

11.300 BDP

J 28

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'ECONOMIE RURALE
DIRECTION DU GENIE RURAL

Ministère du Développement
Rural et de l'Hydraulique

SOMIVAC

Unité de Planification

B.P. 175 — ZIGUINCHOR

AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE
DU
BALANTA-KOUNDA

1 - Mémoire explicatif

11.300 BDP

BUREAU POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION AGRICOLE
B. D. P. A.
202, rue de la Croix-Nivert - PARIS 15ème

519

n° 67-105-x

Cette étude a été faite par
le Bureau de Génie Rural du B.D.P.A.

Ministère du Développement
Rural et de l'Hydraulique

SOMIVAC
Unité de Planification

B.P. 175 — ZIGUINCHOR

Opération n° 2-06-66

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
1 - Introduction	1
2 - Description générale de l'arrondissement du Balanta-Kounda	2
3 - Ecologie du bananier	8
4 - Ecologie du riz	18
5 - Dispositions techniques proposées pour l'aménagement des bananeraies	25
6 - Dispositions techniques proposées pour l'aménagement des rizières	32
7 - Méthode d'implantation	36

1 - INTRODUCTION

Par convention n° C/34/FM, le Gouvernement Sénégalais a confié au BDPA l'étude de projets d'aménagements hydro-agricoles dans la région du Balanta-Kounda, en vue de la mise en valeur de :

1.000 ha de rizières, et de
250 ha de bananeraies.

Le programme général a fait l'objet d'études, de 1964 à 1967, qui seront brièvement rappelées ici.

Les choix des terrains, les disponibilités en eaux ont été étudiés par l'IFAC et par l'ORSTOM.

Le présent dossier ne concerne que les éléments techniques d'exécution des aménagements et destinés à permettre aux autorités nationales d'ouvrir les appels à la concurrence auprès d'entreprises spécialisées.

2 - DESCRIPTION GENERALE DE L'ARRONDISSEMENT DU BALANTA-KOUNDA

21 - Situation

L'arrondissement du Balanta-Kounda est situé dans la Moyenne Casamance, plus précisément dans la préfecture de Sédhiou dont il dépend au point de vue administratif.

Les limites du Balanta-Kounda ayant servi de cadre à l'étude sont les suivantes :

- au nord, la Casamance,
- au sud, la frontière de Guinée Bissao,
- à l'ouest, le marigot de Singuer,
- à l'est, le marigot d'Adioufa.

22 - Sols

Les sols des vallées prospectées ont été étudiés sous deux aspects différents :

- les sols aptes à la culture du bananier, rencontrés sur les versants,
- les sols aptes à la riziculture occupant les zones de bas-fonds.

221 - Zone à bananiers

- sur mi-pente : des sols profonds, sains, exempts d'hydromorphie, sableux, peu argileux en surface, sur sable fin argileux vers 15 à 30 cm puis sur argile sableuse ;

- sur bas de pente : des sols à hydromorphie temporaire de profondeur. Ces sols sont généralement sableux à 20-40 cm, puis argilo-sableux avec des lits de sable. L'hydromorphie temporaire se situe à partir de 40 et jusqu'à 80 cm.

Les pentes moyennes des versants étudiés sont comprises entre 1,2 et 6 %.

222 - Zone de rizières

Dans les bas-fonds on rencontre des sols d'origine alluviale ou colluvo-alluviale, à hydromorphie ou à engorgement persistant ou subpermanent de surface et permanent de profondeur.

Ces sols de couleur brune sont assez riches en matières organiques.

Leur texture est très variable et présente le plus fréquemment les caractéristiques suivantes :

- sablo-argileuse sur couches sableuses et argilo-sableuse,
- sableuse sur sablo-argileuse ou argilo-sableuse,
- argilo-sableuse sur sableuse puis sablo-argileuse.

Les bas-fonds sont pour la plus grande partie inondables par les crues des marigots en saison pluvieuse. Les lits très peu encaissés des marigots et la pente longitudinale des thalwegs, qui peut varier de 4 ‰ en tête de bassin versant à 0,30 ‰ à l'approche de la Casamance, favorisent les inondations des parties basses ; celles-ci sont naturellement soumises à l'influence du marnage des marées et, par voie de conséquence, aux risques de salure.

23 - Caractéristiques climatiques

231 - Pluviométrie

La pluviométrie annuelle oscille entre 1.000 et 1.800 mm et se répartit sur cinq mois, du début juin à fin octobre.

Dans cette période, le nombre de jours de pluie est assez important surtout de juillet à septembre, avec des averses parfois violentes.

Pluviométrie à Ziguinchor et Sédhiou

Moyennes mensuelles de 1920 à 1964

(hauteurs d'eau en millimètres)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuel
Ziguinchor	0	0	0	0	3	128	345	535	342	141	1	0	1.495
Sédhiou	0	0	0	0	3	110	278	469	321	134	0	0	1.315

Le minimum annuel a été enregistré à Sédhiou en 1941 avec 956,4 mm en 64 jours ; le maximum relevé au cours de la période de 44 ans a été celui de 1955 avec 1.812,4 mm en 40 jours suivi par 1932 avec 1.729,5 mm en 93 jours.

Le nombre de jours de pluie est très variable d'une année à l'autre et si 1941 est minimum avec 956 mm en 64 jours, on note 51 jours de pluie en 1959 pour 1.202,4 mm.

232 - Températures moyennes mensuelles et annuelles
à Ziguinchor (de 1926 à 1955) en °C.

Mois	Maximum	Minimum	Moyenne
Janvier	31,9	15,9	23,9
Février	34,2	16,8	25,5
Mars	36,4	18,2	27,3
Avril	36,6	19,5	28,0
Mai	35,7	23,1	28,4
Juin	33,5	23,1	28,3
Juillet	31,1	22,9	27,0
Août	29,9	22,9	26,4
Septembre	31,2	23,1	27,2
Octobre	32,5	23,0	27,7
Novembre	32,5	21,1	26,8
Décembre	31,3	17,5	24,4

233 - Evaporation (moyenne annuelle) mesurée à l'éva-
poromètre Piche à Ziguinchor de 1950 à 1955

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne: annuelle
153	164,4	190,5	184,5	175,4	115,4	70,2	55,8	53,8	65,4	84,1	115,9	1428,4

234 - Vents

Le régime annuel des vents est caractérisé dans cette région par l'existence de la mousson de secteur ouest et sud-ouest

de mai à octobre et de l'harmattan, vent continental sec et chaud, de secteur est-nord-est pendant toute l'année.

En conclusion, le climat du Balanta-Kounda est intermédiaire entre les climats subguinéens (Ziguinchor) et sud-soudanien de zone humide (Sédhiou).

24 - Hydrographie

Le plateau de basse altitude (+ 35,00 m maximum) coupé par un réseau de petites vallées affluentes de la Casamance orientées généralement sud-nord, formant des dépressions à fond plat, étroites à l'amont s'élargissant vers l'aval.

La plupart des marigots ont un débit pérenne dont l'importance varie suivant la saison.

25 - Réseau routier

La nouvelle route stabilisée Ziguinchor-Tanaff (108 km) ouverte au trafic en 1964 dessert le Balanta-Kounda qui n'avait pratiquement pas de relations avec l'extérieur durant l'hivernage.

Des pistes orientées généralement nord-sud partent de la route Ziguinchor-Tanaff et desservent les villages disposés le long des vallées étudiées. Ces pistes sont mal entretenues et impraticables en saison des pluies.

26 - Population

Le Balanta-Kounda est situé dans la préfecture de Sédhiou qui s'étend sur 7.290 km² pour une population de 127.000 habitants avec une densité de 17 habitants au km².

Le pourcentage de la population agricole est de 96 %.

La zone intéressée est essentiellement peuplée de :

- Balantes, à la fois agriculteurs et éleveurs ; ils font preuve d'un dynamisme et d'une ouverture d'esprit vis à vis du progrès agricole qui permettent d'envisager des réactions favorables lorsque leur seront fournis les moyens d'améliorer leurs conditions de travail. Dans l'exécution des travaux agricoles, les hommes collaborent avec les femmes dans le cadre d'un système qui réserve cependant à celles-ci le travail des rizières ;
- Mandingues n'ayant pas de traditions agricoles aussi ancrées que les autres ethnies ; les hommes préfèrent souvent le commerce ou l'artisanat au travail de la terre ; les hommes s'occupent des cultures de plateau, arachide et mil ; la culture du riz pratiquée de façon rudimentaire est réservée aux femmes.

Tous les Mandingues sont musulmans et la religion exerce une forte emprise sur leur comportement.

- quelques Diolos, originaires de Casamance continentale ; les Diolos sont de bons riziculteurs qui arrivent dans ce domaine à des résultats étonnants même dans les conditions les plus difficiles.

3 - ECOLOGIE DU BANANIER

Avant d'entreprendre l'étude de l'implantation de blocs de bananeraies dans le Balanta-Kounda, il est bon de rappeler les conditions climatologiques et édaphiques propices au développement de la banane.

Les données qui suivent ont été tirées de l'ouvrage de J. Champion (IFAC) sur le "Banancier".

31 - Exigences

311 - La température

L'activité végétative de la plante est fortement réduite quand la température est inférieure à 16°C.

Les froids matinaux, tels qu'ils se produisent en Moyenne Casamance en décembre et janvier, n'ont que peu d'effet sur la végétation car les journées sont très chaudes.

312 - Les besoins hydriques

Le bananier ne saurait résister à une sécheresse prolongée. Sans le secours de l'irrigation, la sécheresse provoque la fanage des feuilles, puis le flétrissement des graines et finalement la cassure du pseudo-tronc. Le bulbe par contre résiste facilement à une dessiccation prolongée et peut garder la faculté de redonner des feuilles bien après la disparition du pseudo-tronc.

313 - Le vent

C'est un facteur climatique de grande importance. On sait que même l'irrigation bien conduite ne peut éviter les dommages causés par les vents secs d'harmattan en Afrique Occidentale.

314 - Exigences édaphiques

Les caractéristiques physiques des sols aptes à la culture bananière sont les suivantes :

- absence ou faible proportion d'éléments durs de grandes dimensions,
- absence d'horizons durcis en profondeur,
- présence de la nappe phréatique à plus de 80 cm de profondeur,
- forte aération grâce à une bonne structure et une grande porosité.

Les caractéristiques physiques doivent être propices au départ et on doit veiller à éviter toute diminution du taux de matière organique. Les sols les plus favorables sont ceux qui offrent aux racines le maximum de possibilité de pénétration en profondeur, et donc les plus grandes réserves d'eau et d'éléments minéraux. Dans les autres cas, l'utilisation d'un sol est fonction de la méthode de culture prévue ; elle devra être d'autant plus intensive que le support sera de plus faible valeur.

315 - Conclusion

Les conditions écologiques réunies dans la région de Balanta-Kounda sont propices à la culture de la banane, sauf en ce qui concerne l'approvisionnement en eau qui nécessite le recours à l'irrigation.

32 - Calcul des besoins en eau

Les facteurs limitants de la culture sont liés aux disponibilités en eau d'irrigation pour franchir le cap des sept mois de saison sèche (novembre à mai).

Les besoins en eau de la culture peuvent être évalués comme indiqué dans le tableau de la page suivante.

Dans les conditions de la pratique, compte tenu d'une efficacité de 70 % en irrigation à la raie ou par bassin, il semble raisonnable d'envisager, pendant les mois de pointe, l'administration de l'eau répartie sur 26 jours par mois à raison de 12 heures par jour, soit la fourniture de :

$$\text{- m}^3/\text{jour/ha} \quad : \quad \frac{1.850}{26} = 70 \text{ m}^3/\text{jour (mai)}$$

$$\text{- litres/s/ha} \quad : \quad \frac{70.000}{12 \times 3.600} = 1,6 \text{ l/s/ha.}$$

En irrigation par aspersion où l'efficacité atteint 90 %, on comptera 55 m³/jour (mai) et 1,2 l/s/ha.

Le débit à mobiliser au fil de l'eau, pour un bloc de 10 ha, est donc de 16 l/s, 12 heures par jour, en irrigation traditionnelle et de 12 l/s avec l'aspersion.

Besoins en eau des bananiers

(Les besoins en eau ont été déterminés par la méthode de Blaney et Criddle et à l'aide de l'abaque dressé par M. Guyon)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température moyenne mensuelle (T)	23,9	25,5	27,3	28,0	28,4	28,3	27,0	26,4	27,2	27,7	26,8	24,4
Durée d'éclairement (p % - lat. 12°35 nord)	8,02	7,47	8,44	8,40	8,90	8,70	8,95	8,76	8,25	8,29	7,83	7,96
Evapo-transpiration mensuelle (ET en mm) ^{2: g}	81	103	117	137	134 137	109	89	71	79	89	86	64
pour la banane: - K = 0,7 ^{ou: 98}	98	125	141	165	162	114	86	74	83	87	103	77
(zone à climat humide)	105	104	123	125	132	128	128	126	120	120	113	107
Pluviométrie mensuelle moyenne en mm	0	0	0	0	3	128	345	535	342	141	1	0
Besoins en eau du bananier (ET - P, en mm)	105	104	123	125	129	^{1/2} _{non}	-	-	-	^{? note} _{1/2}	112	107
Besoins en eau d'irrigation par ha, par mois en m3 (efficacité 0,70)	1.500	1.500	1.750	1.780	1.850	-	-	-	-	-	1.600	1.500
Besoins en eau d'irrigation par ha et par mois en m3 (efficacité 0,90)	1.150	1.150	1.350	1.400	1.450	-	-	-	-	-	1.250	1.200

(77)

UPR
UPR

frop!

33 - Localisation des bananeraies

Depuis 1964 les Services Techniques du Ministère de l'Economie Rurale, qui se sont penchés sur les problèmes hydrauliques et pédologiques en vue de l'aménagement de blocs de bananeraies, se sont efforcés de proposer des solutions orientées vers l'irrigation par gravité.

Compte tenu de cette orientation, la localisation des bananeraies (cf. plan de localisation) a été faite en fonction des critères suivants :

- qualité pédologique des sols,
- topographie,
- débits d'étiage,
- accès routiers.

331 - Qualités pédologiques des sols

Les facteurs limitants pour la culture du bananier, rencontrés au cours de l'étude sont les suivants :

- existence à faible profondeur (moins de 40 cm) d'un horizon fortement gravillonnaire,
- hydromorphie quasi-permanente de surface ou à faible profondeur (lorsque le drainage n'est pas jugé possible).

Les blocs de bananeraies retenus ont été délimités en fonction de l'aptitude des sols à porter des bananiers sous irrigation.

La classification de ces sols est définie au chapitre I, paragraphe 4 de l'étude pédologique en annexe au présent rapport.

332 - Topographie

L'importance du facteur topographique dans la localisation des blocs en vue de leur irrigation par gravité a conduit à considérer deux zones distinctes :

- la zone ouest du Balanta-Kounda qui comprend les vallées de Singuer, Akinntou, Diouniking et Birkama Bram.

Dans cette zone les sols favorables situés à mi-pente des versants et la pente longitudinale des thalwegs assez forte en tête de bassin versant permettent de prévoir l'irrigation par gravité à partir de prises au fil de l'eau et au moyen de canaux d'aménée dont la longueur varie de 1.000 à 2.000 m.

- la zone est du Balanta-Kounda qui comprend les vallées de Yaran, Bambato, Beïlan et Bissassou.

Dans cette zone les sols reconnus pédologiquement aptes se situent sur le haut des versants, à l'approche du plateau. La pente longitudinale du marigot est en moyenne de 2‰, les dénivelées entre bananeraies et marigot sont de l'ordre de 12 à 15 m ; il faut donc dans ces conditions que la prise d'eau soit située à 7 ou 8 km à l'amont pour assurer l'alimentation en eau des blocs par gravité.

Les contraintes limitantes suivantes font écarter cette possibilité :

- facteur d'ordre géographique : la proximité de la frontière guinéenne ne permet pas de trouver des sites répondant aux conditions requises à l'intérieur des bassins versants sur le territoire sénégalais ;
- facteur d'ordre économique : la longueur des canaux d'aménée à mettre en place conduit à des prix de revient de l'aménagement élevés qui grèvent la rentabilité de l'opération.

En raison des critères énoncés ci-dessus, il apparaît que seule l'alimentation en eau de ces blocs par pompage est possible.

333 - Débits d'étiage

Le Service Hydrologique de l'ORSTOM a effectué au cours de la saison sèche 1967 des jaugeages de débits d'étiage sur les sites reconnus par le BDPA.

Les résultats de ces jaugeages, effectués après une saison des pluies déficitaire et de pluviométrie inférieure à la moyenne, ont été retenus comme limite inférieure et adoptés pour la détermination des surfaces irrigables. Cette détermination est donc prudente.

Toutefois, l'irrigation ne se pratique que de jour, et les eaux naturelles s'écoulant dans le marigot pendant la nuit sont perdues. Il est possible de les récupérer en agissant uniquement sur la faible retenue des barrages de dérivation dont la cote de déversement serait relevée de 0,20 m, soit une poutrelle supplémentaire. (voir schéma § 632)

Cette pratique n'aurait à s'exercer que pendant le mois critique d'octobre et en année sèche.

Elle ne présente aucun inconvénient pour les rizières situées à l'amont qui sont, à cette époque, à leur maximum de développement végétatif et peuvent supporter 0,30 à 0,50 m de hauteur d'eau sans inconvénient.

La largeur barrée dans la vallée étant de l'ordre de 20 m, le relèvement de 0,20 m sur un cours d'eau ayant une pente moyenne de 2 ‰ se fait sentir jusqu'à une distance $l = \frac{2 \text{ dh}}{i}$ soit

$$l = \frac{2 \times 0,20}{2 \times 10^{-3}} = 200 \text{ m.}$$

Le volume stocké s'élève à : $200 \text{ m} : \frac{0,20}{2} \times 20 \text{ m} = 400 \text{ m}^3$.
suffisant pour satisfaire aux besoins journaliers de :

$$\frac{400.000 \text{ l}}{0,8 \times 3.600 \times 12 \text{ h}} = 11,5 \text{ ha.}$$

(Les approvisionnements à raison de 15 l/s pendant 12 h sont de 650 m³).

Compte tenu de l'approximation de ce calcul et du caractère aléatoire des débits d'étiage pris en considération, les surfaces supplémentaires à irriguer grâce à l'artifice du stockage de nuit ont été admises comme inférieures à cette estimation.

Ces considérations justifient les surfaces indiquées dans la colonne 4 du tableau suivant.

Lorsqu'elles apparaissent nécessaires un autre complément de ressources peut être apporté en faisant appel à la nappe phréatique à très faible profondeur.

Le tableau suivant donne les débits disponibles et les surfaces étudiées pour chaque site.

Bananeraies

Sites	Débit d'étiage disponible (1)	Surface maximale pédologique (2)	Surface maximale irrigable par débit d'étiage (3)	Surface irrigable après stockage de nuit	Surface retenue (4)	Type d'irrigation
AKINNTOU	15 l/s	18 ha	9,3 ha	20,8 ha	18 ha	gravité
BINDABA) DIOUNIKING)	15 l/s	20 ha	9,3 ha	20,8 ha	18 ha	gravité
BANTANKOUNTOU	15 l/s	11 ha	9,3 ha	20,8 ha	11 ha	gravité
BIRKAMA	12 l/s	12 ha	7,5 ha	19,8 ha	12 ha	gravité
YARAN	10 l/s	24 ha	8,3 ha	19,8 ha	24 ha	aspersion
BAMBATO	8 l/s	20 ha	7 ha	18,5 ha	20 ha	pompage + gravité
BEILAN	28 l/s	19 ha	17,5 ha	29,- ha	19 ha	+ pompage gravité
BISSASSOU	65 l/s	42 ha	40 ha	51,5	42 ha	+ pompage gravité
	168 l/s	166 ha	108,2 ha	200,2 ha	164 ha	

(1) d'après ORSTOM campagne 1966-67

(2) et topographique (pentes inférieures à 3 %)

(3) à raison de 1,6 l/s/ha pour l'irrigation par rigoles et bassins et 1,2 l/s/ha en aspersion.

(4) surfaces brutes (y compris emprises, canaux et pistes).

334 - Conclusions

Le facteur "ressources hydrauliques" pendant l'étiage apparaît comme très limitant, en regard des surfaces pédologiquement convenables qu'il eût été possible de déterminer. Celles-ci ne pourraient être effectivement irriguées que par une régularisation des débits des barrages réservoirs.

Cette solution envisagée à l'origine a été abandonnée pour deux raisons principales :

- de tels ouvrages représentaient un investissement coûteux ; les besoins en eau d'irrigation étant de l'ordre de 10.000 m³/ha et par an, le prix du stockage calculé à raison de 100 f CFA/m³ logé (prix courant pour les petits barrages en terre) s'élèverait à 1.000.000 f CFA par ha, manifestement excessif ;
- la constitution de réserves ne pouvait se faire que dans les zones imperméables et à topographie relativement apaisée qui sont d'ores et déjà cultivées en rizières ; il aurait donc fallu admettre la disparition de ces cultures dont, précisément, on recherche l'extension et l'amélioration.

335 - Accès routiers

L'implantation de bananeraies dans le Balanta-Kounda nécessite la création d'un réseau de pistes praticables en toutes saisons.

L'état actuel des pistes principales desservant les villages intéressés ne correspond pas aux besoins nouveaux. Il est donc nécessaire de prévoir l'élargissement et l'amélioration des pistes principales qui relient les blocs de bananeraies à la route nationale Ziguinchor-Tanaff.

Des pistes secondaires, desservant les blocs de bananiers pour l'évacuation des bananes, devront être créées pour chaque casier et reliées aux pistes principales.

4 - ECOLOGIE DU RIZ

41 - Exigences climatiques

411 - Température

Parmi les facteurs climatiques, la température semble le plus important car s'il est possible de pallier les insuffisances pluviométriques par irrigation, on ne peut intervenir que très faiblement sur le facteur thermique, en jouant sur le "volant" constitué par la couche d'eau de submersion.

En Casamance, pendant la période rizicole, les températures de l'air et de l'eau ne s'écartent jamais beaucoup des températures généralement reconnues comme optimales :

- air : 30 à 32°C,
- eau : 14 à 30°C.

412 - Durée du jour

Le riz réagit de façon très variable à la durée du jour.

La période possible de culture correspond à une durée du jour pour la zone tropicale (10 à 20° de latitude) de 10,9 à 13,3 heures.

413 - Pluviométrie

En culture submergée, la pluviométrie joue un rôle primordial qui doit être étudié en tenant compte des possibilités d'irrigation complémentaire.

La durée de la saison des pluies commande le type de riziculture,; la durée de la campagne en Casamance doit être de 4 à 5 mois.

On peut constater en milieu tropical que, malgré des moyennes pluviométriques mensuelles souvent importantes, le riz sur pied souffre souvent de la sècheresse.

Un retard à l'établissement de la saison des pluies constitue un retard au semis.

Inversement, des chutes de pluie trop importantes peuvent provoquer une submersion des plantes, grave en début de végétation.

Des pluies tardives peuvent gêner la récolte et le séchage du paddy récolté.

414 - Humidité relative

Plus l'humidité relative est élevée moins la transpiration de la plante et moins l'évapotranspiration du support sont importantes.

Le bilan pluviométrie-évaporation permet une évaluation approximative des besoins en eau d'irrigation.

42 - Caractéristiques des sols

Il n'existe pas a priori de sols spécifiquement adaptés à la riziculture en submersion, mais des sols qui, sous l'action du climat et surtout de l'eau, se transforment et supportent avantageusement cette pratique.

Les sols des vallées rizicoles du Balanta-Kounda sont des sols hydromorphes à gley, à hydromorphie de nappe, formés sur des apports colluviaux et alluviaux. Ils conviennent parfaitement à la riziculture.

43 - Besoins en eau

Indépendamment de son rôle - essentiel - en tant que volant thermique pour atténuer les effets des variations de température, l'eau doit compenser l'évapotranspiration.

Par suite des conditions locales (températures, pluies, durées d'éclairement) il vient :

Besoins (en eau des rizières

(Les besoins en eau ont été déterminés par la méthode de Blaney et Criddle et à l'aide de l'abaque dressé par M. Guyon)

Mois	J	J	A	S	O	N
Température moyenne mensuelle (T)	28,3	27,0	26,4	27,2	27,7	26,8
Durée d'éclairement (p % - lat.12°35' nord)	8,70	8,95	8,76	8,25	8,29	7,83
Evapo-transpiration mensuelle (ET en mm) pour le riz : K = 1,00 (zone à climat humide)	182	182	179	170	170	160
Pluviométrie mensuelle moyenne en mm	128	345	535	342	141	1
Besoins en eau du riz (ET - P, en mm)	54	-	-	-	29	159
Besoins en eau d'irrigation par ha en m3 (efficience 0,70)	770	-	-	-	410	2.270

Le besoin de pointe (1ère quinzaine de novembre) peut être estimé à :

$$\frac{2.270.000}{2 \times 15 \times 86.400} = 0,87 \text{ l/s/ha porté, par}$$

mesure de prudence à : 1 l/s/ha.

L'examen du tableau fait ressortir un surplus hydrique, donc un écoulement par ruissellement en juillet, août et septembre avec un maximum en août.

Le régime climatique commande le calendrier agricole suivant :

- semis en pépinière : 15 juin,
- repiquage : 15 juillet,
- récolte : 15 novembre.

Le drainage est nécessaire pendant les mois d'août et septembre. L'irrigation s'impose pendant le mois d'octobre.

44 - Localisation des rizières

Les prospections préliminaires ont permis de localiser à l'intérieur de chaque vallée l'emplacement de rizières d'eau douce, à l'amont des zones salées.

La localisation des rizières faisant l'objet de la présente étude a été déterminée en considérant les facteurs suivants :

- qualité pédologique des sols,
- topographie,
- hydrologie,
- accès routiers,
- possibilités humaines.

441 - Qualité pédologique des sols

L'étude pédologique montre que les vallées étudiées conviennent sur leur majeure partie à l'installation de rizières.

442 - Topographie

Les vallées étudiées présentent toutes les mêmes caractéristiques : étroites dans leur partie amont, elles s'élargissent progressivement pour atteindre une largeur variant de 400 à 800 m à proximité de la limite de la zone salée.

La pente longitudinale des thalwegs comprise entre 3 et 4 ‰ à l'amont s'adoucit et n'est plus que de 0,75 ‰ à l'aval des périmètres à aménager.

Les projets ont été établis, en règle générale, dans les zones avalisantes, mais en dehors des secteurs salés.

443 - Hydrologie

Les mesures de débits effectuées en octobre et novembre par le Service Hydrologique de l'ORSTOM font ressortir des débits qui permettent sans restrictions d'assurer un entretien de submersion de 1 l/s/ha continu, sur les surfaces jugées pédologiquement et topographiquement convenables.

Les débits spécifiques de crue décennale ont été estimés à 2 à 4 m³/s/km² pour les bassins versants de superficie inférieure à 10 km² et à 0,150 m³/s/km² pour les bassins versants de superficie supérieure à 10 km² comprenant une zone d'inondation.

Ces chiffres obtenus au cours d'une seule campagne d'observations n'ont qu'une valeur relative et ne donnent qu'un ordre

de grandeur approximatif de ces valeurs, utilisées pour définir les dimensions des déversoirs des barrages de dérivation et des ouvrages d'évacuation des eaux.

444 - Accès routiers

Actuellement, les rizières sont desservies par des pistes reliant les villages riverains de part et d'autre des bas-fonds. Ces pistes sont impraticables en saison des pluies.

Elles devront être élargies et améliorées. Dans la majorité des cas, les pistes aménagées pour assurer la desserte des bananeraies voisines pourront être utilisées pour desservir les rizières.

445 - Possibilités humaines

La population des vallées retenues, composée essentiellement de Balantes plus ouverts au progrès agricole que les Mandingues, peut être un facteur déterminant dans la réalisation des aménagements.

Rizières

Situation	Débit disponible en octobre (1)	Surface levée au 1/2.000 (2)	Surface pédologique (3)	Surface retenue (4)
DIOUNIKING	500 l/s	312	220	220
SINGUER	350 l/s	249	170	170
BARKAMA	-	78	60	60
SALLOT				
- Branche Saliot	-	246	170	170
- Branche Madina	-	230	160	160
		1.088		780

(1) d'après ORSTOM - octobre 1966

(2) surface totale étudiée

(3) surface pédologiquement convenable

(4) surface brute (y compris emprise, canaux et pistes)

5 - DISPOSITIONS TECHNIQUES PROPOSEES POUR L'AMENAGEMENT
DES BANANERAIES

51 - Aménagements hydro-agricoles par rigoles et bassins

511 - Dose d'arrosage

La distribution doit s'effectuer pour satisfaire les besoins de pointe, soit 1.850 m³ en mai.

Les doses moyennes retenues, compte tenu de la capacité utile (4 %), de la profondeur des racines (0,80), et de la densité apparente (moyenne 1,6), sont de :

$$- D \text{ (m}^3\text{)} = P \text{ (m)} \times 10.000 \times d_a \times \frac{H_e - H_o}{100} \quad \text{soit}$$

$$- D \text{ (m}^3\text{)} = 0,80 \times 10.000 \times 1,6 \times \frac{4}{100} = 512 \text{ m}^3 \text{ par arrosage}$$

Le nombre d'arrosages par mois en période de pointe sera de :

$$N = \frac{1.850}{512} = 3,6$$

soit 1 arrosage par semaine en pratique.

Il sera toutefois bon, lors de la plantation ou lors des périodes d'harmattan, de ramener la cadence d'arrosage à 3 jours avec des doses de l'ordre de 200 à 250 m³/ha.

512 - Main d'eau

Chaque coopérateur doit recevoir attribution d'un lot de 1.000 bananiers (soit environ 0,33 ha) ; on admet que le temps à consacrer à l'arrosage ne doit pas exiger plus de 4 heures par lot, soit 12 heures/ha.

La dose normale de 500 m³/ha ou 166 m³ par lot exige donc, pour être administrée en 4 heures, la mise à la disposition de l'utilisateur d'un module ou main d'eau de :

$$\frac{166 \times 1.000}{4 \times 3.600} = 11,4 \text{ l/s arrondis à } 12 \text{ l/s.}$$

513 - Méthode d'irrigation

L'irrigation revient à alimenter, avec le volume convenable, les cuvettes implantées à 1,50 x 2,50 m et dont la surface de réception est de 0,64 m².

La dose d'arrosage théorique à donner par cuvette est donc de :

$$\frac{500 \times 1.000 \times 0,64}{10.000} = 32 \text{ l}$$

En fait, il paraît sage de prévoir une dose supérieure en raison des percolations latérales et d'admettre une dose de 50 l par arbre, soit pour une cuvette de 0,64 m² de surface une hauteur d'eau de :

$$\frac{0,050 \text{ m}^3}{0,64 \text{ m}^2} = 0,08 \text{ m}$$

Cette sujétion impose les dispositions suivantes :

- levées des bordures des cuvettes de 0,12 m de hauteur ayant donc 0,04 m de revanche,
- cavaliers des rigoles alimentaires de 0,15 m de hauteur au-dessus du fond des cuvettes y compris 0,06 m de revanche et 0,01 de perte de charge au déversement,
- alimentation sur chacun des deux côtés de la rigole dans les zones de pente transversale faible et alimentation par la berge avalisante dès que cette pente s'accroît.

Etant donné les faibles revanches admises pour les cuvettes, la desserte bilatérale par les filioles implantées à l'horizontale ne peut se concevoir que lorsque la pente transversale du terrain n'excède pas 2 %.

Il faudra de même renoncer à planter les zones ayant des pentes transversales supérieures à 3 % puisque la dénivelée dans une cuvette serait alors identique à la revanche.

514 - Schéma d'aménagement

Quel que soit le type d'aménagement (par gravité, par pompage), on rencontrera des ouvrages communs :

5141 - Canaux gravitaires

- Prises d'eau dans les marigots

Les prises d'eau seront constituées par de petits ouvrages à poutrelles comportant un radier en béton légèrement armé, deux bajoyers en maçonnerie de latérite avec rainures pour mise en place d'un vannage à poutrelles.

Ces ouvrages seront dimensionnés pour laisser passer le débit spécifique de crue décennale soit en totalité par les pertuis, soit en partie par les pertuis et en partie par déversement.

De manière à éviter une submersion excessive des rizières sises à l'amont des ouvrages de dérivation, la hauteur des prises ne dépassera pas 1,00 m au-dessus du fond du marigot, soit environ 0,70 m au-dessus du terrain naturel à l'amont.

- Conduite d'amenée en tête morte

Le transport des eaux d'irrigation de la prise à l'entrée du bloc sera assurée par une conduite sous-pression.

- canal principal à section trapézoïdale dominant le périmètre et amenant l'eau en tête des rigoles de distribution,

- rigoles de distribution portant le module (12 l/s) et disposées suivant les lignes de plus grande pente. De

manière à éviter les risques d'érosion, divers artifices seront utilisés pour réduire les pentes longitudinales des rigoles (création de chutes, implantation en oblique par rapport aux courbes de niveau). Les vitesses de circulation doivent en effet être limitées à 0,80 m/s, en jouant sur les pentes et les gabarits ;

- rigoles d'alimentation des cuvettes filant sensiblement les courbes de niveau, de manière à obtenir un plan d'eau à peu près horizontal qui permet de desservir avec des doses égales les cuvettes qui en sont tributaires ;
- drains disposés suivant la ligne de plus grande pente de manière à amener les excédents d'eaux d'irrigation jusqu'au canal de colature ;
- canal de colature disposé le long de la limite aval du bloc de bananeraie et destiné à assurer l'évacuation des eaux d'irrigation excédentaires et des eaux de ruissellement.

5142 - Alimentation par pompage et distribution par canaux gravitaires

- alimentation par groupe moto-pompe mobile,
- installation d'une canalisation fixe de 150 mm de diamètre intérieur (vitesse de 1,35 m/s) découpant le bloc de 10 ha en deux lots d'égale superficie et refoulant un débit de 24 l/s dans un bassin alimentant deux canaux en terre dominant le périmètre et disposés de part et d'autre de la conduite principale,
- la distribution et l'alimentation sont assurées par canaux gravitaires selon le dispositif décrit précédemment.

515 - Pratique de l'arrosage (canaux gravitaires)

Soit un bloc bananier de 10 hectares. En admettant un arrosage par semaine avec une dose unitaire de 50 l par arbre et une

main d'eau de 12 l/s, une rigole ayant au maximum 30 m alimentera en alimentation unilatérale : 12 cuvettes, puisque l'écartement des arbres ou des axes des cuvettes est de 2,50 m comme indiqué sur la coupe longitudinale.

Le débit disponible par cuvette étant ainsi de 1 l/s, l'administration des 50 l par arbre requiert 50 s.

Le temps nécessaire pour remplir la filiole, à raison de 35 l/ml soit 1.050 l pour une filiole de 30 m, sera de 87 s.

Au total, la durée théorique de fonctionnement de la filiole type de 30 m avec 12 arbres sera de 2 mn 17 s. En tenant compte de la percolation, cette durée pourra atteindre 3 mn, soit pour desservir les 1.000 arbres du lot :

$$\frac{3 \text{ mn} \times 1.000}{12} = 250 \text{ mn, soit environ 4 heures/lot.}$$

Le débit de la segua devra permettre l'arrosage simultané de deux lots à 12 l/s. A raison de 12 heures par jour, en une journée il sera possible d'irriguer :

$$\frac{12 \text{ h}}{4} \times 2 = 6 \text{ lots de } 0,30 \text{ ha, soit } 1,8 \text{ ha/j et à raison de } 6 \text{ jours par semaine, } 10,80 \text{ ha soit l'ensemble du blcc.}$$

Le tour d'eau à dose normale pour les 33 coopérateurs d'un bloc de 10 ha peut donc s'établir ainsi :

Jour	Heure à heure	Coopérateurs arrosant
Lundi	6h à 10h	1 - 2
	10h à 14h	3 - 4
	14h à 18h	5 - 6
Mardi	6h à 10h	7 - 8
	10h à 14h	9 - 10
	14h à 18h	11 - 12
Mercredi	6h à 10h	13 - 14
	10h à 14h	15 - 16
	14h à 18h	17 - 18

(suite)

Jour	Heure à heure	Coopérateurs arrosant
Jeudi	6h à 10h	19 - 20
	10h à 14h	21 - 22
	14h à 18h	23 - 24
Vendredi	6h à 10h	25 - 26
	10h à 14h	27 - 28
	14h à 18h	29 - 30
Samedi	6h à 10h	31 - 32
	10h à 14h	33

516 - Irrigation par aspersion (cf. étude bloc de Yaran)

- alimentation par groupe moto-pompe mobile. Il est prévu d'équiper les blocs à raison d'un groupe pour 12 ha de manière à assouplir les conditions d'exploitation ;
- une conduite fixe enterrée desservant les zones à arroser réparties en deux parties équivalentes de part et d'autre du groupe de pompage,
- des rampes d'arrosage mobiles, disposées parallèlement à 18 m d'écartement, constituées d'éléments de 6 m (ou de 9 m). Un tube sur trois (ou sur deux dans le cas d'éléments de 9 m) portera un collier de prise de charge destiné à recevoir la perche et l'arroseur.

52 - Pistes d'accès

L'amélioration des pistes devant assurer l'accès aux bananeraies en toutes saisons, portera en particulier sur :

- amélioration de l'écoulement des eaux de ruissellement au

franchissement des thalwegs ; des ouvrages en files de buses à tous les passages d'eau sont à créer ;

- remise en état et maintenance de la bande de roulement.

Les plateformes sont à reprendre en totalité et demandent une remise en état sous forme de terrassement pour comblement des ornières, arasement des cassis et des dos d'âne et assainissement des plateformes par creusement de fossés latéraux.

Les pistes de desserte reliant les bananeraies aux pistes principales seront à créer et nécessiteront des opérations de défrichage et de terrassement.

Le programme portera sur les pistes suivantes :

N°	Piste	Longueur (km)
<u>I) - Amélioration</u>		
1	Goudomps - Bantankountou	8
2	Goudomps - Bloc d'Akinntou	3,4
3	Simakounda - Beïlan	2
4	Mankolikounda - Bissassou	9,5
<u>2) - Pistes nouvelles</u>		
5	Birkama - Bloc de Birkama	3
6	Piste de desserte de Bantankountou	1,8
7	" " " d'Akinntou	1,5
8	" " " de Beïlan	1,3
9	" " " de Bambato	1,2
10	" " " de Yaran	1,2
11	" " " de Bissassou	1,8

La piste Djibanar-Saliot ayant fait l'objet d'un commencement d'amélioration, n'a pas été portée dans le tableau précédent.

6 - DISPOSITIONS TECHNIQUES PROPOSEES POUR L'AMENAGEMENT
DES RIZIERES

Avant d'irriguer, il sera nécessaire de s'assurer de la maîtrise des eaux de ruissellement.

61 - Débit caractéristique du réseau de drainage

Soit une pluie critique d'une durée de 24 heures et de probabilité de retour égale à 10 ans.

Les calculs sont conduits à partir des formules suivantes :

$$i \text{ (mm/h)} = \frac{a'}{\sqrt{t}}$$
$$q_c \text{ (l/s/ha)} = \frac{1 - e}{0,36} i$$

dans lesquelles :

i = intensité en mm/h
 t = temps en minutes
 a' = coefficient déterminé à partir de l'intensité pour une période de retour déterminée.

$(1 - e)$ = coefficient d'écoulement pris égal à 0,60.

D'après Montmarin, la pluie de 5 heures, soit 300 mm, de fréquence décennale a une intensité de :

$$i = \frac{2.750}{35 + 300} = 8,20 \text{ mm/h}$$

La pluie de 24 heures aura une intensité de :

$$a' = i \times \sqrt{t}$$
$$= 8,2 \times \sqrt{300}$$
$$= 142$$



$$i = \frac{142}{\sqrt{1.440}}$$

$$i = 3,7 \text{ mm/h}$$

Le débit caractéristique sera de :

$$q_c = \frac{0,60}{0,36} \times 3,7 = 6,142 \text{ l/s/ha}$$

Cette valeur a servi de base pour le calcul des collecteurs de drainage.

62 - Débits d'irrigation

Le débit fictif continu a été fixé à 11 l/s/ha correspondant aux besoins du mois de pointe, soit 36,4 m³/jour/ha ou une tranche d'eau de 8,6 mm/jour. En admettant des variations possibles du plan d'eau de 40 mm, on voit qu'il suffit d'assurer l'entretien tous les 4 jours.

En consacrant à cette opération 12 heures par ha, le module dont il est nécessaire de disposer est de :

$$\frac{400.000 \text{ l}}{12 \times 3.600} = 9,2 \text{ l/s, soit } 10 \text{ l/s/ha}$$

Les petits canaux de distribution seront calculés selon cette norme.

63 - Schéma proposé

Le schéma proposé pour l'aménagement des rizières répond à trois objectifs :

- capter et dériver dans le périmètre les eaux du marigot central,

- répartir ces eaux de telle sorte que la dénivelée maximale dans un même clos de rizière soit au plus égale à 0,20 m,
- assurer l'évacuation des eaux surabondantes tout en s'opposant aux intrusions des eaux salées de la Casamance.

631 - Collecteur principal de drainage

L'évacuation des eaux de crue est indispensable pour que d'une part les cultures ne soient pas asphyxiées par une nappe persistante trop importante et, d'autre part, les jeunes plants ne soient pas arrachés par le filet d'inondation.

Pour cela, un collecteur de drainage dimensionné, et disposé le long de la ligne de fond du thalweg, sera creusé sur toute la longueur du périmètre.

632 - Ouvrages de prise

Des ouvrages de prise seront construits aux points indiqués sur le plan d'aménagement. Ces ouvrages permettront d'alimenter les canaux d'irrigation et de régler ou d'annuler le débit d'évacuation.

Ces ouvrages seront construits en béton ordinaire sur fondations en béton, avec radier-dalle légèrement armé.

Les bajoyers seront épaulés par des murs en aile ancrant solidement l'ouvrage en berge. Le pertuis aura une section de passage correspondant sensiblement à la section du collecteur.

La fermeture de l'ouvrage sera assurée par des poutrelles constituées par des madriers de 8 x 23.

La hauteur de retenue pour la mise en eau des canaux d'irrigation variera en fonction de la profondeur des collecteurs.

633 - Canaux d'irrigation

Deux canaux d'irrigation latéraux partiront de chaque ouvrage de prise et alimenteront les casiers situés de part et d'autre du collecteur principal.

La pente moyenne du plafond de ces canaux sera de 0,0005 m par mètre et leur longueur moyenne de 800 m environ.

634 - Aménagement de l'exutoire

Le remblai de l'ancienne route Ziguinchor-Kolda sera utilisé comme digue de fermeture des périmètres de Diouniking et Birkama.

Un ouvrage avec clapets sera construit à l'emplacement du ponceau franchissant le marigot de Diouniking.

La zone comprise entre les digues de l'ancienne route et de la nouvelle formera réservoir régulateur et permettra, à marée haute, le stockage des eaux de drainage des périmètres aménagés.

Une digue de fermeture sera érigée à l'aval des périmètres de Saliot et de Singuer et comportera un ouvrage avec clapets pour le passage du collecteur principal.

635 - Aménagement du terrain

Le terrain sera aménagé par construction de diguettes, suivant les courbes de niveau tous les 0,20 m de dénivelée, réunies aux cavaliers édifiés en berge des collecteurs. Les diguettes et les digues délimiteront ainsi le périmètre aménagé en parcelles. Des vannes seront placées dans les diguettes permettant la circulation de l'eau entre les parcelles.

7 - METHODE D'IMPLANTATION

71 - Les bananeraies

L'étude topographique fait ressortir pour les bananeraies de fortes pentes transversales, qui nécessitent la mise en place d'un réseau de rigoles très dense.

Ce réseau doit être implanté sur le terrain. Bien que l'échelle de lever soit grande (1/2000e), les multiples petits accidents locaux du relief ne peuvent tous figurer sur le plan, mais il faut en tenir compte à l'exécution, tout en suivant le plus fidèlement possible les données du projet et respectant les pentes optimales.

La méthode d'implantation recommandée est la suivante :

- matérialiser par un piquetage (1 point tous les 10 m) les courbes de niveau équidistantes de 0,20 m,
- interpoler les implantations des rigoles d'alimentation à 1,50 m les unes des autres en commençant par les deux premières lignes, distantes de 0,75 m de part et d'autre des courbes de niveau ci-dessus repérées ; on voit que de part et d'autre de chaque courbe d'équidistance 0,20 m on aura environ 3,5 rangées pour une pente de 2 %,
- limiter les longueurs à 30 m en consentant dans les pointes des longueurs inférieures (5 à 10 m),
- planter alors les rigoles de distribution en oblique par rapport à la ligne de plus grande pente de manière que la pente ne dépasse pas 3 %,
- planter ensuite les drains parallèlement aux rigoles de distribution.

72 - Les rizières

De même, l'implantation des diguettes suivant les courbes de niveau ne peut être arrêtée que sur le terrain.

Il suffira de filer les courbes maîtresses d'équidistance 1,00 m et d'implanter les diguettes intermédiaires (équidistance 0,20 m) par interpolation en reportant sur des transversales les distances ainsi obtenues.

L'implantation des canaux d'irrigation se fera à partir de l'ouvrage régulateur en piquetant un point tous les 10 m. Ce point sera déterminé de proche en proche par déplacement transversal de la mire jusqu'à ce que l'opérateur puisse lire sur celle-ci la cote du piquet précédent, augmentée de la pente (soit pour une pente de 0,0005 m par mètre : 0,005 m) à donner au canal.