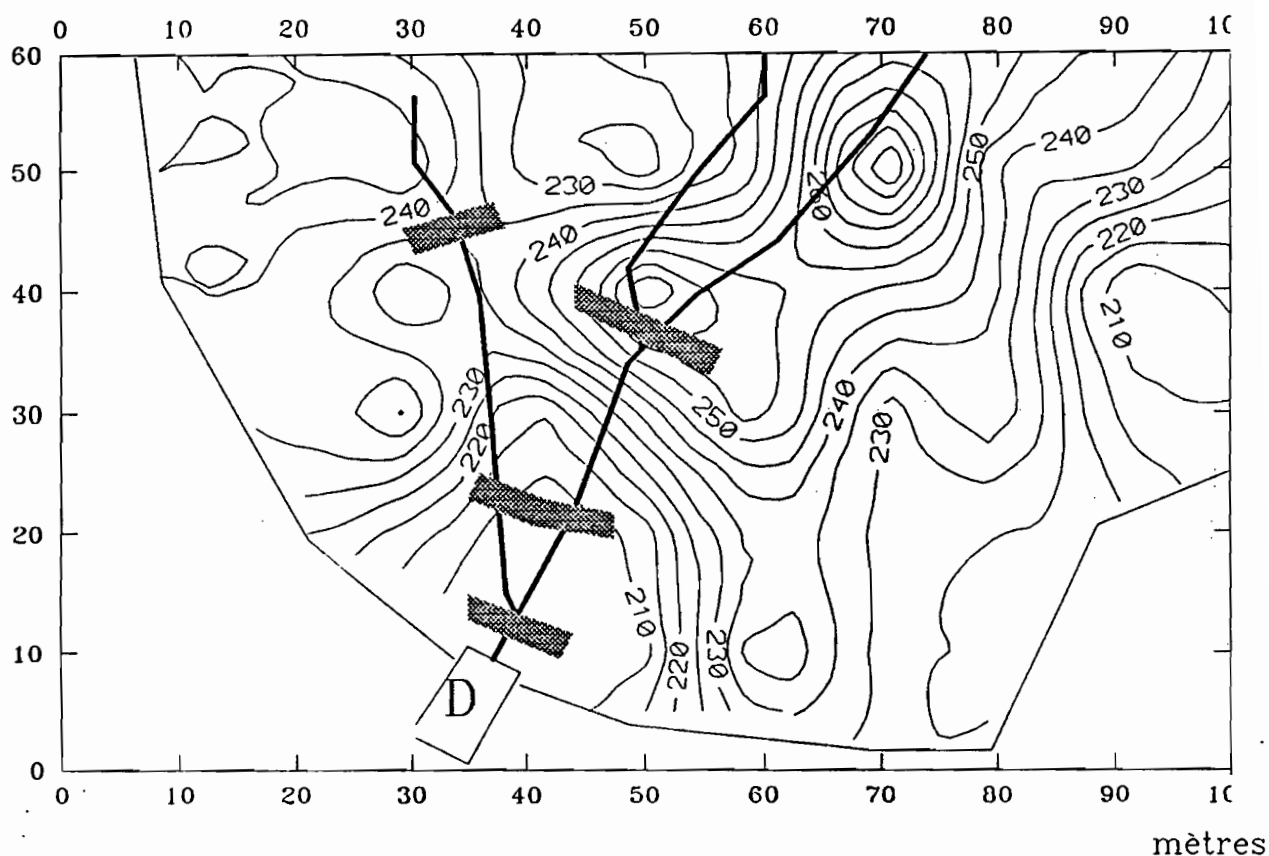



fig.18 ETUDE GEOSTATISTIQUE - BASSIN VERSANT S4
Stocks hydriques à l'exutoire



 Cordon de pierres

3.2. A l'échelle de la toposéquence : bassin versant S2 (58 ha)

Rappelons que l'aménagement du bassin versant S2 a débuté en 1988 et comprend :

- un maillage du paysage constitué de 4500 mètres de haies - vives multispécifiques, répartis en 12 lignes isohypses ;
- un traitement de ravine par enrochement et végétalisation afin de stabiliser le niveau de base et les bordures ;
- un itinéraire technique amélioré sur la majeure partie des parcelles du bassin versant : travail du sol en sec (dent RRS, CEEMAT) et semis perpendiculaire à la ligne de plus grande pente.

Compte tenu de la surface et de la main-d'oeuvre disponible les zones de forêts et parcours n'ont pu encore être traitées mais le seront lors des prochaines campagnes.

L'évaluation de l'efficacité de l'aménagement est effectuée par suivi hydrologique comparé des bassins versants S2 et S3 (ORSTOM, depuis 1984). Le suivi des haies vives est assuré par dénombrements (% de survie) et mensurations (hauteur) régulières. Un protocole expérimental de coupe a été mis en place en Octobre 89.

Enfin, une étude floristique des zones de parcours doit permettre d'évaluer les variations interannuelles du couvert et ses capacités de régénération (M. DIATTA, 88).

3.2.1. Lames ruisselées et transports solides

Les caractéristiques des crues du bassin versant S2 sont exposées dans le rapport de campagne hydrologique 1989 (ALBERGEL et al, 89).

Les volumes d'eau exportés au niveau du déversoir avoisinent 4820 m³, soit une lame ruisselée de 8,3 mm. La coefficient de ruissellement moyen est faible, Kr = 1,1 %. Comme en 1988, les lames ruisselées ne sont pas significativement différentes de celles enregistrées sur le bassin versant S3 : contrairement à S4, les volumes en jeu sont importants face à la jeunesse des ouvrages végétaux et tous les passages d'eau ne sont pas traités (pistes, parcours...). Toutefois, l'objectif de l'aménagement réside dans un ralentissement des flux afin d'augmenter la sédimentation et non un piégeage total.

De ce point de vue, l'évolution des matières solides transportées est positive :

1986-87 1 à 1,5 t/ha (P = 700 mm)
1988 1,4 t/ha (P = 930 mm)
1989 0,45 t/ha (P = 750 mm)

Seule l'analyse des chroniques 84/92 permettra d'avancer des conclusions fiables concernant les facteurs d'évolution hydrologique : aménagement, système de culture, couvert naturel, feux de brousses...

3.2.2. Gestion des haies vives

La technique de mise en place adoptée, pépinière villageoise puis plantation des jeunes arbustes en Août, malgré un surcroît de travail non négligeable donne de bons résultats (tableau 10).

tab.10 TAUX DE SURVIE (%) DES PRINCIPALES ESPECES

site	Bauhinia rufescens	Pilostigma reticulata	Acacia adansonii	Ziziphus mauritania	Acacia seyal	Prosopis juliflora	Acacia melifera
NDIBA bas-versant sol sableux	96	83	98	88	97	90	-
YARANE mi-versant sol gravillonnaire	96	(96)	98	75	-	-	137

() : effectifs < 100
date de plantation : Août 1988
date d'observation : Juillet 1989

Concernant l'aspect technique des mises en place, le lecteur peut se reporter aux fiches techniques DRS (ISRA/CIRAD, 89) publiées récemment.

Le criblage variétal opéré, très empirique, permet quelques constatations :

- * *Leucaena leucocephala* ne résiste à la pression des troupeaux ;
- * *Prosopis juliflora* s'adapte mal sur moyen versant ;
- * *Piliostigma reticulata* a une croissance très lente ;
- * *Parkinsonia aculeata* possède un port érigé peu ramifié.

L'andainage de la haie vive avec les résidus de récolte et le doublement par une ligne amont de *Panicum maximum* C1, testés sur le bassin versant S4, seront appliqués sur S2 dès 1990.

Dès à présent, la recherche doit s'efforcer d'apporter des solutions au problème pratique de gestion des haies (coupes, remplacements ...). Dans ce but, un protocole de calendrier de coupe est mis en place sur la zone de Yarane (JUNCKER, 89). Le matériel végétal et la disposition des plants étant hétérogènes, le plan d'expérimentation suivant a été choisi :

- Facteur étudié : hauteur du plant, caractéristique, pour une espèce donnée, de la vigueur du végétal et intégrant les conditions édaphiques locales.

- Unité d'étude : afin de minimiser les phénomènes d'allopathie entre espèces, l'unité d'étude consiste en un triplet *Bauhinia*/Espèce/*Bauhinia*. Trois espèces sont choisies :

- . *Acacia nilotica adansonii* ;
- . *Zyziphus mauritiana*;
- . *Acacia melifera*.

- Dispositif en blocs randomisés : compte tenu de l'absence de structure spatiale le long d'une haie vive pour le facteur étudié, chaque bloc correspond à une classe de hauteur après plantation.

- Protocole expérimental : Six dates de coupe ont été choisies, du 10/11/89 au 10/9/90. Une seule hauteur de coupe : 30 cm.

- A. *adansonii* 21 blocs x 6 dates
- Z. *mauritiana* 10 blocs x 6 dates
- A. *melifera* 10 blocs x 6 dates.

3.3. Amélioration de l'itinéraire technique

Des informations plus détaillées concernant ce volet de recherche sont disponibles dans le rapport d'activité 1989 «Travail du sol et fertilité» (M. SENE, 1990). Nous nous contenterons de fournir les principaux résultats des essais menés sur les bassins versants.

3.3.1. Travail du sol à la dent en traction bovine

Afin d'améliorer l'infiltrabilité du sol dès les premières pluies, en tenant compte du faible pouvoir de traction à cette période, une collaboration a été établie avec le CEEMAT depuis 1987 (SENE et GARIN, 88 ; SENE et JUNCKER, 90).

L'outil actuellement utilisé est une dent reversible simplifiée (Le Thiec et Bordet, 88) en acier creusabro 4000, adaptée au bâti houe sine. La profondeur moyenne de travail avoisine 9 cm pour une surface travaillée de 70 cm².

En 1989, le ruissellement consécutif à la première pluie utile (45,0 mm) est réduit de 18 à 2 %, malheureusement l'effet disparaît dès la seconde pluie. Le stock de début de campagne est amélioré, favorisant l'implantation de l'arachide. Le gain de rendement (fanés + gousses) atteint 800 kg/ha, soit 22 à 24 % d'augmentation.

3.3.2. Sarclo-buttage de prélevée sur arachide

Ce travail remplace le sarclage mécanique traditionnel, effectué 48 heures après le semis d'arachide. Les corps sarcleurs sont réunis afin de créer un buttage sur la ligne. Le relief ainsi créé doit permettre de limiter le ruissellement.

En 1989, sur le bassin versant S2, six parcelles tests sont étudiées par méthode des couples (tableau 11). Malgré le faible nombre de parcelles, l'effet sur les adventices et le rendement confirme les résultats antérieurs.

tab.11 TEST SARCLOBUTTAGE DE PRELEVEE

traitement	densité p/ha	fanés kg/ha	gousses kg/ha	adventices kg/ha
T0	69 910	1 413	1 189	1 077
T1	73 296	1 480	1 287	821
test $\mu > 0$ P < 0,10	NS	NS	S	S

4. ANIMATION et COMMUNICATION

Evoluant en milieu paysan, au sein d'une équipe de recherche appliquée pluridisciplinaire, le programme Economie de l'eau/DRS garde un contact permanent avec les populations locales. Il se dote également des moyens de diffuser ses acquis, efficacement et rapidement.

Les actions qui suivent témoignent d'un effort permanent de contact et d'adaptabilité, propre à l'équipe Gestion des Ressources Naturelles au sens large.

4.1. Animation - Développement

4.1.1. Pépinière de KEUR DIANKO

Afin d'implanter les haies-vives, une pépinière villageoise a été créée à KEUR DIANKO depuis 1988. D'une capacité moyenne de 8000 plants, elle fonctionne d'Avril à Août, période de plantation. Seuls les fruitiers à greffer (manguier, citronnier...) sont conservés plus longtemps.

En 1989, la production se répartit ainsi :

- > 5000 plants pour l'agroforesterie
- > 2500 plants fruitiers répartis selon les demandes préalables
- > 1000 plants d'Eucalyptus

La pépinière est gérée par un groupement villageois chargé des distributions et des ventes aux tiers. Un observateur ISRA encadre l'entretien quotidien et la préparation des chantiers (mises en gaines, trouaisons, plantations)

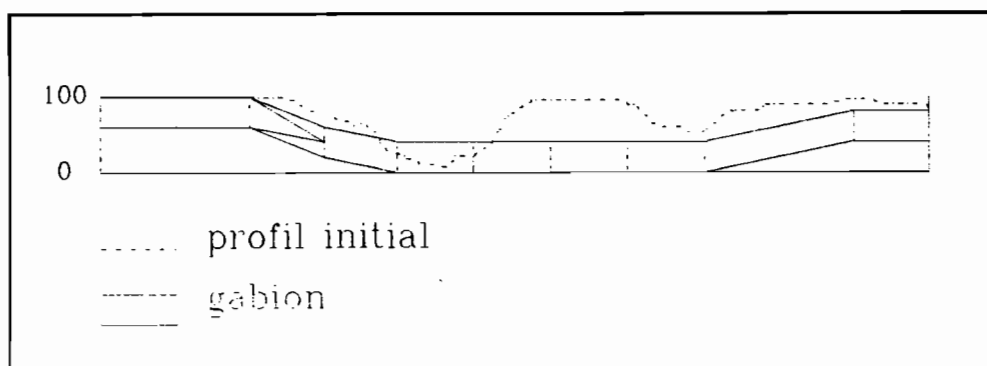
4.1.2. Traitement de pistes (fig 19)

Les problèmes de dégradation du milieu sont ressentis par la population locale à travers leurs aspects les plus spectaculaires : pistes coupées ou érosion régressive dans les villages. A la limite entre le Génie Civil et le Génie Rural, les travaux de réhabilitation nécessitent des investissements matériels et humains souvent très lourds pour la recherche. Néanmoins, après une tentative fructueuse, en 1987, à NDIMB TABA (ISRA/AFVP), le chantier d'un radier submersible a débuté en Mai 89, à proximité de l'exutoire du bassin versant S2.

Le site choisi se trouve à la jonction de deux pistes menant au village, entaillées par une forte érosion régressive. Après une détermination rapide du bassin versant (15 à 20 ha), un levé topographique et une estimation du débit de projet (25 l/s/ha), le choix s'est porté sur un radier submersible à digues gabionnées.

Les gabions semelles nécessaires (22 cages de 1 m³) sont tissés au village. L'ouvrage présente des dimensions modestes : 22,0x4,0x0,5 m pour un volume de 42 m³. Les blocs de latérite sont amenés par camion depuis un site proche. L'hivernage précoce contraint de reporter la fin du chantier en Septembre.

fig.19 RADIER DE KEUR DIANKO
profil transversal - digue amont



L'analyse des temps de travaux nous donne :

-> Collecte de blocs et transport	60 m ³ 19 actifs/j 2 jours (12 h chantier)
-> Terrassement	35 m ³ 12 actifs/j 3 jours
-> Tissage	22 cages 6 actifs/j 5 jours
-> Mise en place	22 gabions + bande roulante 35 actifs/j 6 jours (35 h chantier)
-> Total	16 jours effectifs
-> Coût approx	250 000 FCFA (MO exclue)

4.2. Communication - Formation

4.2.1. Formation

4.2.1.1. Visites de terrain

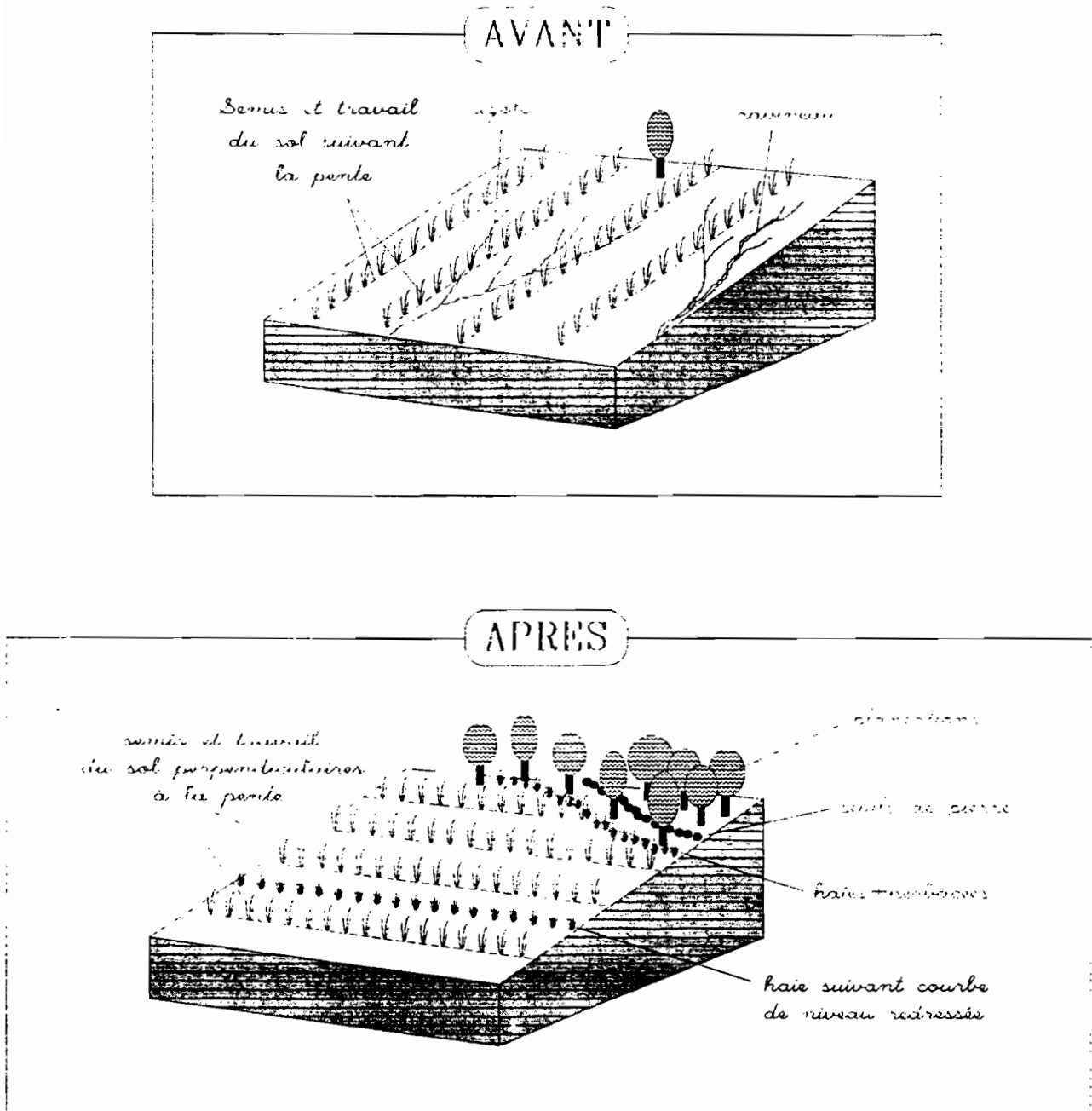
- > 20/06/89 : 10 ingénieurs des Techniques Forestières. Visite organisée par le Ministère de Protection de la Nature (DCSR/MPN)
- > 30/10/89 : 15 agents du PARCE, dans le cadre du centre de formation de cet organisme.
- > 30/11/89 : 145 représentants de groupements villageois. Visite organisée par CARITAS-KAOLACK.

4.2.1.2. Supports de diffusion

- > Fiches Techniques de Défense et Restauration des Sols. Elaborées par l'ensemble des chercheurs de l'équipe Gestion des Ressources Naturelles. En cours de publication. Financées grâce à la participation du réseau R3S/CORAF et de la MICAM (fig 20).
- > Diaporama sur les techniques d'aménagement. Elaboré en collaboration avec le Ministère de Protection de la Nature (DCSR/MPN). Financé grâce à la participation du projet PRECOBA/FAO.

4.2.2. Communication

- > Nombreuses missions d'information ou d'évaluation...
- > 08/09/89 : Journée de la DRS à KEUR DIANKO. Invitation de personnalités locales sur les sites de recherche.
- > Diaporama de présentation du thème et des protocoles de recherche (ISRA/UNIVAL)
- > Participation du responsable du programme aux :
 - Reunions du réseau R3S/CORAF (OUAGA, 10-12 Mai)
 - Journées de la DRN/IRAT (Montpellier, 12-15 Sept)
 - Reunions de synthèse de l'ATP-PIREN-EAU (Carry le Rouet, 18-20 Sept).



Restructuration d'une parcelle

Fig 20: Extrait des Fiches Techniques DRS

ALBERGEL J. (1988) Fonctionnement hydrologique des bas-fonds. Synthèse préliminaire. ORSTOM, ISRA DAKAR, 28 p.

ALBERGEL J. (1989) Rapport de mission. Réunion R3S CIEH Programme bas-fond du 8 au 14 MAI OUAGADOUGOU ORSTOM DAKAR 6p

ALBERGEL J. DIATTA M. JUNCKER E. PEREZ P. RUELLE P. SENE M. (1989) Méthodes pour améliorer l'infiltration et réduire le ruissellement. Présentation du cas du SINE SALOUM ISRA / SCS Sept. 89 17 p.

ALBERGEL J., BERNARD A., DACOSTA H., GAC J.Y., RUELLE P., (1989) Campagne hydrologique 1988. Action de Recherche Economie de l'eau DRS SINE SALOUM. CEE DG12, 62 p.

ALBERGEL J., BERNARD A., RUELLE P., TOUMA J. (1989) Hydrodynamique des sols. Bassins versants expérimentaux de THYSSE-KAYMOR. Rapport de campagnes de mesures Fevr.-Avr. 1988 DAKAR 29 p.

ALBERGEL J., CLAUDE J. (1989) Fonctionnement hydrologique des bas fonds en Afrique de l'OUEST : Etat des connaissances, recherches en cours Proc. of the Sahel forum on The state-of-art of hydrology and hydrogeology in the arid and semi-arid areas of Africa, UNESCO OUAGADOUGOU NOV 1988. pp 212-223

ALBERGEL J., JUNCKER E., PEREZ P. (1989) Action de recherche DRS Economie de l'eau SINE SALOUM, Diaporama, Unival / Isra / MPN / DCSR. 47 photos + texte 5 p.

ANGE A. (1983) Cartographie morphopedologique au 1/20000. ISRA/IRAT

AUDIN P. (1987) Etude expérimentale et modélisation du bilan hydrique avec ruissellement. ISRA/IRAT/ESAA

BERNARD A. DACOSTA H. (1989) Minute du rapport de campagne hydrologique 1989, Dakar, 60 p

BROUWERS M. (1987) Etude morphopedologique des bassins versants de Thyse Kaymor. CIRAD/ENSAM

CHOPART JL. (1980) Etude au champ des systèmes racinaires des principales cultures pluviales au Senegal. Thèse d'Université INP Toulouse, 160p

DIATTA M. (1989) Caractérisation des faciès forestiers de la communauté rurale de KAYMOR, mémoire de titularisation ISRA KAOLAK

DURENBOOS J., PRUITT W. (1975) Besoins en eau des plantes. Bul Irr et Drainage n°24
és 1988. Action de Recherche Economie de l'eau DRS SINE SALOUM. CEE DG12, 14 p.

JUNCKER E., SENE M. (1990) Comparaison de plusieurs dents pour le travail du sol en sec en traction bovine. ISRA/IRAT 27p

PEREZ P. (1989) Rapport de mission. Réunion R3S CIEH Programme bas-fond du 8 au 14 MAI OUAGADOUGOU ORSTOM DAKAR 6p

RUELLE P. (1986) Tests de dispositifs anti érosifs sur deux sites de la CR de Thyse Kaymor. ISRA, 41p

RUELLE P. (1989) Rapport d'activité 1988

RUELLE P., SENE M., VAUCLIN M. (1988) Bilan hydrique d'un micro-bassin versant cultivé. aspects stationnel et spatial, multigr. ISRA KAOLAK

RUELLE P., SENE M., VAUCLIN M. (1989) Bilan hydrique d'un micro-bassin versant cultivé : aspects stationnel et spatial, Journées de l'ATP PIREN, 12p.

SENE M., GARIN P. (1988) Le travail à la dent en traction bovine pour une meilleure infiltration des eaux de pluie. 3^e Atelier sur la traction animale en Afrique de l'Ouest, 7-12 juil 88, SALY Senegal, ROATA 12p

SENE M. (1989) Quelques caractéristiques de l'enracinement des principales cultures dans le sud est du bassin arachidier Secteur centre sud Kaolak ISRA, 28 p.

SENE M. (1989) Rapport de mission réunion de travail des participants au projet R3S PF2 BOUAKE, ISRA KAOLAK, 8p.

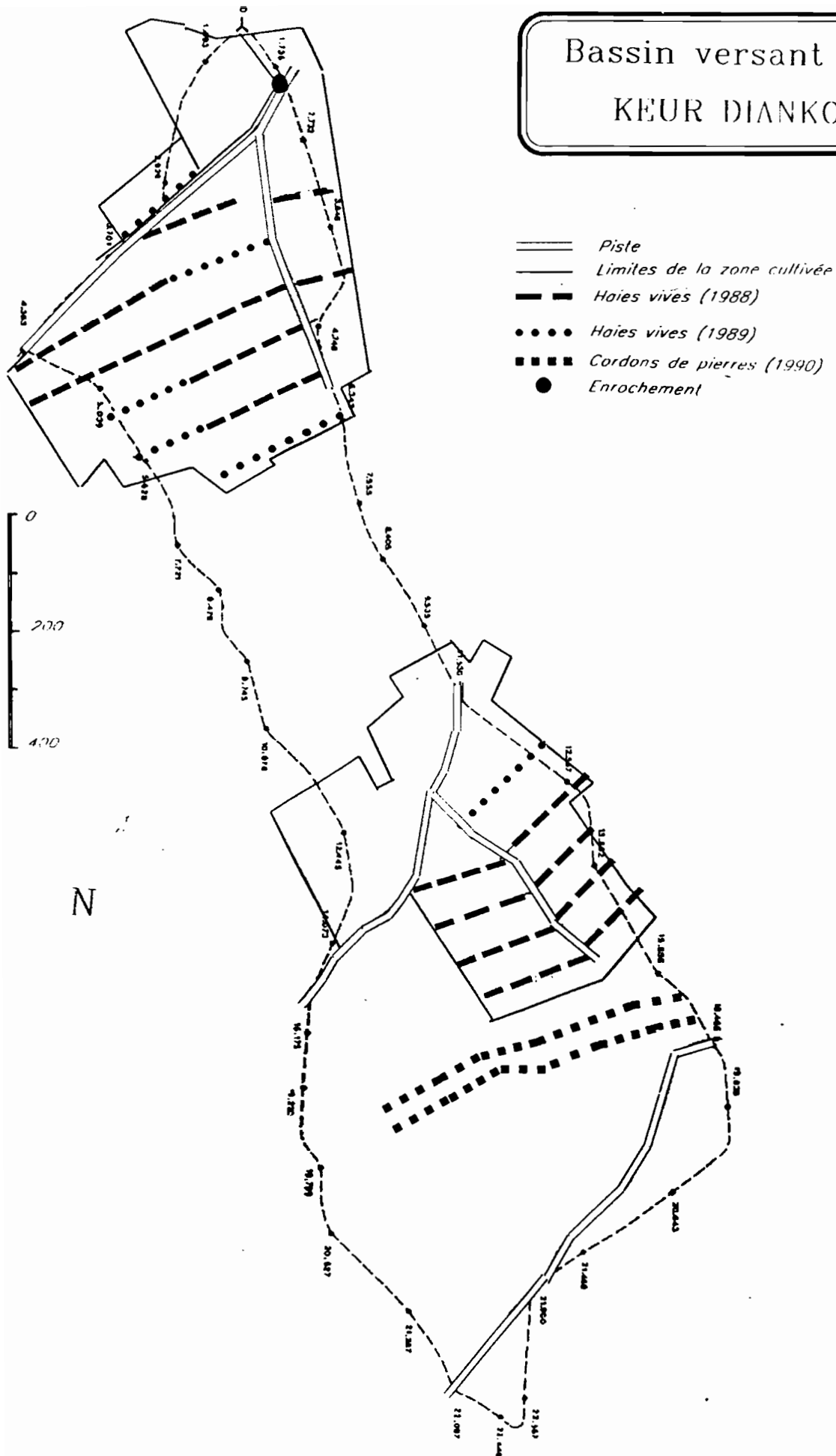
SENE M. DIATTA M. (1989) Programme Economie de l'eau au SINE SALOUM, poster au colloque International ISCO, Addis ABEBA, Nov 1989.

SENE M. RUELLE P. & JUNCKER E. (1989) Rapport d'activité 1988. Recherches d'appui (510/01-02-03) ISRA KAOLAK, 24 p.

VAUCLIN M. (1983) Methodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. Variabilité spatiale des processus de transfert dans les sols, Avignon, 24-25 juin 1982, Les Colloques de l'INRA n°15, pp9-43

VAUCLIN M., VACHAUD G. (1987) Caractérisation hydrodynamique des sols : analyse simplifiée des essais de drainage interne. Agronomie, 7(9), 647-655 pp
Programme CEE-CIRAD N° TS2A 0017 F CD Bas-Fonds Sine Saloum :
Premier rapport d'avancement, Octobre 1988
Deuxième rapport d'avancement, Janvier 1989
Troisième rapport d'avancement, Juillet 1989
Quatrième rapport d'avancement, février 1990

Bassin versant de KEUR DIANKO



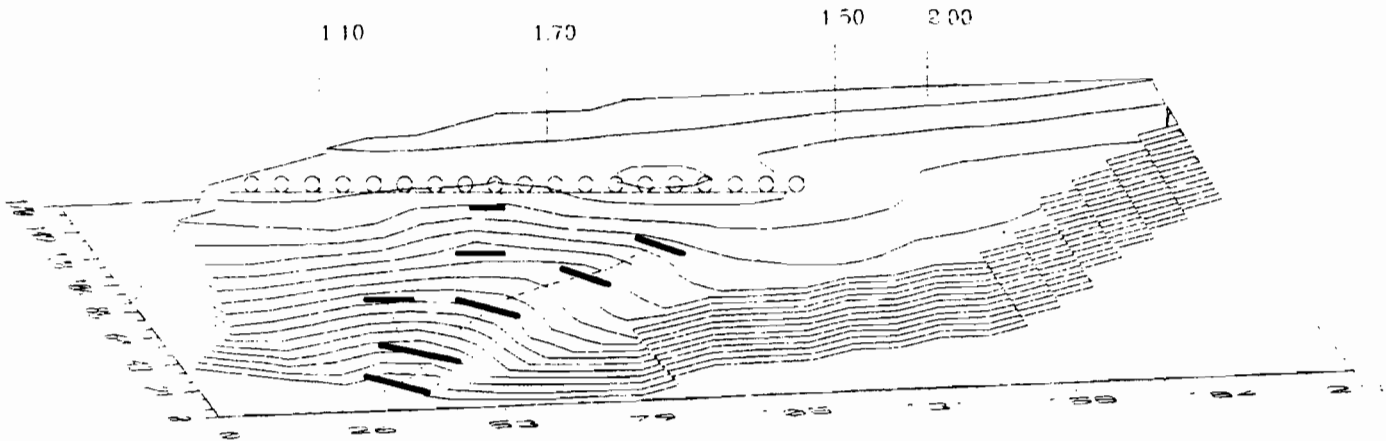
Bassin versant S4 (2.5 ha)



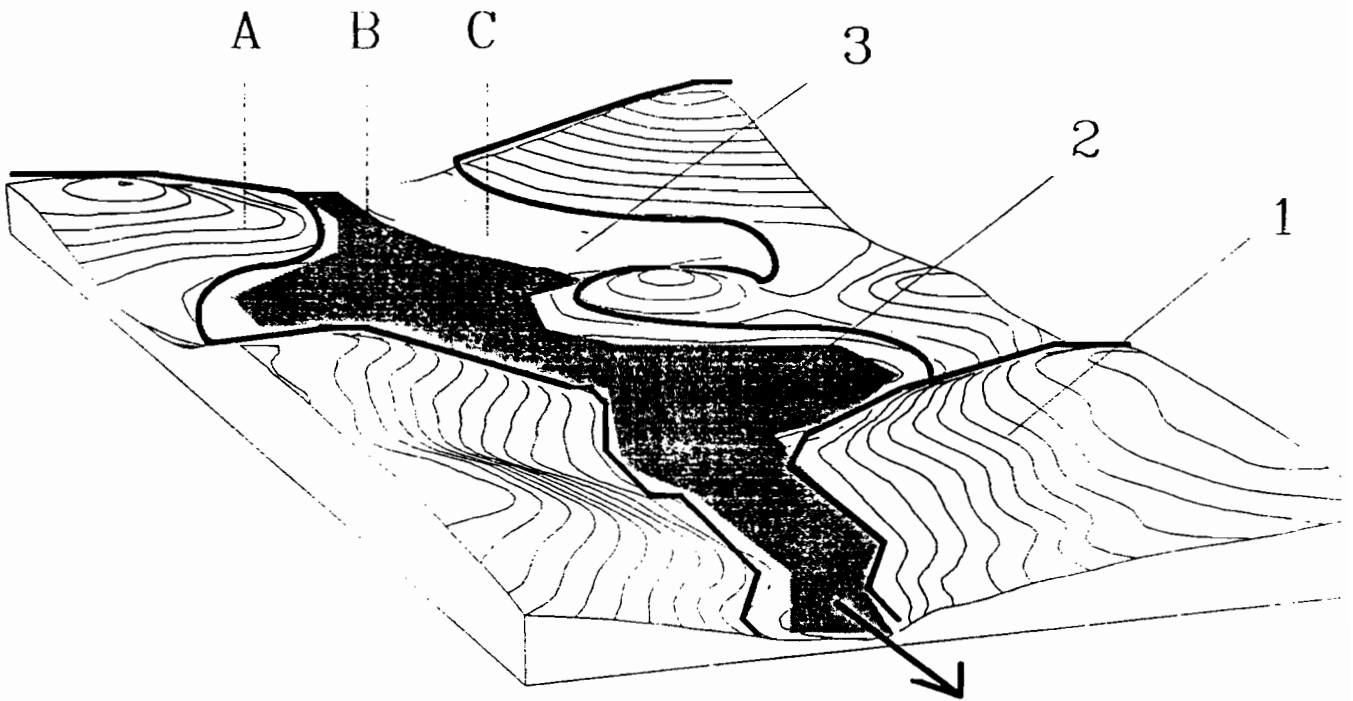
haie vive



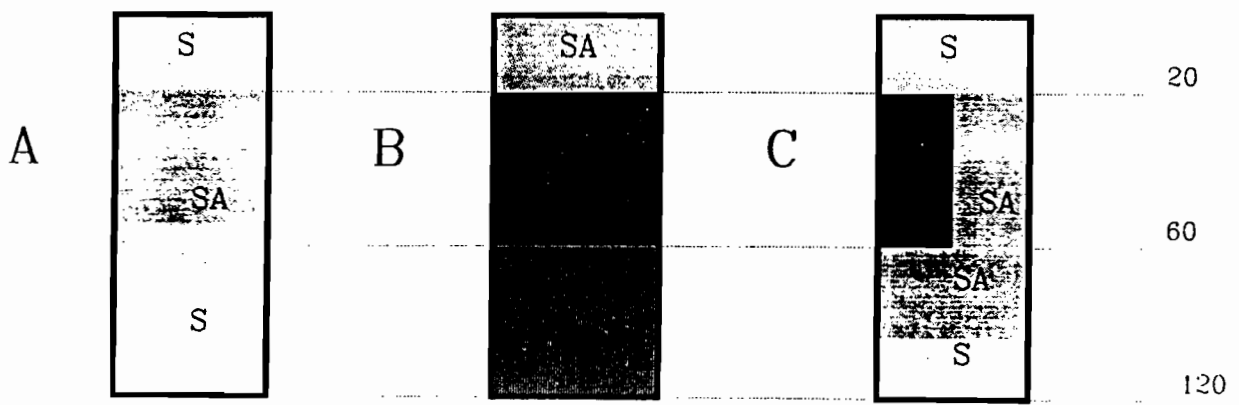
cordons & facines



Bas fond de KEUR SAMBA DIAMA
Morphopedologie

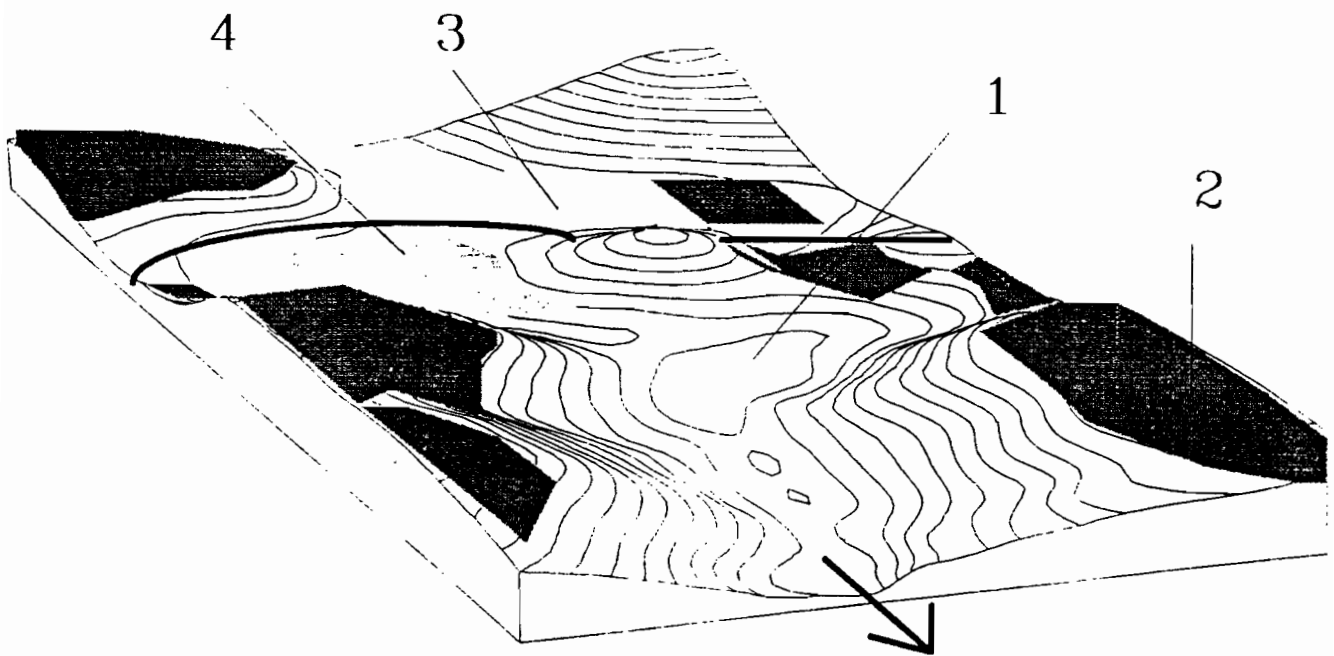


Legende 1 Bourettelet de berge
2 Lit mineur argileux
3 Zone d'épandage sableux



Bas fond de KEUR SAMBA DIAMA

Occupation des sols



Legende	1 Parcours
	2 Mil
	3 Maïs
	4 Riz

PLUVIOMETRIE DE NDIBA (1989)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1	10.0	37.0	4.5	.	.	/
2	7.0	8.3	.	22.0	.	/
3	/
4	2.7	.	.	/
5	0.8	4.5	.	/
6	18.5	.	/
7	12.0	/
8	9.0	.	/
9	2.2	.	.	/
0	/
1	29.0	45.2	10.3	54.0	.	/
1	5.0	27.0	28.0	17.0	.	.	/
2	45.0	12.5	.	3.7	.	.	/
3	14.0	9.0	14.5	.	.	/
4	36.0	.	.	.	/
5	1.1	25.0	37.0	.	23.0	.	.	/
6	7.0	.	17.2	20.0	.	.	/
7	40.0	1.0	/
8	/
9	12.6	.	.	.	6.0	.	/
0	2.0	.	20.0	9.0	.	/
2	1.1	134.6	93.5	90.1	98.1	15.0	.	/
1	4.0	1.0	.	.	.	/
2	0.5	7.0	.	.	/
3	25.0	2.5	.	.	/
4	24.0	.	32.0	.	.	.	/
5	17.5	1.7	.	.	.	/
5	2.0	2.0	.	.	/
7	22.6	1.0	9.5	16.0	.	.	/
8	12.5	3.0	.	.	.	/
9	/
0	13.0	.	5.0	.	.	.	/
.	/
.	59.5	35.0	79.6	27.5	.	.	/
[.	.	.	.	1.1	194.3	157.5	215.1	136.1	69.0	.	/
)	0	0	0	0	1	9	13	15	14	6	0	0

TOTAL ANNUEL : 773.2 mm Nombre de jours de pluies : 58