MINISTERE DE L'AGRICULTURE

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

DIVISION DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

SECTION DES RECHERCHES SUR LES CULTURES
VIVRIERES ET OLEAGINEUSES

REPUBLIQUE DU MALI

UN PEUPLE - UN BUT - UNE FOI

P R O J E T S O L E A U P L A N T E

MISE EN VALEUR DES BAS-FONDS

HYDRAULIQUE AGRICOLE

Commission Technique spécialisée des productions
vivrières et oléagineuses

Bamako du 22 au 27 mars 1988

I R A T

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

- MISE EN VALEUR DES BAS-FONDS -

HYDRAULIQUE AGRICOLE

Ont participé :

- à la réalisation des travaux :

. LIDON Bruno	Agronome hydraulicien Chef du Projet Sol Eau Plante
. SIMPARA Mamadou	Ingénieur d'agriculture
. COURTESSOLE Pierre	Ingénieur de Recherche Techniques Culturales
. TRAORE Ab.	I T A
. SAMOGO Issa	I T A
. BAGAYOKO I.	Stagiaire Katbougou
. TAMEGNON Nestor	Chauffeur

- à l'appui technique :

. LEGOUPIL J.C.	Chef du Programme IRAT/CIRAD

- financements extérieurs :

. FAC Projet Eau-Sol-Plante

. Enveloppe Recherche IRAT/CIRAD.

P L A N

1 Introduction

2 Etude sur les aménagements de bas fonds

21 Part potentielle de la pluvioétrie dans les besoins en eau du Riz dans la zone Mali Sud .

22 Disponibilités en eau d'irrigation d'appoint

23 Caractéristiques techniques générales de la mise en valeur des bas fonds

24 Test et suivi d'aménagements de Bas fond

3 Agronomie de la riziculture de Bas fond ;

31 Evaluation des potentialités de la riziculture pour différents modes de semis

32 Test de techniques de lutte contre l'enherbement

33 Essais de comportement en fonction des situations hydrauliques

34 Note sur l'état des rizières de Longorola

4 Caractérisation du fonctionnement de l'irrigation sur une parcelle du périmètre sucrier du Sukala

41 Objectif de l'étude

42 Description des expérimentations

43 Analyse des mesures expérimentales

44 Estimation des besoins en eau de la culture

45 Premières conclusions

I) INTRODUCTION

Le trait d'union de ce document est l'étude de la maitrise de l'eau à la parcelle .

Elle est abordée :

* au niveau des Bas Fonds . Sur ce thème les recherches ont débordées sur la ressource , la conception des périmètres et les problèmes agronomiques qui semblent eétroite relation avec les systèmes hydriques .

* au niveau de la parcelle , dans le cas d'irrigation de la canne à la raie , sur le complexe sucrier du Sukala .

II) ETUDES SUR LES AMENAGEMENTS DE BAS FOND .

Après deux années d'études , deux sortes de données sont disponibles :

* des données analytiques essentiellement hydropédologiques et hydrologiques . C'est le cas des données de profondeur de nappe à Simidji , Longorola et Samogossoni . c'est aussi le cas des mesures hydrologiques sur ces mêmes sites . Deux ans ne constituent pas un recul suffisant pour interprêter ce type de données .

* des données synthétiques qui sont essentiellement présentées dans les paragraphes qui suivent et qui concernent la zone Mali-Sud .

21) Part potentielle de la pluviomètrie dans la satisfaction des besoins en eau du riz dans la zone Mali-Sud.

211) *Calage des cycles.*

La simulation du bilan hydrique du riz tend à montrer que les besoins en eau du riz sont satifaits à plus de 80 %, 8 années sur 10 à partir du 10 Juin et ce quelque soit le seuil de pluviomètrie déclanchant le semis (10-15-20-25 mm) et la RU (50-75-100 mm).

La figure 1 explicite ces résultats.

Les essais menés tant à Longorola que Samogossoni en 1987 tendent à confirmer ces résultats.

On remarquera d'ailleurs que les besoins en eau des riz sont à la limite de la satisfaction par la seule pluviomètrie.

212) *Satisfaction des besoins sur l'ensemble du cycle.*

La simulation du bilan hydrique et l'utilisation de l'indice de rendement mis au point en Côte d'Ivoire (travaux Forest, Reyniers, Kalms et Al) montre :

FIG 1

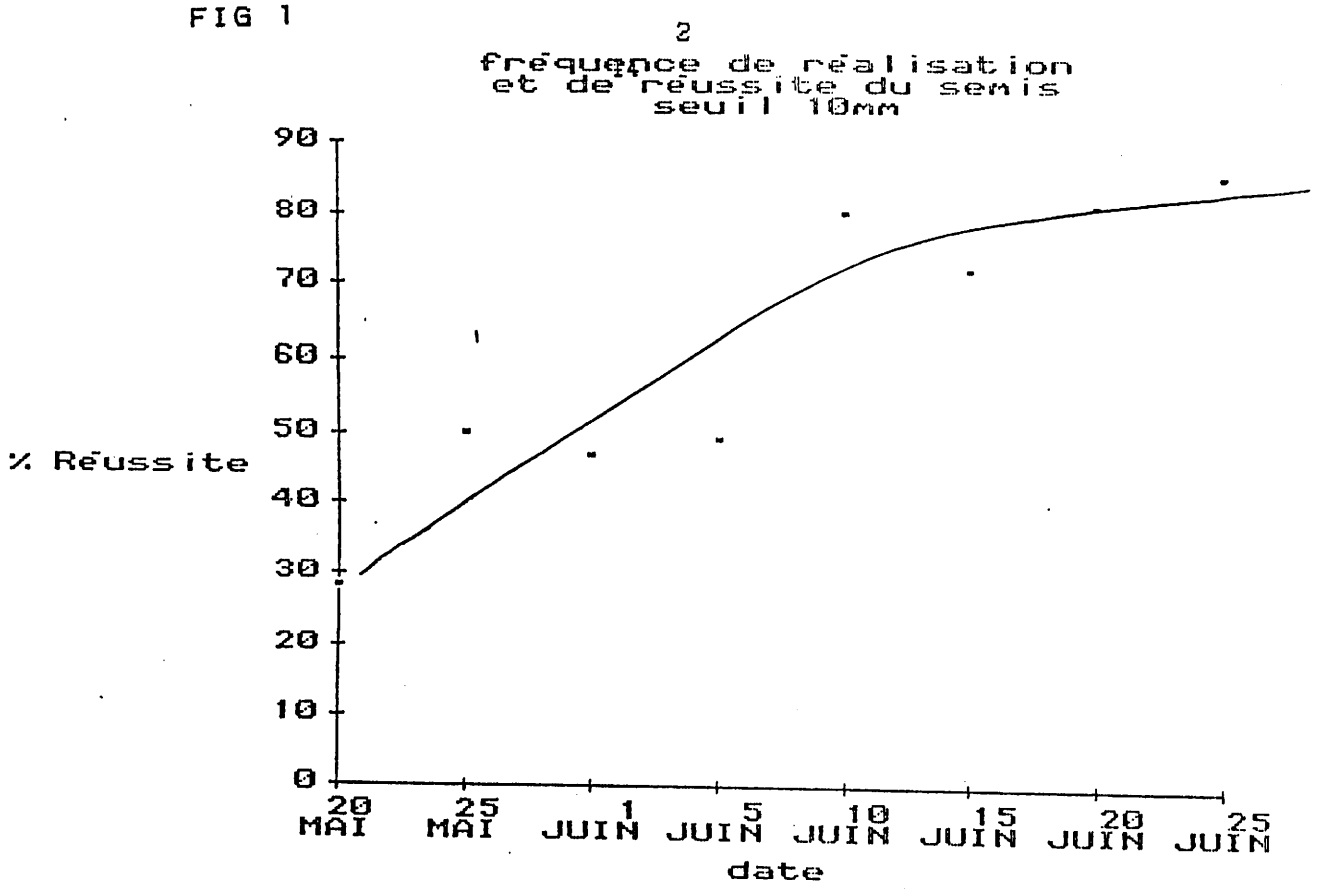
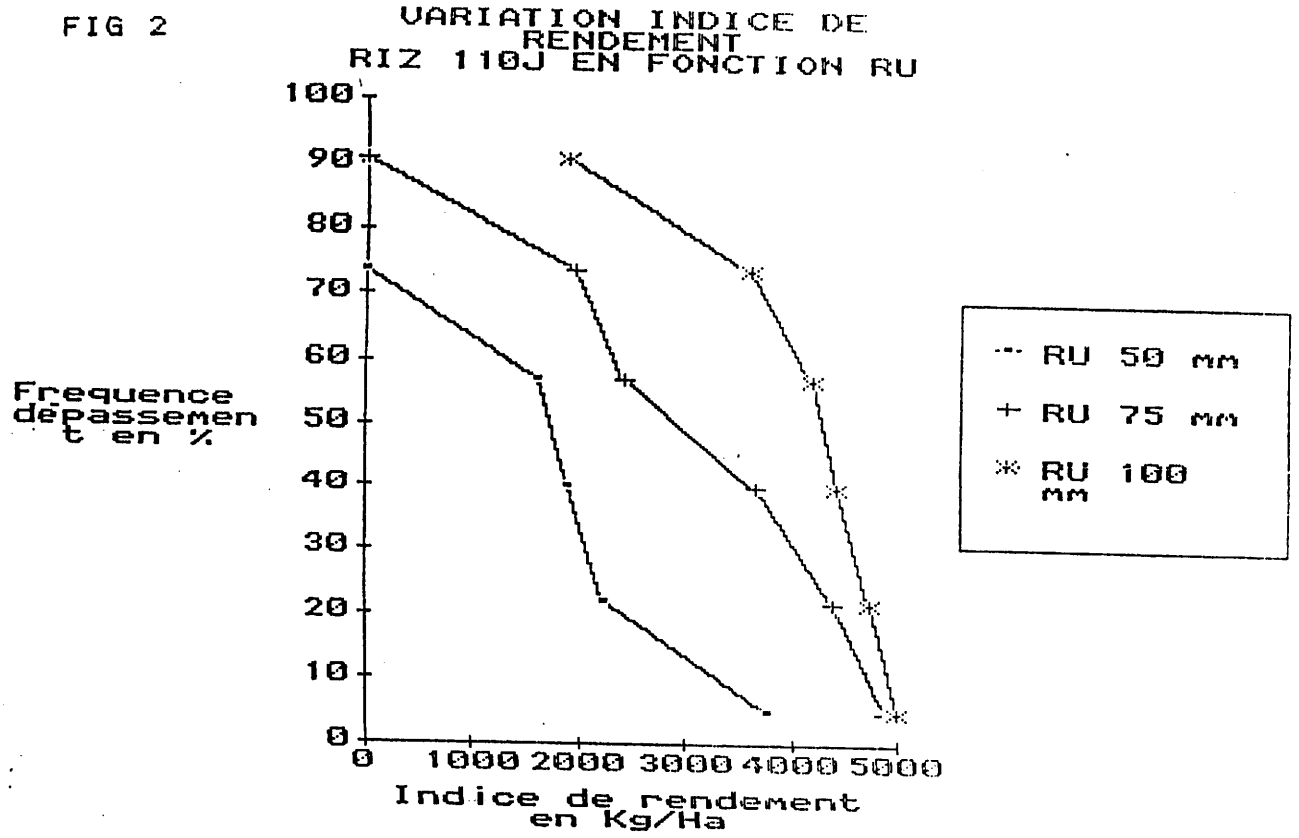

2
fréquence de réalisation
et de réussite du semis
seuil 10mm
% Réussite
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
20 MAI
25 MAI
1 JUIN
5 JUIN
10 JUIN
15 JUIN
20 JUIN
25 JUIN
date

FIG 2


VARIATION INDICE DE
RENDEMENT
RIZ 110J EN FONCTION RU
Frequence
dépassement
en %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1000
2000
3000
4000
5000
Indice de rendement
en Kg/Ha
RU 50 mm
RU 75 mm
RU 100 mm

- que les riz de 95-110 jours peuvent être tout à fait cultivés dans la zone pourvu que la RU du sol soit supérieure à 75 mm. (tableau I et figure 2).

Tableau I Indice de rendement (Kg/ha) du riz pluvial précoce en fonction de la date semis

date de semis	rendement dépassé 8/10	rendement dépassé 5/10	rendement dépassé 2/10	rendement nul %
15/06	3400	4700	5000	4
25/06	3600	4400	4850	4
5/07	2300	3500	4400	8
15/07	0	0	1780	73

- que les riz de 130 jours ont par contre besoin d'un appoint d'eau en fin de cycle comme le montre le tableau II.

Tableau II Comparaison de l'indice de rendement (Kg/ha) dépassé 8/10 pour des riz pluviaux de 110 et 130 jours

date de semis	riz 110 jours	riz 130 jours
15/06	3400	2895
25/06	3600	très faible
5/07	2300	très faible

L'alimentation complémentaire par remontée capillaire (alimentation par la nappe) évaluée à 1 mm/jour à partir de la mi-Août devrait permettre la culture de riz de 130 jours pourvu que le semis soit effectué avant le 1 Juillet (cf figure 3).

On notera en conclusion :

- que pour les variétés de 130 jours à 150 jours habituellement cultivées (variétés traditionnelles photopériodiques comprises), une irrigation d'appoint est pratiquement une nécessité.

- que seules des variétés de 95 à 130 jours (dans le cas de rizicultures de nappe) sur des sols ayant des RU supérieures à 75 mm devraient permettre d'obtenir des rendements intéressants en pluvial.

213) *Apparition des stress en fin de cycle.*

L'analyse de l'apparition des stress (niveau de satisfaction des besoins inférieurs à 80 %) au cours d'une pentade a mis en évidence que ce n'est que début Septembre , 2eme pentade , qu'on aura plus de 8 chances sur 10 qu'il y ait en au cours de la culture 2 pentades au cours desquelles les besoins en eau auront été satisfait à moins de 80 %.

C'est donc à partir du début Septembre qu'il faudra être à même d'amener au riz une irrigation de complèment.

FIG 3

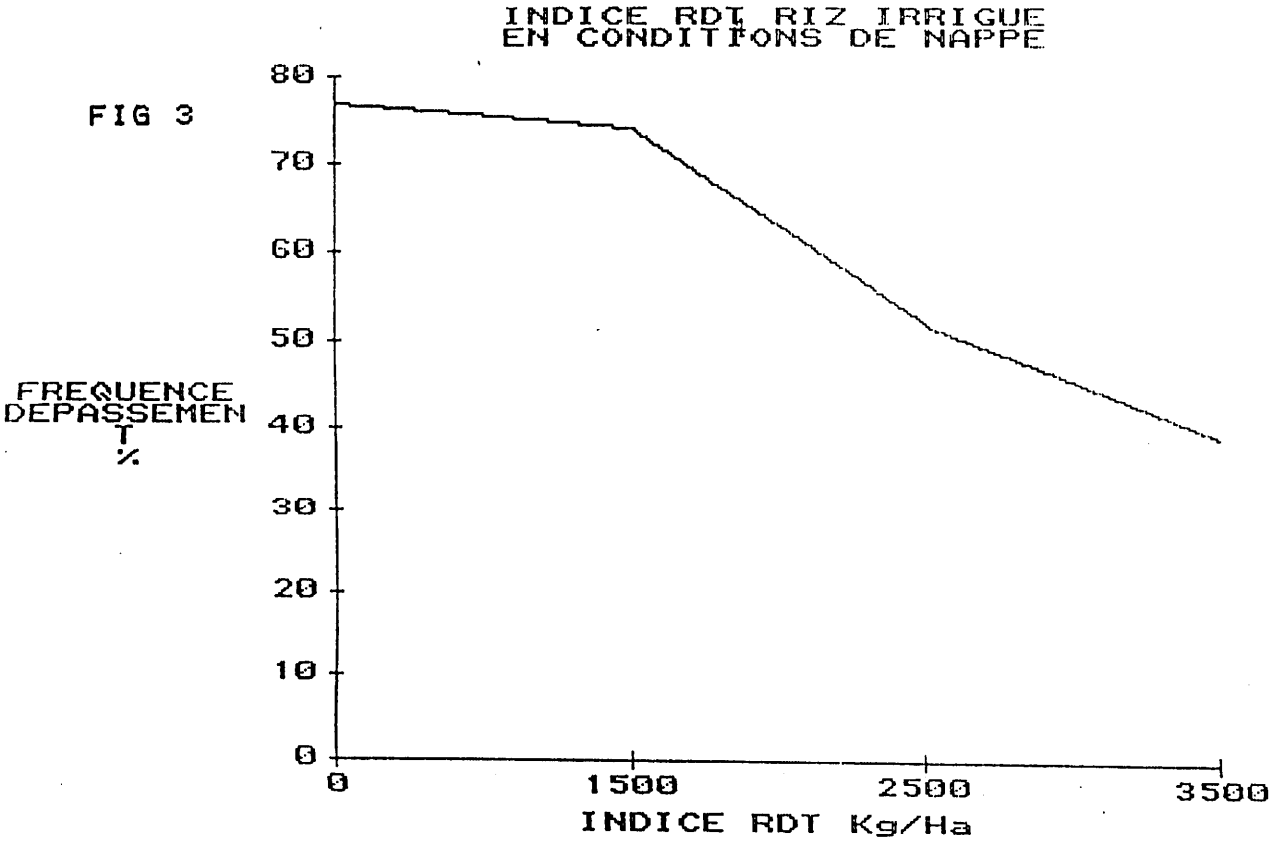
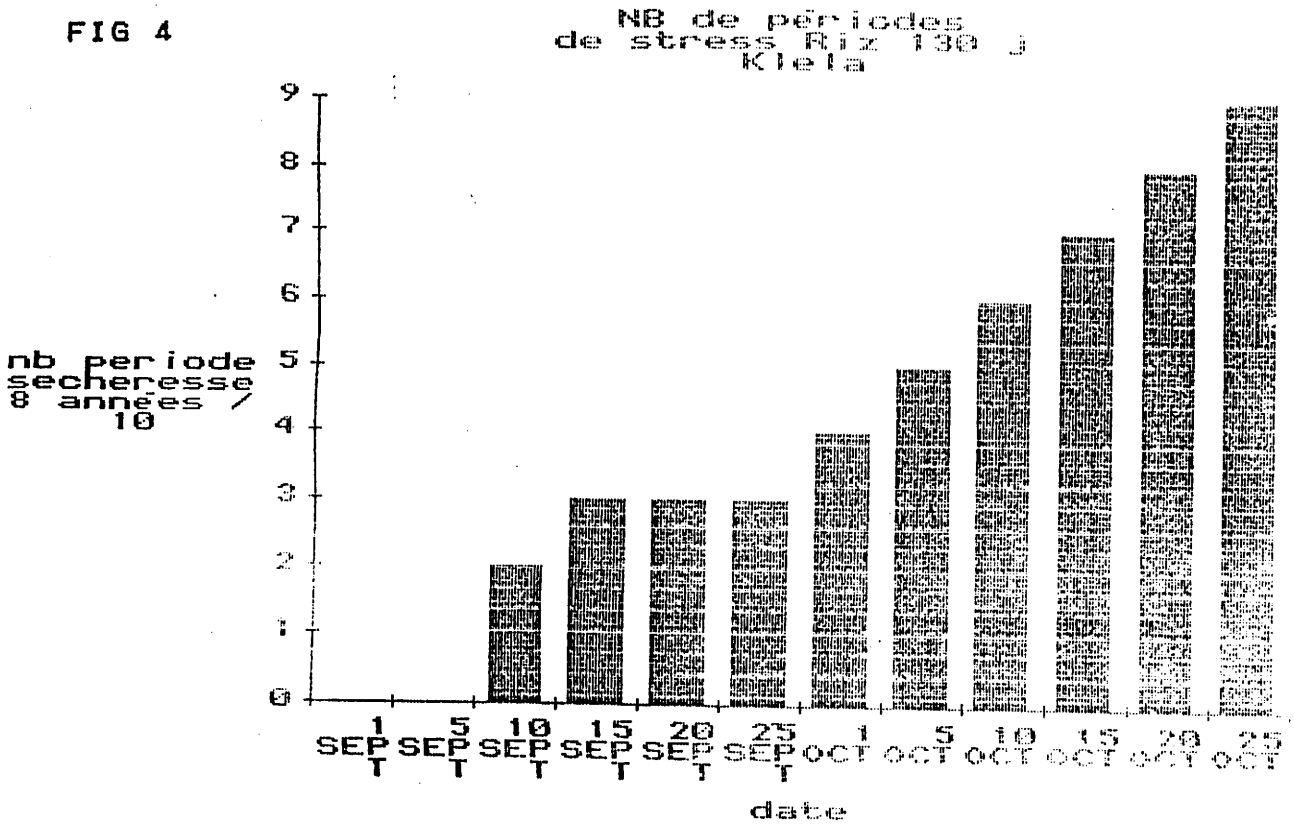

INDICE RDT RIZ IRRIGUE
EN CONDITIONS DE NAPPE
FREQUENCE DEPASSEMENT %
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1500
2500
3500
INDICE RDT Kg/Ha

FIG 4


NB de périodes
de stress Riz 130 j
Kiela
nb periode secheresse 8 années / 10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
1 SEPT
5 SEPT
10 SEPT
15 SEPT
20 SEPT
25 SEPT
1 OCT
5 OCT
10 OCT
15 OCT
20 OCT
25 OCT
date

22) Disponibilités en eau d'irrigation d'appoint .

221) *Les débits disponibles*

Sont données ci-dessous les caractéristiques générales des écoulements des petites rivières de la zone correspondant à des bassins versants de l'ordre de 500 Km2 (ordre de grandeur correspondant aux principaux aménagements).

L'apport annuel (cf étude ORSTOM 1976-1978) peut être estimé à de l'ordre de 50 mm (fréquence dépassement 0,8) ce qui permet des débits de 25.10^{6} m3 pour un bassin versant de 500 Km2 (15 dernières années). Les estimations calculées sont données par ce tableau III.

Tableau III : Débits annuels dans la zone Mali-Sud.

Ruissellement mm	Fréquence dépassement	Volume ruisselé pour un BV 500 Km2 en 10^{6} m3
125	0,2	62,5
53	0,5	26,5
46	0,8	23

Les suivis de débits effectués tant à Longorola qu'à Samogossoni ainsi que la reprise de l'ensemble des données disponibles n'ont pas permis par un modèle simplifié pluie-débit (type Ibiza ORSTOM) d'évaluer les écoulements mensuels de façon fréquentielle.

Comme le montre la figure 5, les nombreux marigots subhorizontaux en amont tamponnent le débit des petites rivières et font qu'en période sèche les débits sont nettement supérieurs aux débits modélisés et que au contraire en année humide les débits sont nettement inférieurs à ceux modélisés.

Une repartition mensuelle donnée par le tableau IV ci-dessous sera retenue en première approximation.

Tableau IV Ruissellement mensuel estimé.

période	Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Débits mm	50	0	0	0	0	0	0	1	5	16	23	6	0

L'un des objectifs du projet sera de poursuivre les acquisitions de données pour caler un modèle à reservoirs permettant d'évaluer décadairement les débits se qui facilitera le pilotage de la gestion des aménagements.

On remarquera la bonne adéquation entre le débit de la rivière et l'apparition de besoins en eau d'irrigation de complément pour le riz, maximum de débits en Septembre,Octobre.

FIG5 COMPARAISON DES
DEBITS ANNUELS
CALCULES A PARTIR
MESURES
AVEC MODELISATION PLUIE
DEBIT SIMPLIFIEE

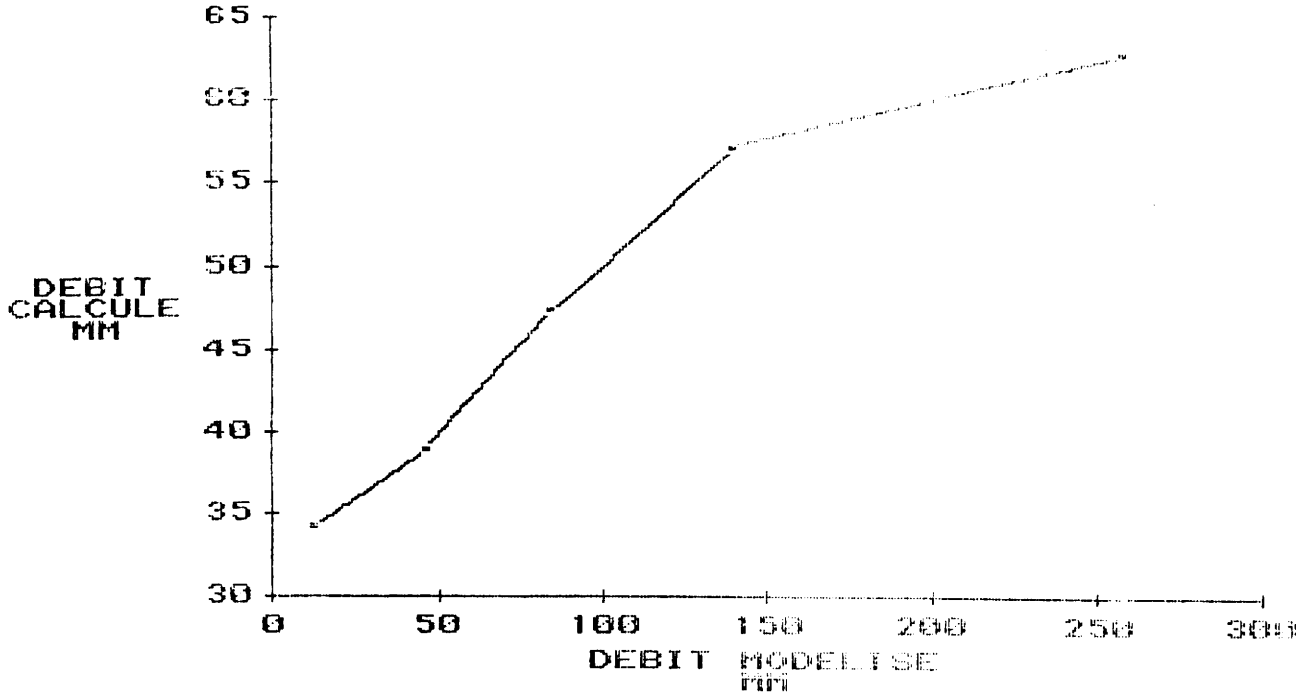
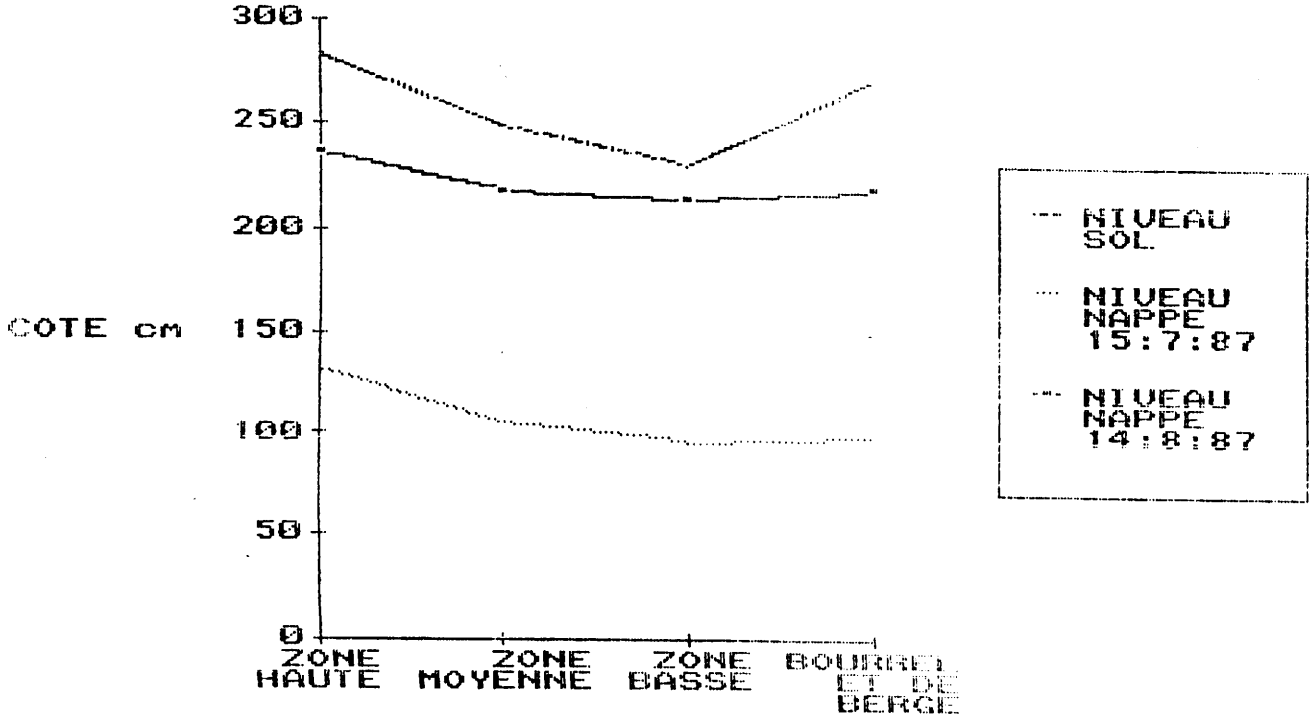


FIG6 EVOLUTION DE LA
NAPPE
AVANT IRRIGATION
SAMOGOSSONI 1987



222) *Evaluation de la crue décénale*

L'évaluation ci-dessous correspond aux calculs fait à partir des suivis hydrologiques de Longorola et Samogossoni et à la reprise des mesures effectuées dans la zone.

La durée de base de l'averse unitaire pouvant engendrer la crue exceptionnelle a été estimée à 5 jours.

L'analyse fréquentielle des pluies tombées en 5 jours consécutifs donne une pluviomètrie de l'ordre de 200 mm.

Le bassin type de référence ayant une surface de 500 Km2 nous prendrons un coefficient d'abattement de 0,6.

En effet une forte averse intervient presque toujours isolément, elle n'est jamais précédée d'une averse moyenne, ce qui fait que les conditions d'écoulement sont défavorables.

Le coefficient de ruissellement obtenu pour des averses proches de l'averse décénale varie de 0,1 à 0,14, nous prendrons 0,14 coefficient maximum.

On obtiendra de ce fait pour 500 Km2 un débit moyen de l'ordre de 19,4 m3/s.

La rapport Q_{max} à Q_{moy} pouvant être estimé à 3 cela nous donne un Q max de l'ordre de 60 m3/s pour un bassin de 500 Km2. A ce débit il faudra ajouter le débit de base estimé à 10 m3/s. Ce qui fait une crue décénale de 70 m3/s

P_{10} = 200 mm
K = 0,6
P_{moy} = 120 mm
K = 0,14
Hr = 16,8 mm
Vr = 8,4 10 6 m3
Tb = 120 heure
Q_{moy} = 19,4 m3/s
r = 3
Q_{max} = 58,2 m3/s
Q_o = 10 m3/s
Q^{10} = 68,2 m3/s

Pour la crue centenaire on ne donnera qu'un ordre de grandeur.

L'analyse des pluies donne P_{100} = 280 mm, en reprenant le même coefficient d'abattement 0,6, mais en prenant 4 pour le rapport Qmax à Q nous obtenons 120 m3/s.

P_{100} = 280 mm
K = 0,6
P_{moy} = 168 mm
K = 0,14
Hr = 23,52 mm

Vr = 11,8 10 6 m3
Tb = 120 heures
Q_{moy} = 27,3 m3/s
r = 4
Q_{max} = 109,25 m3/s
Q_0 = 10 m3/s
Q_{100} = 119,25 m3/s

On peut donc conclure sur la régularité du fonctionnement hydrologique de ces petites plaines inondables et sur la possibilité de maîtriser sans ouvrage particulièrement couteux les ondes de crue.

23) Caractéristiques techniques générales de la mise en valeur des Bas-fonds.

231) *Dynamique de la nappe.*

D'une façon générale la nappe présente dans la petite vallée joue un rôle considérable dans le processus de mise en eau des aménagements .Elle est alimentée successivement :

- par le ruissellement venant de l'interfluve
- par la crue du marigot (à la limite elle correspond à l'inondation dans les zones inondables).

La figure 6 illustre l'évolution d'une telle nappe en 1987 mesurée à partir du reseau piezomètrique installé à Samogossoni.

Cette différence nous amènera à raisonner les besoins en eau et la gestion de l'eau de façon différente sur ces 4 zones identifiées.

Ces caractéristiques hydrauliques sont jumelées à une évolution morphopédologique différentiée correspondant étroitement dans ces plaines de moyenne superficie (Longorola, Samogossoni, Bamadougou) à la description générale faite par Raunet. (cf figure 7).

232) *Perméabilité des sols.*

L'un des principaux problèmes rencontré lors de la mise en eau des aménagements est la difficulté à maintenir une lame d'eau dans les zones moyennes et hautes avant le mois de Septembre. Cette constatation a justifié une étude plus précise de la perméabilité sur les principaux types de sol.

2321) Rappels sur l'infiltration.

L'infiltration dans un sol donné varie en fonction de la teneur en eau de ce sol. Au fur et à mesure de la mise en eau d'une parcelle, l'infiltration instantanée va diminuer pour se stabiliser en fin d'arrosage à une valeur la perméabilité (infiltration stabilisée).

Dans la mesure où le problème qui nous préoccupe est de mettre en eau des parcelles non saturées, le dimensionnement des aménagements à la parcelle se devra d'intégrer l'évolution de l'infiltration en fonction de la lame

FIG 7 CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES ET MORPHOPEDOLOGIQUES

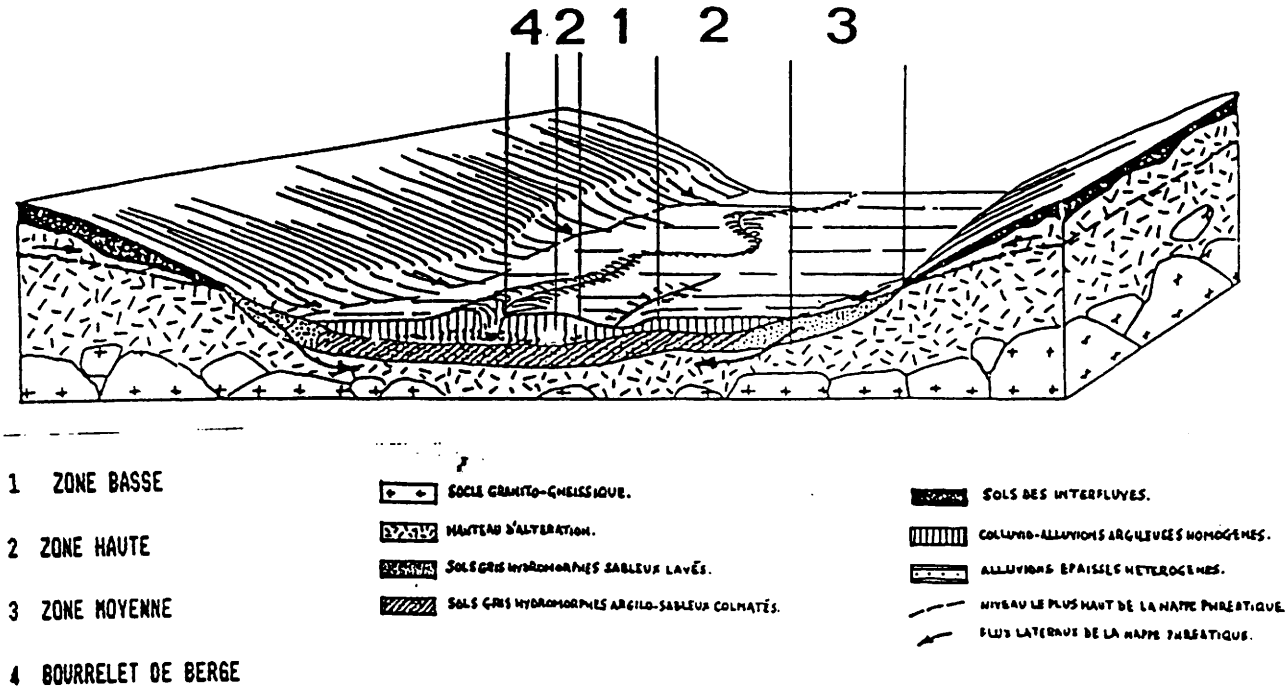
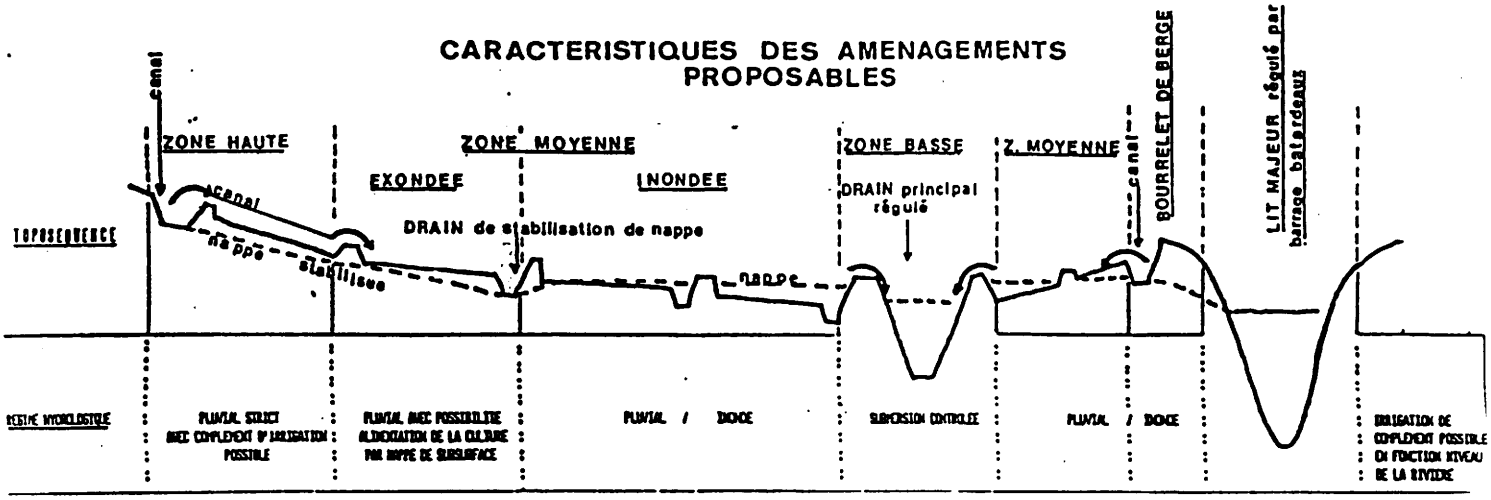


FIG 8



d'eau apportée, puisque il nous faudra non seulement amener une dose d'irrigation, mais stabiliser une hauteur de submersion.

Parmi les lois classiques d'infiltration, la loi de Kostiakov-Lewis permet de rendre compte de l'évolution de la hauteur d'eau infiltrée en fonction du temps en prenant en compte la perméabilité :

$Z(t) = K t^{a} + K_s t$

ou Z = infiltration cumulée en mm

t = temps mn

K_s = perméabilité

a et K = des coefficients d'ajustement.

2322) Méthode d'évaluation de la perméabilité.

La loi de Kostiakov-Lewis comportant 3 paramètres, il s'agira de choisir ces paramètres en :

- optimisant le calage de la courbe SCE minimum
- choisissant des valeurs de Ks et K physiquement représentatives.
  Ks positif.
  K x (a - 1) positif

La figure 9 illustre un tel choix.

La figure 10 montre le très bon calage de la courbe expérimentale sur la courbe calculée.

Pour la valeur de a = 0,1, on trouve (Longorola zone haute) une perméabilité stabilisée de 1,21. 10^{-2} mm/mn soit 0,07 cm/heure. Cette valeur ayant 95 % de chance d'être comprise entre 0,08 et 0,06 cm/heure.

Le temps important nécessaire pour trouver sur ce type de sol la valeur de la perméabilité stabilisée nous a amené à tester la méthode de Porchet dans des conditions hydrauliques satisfaisantes ; (sol venant de se ressuyer en Novembre-Décembre, regression significative justifiant l'ajustement à la loi hydraulique.)

Notre objectif étant :

- par un Muntz d'une vingtaine d'heure de pouvoir caler les paramètres K et a

- par un Porchet d'évaluer rapidement la valeur de Ks.

Le tableau V compare les résultats des 2 analyses et montre le bien fondé de la méthode. (perméabilité du même ordre de grandeur).

FIG9 CHOIX DU MEILLEUR AJUSTEMENT DE KOSIAKOV LEWIS POUR DETERMINER Ks

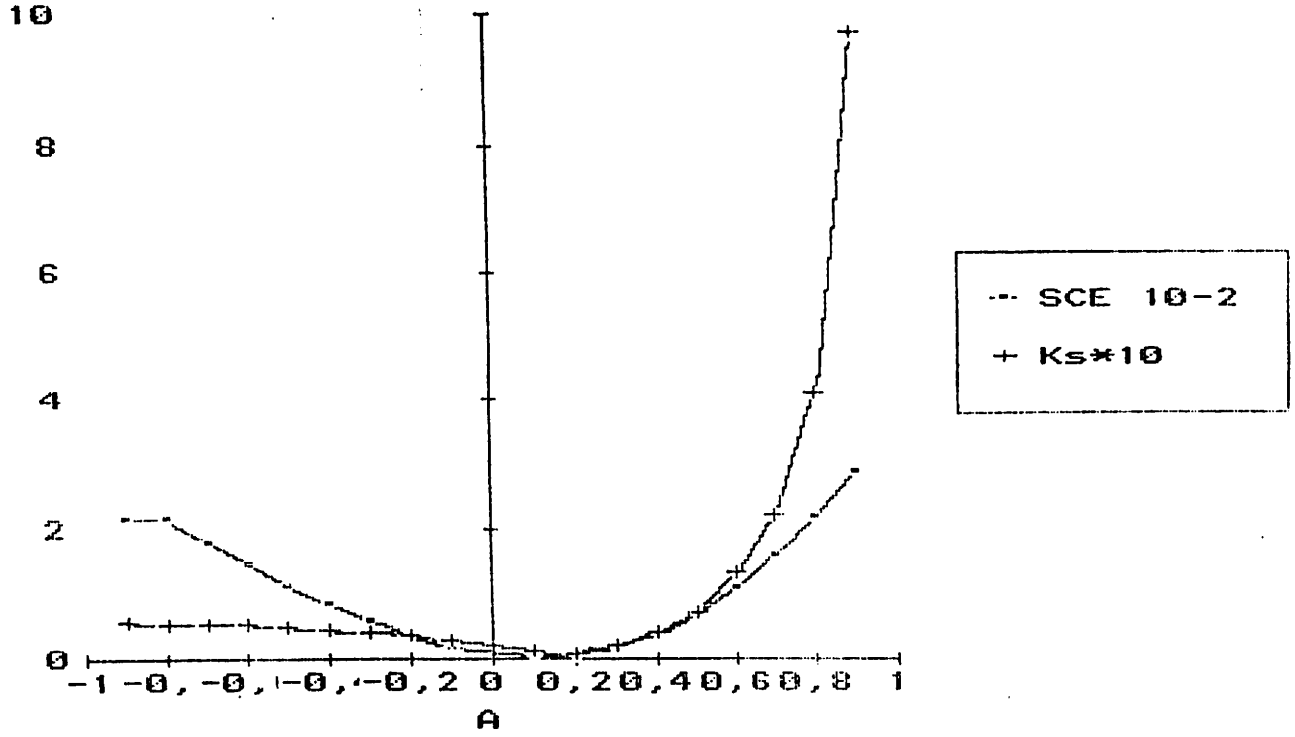


FIG10 AJUSTEMENT LOI KOSTIAKOV LEWIS A INFILTRATION MUNTZ

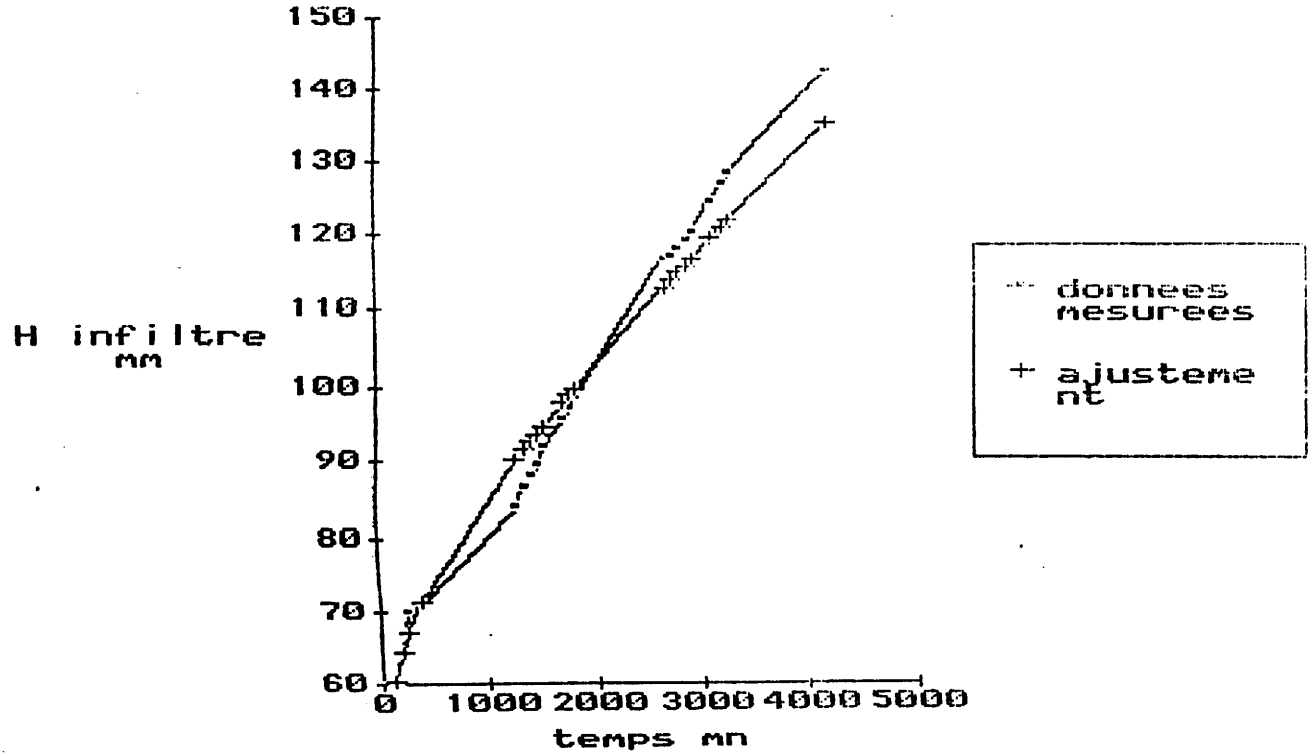


Tableau V : Comparaison des perméabilités mesurées par différentes méthodes en cm/h.

Muntz	Porchet
6.10^{-2} à 8.10^{-2}	18 à 36 10^{-2}

2323) Résultats obtenus.

Des mesures ont été effectuées à Longorola, Samogossoni et Kléla .

Le tableau VI récapitule les résultats obtenus.

Tableau VI : Mesures de perméabilité en fonction de la place dans le Bas-fond 10^{-2} cm/h.

Sites	Longorola	Samogossoni	Kléla
Zone basse	60	120	75 à 60
Zone moyenne	60 à 300	240 à 60	300 à 60
Zone haute	18 à 36	60	36 à 120
Bourrelet de Berge	60	300	1080 à 400

Ces perméabilités peuvent être considérées comme assez faibles pour une irrigation à la raie ou à la planche mais très fortes pour la riziculture Ces valeurs cachent un phénomène qui explique largement les difficultés de mise en eau, l'importance des faits de retrait. Les taux d'argile importants (bien souvent supérieurs à 40 %) entraînent des fentes de retrait qui apparaissent très rapidement dès le mois de Décembre. En début de campagne, même si elles ont disparues en surface, elles continuent à exister en profondeur (30 à 40 cm) et interdisent toute mise en eau avant que la remontée de la nappe n'ait fait disparaitre le phénomène.

233) *Evaluation des besoins en eau d'irrigation.*

2331) Remplissage des casiers.

On notera le problème des fentes de retrait lors du remplissage. La seule solution nous semble être d'attendre la mi-Août/début Septembre afin que la remontée de la nappe conjuguée à la pluie permette le gonflement des argiles.

L'état d'avancement actuel des travaux ne nous permet pas encore de donner une relation débit, surface, type de sol pour la conception des aménagements.

Nous pouvons néanmoins évaluer les quantités d'eau nécessaires à la mise en eau, en sol sec pour 3 types sol :

- peu perméable
- moyennement perméable
- perméable

S = quantité d'eau nécessaire pour arriver à 90 % KS en mm
0,5 = efficience de la mise en eau

IMB = S/0,5

Tableau VII : Estimation des besoins en eau Imbibition.

Sol peu perméable KS = 0,1 cm/h	Sol moyennement perméable KS = 1 cm/h	Sol perméable KS = 6 cm/h
240 mm	360 mm	500 mm

A cette quantité d'eau il s'agira de soustraire le stock d'eau déjà amené par la pluviomètrie ou les remontées dues à la nappe.

2332) Entretien du niveau de l'eau.

L'objectif est au cours des mois de Septembre à Novembre d'entretenir une lame d'eau dans les parcelles.

L'application de la loi de Darcy pour une hauteur d'eau moyenne de 25 cm (profondeur de sol de 1 m) donne des pertes par infiltration importantes qui expliquent bien la grande dépendance constatée entre le niveau de l'eau des parcelles et la dynamique de la nappe.

$$K\ inf = KS \frac{H + D}{H}$$

D : hauteur de l'eau 0,25 m
H : profondeur du sol 1 m

Les pertes par infiltration journalières s'élèveront à de l'ordre de :

- 30 mm/jour pour les sols peu perméables des Bas-fonds
- 300 mm/jour pour les sols moyennement perméables
- 1800 mm/jour pour les sols très perméables.

La création d'un horizon imperméable par les techniques culturales appropriées semble réalisable compte tenu du fort taux d'argile des sols, mais difficile à faire réaliser compte tenu des surfaces concernées.

L'importance des pertes par percolation n'est d'ailleurs pas sans poser des problèmes agronomiques dont l'acidification des sols est une illustration.

Le niveau de l'eau dans les casiers, ne peut être entretenu que grâce à l'intervention de la nappe qui limite à son propre débit le niveau des pertes par infiltration.

2333) Besoins en eau d'irrigation.

En conclusion, les besoins en eau du riz sont secondaires par rapport aux quantités d'eau qu'il faudra amener pour faire remonter la nappe jusqu'à ce qu'elle permette de maintenir la mise en eau des parcelles.

De ce fait la gestion de l'eau devra être double :

- en amont au niveau de la prise
- en aval au niveau du drain.

233) *Principe de conception des aménagements.*

L'objectif est de faire en sorte que les pertes par infiltration soient limitées au maximum et que les apports puissent permettre une remontée progressive de la nappe.

Pour cela les aménagements devront permettre :

- que ce soient les zones basses qui soient remplies les premières
- qu'un système de drainage permette d'évacuer rapidement les surplus d'eau venant des parcelles supérieures, et que, au contraire, en période de sécheresse le drain soit géré pour permettre de maintenir le niveau de la nappe.

- que dans les parcelles, la répartition de l'eau soit faite à partir d'arroseurs drains situés dans la partie basse, l'objectif étant toujours de minimiser les pertes par infiltration.

Comme le montre la figure 6, la nappe a tendance à remonter d'elle-même; l'objectif sera donc d'attendre (dans les plaines de moyenne importance) sa remontée naturelle pour mettre en eau et ainsi limiter le lessivage. C'est ce qui a été réalisé avec succès et sans gros problème à Samogossoni en 1987.

L'avant projet fait pour l'aménagement de Zaniena retient ces principes (cf figure 11), mise à part la taille du parcellaire dont les données dont nous disposons actuellement ne nous permettent pas de juger du bon dimensionnement.

234) *Evaluation des coûts.*

L'évaluation des coûts d'aménagement de la plaine de Zaniena (base 1986-1987) s'éleverait (études non comprises) en 1988 à de l'ordre de 450.000 FCFA/ha.

Le tableau VIII donne le devis estimatif établi en 1987.

Dans le cas d'aménagements plus complets tel que celui de Samogossoni, comprenant (cf figure 12) des canaux de distribution secondaires , le coût

FIG 11 PLAN DE L'AMENAGEMENT ETUDIE A ZANIENA

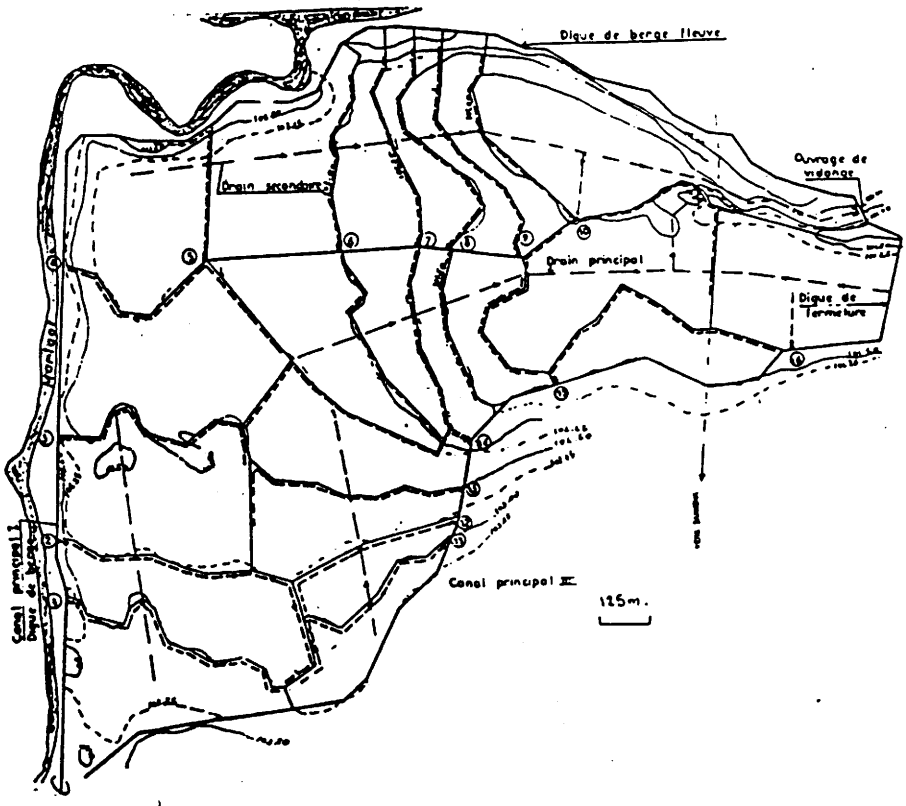
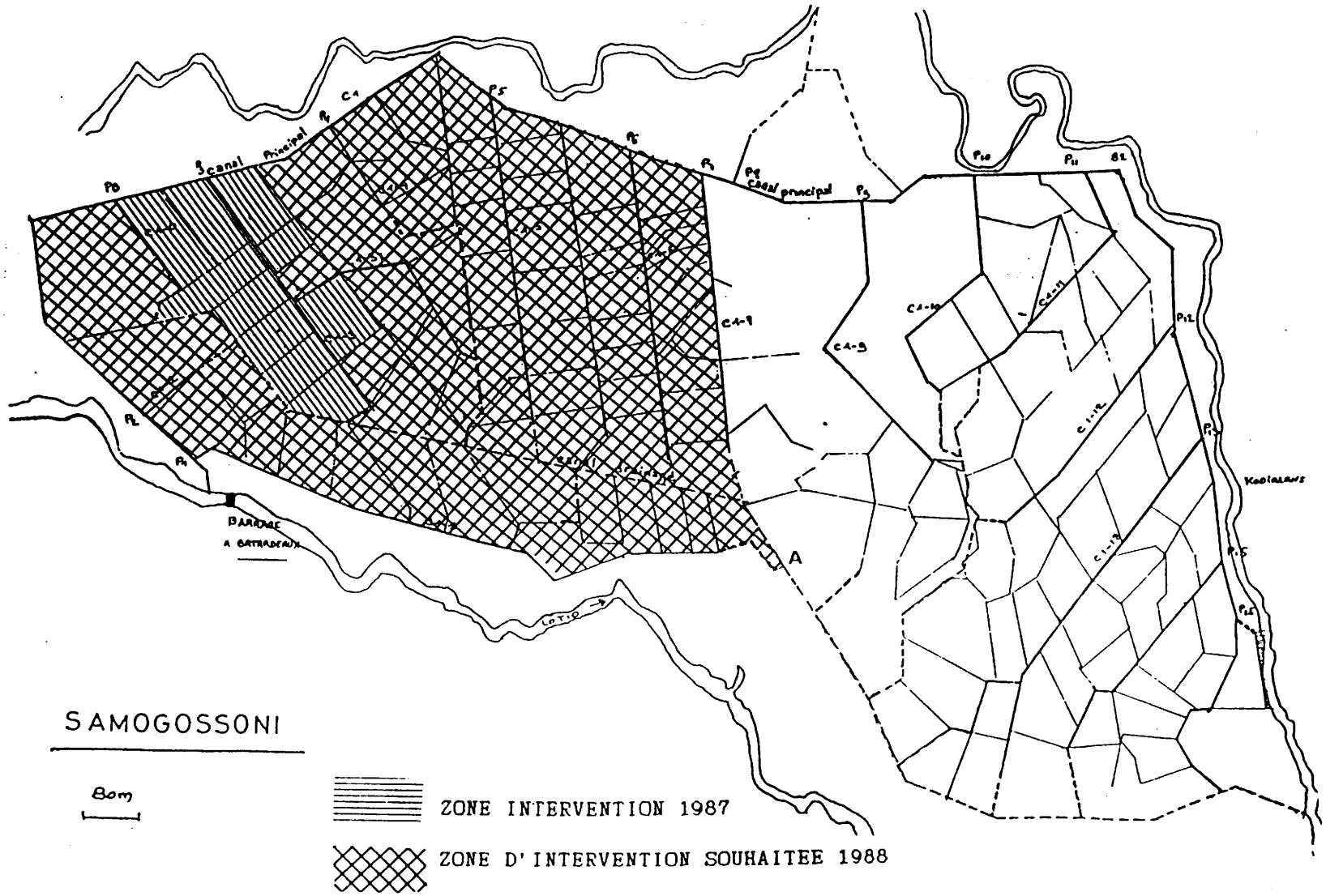


TABLEAU VIII Devis estimatif aménagement plaine de Zaniena.

Désignation des travaux	unités	quantité	prix unitaire	prix total
A) Terrassements				
1 canal d'amenée	m	400		
Débroussement	m2	5.350	25	133.750
Décapage	m2	2.030	126	255.780
Déblai	m3	514	896	460.544
Remblai	m3	257	1455	373.935
2 Canaux principaux	m	7.740		
Décapage	m2	94.235	126	11.873.610
Déblai	m3	47.596	514	24.464.344
Remblai	m3	29.799	1.455	43.357.545
3 Diguettes et canaux secondaires	Km	137,5		
Décapage	m2	62.699	25	1.567.475
Déblai	m3	48.682	514	25.022.548
Remblai	m3	21.934	1455	31.913.970
Remblai digue	m3	3.543	3114	11.032.902
B) Ouvrages d'art.				
Seuil avec prise		1	4.600.000	4.600.000
Ouvrage de prise		16	450.000	7.200.000
Ouvrage de vidange		1	300.000	300.000
Ouvrage intercasier		19	200.000	3.800.000

Total = 166.000.00FCFA

FIG 12 PLAN DE L'AMENAGEMENT
SAMOGOSSONI RIVE GAUCHE



ne dépasse pas 1.500.000 FCFA/ha, pour une maîtrise de l'eau acceptable (cf chapitre suivant).

24) Test et suivi d'aménagements de Bas-fond.

241) *L'aménagement du Bas-fond du PAR de Longorola.*

La figure 13 illustre le fonctionnement hydrauliquede l'aménagement du Bas-fond. L'aménagement est alimenté en amont par le canal 2 de la plaine.

5 zones à gestionshydrauliquesdifférenciées ont été aménagées.

(1) La zone haute, où toute mise en eau doit faire l'objet d'un apport important.

(2) La zone moyenne pour laquelle la fermeture du drain permet de maintenir sur l'ensemble des parcelles une nappe subaffleurante et facilite la mise en eau.

(3) Une zone basse qui alimentée par le drain en a pratiquement le niveau.

(4) Une zone moyenne à faible maîtrise de l'eau représentative d'un aménagement minimum. La zone haute est alimentée par une prise sur la canal de l'aménagement, la zone basse est en outre alimentée par des infiltrations venant directement du Banankoni. Le niveau de l'ensemble est regulé par le deversoir D1.

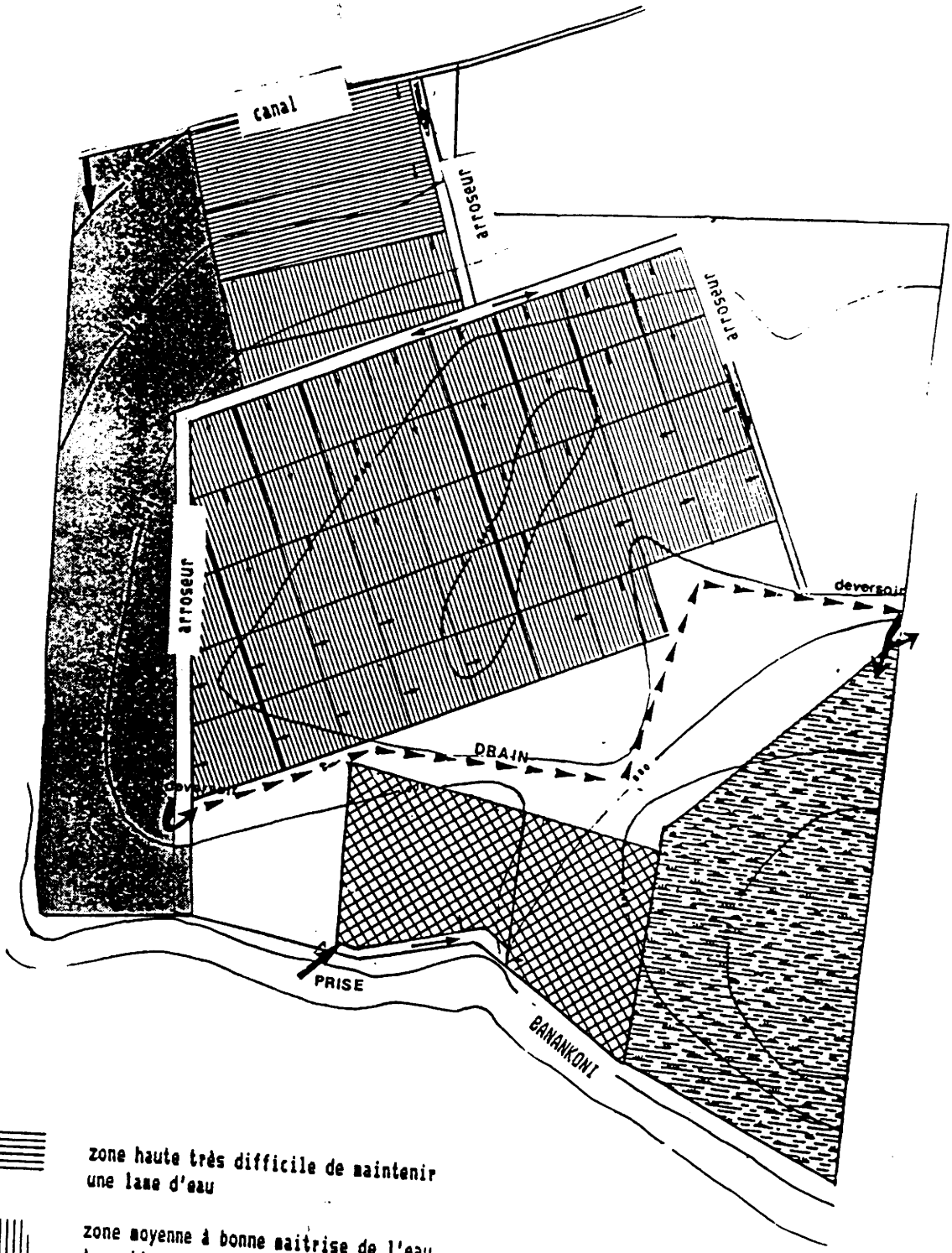
(5) Une zone alimentée directement par le Banankoni. Sur la digue de protection réalisée sur le bourrelet de berge des prises en 0 200 mm permettent d'alimenter des casiers jusqu'en Novembre. Ces aménagements minimum ont permis d'amener jusqu'à la récolte dans de bonnes conditions hydrauliques des riz de 130 jours tels que BG 90 - 2.

Plus que l'apport d'eau, c'est la gestion dudrain (muni d'une vanne de fermeture et d'un deversoir de trop- plein) qui permet de gérer l'eau des parcelles. Cette gestion est facilitée par le temps de réponse relativement faible à l'ouverture ou la fermeture du drain (de l'ordre de 24 h).

Plus que des problèmes purement hydrauliques c'est l'interaction de la gestion de l'eau sur la fertilité des sols qui en semble le facteur limitant. (passage fréquent de phases inondées à des phases exondées compte tenu du temps de réponse faible de l'aménagement à toute manipulation de la vanne de drainage).

Outre une quantification plus exacte des flux l'objectif en 1988 sera dans la mesure du possible d'éviter les variations fréquentes du niveau de la nappe.

FIG 13 FONCTIONNEMENT HYDRAULIQUE DE L AMENAGEMENT DU BAS FOND LONGOROLA PAR



zone haute très difficile de maintenir une lame d'eau

zone moyenne à bonne maitrise de l'eau à partir de septembre

zone basse , seule la hauteur maximum de l'eau est maitrisée

bourrelet de berge alimenté directement par le Banankoni (aménagement minimum en milieu paysan)

zone avec maitrise minimum de l'eau (aménagement réduisant le nombre de casier)

242) *Test de réhabilitation d'un casier sur le périmètre de Samogossoni.*

2421) Objectif recherché.

L'objectif était de démontrer dans le cas de l'arroseur C 1-3 de l'aménagement de Samogossoni, la possibilité de réhabiliter l'aménagement au moindre coût et d'évaluer son fonctionnement et le niveau de maîtrise de l'eau ainsi obtenu. (8 ha concernés).

2422) Principe de l'aménagement et base de réhabilitation.

Sur le Lotio, un barrage à batardeaux permet de remonter le niveau de l'eau jusqu'à permettre la mise en eau des canaux principaux C1 et C1-1.

A partir de ces canaux des arroseurs munis de sectionnaires permettent de réguler le niveau de l'eau dans les parcelles. (cf figure 14).

En bout d'arroseur, un sectionnaire terminal aveugle détermine le départ du collecteur de drainage correspondant à l'arroseur.

2423) Etat de l'aménagement lors de la reprise.

On a pu constater :

- que la plupart des diguettes trop basses n'avaient plus aucune efficacité
- que le sectionnaire terminal (comme c'est le cas pour l'ensemble de l'aménagement) est muni d'en orifice faisant que toute mise en eau alimente directement le drain
- que le niveau des déversoirs et leur largeur était sans rapport avec les apports nécessaires. La figure 15 donne le plan de la zone concernée.

2424) Travaux executés.

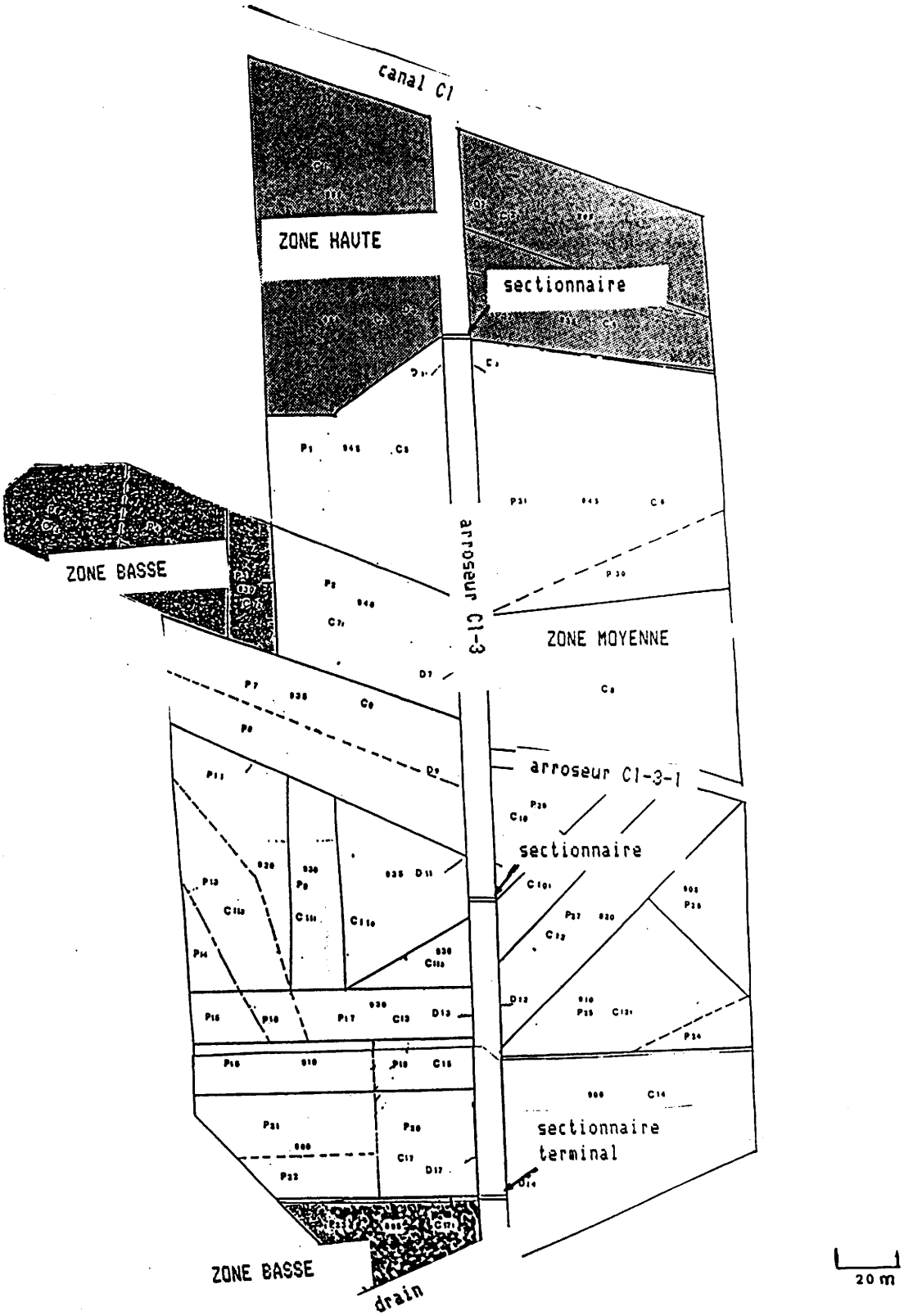
Après levé topographique l'ensemble des deversoirs et orifice des sectionnaires a été redimensionné en prenant comme hypothèse :

- d'amener suivant les parcelles une lame d'eau variant de 150 à 270 mm
- d'être à même lors de la mise en eau d'effectuer en même temps la mise en eau de l'ensemble des parcelles évaluées sur la base :

  * $V = (hp - hm)\ S \times 50 \times 10^{-3}$

    V = volume d'eau à apporter à un casier pour la mise en eau en m3
    hp = cote plan d'eau m
    hm = niveau moyen de la parcelle m
    S = surface en m2
    50 = dose d'imbibition

FIG 15 CASIERS REHABILITES EN 1987
AMENAGEMENT DE SAMOGOSSONI
RIVE GAUCHE



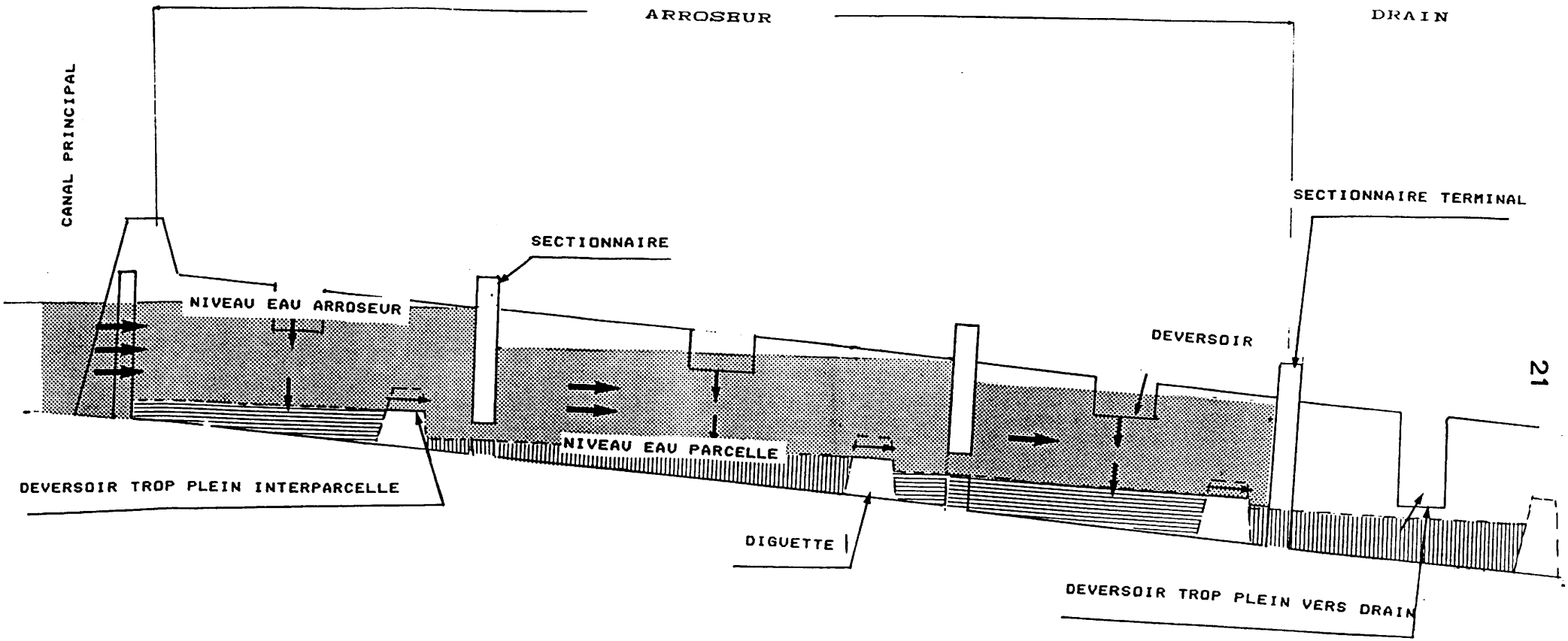


FIG14 PRINCIPE FONCTIONNEMENT AMENAGEMENT

* Temps de mise en eau de l'ensemble des parcelles 12 heures.
* Les deversoirs calés environ 1. cm en dessous du plan d'eau ont des largeurs variant de 0,40 à 1 m.

De ce fait leur coût de réalisation est relativement bas :

- plancher en moellons de latérite
- murs latéraux en parpaings de 15 cm d'épaisseur. Coût réalisation 6000 FCFA/deversoir.

La remontée des diguettes a été effectuée avec le concours des paysans, de telle sorte que en main d'oeuvre et matériaux le coût global de la réhabilitation a été de l'ordre de 200.000 FCFA pour 8 hectares soit 25.000 FCFA/ha.

On notera néanmoins que les deversoirs intercasiers dont on pouvait craindre le mauvais calage par le calcul théorique ont été réalisés en sacs, ce qui avec une reprise en dur ramenerait le coût de la réhabilitation (non compris le personnel technique) à 50.000 FCFA/ha.

2425) Test du fonctionnement de l'aménagement.

Comme indiqué par les analyses faites en 212, la mise en eau des parcelles n'a été effectuée qu'en fin Septembre (23 Septembre). Comme le montre la figure 16, les besoins en eau du riz étaient largement satisfaits par la pluviomètrie avant cette date.

La figure 17 montre le niveau de l'eau obtenu dans la parcelle, ce niveau est tout à fait compatible avec une excellente alimention en eau du riz. Les principaux problèmes à résoudre sont :

- le niveau de l'eau dans le canal principal qui induit l'ensemble du fonctionnement hydraulique de l'arroseur.
  On constate que malgré un nettoyage en Juillet, le fait qu'il soit mis en eau tardivement fait qu'il est envahi par de nombreuses adventices qui ralentissent son débit et diminuent la hauteur de l'eau
- l'envahissement des parcelles basses par les eaux d'infiltration venant du drain (mauvais état des arroseurs avoisinant débitant directement dans le drain)
- le mauvais placement des deversoirs qu'on aura toujours intérêt à placer au niveau le plus bas de la parcelle. (principe d'irrigation par le bas)
- la nécessité d'équiper les parcelles de petits deversoirs intercasiers permettant d'évacuer vers la colature les trop pleins sans risquer d'endommager les diguettes
- la nécessité de prendre en compte, dans le calcul besoins en eau de remplissage, le stock d'eau déjà absorbé par le sol, valeur qui varie avec les différentes zones.

Plus qu'un problème de gestion de l'eau, le problème de Samogossoni semble être agronomique (cf II partie).

FIG16 SATISFACTION DES BESOINS EN EAU DU RIZ PAR LA PLUIE PUIS L'IRRIGATION SAMOGOSSONI 1987

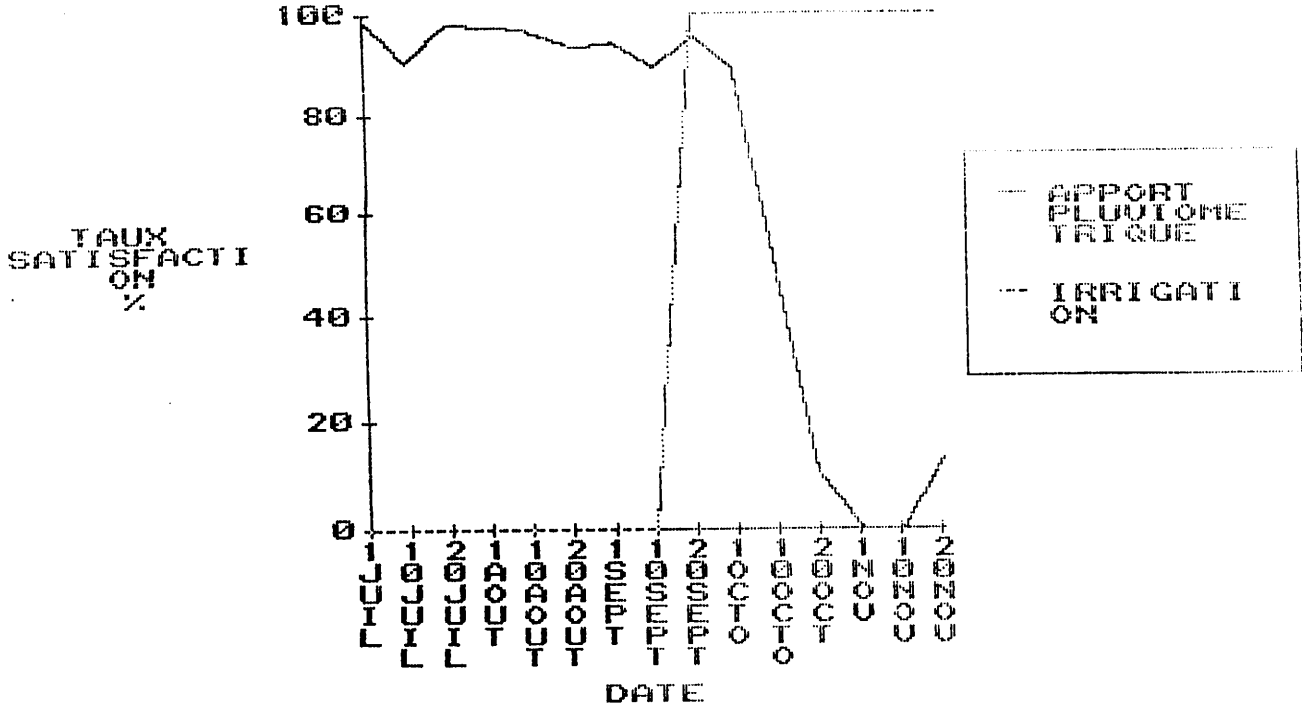
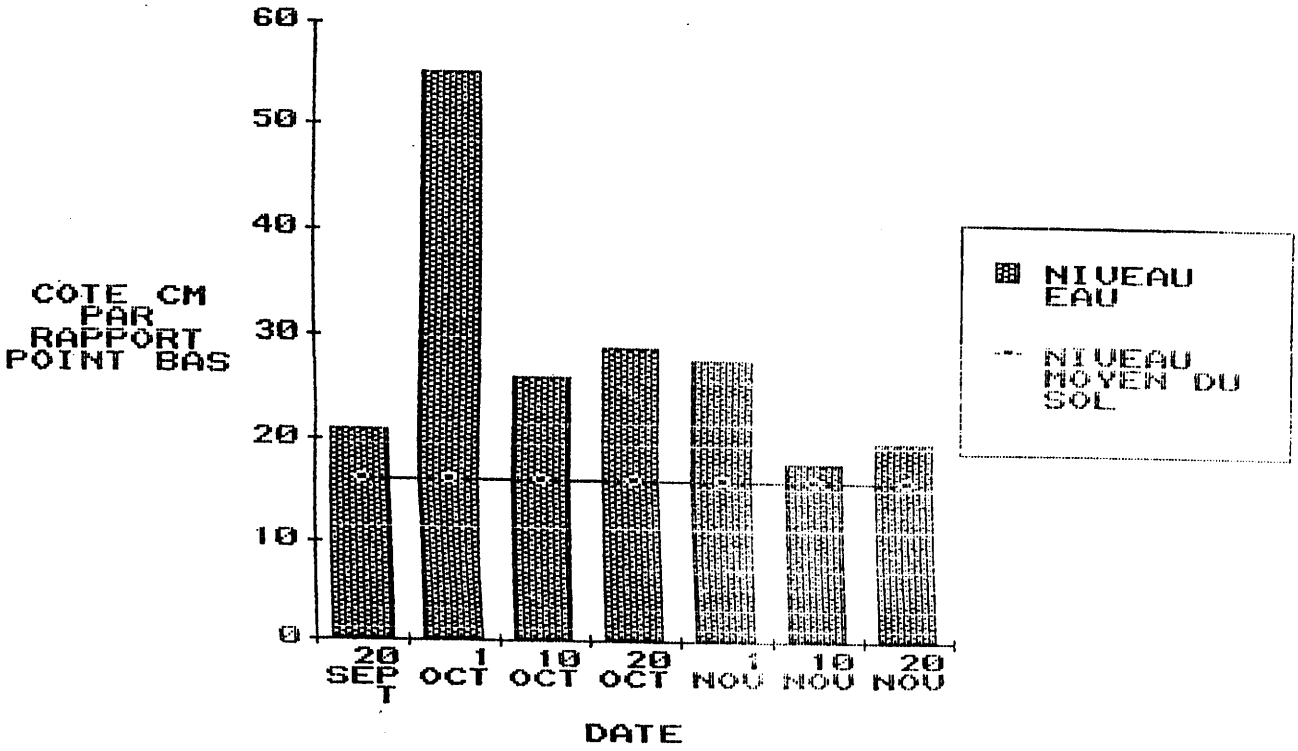


FIG17 NIVEAU DE L'EAU OBTENU CASIER 9



III) AGRONOMIE DE LA RIZICULTURE DE BAS FOND.

3.1 Evaluation des potentialités de la riziculture pour différents modes de semis.

Comparaison de trois techniques d'implantation, mené en 1986 l'essai n'avait pu bénéficier d'une application d'hercide il a été reconduit cette campagne 1987.

Dispositif.

I Semis en sec levée sous pluies
II Semis en prégermé désherbage chimique
III Semis en prégermé pas de désherbage chimique
IV Repiquage pas d'herbicide.

Blocs de Fisher : 4 répétitions
Variété : BG 90 - 2

Fumure 150 Kg/ha de phosphate d'ammoniaque à l'implantation de la culture

150 Kg/ha d'urée au 30 ème jour après la levée
15 jour après le repiquage.

Réalistion.

I	Semis en sec	effectué le 24 Juin
II	Semis en prégermé	effectué le 11 Août
III	Semis en prégermé	effectué le 11 Août
IV	Repiquage	

Résultats :

Traitements		R/dt ha	groupe homogènes
IV	Repiquage	3.179	A
II	Prégermé + herbicide	2.114	B
I	Semis direct	2.079	B
III	Prégermé sans herbicide	1.936	B
	CV =	21,9 %	

Commentaires :
Les résultats confirment ceux de l'année précédente.

En condition de Bas-fond non aménagé la technique du prégermé ne peut être envisagée.

3.2 Test de techniques de lutte contre l'enherbement.

3.2.1 Lutte contre le riz à rhizome .

Pour éradiquer le riz à rhizomes différentes techniques ont été reconues. Il nous est utile de tester, dans les conditions écologiques et hydrauliques des Bas-fonds de la région de Sikasso, les techniques d'éradication du riz à rhizomes par : la préparation du sol, en fin de cycle (début de la saison sèche), en début de cycle (premières pluies d'hivernage Mai) une mise en boue et par : un traitement chimique.

Dispositif.

Traitement I - Préparation profonde du sol pour retourner toute la partie exploitée par les rhizomes (20 cm) en Février ou Mars - semis pluvial.

Traitement II - Même préparation du sol que le traitement I en Mai-semis pluvial.

Traitement III - Mise en boue - repiquage.

Traitement IV- Préparation traditionnelle-semis pluvial

Traitement V-traitement chimique par l'application d'un désherbant systémique, Glyphosate (Round-up)

Parcelle élémentaire 20 m x 7 m
Parcelle utile 15 m x 5 m
à la récolte deux carrés de 25 m2 seront prélévés par parcelles pour le calcul statistique.
Blocs randomisés - 2 répétitions.

Réalisation.

Traitement I- En l'absence du moyen mécanique souhaité le retournement de la partie exploitée par les rhizomes, 20 cm, a été réalisée à la daba en Février.

Traitement II- Le travail du sol a été réalisé à la charrue bovine, par deux passages simultanés pour atteindre la profondeur de 20 cm, en Mai.

Traitement III- La mise en boue a été réalisée en Août par le retournement du sol, saturé d'eau à légèrement inondé, suivi du piétinement de la motte, et du repiquage.

Traitement IV- Préparation traditionnelle du sol à la petite daba en Juin.

Traitement V- Très tardive cette année, insuffisantes en Mai, les pluies n'ont pas permis un développement suffisant du riz à rhizomes pour le traiter en Mai. L'application du désherbant n'a pu être réalisée qu'à la mi-Juin sur une végétation haute d'environ 15 à 20 cm. 10 l/ha de Rond-up. En une application compte tenu du retard pris.

Après la reprise des labours et le ramassage des rhizomes ramenés à la surface les semis ont été réalisés sur les traitements I et II le 11 Juin.

Le traitement IV préparation du sol traditionnelle a également été semé le 11 Juin.

Le 15 Juin à la suite d'une crue et de la remontée de la nappe ces trois traitements ont été noyés. Ils ont été resemés le 25 Juin.

Le traitement V désherbant systémique n'a pu être semé que le 2 Juillet.

Le repiquage du traitement III a été effectué le 14 Août.

Résultats =

L'irrégularité de la levée due à la nappe (l'essai est en zone basse) a considérablement affecté les rendements et l'essai ne pouvant être interprété à partir de ces rendements; pour pouvoir apprécier les différences en évidence entre chaque traitement, un comptage des pieds de riz à rhizomes a été effectué.

Les moyennes du comptage nous donnent le classement suivant :

Traitement I	Labour en Février	14 pieds
Traitement V	Désherbant chimique	22 pieds
Traitement III	Mise en boue	31 pieds
Traitement II	Labour Mai	37 pieds
Traitement IV	Traditionnel parcelle couvertes	75 %

Commentaires :

La préparation profond du sol (jusqu'à 20 cm pour retourner toute la couche exploitée par les rhizomes) effectuée en Février nécessite des efforts de traction importants et ce travail ne peu être réalisé par une partie de boeuf.

Plus tôt, en fin de cycle (Décembre), quand le sol peut être préparé par une partie de boeuf, on a observé (Janvier 88) que par l'accumulation, sous le labour, de l'humidité résiduelle, le riz à rhizomes repart uniformement sur tout la parcelle.

La préparation profonde du sol à partir de Janvier reste la technique la plus efficace et la moins coûteuse comparée au traitement herbicide, également très éfficace, mais dont le coût est de l'ordre de 100.000 Frs l'hectare.

Par ailleurs on notera que l'efficacité du traitement herbicide peut être pertubé par une pluie et que l'application du produit devant être fait sur une végétation suffisamment développée la mise en place de la culture risque d'être considérablement retardée, dans le cas d'un retard et/ou d'une insuffisante des pluies en début d'hivernage.

Dans la pratique les cultivateurs occupés à la mise en place de la culture de contre saison ne font pas de labour de fin cycle, ceux qui possèdent

plusieurs attelages font des labours croisés en début de cycle avec extirpation des rhizomes, cette technique est relativement efficace, pour étouffer le riz à rhizomes, et repiquent des plants de riz sur ces buttes. Si l'exondation de ces buttes est trop précoce, le riz à rhizomes repart.

3.2.2 Test d'herbicides

Des herbicides sélectifs du riz de post levée connu pour leur efficacité que l'on peut trouver sur la place ont été testés en conditions de Bas-fond.

Tous les herbicides étant de post levée leur application s'est faite trois semaines après la levée généralisée le stade des adventices allait de 2-3 à 5 et 6 feuilles.

Il s'est agit de :

- TAMARIZ (220 g/l de propanil + 120 g/l de thiobencarbe) à la dose de 8 l/ha pour 400 l/ha d'eau.

On a noté une bonne action sur les adventions présents dans la parcelle. Aucune toxicité sur le riz.

- RONSTAR P.L. (100 g/l d'oxidiazon + 300 g/l de propanil) à la dose de 8 l/ha pour 400 l/ha d'eau.

On a noté une bonne action sur les adventices présentes mais également une action toxique sur le riz.

- La Compagnie Française des Produits Industriels (CFPI) nous a proposé leur herbicide expérimental connu sous le nom de code C A 836, il s'agit d'une association de C A 625 + propanil.

Sélectif du riz cet herbicide à raison de 10 l ha aurait la propriété d'être efficace sur une flore composée de graminées cypéracées et dicotylédones.

Test aux doses de 6 et 8 l/ha il s'est révélé particulièrement efficace sur une cypéracée dominante sur l'emplacement traité. Nous n'avons observé aucune phytotoxité sur le riz.

Un herbicide total, Gallant, a été appliqué sur du riz à rhizomes aux doses de 3 et 6 l/ha.

Son action est très lente et ne permettrait pas de faire suivre le traitement d'un semis. En zone inondée, bien que très affecté le riz à rhizomes s'est maintenu en place.

3.3 Essais de comportement en fonction des situations hydrauliques

3.3.1 Essais sur le PAR de Longorola

Un essai, comportant 3 variétés pluviales, de bas-fond et irriguée (Dourado- Gambiaka- BG 90-2), blocs randomisés 4 répétitions a été installé sur 4 sites du PAR de Longorola.

Sémé le 10 Juillet, les résultats ont été interprètés en fonction de la variété et des situations hydrauliques :

En fonction de la variété les résultats sont les suivants :

Variétés	Moyennes	Test de Newman-Keuls seuils 5 %		
B G-90-2	2 672	A		
Gambiaka	1 557		B	
Dourado	945		C	

L'analyse statistique révèle la supériorité de BG 90-2 dans tous les cas de figure.

En fonction des situations hydrauliques les résultats sont les suivants :

Situations hydrauliques		Moyenne Kg/ha			
Zone base aménagée	C 2	2 348	A		
Zone basse non aménagée	P 5	2 128	A		
Bourrelets de berge (exonde le 18 Octobre).	C	1 496		B	
Zone haute (assistée par la nappe)	P 5-1	927			C

Les résultats statistiques révèlent des différences significatives entre les zones en fonction des contraintes hydrauliques.
Les parcelles C2 et P5 (Zones basses) où les conditions hydrauliques sont les plus favorables (permanence d'une lame d'eau) ont un potentiel de production plus élevée, mais ne sont pas significativement différentes entre elles.

La parcelle C (Bourrelet de large) soumise à la variation de la décrue présente un rendement inférieur dû cette année la précocité de la décrue.

La parcelle P5-1 (zone haute non inondée en conditions naturelles, où la nappe a été assistée par la mise en charge d'un arroseur en amont) présente les rendements les plus faibles et confirme son peu d'aptitude à la riziculture de Bas-fond.

En fonction de l'interaction des facteurs.

Variétés (F1) situations hydrauliques (F2) les résultats sont les suivants :

Variété F1	F2	Sites	Rendement Paddy Kg/ha	Test de Newman Keuls (seuils 5)
1	2	BG - P5	3.344	A
1	4	BG - C2	3.199	A
3	4	GAM- C2	2.874	A B
1	3	BG - C	2.698	A B
3	2	GAM- P5	2.197	B
1	1	BG - P51	1.448	C
2	3	DOU- C	1.052	C D
2	4	DOU- C2	9.69	C D
2	1	DOU- P51	9.17	C D
2	2	DOU- P5	8.44	C D
3	3	GAM- C	7.39	C D
3	1	GAM- P51	4.17	D
		CV =	26.1	

Les résultats statistiques démontrent que :

- la variété BG 90 - 2 a un rendement supérieur taux en rapport aux autres variétés qu'en fonction des situations hydrauliques

- la variété Gambiaka de part la longueur de son cycle est sensible à un stress hydrique

- la variété Dourado placée dans toutes les conditions a un rendement faible mais constant.

3.3.2 Essais sur le bas fond amenage de Sampogossoni

Le projet Sol-Eau-Plante s'était fixé entre autre objectifs de réhabiliter et de vérifier les conditions hydrauliques de ce type d'aménagement.

En Mai nous avons relevé la topographie (20 m x 10 m) de la surface (13 ha) arrosée par le canal C1-3.

Ce relevé topographique nous a confirmé les courbes de niveau relevées antérieurement et matérialisées par des diguettes.

Avec la collaboration du responsable du périmètre nous avons pu convaincre les membres de la famille exploitants les 13 ha, de reconstituer les diguettes de courbes de niveau, antérieurement rasées par les travaux agricoles et d'en construire de nouvelles pour améliorer la gestion de l'eau. Ce travail a été réalisé après le Ramadan.

Des parcelles de comportement ont été placées en trois endroits de la toposéquence de la parcelle. On y a cultivé trois variétés Gambiaka - BG 90 - 2 IRAT 216 avec pour fumure 150 Kg/ha de phosphate d'ammoniaque au semis et 150 Kg/ha de perlurée au 30 ème jour.

Un traitement herbicide de post levée 8 l/ha de Tamariz 21 jours après la levée a été pratiquée.

- Les rendements moyens obtenus ont été les suivants :
(Kg/ha)

Zones	Gambiake	IRAT 216	B G 90 - 2
Haute	2.715	915	Non semé
Moyenne	1 500	733	3 580
Basse	3 190	633	1 850

D'après les prélèvements effectués chez les cultivateurs les rendements varient de 375 Kg/ha à 2250 Kg/ha la moyenne étant de 967 Kg/ha, conséquence de sol apprauvri entre autres par lessivage.

3.3.3 Test hors aménagement sur le bas fond de BAMADOUGOU .

Dans la zone exploitée par les habitants du village de Karamoko Diassa, trois emplacement ont été choisis en fonction de leur niveau d'inondation, déterminé par un relevé topographique à partir de la base de l'échelle de crue de Bamadougou et classés en zones haute-moyenne et basse.

- Sur ces trois emplacements on y a suivi les variations de la crue, par l'installation d'échelle (24/8).

- Sur chaque emplacement trois variétés ont été cultivées il s'est agit de Gambiaka - IRAT 216 - BG - 90 -2.

- Le semis a eu lieu le 22 Juin, la levée sous pluie.

- La fumure 150 Kg/ha de phosphate d'ammoniaque au semis
150 Kg/ha de perlurée au 30 ème jour sur sol exondé.

- Un traitement herbicide de post levée 21 Jours après la levée généralisée.

- Les rendements moyens obtenus ont été les suivants en Kg/ha :

Zone	Gambiaka	IRAT 216	B G - 90 - 2
Haute	1 940	totalement	2000
Moyenne	(1)	détruit par	2 400
Base	800	les oiseaux	1 000

- *(1) récolté accidentéllement par le cultivateur.*

- *Variations du niveau de la crue 1987.*

A partir de la 2 ème décade du mois d'Août, la crue à rapidement inondée les points choisis. Le 24 Août le niveau en zone basse était de 53 cm pour atteindre son point culminant le 31 Août avec 85 cm. Dans la semaine qui a suivie, le niveau a sensiblement baissé pour atteindre 32 cm le 7 Septembre. Ensuite il a varié de 30 à 40 cm jusqu'au 5 Octobre date où la décrue s'est amorcée pour atteindre 30 cm le 12 Octobre (exondation des zones hautes), 16 cm le 19 Octobre (début exondation des zones moyennes).

3.4 Note sur l'état des rizières de Longorola

Maladies.

Nous avons eu à observer au cours de ces hivernages diférentes qui ont plus ou moins affecté la végétation des riz cultivés. Ce sont :

La Pyriculariose foliaire : l'infestation de cette maladie nous est apparue plus importante cet hivernage. La variété la plus atteinte a été Gambiaka, les moins affectées ont été BG 90-2 - C 74.

Les maladies Heliminthosporioses et Rhynchosporiose ont été également observées.

La galle du riz (corallocytostroma oryzae), dont l'infestation semble avoir été plus importante cette année, a été observée plus particulièrement sur les semis tardifs de BG 90-2 et Bouaké 189.

Adventices.

Après l'élimination du riz à rhizomes, des graminées ont occupé la place, éliminées elles ont été remplacées par une cyperaceae, actuellement on assiste à une occupation du sol, pouvant aller jusqu'à l'étouffement du riz, par une Onagraceae Jussiaea linifolia (Vahi).

IV CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT DE L'IRRIGATION SUR UNE PARCELLE DU PERIMETRE SUCRIER DU SUKALA .

41) Objectif de l'étude .

Parmi les problèmes agronomiques qui freinent la production sucrière du complexe Sukala , les recherches menées les années précédentes tendaient à mettre en évidence la chutte rapide des rendements en repousse et l'hétérogénéité des rendements au sein d'une même parcelle .

Il avait été de plus constaté la dégradation très rapide de la densité racinaire au cours des différentes repousses .

L'objectif de l'étude est d'essayer de déterminer dans quelle mesure la gestion de l'eau à la parcelle actuellement pratiquée peu contribuer à expliquer ces phénomènes . Pour cela des mesures expérimentales ont été réalisées et elles nous ont permis de quantifier la répartition de l'eau le long de la raie pour estimer si ce facteur est explicatif directement ou indirectement de la variation des rendements .

42) Description des expérimentations .

421) Le site expérimental

Les essais ont été réalisé sur la parcelle 25 au mois de Mars et Avril 1987 ; le faible développement végétatif de la canne à cette date (repousse R2) a facilité le travail de mesure .

La parcelle est irriguée à partir du canal distributeur Dougabougou Est .

Un canal d'amenée tertiaire permet par des vannes d'alimenter la parcelle .

Au niveau de chaque vanne un canal auxiliaire a été plus ou moins sommairement aménagé pour répartir l'eau entre les différentes raies mises simultanément en eau .

En bout de parcelle un drain de colature est aménagé et relié au réseau de drainage de Dougabougou Est .

Les caractéristiques moyennes de ces sillons sont :

* largeur des billons : 0,80 m
* écart entre le centre des billons : 1,50 m
* longueur des raies : 180 m

Une étude plus précise des profils et pentes des raies a été réalisée sur 4 billons , compte tenu de l'importance de ces paramètre pour expliquer le fonctionnement de l'irrigation .

Le tableau IX PENTE MOYENNE DE 4 SILLONS PARCELLE 25

N° Raie	1	2	3	4
Pente %	0,12	0,20	0,23	0,24

Deux types de profils de raie ont été étudiés systématiquement tous les 10 mètres (afin d'avoir une bonne estimation du périmètre mouillé .)

* 1 profil avant buttage

* 1 profil butté .

La figure 18 illustre la configuration de 4 de ces profils et en montre l'hétérogénéité dans la mesure où les billons sont remontés à la daba .

Par rapport aux conditions d'irrigation habituellement pratiquées , seul le canal auxiliaire a été réaménagé avec soin pour permettre l'alimentation des sillons par siphon .

422 L'essai d'irrigation .

Il s'agit pour le type d'irrigation pratiquée de :

* pouvoir déterminer le volume d'eau stocké dans la raie et d'en déduire la hauteur d'eau amenée en tout endroit de la raie .

* déterminer la quantité d'eau perdue par percolation et par colature .

* determiner la dose minimale en bout de raie en fonction du débit .

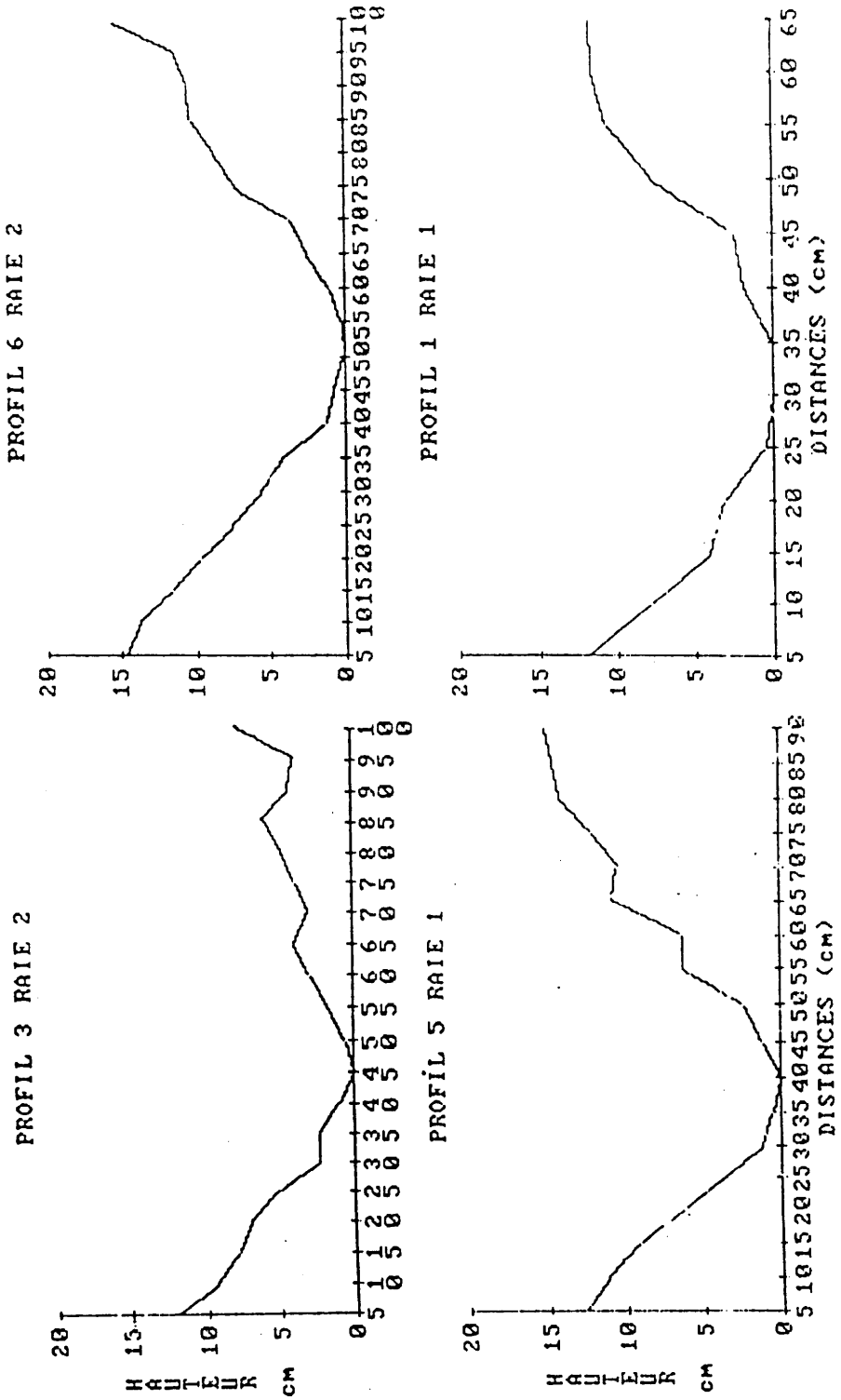
* définir l'efficience hydraulique pour chaque débit testé .

4221 Choix des débits testés .

Conformément aux normes généralement retenues pour un sol limonosableux et pour une pente de 0,1 à 0,2 % nous avons adopté des débits inférieurs à 6 litres par seconde (référence FAO Tableau X) , soit 4 débits croissants :

* 1,84 l/s essai 1
* 2,72 l/s essai 4
* 3,49 l/s essai 2
* 5,01 l/s essai 3

FIGURE 18 CONFIGURATION DE 4 PROFILS SUR RAIE 1 ET 2



4222 Description des essais

L'objectif des essais est de connaitre à tout moment :

* le débit d'entrée dans la raie

* la quantité d'eau stockée dans la raie .

* le débit perdu en colature .

Pour cela 2 parshalls ont été placés aux extrémités de chaques raie . La mesure de la hauteur d'eau à leur niveau permet de calculer le débit entrant et sortant .

Tous les 10 mètres , le long de chaque raie ont été disposés de petits jalons repères dont la cote topographique a été relevée et au niveau desquels le profil du sillon a été mesuré au profil-mètre . La mesure du temps mis par l'eau pour arriver à leur niveau et lorsque le sillon est en eau la hauteur de l'eau ont été relevés lors des essais .
Ces 2 données nous ont en effet permis de calculer pour le pas de temps de mesure la quantité d'eau stockée et donc de faire un bilan entre eau apportée , eau stockée , infiltration , perte en colature lorsque on est arrivé en fin de raie .

4223 Mode opératoire

L'eau est envoyée dans la raie à étudier ainsi que dans 4 raies voisines pour simuler les conditions réelles d'infiltration ;

Lors de l'essai on mesure :

* le débit d'entrée au niveau du Parshall
* la vitesse d'avancée de l'eau dans le sillon (temps d'arrivée de l'eau tous les 10 mètres)
* la hauteur d'eau dans le sillon en fonction du temps lors de l'irrigation et après l'irrigation . Cette mesure est effectuée au niveau des jalons .

Pour réaliser cette mesure les moyens humains necessaires ont été :

* 19 observateurs fixes au niveau des jalons et Parshall
* 1 observateur mobile qui se déplace avec le front d'avancée de l'eau et déclanche les mesures en sifflant dès qu'un nouveau jalon a été atteint .

Le matériel utilisé comportait :

* 2 parshalls .
* 19 réglettes graduées et ardoises
* 4 siphons

43 Analyse des mesures expérimentales .

Notons en rappel que l'on distingue généralement 3 phases en irrigation à la raie :

* la phase d'avancement entre le début de l'arrosage et l'arrivée de l'eau en bout de raie (temps t_a) .

* la phase d'entretien entre le temps t_a et l'arrêt de l'alimentation eau (temps t_e) .

* la phase de recession entre le temps t_e et la disparition totale de l'eau dans la raie (temps t_r) .

Nous examinerons successivement les caractéristiques de ces différentes phases .

431 Etude de l'avancement

Pour chaque raie nous avons noté en cours d'arrosage les temps de passage (en minute) aux différents jalons espacés de 10 mètres .

Le Tableau XI donne ces temps de passage pour 2 débits 1,84 l/s et 3,49 l/s

La représentation graphique des 4 avancements correspondant aux différents débits expérimentés pour chaque raie sont données par la figure 19 .

432 Exploitation des mesures

La modélisation du fonctionnement de l'irrigation à la raie conduit à admettre que pour un sillon fonctionnant normalement la loi d'avancement suit une loi de type puissance :

$$t(x) = r * x^{p}$$

où r et p sont des réels constants et où t (en mn) représente le temps d'avancement de la lame d'eau à l'abscisse x en m .

La détermination de la loi d'ajustement consiste à ajuster les mesures de terrain à une loi de ce type .

Les résultats des ajustements pour les quatre débits testés sont donnés ci-dessus par le tableau XII .

TABLEAU XII COEFFICIENT DES LOIS D'AVANCEMENT AJUSTEES A PARTIR DES 4 DEBITS TESTES

débits en l/s	r	p	coefficient corrél
1,84	0.05677	1.4678	0,99
3.49	0.14029	1.2357	0.98
5.01	0.07391	1,2650	0,97
2,72	0,19066	1,4120	0.99

TABLEAU XI TEMPS DE PASSAGE DU FRONT D'ARRIVEE DE L'EAU (en mm)
(après le démarrage de l'irrigation)

	DEBITS l/s			
X m	1,84	2,72	3,49	5,01
10	2,07	1,33	2,73	1,78
20	4,43	3,49	5,45	3,25
30	7,42	5,84	8,32	4,71
40	11,01	9,28	12,17	6,83
50	14,93	12,96	18,32	8,67
60	19,95	16,84	23,17	11,28
70	30,38	20,56	27,53	15,3
80	40,23	25,14	31,25	20,22
90	45,87	29,38	36,27	22,87
100	51,28	33,26	40,7	26,53
110	57,82	38	45,8	29,22
120	65,1	42,54	51,35	32,85
130	73,43	48,84	57,2	35,63
140	83,13	53,98	62,43	40
150	90,95	59,29	68,2	43,6
160	98,83	63,08	72,93	46,98
170	105,92	69,61	81,78	50,63
180	112,4	85,33	94,48	54,15

Comme le montre la figure 19 , la concordance entre les ajustements et les points expérimentaux nous amène a en déduire que pour la gamme de débits testés , LE PLANAGE N'EST PAS UN FACTEUR LIMITANT POUR LA PROGRESSION DE L'EAU DANS LA RAIE .

432 Phase d'entretien et de recession .

Compte tenu du mauvais drainage des parcelles , il n'a pas été jugé utile et réaliste de tester une phase d'entretien .

Du fait de l'irrégularité des raies , les mesures effectuées lors de la disparition de l'eau ne peuvent être ajustées mathématiquement compte tenu des irrégularités locales dues au billonage à la daba .

Toute fois ces temps de submersion complémentaire ont été relevés et pris en compte pour le calcul de la dose . On remarquera d'ailleurs que compte tenu de la faible perméabilité du sol , la phase de recession ne peut être que très peu explicative de l'heterogénéité de la dose .

433 Etude de l'infiltration globale .

Les différentes mesures des hauteurs d'eau au dessus des jalons lors de la progression de l'eau dans la raie permettent d'estimer le volume infiltré au cours d'une irrigation .

Les volumes infiltrés tout au long de l'arrosage se déduisent des mesures des volumes cumulés entrés , écoulés en colature et des volumes stockés en surface .

$$Ve\ (t) = V\ (t) + Vc\ (t) + Vs\ (t)\ .$$

où Ve = volume entré
V = volume infiltré
Vc = volume écoulé en colature
Vs = volume stocké en surface

Afin de déterminer les volumes infiltrés à partir des observations effectuées pendant un arrosage , on peut approcher la loi d'infiltration globale cumulée Ic par une fonction linéaire par morceaux , c'est à dire supposer que l'infiltration instantanée est constante entre deux temps de mesure (méthode de Bertomé) .

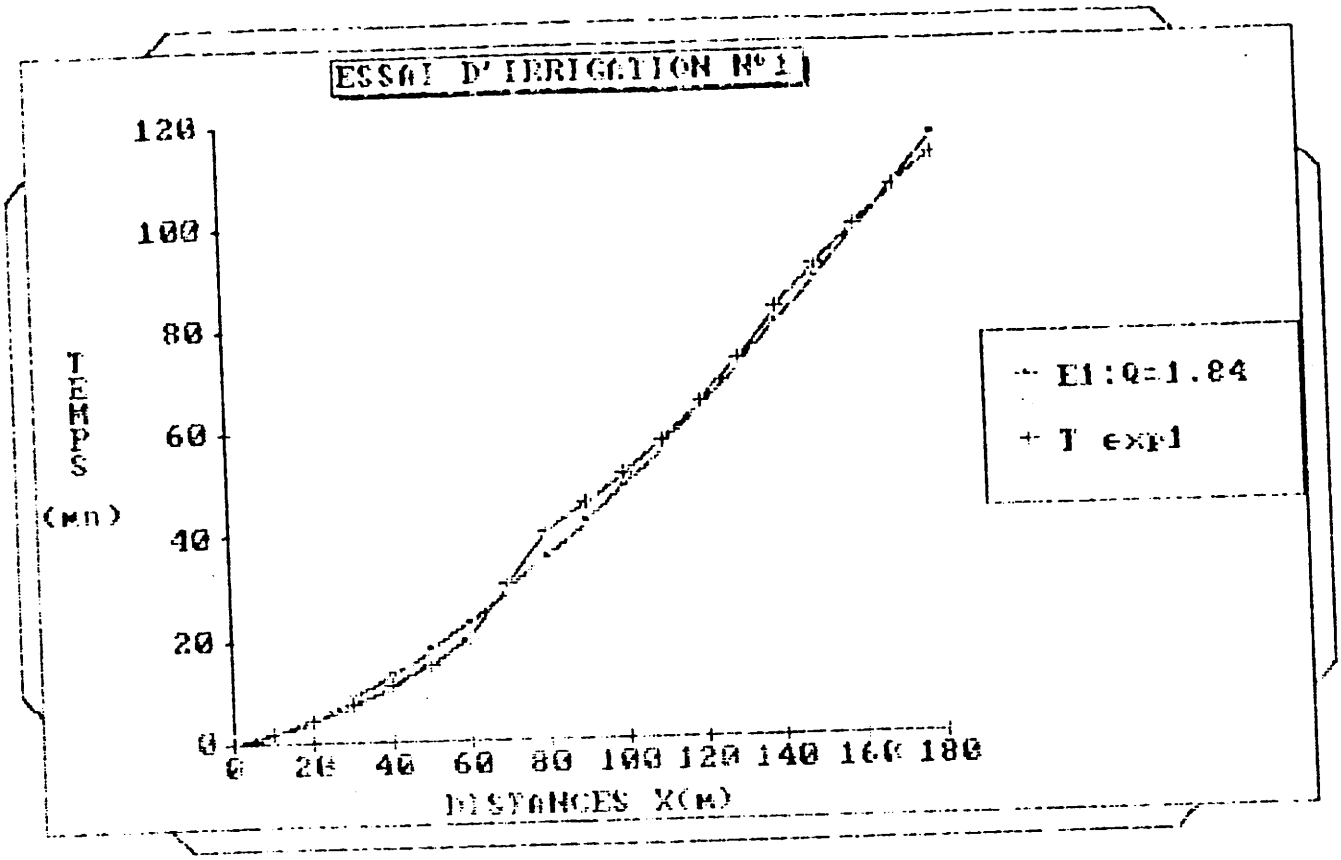
La modélisation du fonctionnement de l'irrigation à la raie conduit à admettre que pour un sillon fonctionnant normalement l'infiltration cumulée Ic en l/m pendant la durée t (mn) suit une loi de type Kostiakov Lewis .

$$Ic\ (t) = K * t^{a} + c * t$$

où a , K et c sont des réels constants , a est inférieur à 1 et c représente l'infiltration instantanée stabilisée .

Le tableau XIII donne ci-dessous les coefficients des lois d'infiltration ajustées à partir des 4 débits testés .

FIGURE 19a AVANCEMENT DU FRONT D'ARRIVEE DE L'EAU
points expérimentaux et ajustés



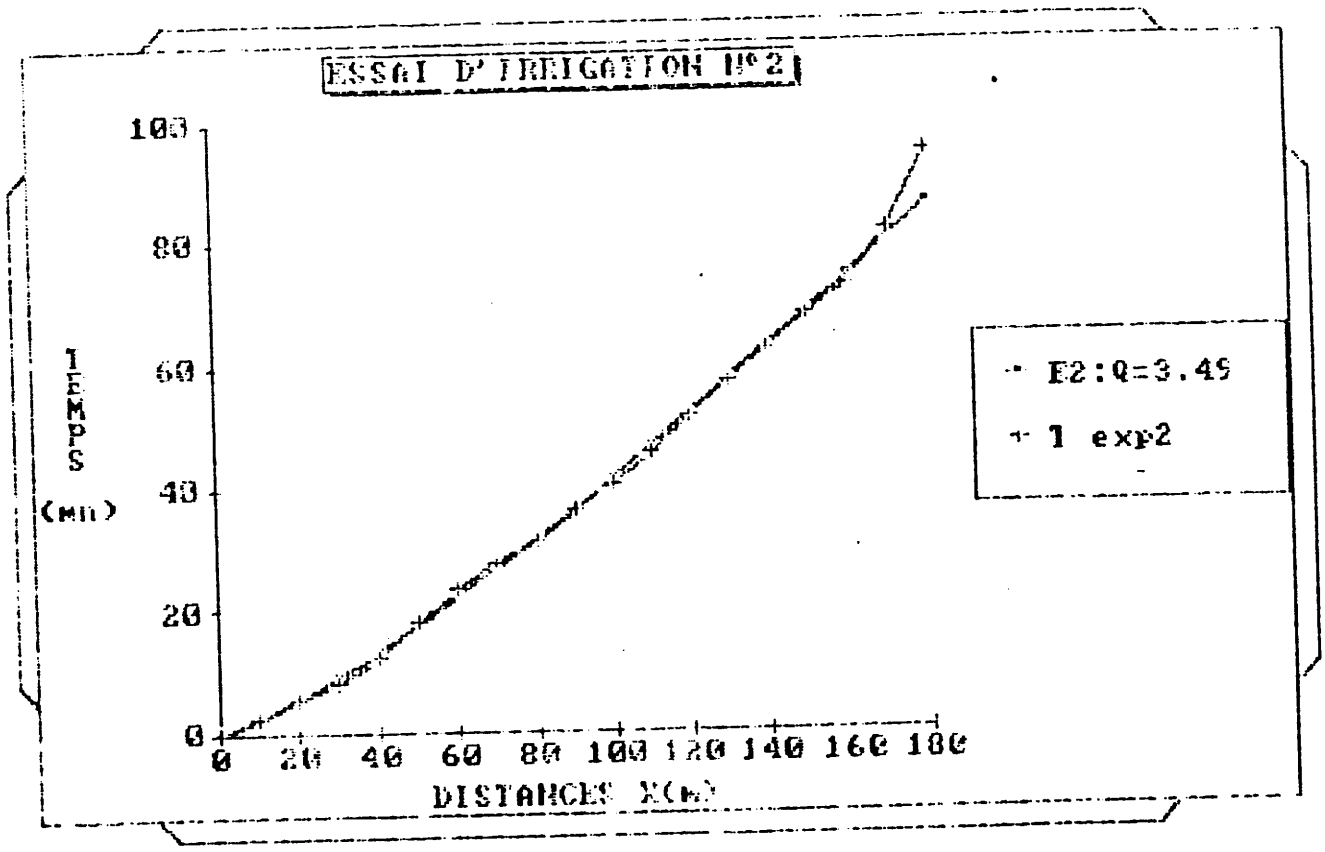
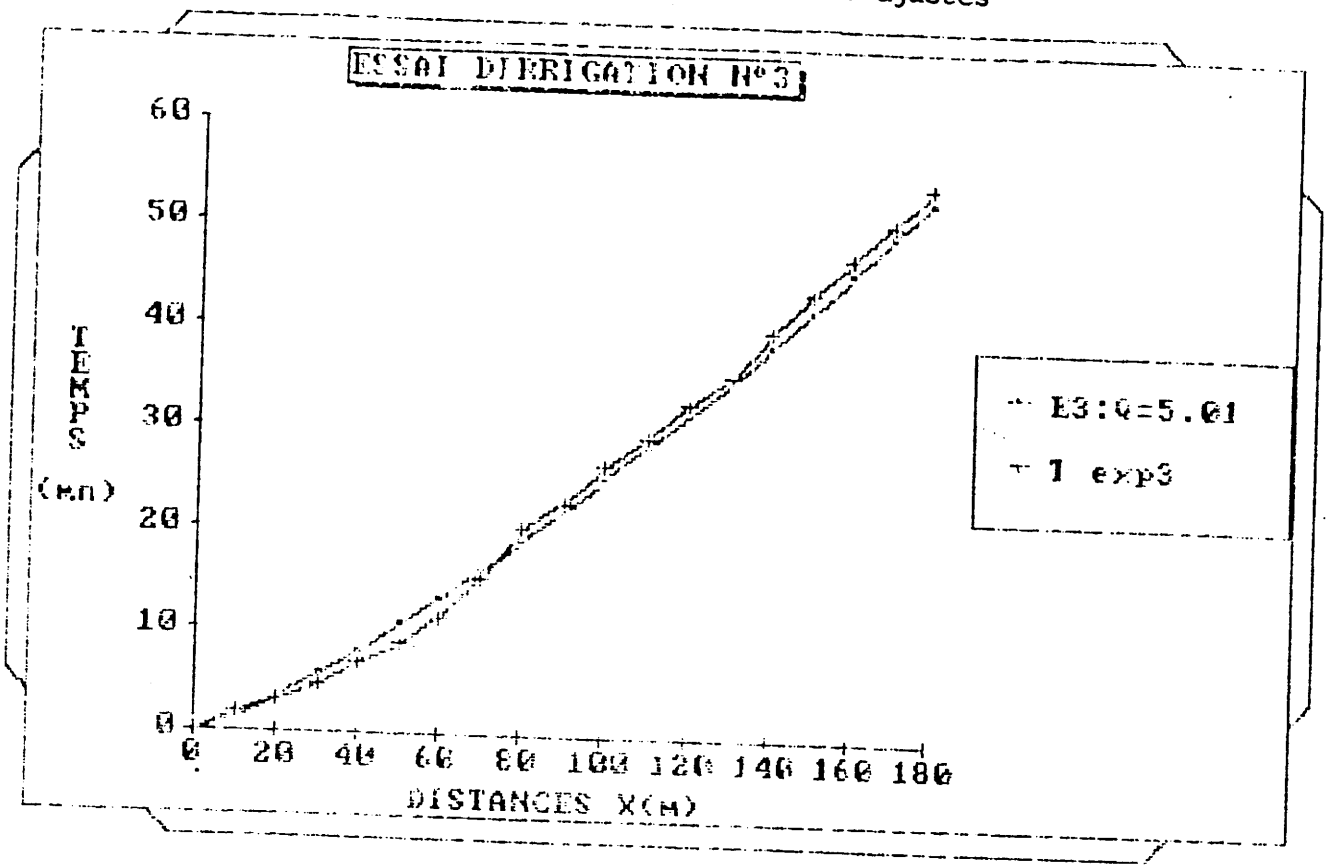
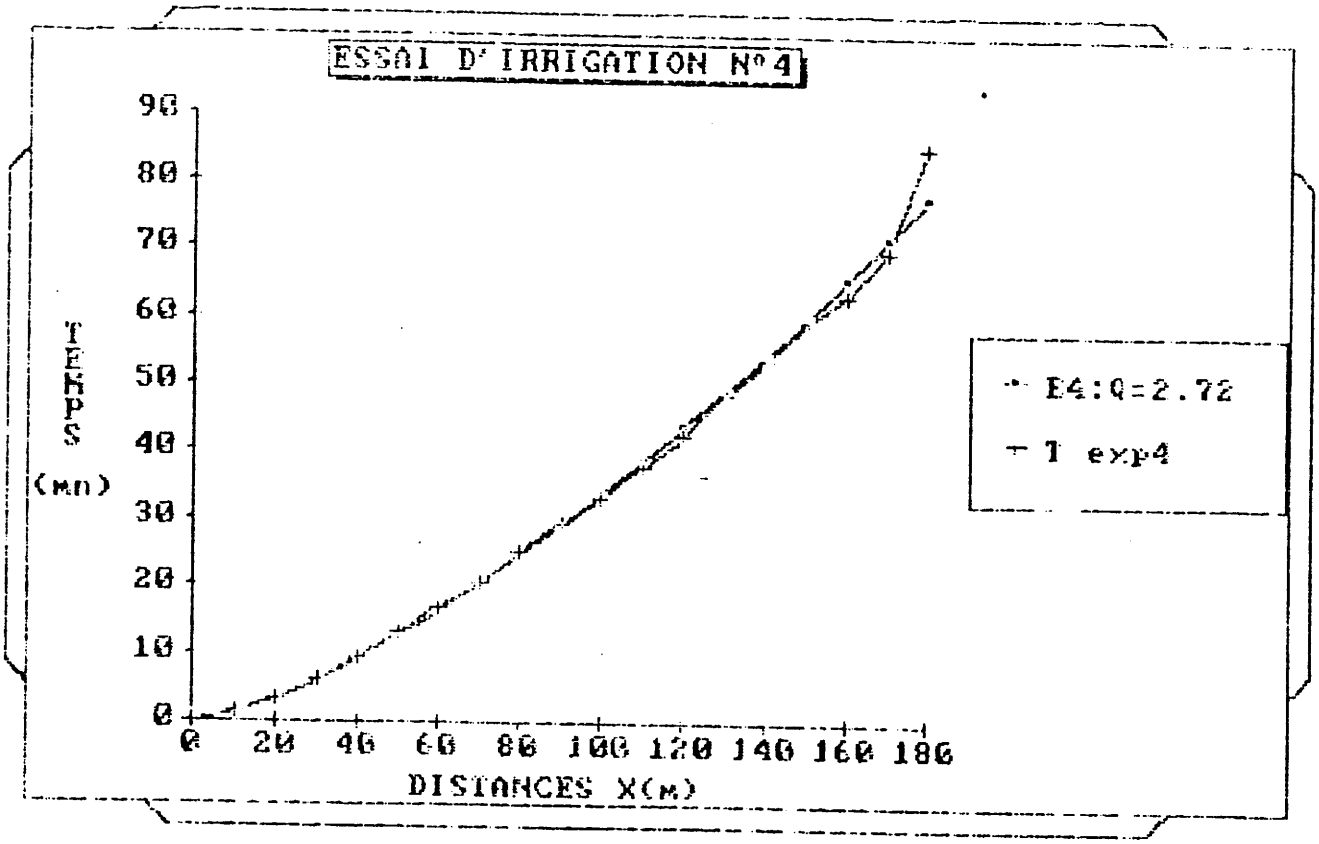


FIGURE 19b AVANCEMENT DU FRONT D'ARRIVEE DE L'EAU
points expérimentaux et ajustés





La figure 20 illustre le résultat de ces ajustements .

Nous expliquons la mauvaise concordance en fin de mesure entre points expérimentaux et valeurs ajustées par les erreurs de mesure dues à la difficulté de lire la hauteur d'eau en s'appuyant sur un jalon posé sur un sol détrempé .

TABLEAU XIII Coefficients des lois d'infiltration globale pour les 4 débits testés

débits en l/s	r	a	p	coefficient corrél
1,84	15.37051	0,2	0.29258	0,91
3.49	34.77802	0,2	0,187675	0,80
5.01	32.80512	0.2	0.15325	0,64
2,72	19,63124	0,2	0,27928	0,96

Le coefficient de corrélation particulièrement mauvais pour le débit 5, 01 l/s est à attribuer à des débordements dus à l'irrégularité des billons .

434) Calcul de la dose net .

A partir des équations d'infiltrations , nous pouvons calculer la dose apportée à une abscisse X de la raie :

$$D(x) = K(t_f - tx)^a + c(t_f - tx)$$

avec $t(x) = r\,x^p$

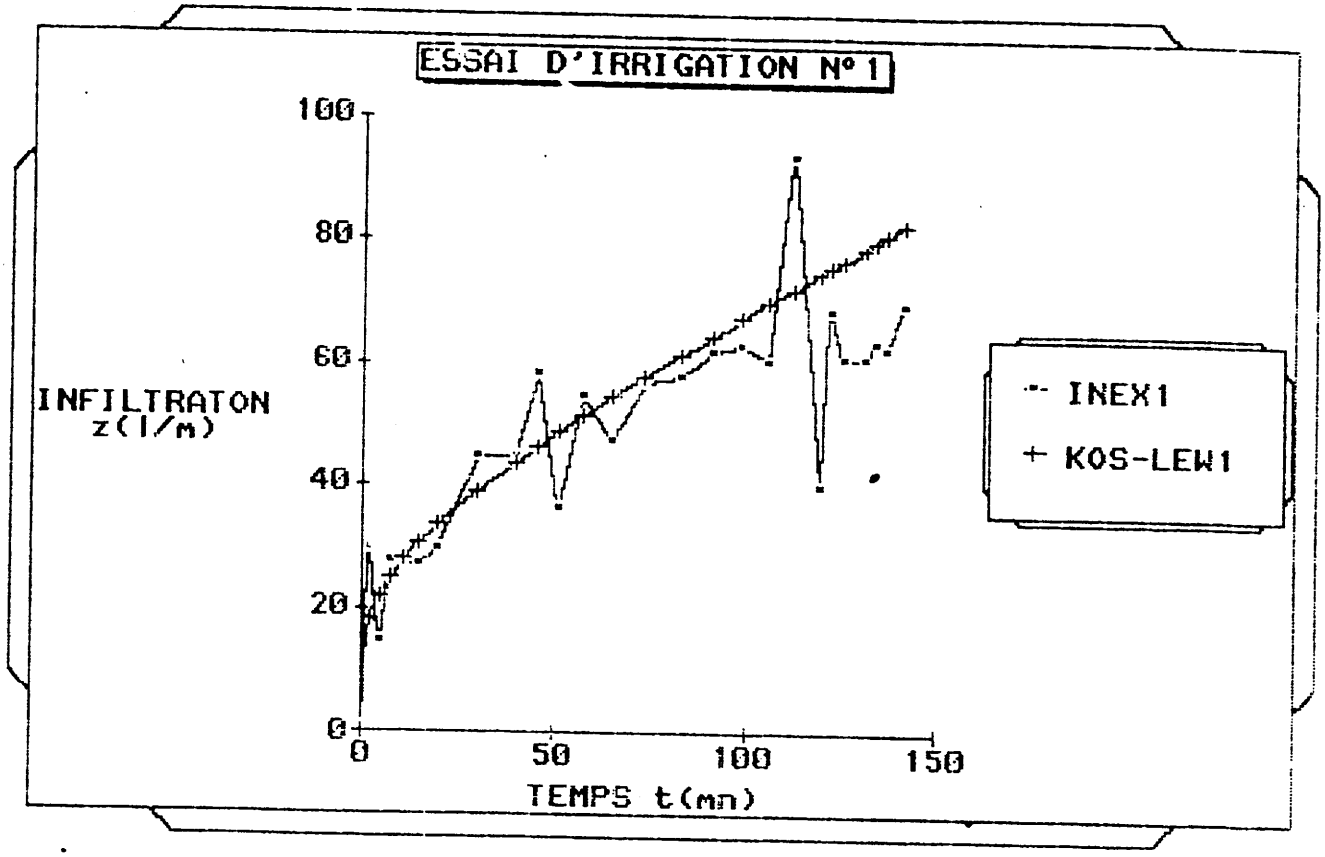
avec D (x) en l/m la dose apportée
tf temps final en mn
x abscisse sur la raie en m
K , a et c les coefficients de la loi de Kostiakov Lewis
r et p les coefficients de la loi de progression

La figure 21 illustre l'évolution de la dose le long de la raie pour les différents débits testés .

On constate que la dose varie le long de la raie mais relativement peu compte tenu de la faible perméabilité .

La dose minimum sur laquelle on peut compter pour chacun des débits testés est donné par le tableau XIV

FIGURE 20a INFILTRATION (points expérimentaux et ajustés)



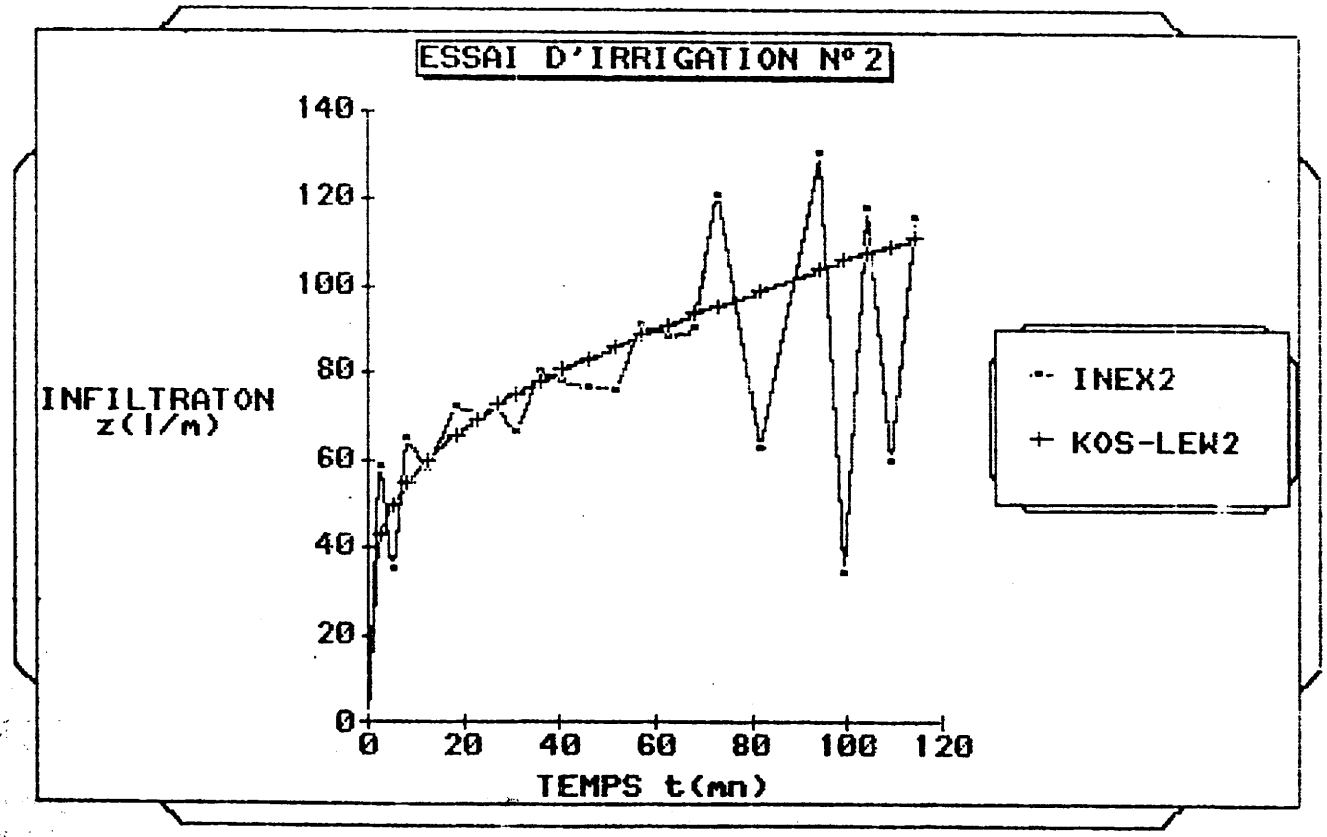
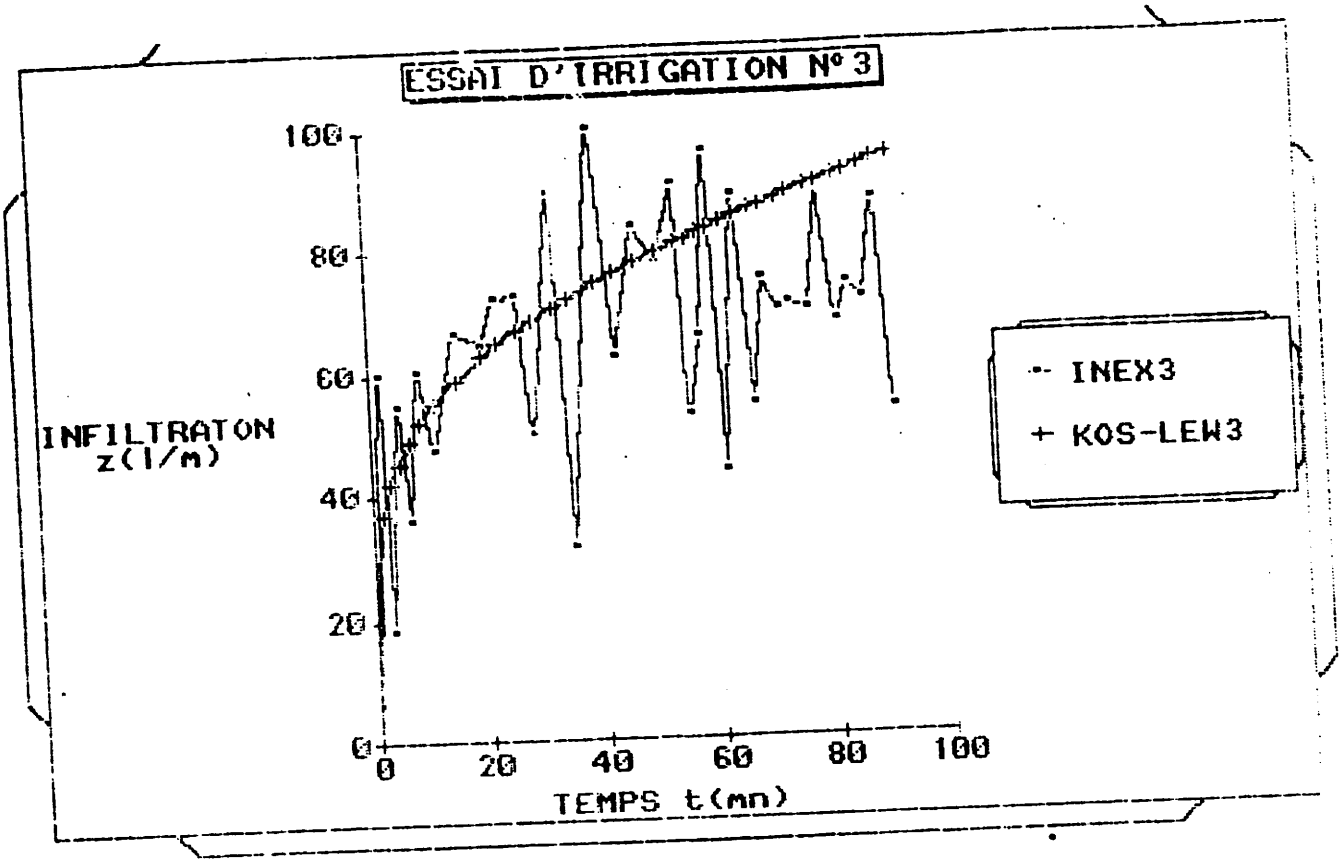


FIGURE 20b INFILTRATION (points expérimentaux et ajustés)



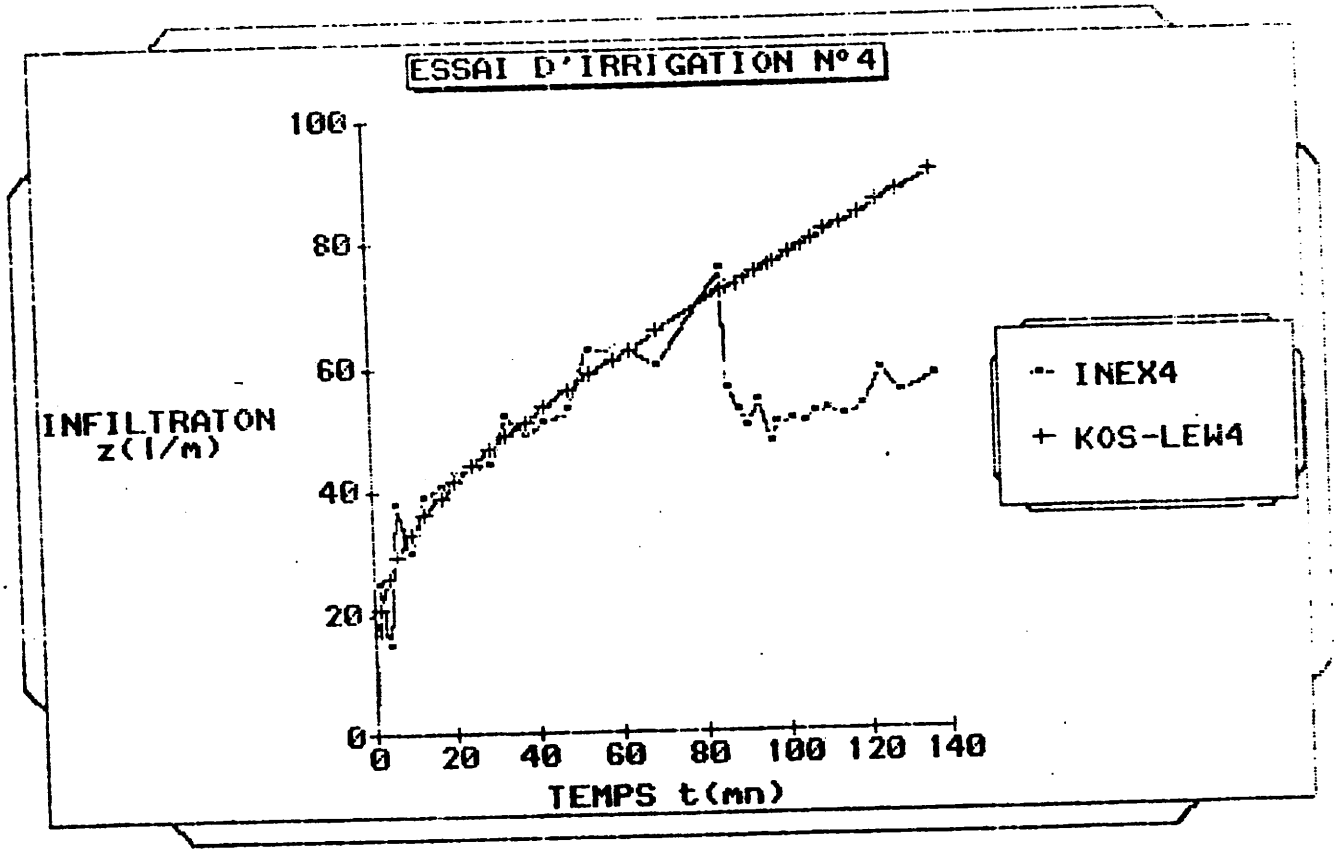


TABLEAU XIV DOSE MINIMUM EN FONCTION DES DIFFERENTS DEBITS TESTES

Débits l/s	1,84	2,72	3,49	5,01
DOSE min mm	24.46	40,76	48,91	49,17

435 Estimation du rendement hydraulique de l'irrigation .

L'efficience hydraulique de l'irrigation E sera définie par rapport à la dose net Dn en la comparant à la dose moyenne apportée Da .

Da (en l/m) = Volume d'eau apportée / longueur de la raie .

E en % = Dn / Da * 100

Le tableau XV ci-dessous illustre les efficiences ainsi calculées .

TABLEAU XV EFFICIENCE DE L'IRRIGATION EN FONCTION DES DEBITS

Débits l/s	1,84	2,72	3,49	5,01
E en %	0,57	0.61	0.81	0.75

Les efficiences (pour un arrêt de l'irrigation lorsque l'eau arrive en fin de raie) ainsi trouvées peuvent être considérées comme bonnes et correspondent aux conclusions formulées par le projet GEAU .

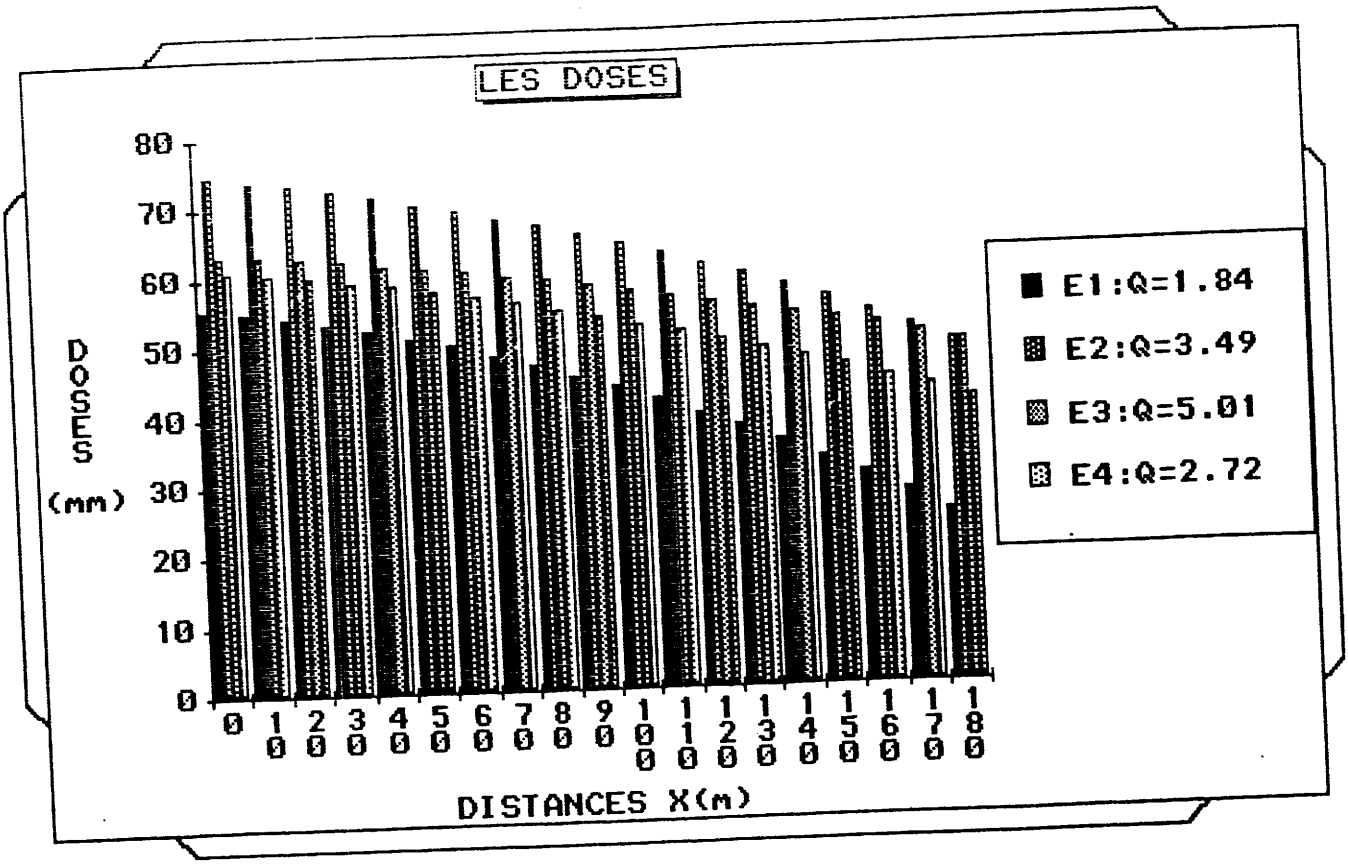
Cela est essentiellement du à la faible perméabilité des sols et à la conduite de l'irrigation qui minimise les pertes par colature .

Le tableau XVI ci-dessous illustre en % l'importance des pertes par percolation et en colature .

TABLEAU XVI PERTES EN COLATURE ET PAR PERCOLATION EN FONCTION DES DEBITS

Débits l/s	1,84	2,72	3,49	5,01
colature %	16	21	16	17
percolation %	27	4	23	2

FIGURE 21 REPARTITION DES DOSES LE LONG DE LA RAIE POUR DIFFERENTS DEBITS



436 Conclusions sur l'estimation de la dose pratiquement apportée .

Les essais ont été conduits en raies ouvertes en limitant le temps d'irrigation à l'arrivée de l'eau en fin de raie .

On a pu constater que la conduite de l'irrigation à Dougabougou était la même mais que les raies étaient bouchées .

Compte tenu du faible volume d'eau stockable superficiellement dans ces raies , cette pratique ne peut conduire qu'a une augmentation très faible de la dose .

Les débits utilisés étant de l'ordre de 3 l/s , cela conduit à estimer la dose à 45 mm environ .

44 Estimation des besoins en eau de la culture .

Le tableau XVI évalue la fréquence necessaire des irrigations pour une dose de 45 mm .

On remarque que les fréquences moyennes pratiquées sont bien plus importante que celles données par le calcul de Février à Juin (le calcul donne en moyenne une irrigation tous les 7 jours alors qu'il semble qu'on irrigue tous les 15 jours) .

On remarquera d'autre part que la dose apportée 45 mm est bien faible par rapport à la RU du sol évaluée sur 0,75 m à 150 mm (à rapprocher du dépérissement de l'enracinement ?) .

45 Premières conclusions .

L'étude réalisée a permis de montrer que le planage n'était pas le premier facteur limitant sur la parcelle étudiée .

La dose d'irrigation apportée semble bien faible comparativement à la RU et aux besoins de la plante .

Il est certain que la dynamique générale de la nappe joue un rôle dans l'alimentation de la canne :

- sur la parcelle 25 cette nappe ne semble pas avoir d'influence .

- sur d'autres parcelles dont le suivi piézométrique a été réalisé mais semble peut exploitable , la nappe est pratiquement en relation directe avec le front racinaire maximum ; le problème est de savoir si la dynamique de cette nappe est en relation directe avec la gestion des collatures ; on peut le penser .

Nous sommes amener à proposer des techniques culturales ou amendements permettant d'augmenter la dose d'irrigation (amélioration de la perméabilité du sol) et particulièrement d'essayer de comprendre et quantifier la dégradation qui semble se produire à partir des repousses ,le fonctionnement en vierge semblant plus satisfaisant .

MOIS	EvBac mm/j	ETo mm/moi	Kc	ETM	Pluie efficace	Besoins irrigation	FREQUENCE D=45mm
JANVIER	8,6	167,7	0,5	83,85	0	83,85	16
FEVRIER	9,87	192,465	0,75	144,34875	0	144,34875	9
MARS	11,06	215,67	0,9	194,103	0	194,103	7
AVRIL	11,6	226,2	1	226,2	0	226,2	6
MAI	10,76	209,82	1,05	220,311	2,8	217,511	6
JUIN	9,02	175,89	1,1	193,479	27,3	166,179	8
JUILLET	7,43	144,885	1,3	188,3505	103,4	84,9505	16
AOUT	6,33	123,435	1,3	160,4655	100,8	59,6655	23
SEPTEMBRE	6,56	127,92	1,3	166,296	45	121,296	11
OCTOBRE	7,33	142,935	1,05	150,08175	0	150,08175	9
NOVEMBRE	7,58	147,81	0,8	118,248	0	118,248	11
DECEMBRE	7,67	149,565	0,6	89,739	0	89,739	15