

EQUIPEMENT HYDROAGRICOLE

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

11.300 SON

AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE DE LA VALLEE DU BAO-BOLON

SOLUTION : VARIANTE ALIMENTATION
PAR LE LIT DU BAO-BOLON

AVANT PROJET

MAI 1981



SONED

M.300 SON

EQUIPEMENT HYDROAGRICOLE

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL

AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE
DE LA VALLEE DU
BAO-BOLON

SOLUTION : VARIANTE ALIMENTATION
PAR LE LIT DU BAO-BOLON

AVANT PROJET

MAI 1981



SONED

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
<u>INTRODUCTION</u>	
1.- DESCRIPTION DU PROJET	1
2.- LES COUTS D'INVESTISSEMENTS	2
3.- INTERET DE LA CONCEPTION 1981	4
4.- RYTHME D'AMENAGEMENT	5
5.- TAUX DE RENTABILITE INTERNES	5
<u>I - LE MILIEU NATUREL</u>	
1.1.- Le climat	6
1.1.- Hydrologie - Hydrogéologie	7
1.3.- Ressources en sols	12
<u>II - AGRO-SOCIO-ECONOMIE</u>	
2.1.- Situation actuelle	17
2.2.- Les produits maraîchers	48
2.3.- Les possibilités d'évolution	57
2.4.- Les enseignements tirés des expériences d'irrigation dans la région du fleuve Sénégal	69
<u>III - ETUDE TECHNIQUE</u>	
3.1. - <u>Présentation d'une nouvelle variante d'aménagement</u>	73
3.1.1.- Principe de l'aménagement	73
3.1.2.- Les besoins en eau	73
3.1.3.- Calcul des débits transités	75
3.1.4.- Caractéristiques des ouvrages	82
3.1.5.- Aménagements des UAE	88
3.1.6.- La station d'exhaure	97
3.1.7.- La digue de retenue	97
3.2. - <u>Coûts d'investissements</u>	98
3.3. - <u>Etude du prix de l'eau</u>	103
3.4. - <u>Programmation des aménagements</u>	104
3.5.- <u>Les taux de rentabilité interne</u>	107
3.6.- <u>Conclusion</u>	108

A N N E X E S

- I - ETUDE SOCIO-AGRICOLE
- II - FICHES DE CULTURE
- III - ETUDE HYDRAULIQUE DES APPORTS DE LA GAMBIE - MODELISATION
- IV - ETUDE DU PRIX DE L'EAU
- V - ALIMENTATION EN EAU DES PERIMETRES PAR CONDUITES ENTERREES.
APPLICATION AU PERIMETRE S.A.E.D. DE N'DOMBO THIAGO.

PIECES DESSINEES

CARTE I - LIMITES ADMINISTRATIVES

CARTE II - LOCALITES ET VOIES DE COMMUNICATION

POMPAGE DANS LE LIT DU BAO BOLON

- . Infrastructure générale
- . Chenal d'aménée
- . Endiguement
- . Drainage

ENDIGUEMENT DU LIT MINEUR

AMENAGEMENT EN UNITES AUTONOMES DE 60 HA - PARCELLES DE 1,8 HA BRUT

- SECTEUR V - Solution I - Irrigation par pompage dans la Gambie
- SECTEUR V - Solution II - Irrigation par petites stations de pompage dans le lit du Bao Bolon

STATION DE POMPAGE POUR UNITE AUTONOME D'EXPLOITATION

PASSERELLE SUR CHENAL D'AMENEE (Plan - coupes - détails)

OUVRAGES DE FRANCHISSEMENT

PLAN DE VANNE

PLAN DE DEVERSOIR

-oooo0oooo-

INTRODUCTION

1 - DESCRIPTION DU PROJET

Le présent dossier concerne l'étude d'Avant-Projet de l'Aménagement hydroagricole de la vallée du Bao-Bolon représentant une superficie de 2.520 hectares de terre à caractère essentiellement rizicole.

Deux conceptions d'aménagement ont été envisagées pour la mise en valeur de cette zone :

La première conception d'aménagement, la plus ancienne est représentée sur le schéma de la Figure I : c'est celle du projet SCET de 1968, modifiée pour donner plus d'indépendance aux paysans dans le cadre d'unités autonomes d'exploitation (U.A.E) de 60 ha de surface brute ou 48 ha de surface nette. L'eau de la Gambie y est relevée à Katchang pour être transportée jusqu'à la digue frontière dans un " canal tête morte " situé sur la pente en bordure du lit majeur. Le canal tête morte se divise à la digue frontière en un canal primaire Est et un canal primaire Ouest qui alimentent gravitairement le périmètre. Les canaux primaires remplissent au passage trois retenues collinaires destinées à stocker de l'eau pour les cultures maraîchères de contre-saison. Le drainage est assuré par le lit mineur du Bao Bolon. Une station de pompage d'exhaure permet d'évacuer les eaux de drainage et de ruissellement vers le cours aval du Bao Bolon.

La deuxième conception qui fait l'objet de la présente étude tient compte de l'expérience acquise sur le Fleuve Sénégal et des difficultés à faire fonctionner des aménagements de type " Grand périmètre ". Elle est donc assez différente. L'eau de la Gambie est amenée gravitairement jusqu'à la frontière par un canal creusé dans le lit majeur ; elle est stockée dans la dépression centrale endiguée de la plaine du Bao Bolon (partie sénégalaise). Le relèvement de l'eau est assuré au niveau d'unités autonomes conçues pour être aménagées et gérées entièrement par les paysans intéressés.

Il y a 42 unités autonomes ayant chacune sa station de relèvement. De l'eau peut aussi être stockée pour la contre-saison dans une retenue collinaire. Le drainage est assuré par des drains situés entre les périmètres et les endiguements, et une station de pompage d'exhaure. Cette deuxième conception présente une structure qui permet une meilleure prise en charge des aménagements par les paysans. Son avantage le plus important est qu'aucune station de pompage n'existe en territoire Gambien, supprimant ainsi tout problème d'approvisionnement entre Etats.

Enfin, en raison de sa faible puissance installée par site de pompage, elle se prêtera très bien au passage à l'énergie solaire, lorsque les coûts de cette énergie nouvelle seront devenus plus compétitifs.

./.

On peut utiliser les aménagements à trois niveaux différents d'intensification :

- en simple culture de riz, sans contre-saison
- avec cultures maraîchères de contre-saison grâce à la retenue collinaire
- avec double culture de riz sur toute la surface.

2 - LES COÛTS D'INVESTISSEMENTS POUR CHACUNE DES DEUX CONCEPTIONS

En convenant d'appeler :

Variante 1.	Conception projet 68	avec riz d'hivernage seul
Variante 2.	" "	80 " " "
Variante 3.	" "	68 avec riz d'hivernage et maraîchage de contre-saison sur 80 ha
Variante 4.	" "	80 " "
Variante 5.	" "	68 avec double culture de riz
Variante 6.	" "	80 " " "

On aboutit aux coûts d'investissements suivants exprimés en Millions de Francs CFA (Cf Annexe)

	<u>Conception projet 68</u>		<u>Conception projet 80</u>
Variante 1	2.346	Variante 2	2.616
Variante 3	2.417	Variante 4	2.682
Variante 5	3.046	Variante 6	3.216

Au niveau des investissements , la conception du projet 80 s'avère plus onéreuse en raison essentiellement du coût du canal d'amenée à construire en terre de mangrove, plus ou moins marécageuse.

LES COÛTS DE FONCTIONNEMENT ET LE PRIX DE L'EAU

En tenant compte des coûts d'entretien annuels des aménagements, des groupes motopompes y compris main d'oeuvre , des coûts de fonctionnement et des amortissements techniques, on obtient pour chaque variante les résultats suivants :

Variante	Prix moyen du m ³ d'eau		Prix moyen de l'eau à l'ha pour une culture	
	10 ans	Au - delà	10 ans	Au - delà
1	12, 18	14, 31	58. 500	68. 700
2	11, 71	13, 86	56. 200	66. 500
3	12, 17	14, 14	62. 200	72. 300
4	11, 56	13, 54	59. 100	69. 200
5	8, 39	9, 16	68. 000	74. 000
6	7, 92	8, 69	64. 200	70. 400

On constate que les variantes correspondant à la conception de 1968 sont toujours plus chères que les variantes de la conception 1980. Cependant les différences sont faibles (3 à 5 %), et donc non significatives puisque inférieures au degré de précision des calculs. Nous retiendrons donc que les prix d'eau sont du même ordre de grandeur pour la collectivité, et que ce critère est peu important pour le choix d'une conception d'aménagement.

Si on considère au contraire le seul coût de fonctionnement, ce sont les trois variantes correspondant à la conception 1980 qui coûtent le moins cher, car plus économes en énergie (ces économies d'énergie compensent donc le supplément de coût d'investissement à consentir pour les variantes 2, 4 et 6).

Si on compare les degrés d'intensification (riziculture d'hivernage seule, riziculture d'hivernage + 80 ha de maraîchage, double culture de riz), on constate que les quatre premières variantes donnent un prix de l'eau très voisin : les variantes maraîchage de contre-saison (variantes 3 et 4) ont donc un avantage évident par rapport aux variantes 1 et 2 (à riziculture d'hivernage seule) en raison de la valeur ajoutée à l'hectare beaucoup plus grande du maraîchage.

Les variantes 5 et 6 présentent au contraire des prix de l'eau significativement inférieurs à ceux des variantes précédentes. Cette différence est due à une augmentation des coûts bien moindre que l'augmentation des volumes d'eau lorsqu'on passe à la double culture. Malgré cela, le prix de revient moyen de l'eau à l'hectare pour une culture est supérieur au coût correspondant pour les autres variantes. Cela est dû aux consommations d'eau importantes de la saison sèche (11.400 m³/ha à la plante, contre 4.800 m³/ha en hivernage). Le supplément de coût est peu important (10 à 20 %), et tout à fait acceptable pour la collectivité et pour le paysan (d'autant plus que ce dernier n'aura pas à supporter les coûts d'investissement autres que ceux du remplacement des moto-pompes dans les variantes 2, 4 et 6).

On peut donc conclure qu'avant construction du barrage anti-sel sur la Gambie, on a intérêt à choisir une variante à maraichage de contre-saison. Après construction du barrage, le passage à la double riziculture paraît justifié en raison de la meilleure valorisation des investissements qu'il permettra.

3 - INTERET DE LA CONCEPTION 1980

Cette nouvelle conception présente un certain nombre d'avantages qui, outre son moindre coût de revient de l'eau à l'hectare, militent en faveur du choix de cette solution d'aménagement :

- L'amenée de l'eau à travers le territoire Gambien est entièrement gravitaire ce qui écarte tous les problèmes d'approvisionnement en carburant d'une station de pompage située en Gambie comme c'est le cas pour le projet de 68.
- L'organisation du type " petits périmètres " semble préférable à celle du type " grands périmètres " comme on a pu le constater sur les aménagements hydroagricoles du Fleuve Sénégal :
 - . Pas de problème d'eau à facturer et à encaisser dans le cas des petits périmètres.
 - . Meilleure responsabilisation des paysans qui doivent et peuvent participer à la construction de certains ouvrages (canaux tertiaires, planage) et qui sont entièrement responsables du bon fonctionnement de leur irrigation.
 - . Une panne de station de pompage n'est préjudiciable qu'au seul petit périmètre concerné et ne compromet pas l'irrigation de l'ensemble de la zone, ce qui peut être le cas dans la conception 68.
 - . Possibilité de mise en valeur progressive de la zone au fur et à mesure de l'intérêt et de la disponibilité des paysans.

- Possibilité dans l'avenir de passer économiquement à l'énergie solaire, en raison de la faible puissance installée des stations de pompage en tête des petits périmètres.
- Possibilité de réaliser en variante des réseaux d'irrigation en tubes PVC, série Basse pression fabriqués localement permettant des économies d'eau importantes et des travaux d'entretien minimes.
- Dans le passage à la double culture, après la construction du barrage anti-sel sur la Gambie, l'infrastructure sera mieux adaptée que dans la conception du projet 68. : Une seule station de pompage au lieu de deux et un canal d'un seul tenant au lieu de deux biefs séparés par une station présentant des problèmes de régulation de débit.

4 - RYTHME D'AMENAGEMENT

Chaque exploitation recevra 1,5 ha à cultiver. En raison des travaux en cultures sèches que le paysan mènera parallèlement, il a été supposé que l'aménagement de la parcelle se ferait complètement en 3 ans.

L'hypothèse de progression des rendements a été la suivante :

Année	1	2	3	4	5	6
Rendement t/ha	2	2,5	3	3,4	3,7	4

5 - TAUX DE RENTABILITE INTERNE

Le taux de rentabilité interne calculé sur la base du prix de paddy à 54 F CFA/Kg est relativement faible, soit :

Avec riz d'hivernage et maraîchage (Variante 4) 6,4 %
 Avec double culture de riz (Variante 6) 8 %

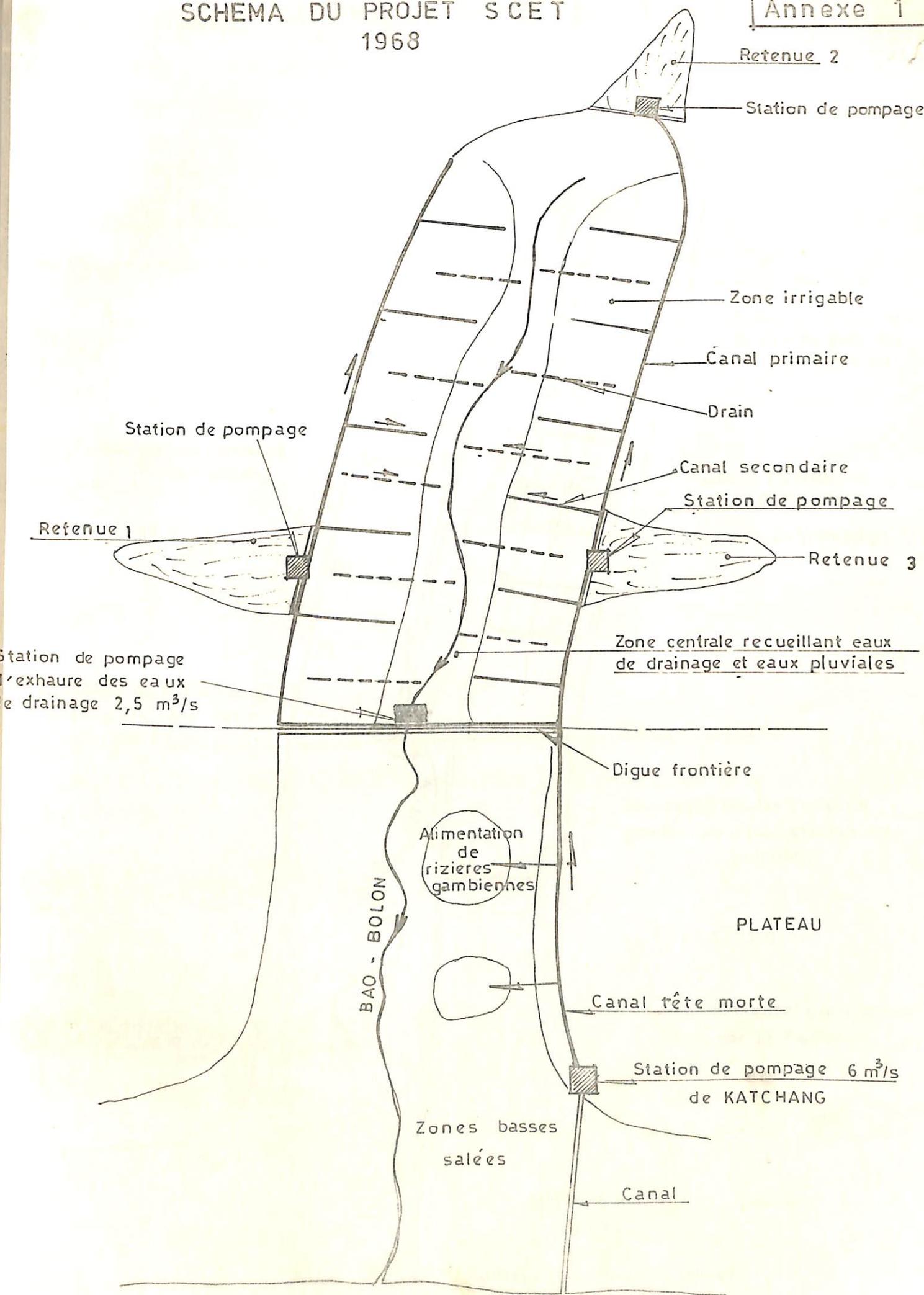
Ce dernier taux peut être porté à 9,3 % si on ne tient pas compte de l'incidence de l'amortissement du barrage anti-sel sur la Gambie.

On notera que le prix du riz donnant un taux de rentabilité de 10% est de :

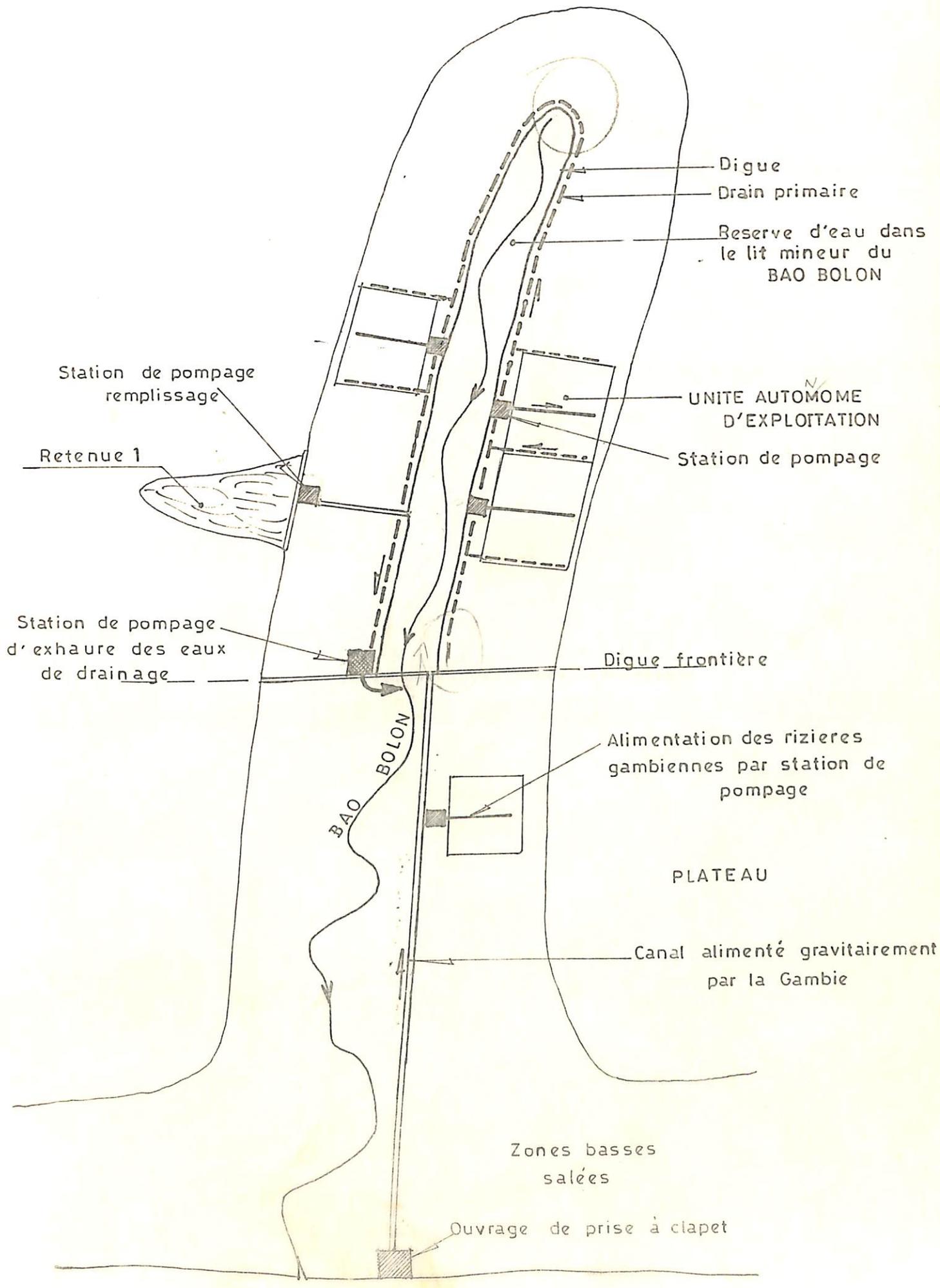
75 F CFA / Kg pour la Variante 4
 62,3 F CFA / Kg pour la Variante 6.

./.

SCHEMA DU PROJET SCET
1968



1980



Digue
 Drain primaire
 Reserve d'eau dans
 le lit mineur du
 BAO BOLON

Station de pompage
 remplissage
 Retenue 1

UNITE AUTOMOME
 D'EXPLOITATION
 Station de pompage

Station de pompage
 d'exhaure des eaux
 de drainage

Digue frontière

Alimentation des rizieres
 gambiennes par station de
 pompage

PLATEAU

Canal alimenté gravitairement
 par la Gambie

Zones basses
 salées

Ouvrage de prise à clapet

I - L E M I L I E U N A T U R E L

1.1. - Le climat

Le climat est de type sahélo-soudanien , caractérisé par une saison sèche prolongée et une saison des pluies bien définie et de plus courte durée, généralement de Juin à Octobre, avec les plus fortes précipitations en Août.

Une appréciation du climat qui règne sur la vallée se fera à partir des données moyennes disponibles pour Nioro du Rip, qui est le poste le plus proche. Il existe des stations pluviométriques à l'intérieur de la vallée, mais les chiffres disponibles sont peu fiables.

Les relevés n'étant pas régulièrement effectués, nous les fournissons à titre indicatif ci-après , ainsi que les valeurs d' ETP, calculées pour Kaolack.

Données climatologiques

M O I S	Pluie mm	T° en °C			H R %			EVAPO piche mm	INSOLA- TION hrs/mois	E T P mesure
		max	min	moy	max	min	moy			
Janvier	-	35,0	11,6	23,3	77,9	32,8	55,4	221,4	264,7	138
Février	-	36,8	14,2	25,5	79	29,6	54,3	235,3	279,3	142
Mars	-	37,4	16,4	26,9	65	23,8	44,4	309,7	299,9	201
Avril	-	39,5	19,3	29,4	65,5	26,1	45,8	345,1	303,7	203
Mai	4,3	39,5	21,4	30,5	70,9	31,6	51,3	291,3	302,6	198
Juin	73	36,9	23,4	31,1	81,2	50,8	66	213,2	247,9	176
Juillet	208,9	32,9	23,9	28,4	90	67,9	80	118,3	240,2	140
Août	316,6	31,7	23,5	27,6	93,6	75	84,3	69,4	230,3	133
Septembre	214,3	32,2	22,8	27,5	93,8	77	85,3	58,5	210	121
Octobre	68,9	34	22	28	93,4	67,9	80,7	86,3	243,5	135
Novembre	2,2	36	17,5	26,8	86,2	45,8	66	146,7	230	130
Décembre	0,9	34,4	14,4	24,4	73,6	34,8	54,2	208	266,5	126
Année	889,1	35,5	19,2	27,4	80,8	46,9	63,9	2 303,2	3 118,6	1 843

A remarquer

- pour les pluies la période considérée porte sur 25 ans, la normale établie sur 30 ans donne un total de 927 mm avec une pointe de 355 mm en Août avec une fréquence quinquennale de 260 mm.
- pour les températures et l'humidité relative, la période considérée porte sur 5 ans (1968/72). Cette période est de 2 ans pour l'insolation et 5 ans pour l'évaporation.
- la fréquence quinquennale du mois d' Août est de 175 mm.

Tableau des pluies classées en mm

	Pluie totale	Pluie du mois d' Août
11	493 ,5	135,0
2	493,5	157,5
3	509,1	162,5
4	595,4	171,2
5	598,4	172,2
6	602,1	172,7
7	628,7	194,3
8	650,3	204
9	657,4	211,9
10	679,7	217,4
11	684,7	231,8
12	702,7	254,5
13	710,5	262,8
14	738,7	265
15	758,7	296,8
16	763,4	302,5
17	776,8	316,9
18	880,1	326,8
19	913,4	331,8
20	1000,9	353,8
21	1028	360,4
22	1034,2	367,5
23	1051,4	398,2
24	1063,7	576,1
25	1081,5	621,1
26	1099,3	790

STATION NIORO-DU-RIP

Pluviométrie en millimètres et dixièmes

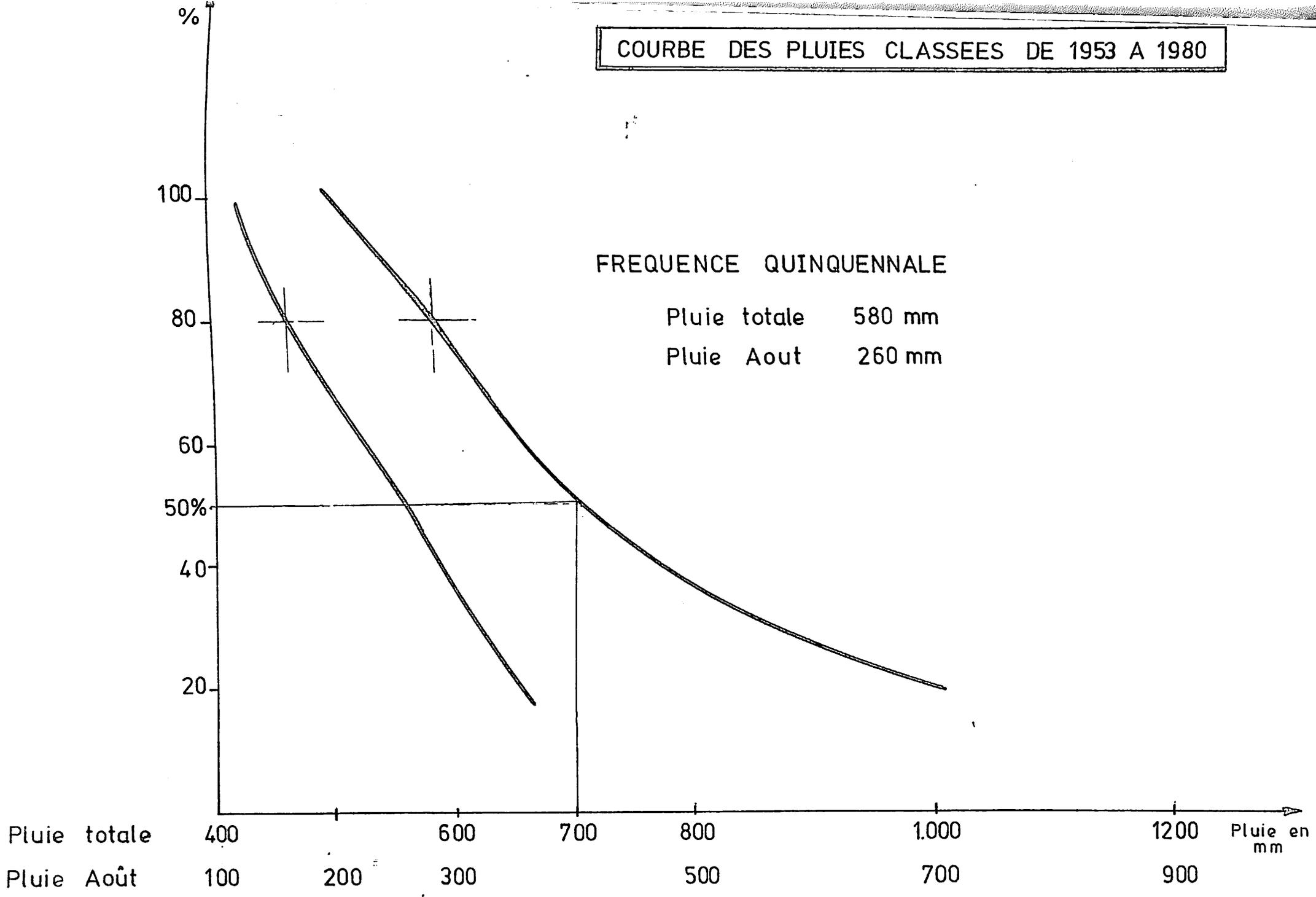
	Jan.	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc	An
1952					204	588	X	X	X	X	X	X	X
uteur	.	.	.	.	2	5	X	X	X	X	X	X	X
bre de jours	.	.	.	.					
1953													
uteur	.	.	.	.		446	2334	3268	3033	1264	.	.	10345
bre de jours	.	.	.	.		4	17	16	16	4	.	.	57
1954													
uteur	.	129	.	.	.	753	1752	5751	1631	621	.	.	10637
bre de jours	.	3	.	.	.	5	12	17	9	4	.	.	50
1955													
uteur	.	.	.	.	530	1354	2089	3982	2563	475	.	.	10993
bre de jours	.	.	.	.	2	10	13	21	18	2	.	.	66
1956													
uteur	.	.	.	.		1061	1276	1722	1894	576	.	45	6574
bre de jours	.	.	.	.	.	5	9	15	12	2	.	1	44
1957													
uteur	.	.	.	.		756	1549	1350	1843	1607	.	.	7105
bre de jours	.	.	.	.	.	8	9	17	12	10	.	.	56
1958													
uteur	.	.	.	.		870	1354	6211	1952	422	05	X	X
bre de jours	.	.	.	.	.	5	10	23	12	2	1	X	X
1959													
uteur	.	.	.	.	42	760	1353	3318	1206	118	X	X	X
bre de jours	.	.	.	.	1	4	11	16	12	2	X	X	X
1960													
uteur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
bre de jours	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1961													
uteur	.	.	.	.	.	3124	1727	1576	420	.	.	.	6847
bre de jours	.	.	.	.	.	13	21	10	4	.	.	.	48
1962													
uteur	.	0,1	.	.	0,1	806	769	3169	671	475	192	.	5984
bre de jours	.	1	.	.	1	5	11	19	19	5	1	.	52

STATION NIORO-DU-RIP

Pluviométrie en millimètres et dixièmes

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc	An
1963													
Pluie de jours	.	.	.	.	.	246	2530	1712	1759	1521	.	.	7768
Pluie de jours	.	.	.	.	.	4	16	21	13	14	.	.	68
Pluie de jours	13	.	.	22	23	789	2404	3675	1807	68	.	.	8801
Pluie de jours	2	.	.	1	1	8	17	20	18	4	.	.	71
Pluie de jours	.	.	.	.	0,1	1549	1277	2174	2161	447	25	.	7634
Pluie de jours	.	.	.	.	1	6	12	15	19	7	2	.	62
Pluie de jours	X	X	X	X	X	1294	702	2119	3429	1590	X	X	X
Pluie de jours	X	X	X	X	X	12	9	17	20	14	X	X	X
Pluie de jours	.	.	.	.	0,3	631	2358	3538	3298	685	.	.	10514
Pluie de jours	.	.	.	.	1	6	16	21	18	8	.	.	70
Pluie de jours	.	.	.	.	.	442	1858	790	1402	443	.	.	4935
Pluie de jours	.	.	.	.	.	5	5	53	17	6	.	.	38
Pluie de jours	.	.	.	.	.	165	3708	3025	2617	494	.	.	10009
Pluie de jours	.	.	.	.	.	3	18	19	19	8	.	.	67
Pluie de jours	.	.	.	.	0,4	372	1362	2650	1248	318	.	.	5954
Pluie de jours	.	.	.	.	2	4	10	19	11	2	.	.	48
Pluie de jours	.	.	.	.	.	974	1771	2968	2082	192	.	.	7387
Pluie de jours	.	.	.	.	.	5	12	19	14	2	.	.	52
Pluie de jours	.	.	.	.	.	804	494	1943	1447	247	.	.	4935
Pluie de jours	.	.	.	.	.	6	4	13	9	5	.	.	37
Pluie de jours	.	.	.	.	.	742	1457	2318	1356	148	.	.	6021
Pluie de jours	.	.	.	.	.	4	11	16	8	2	.	.	41

COURBE DES PLUIES CLASSEES DE 1953 A 1980



- l' E T P est intrapolée à partir des valeurs mesurées à Bambey et Séfa. Nous rappelons que l' E T P , calculée par TURC pour Kaolack est de 1920 mm.

L'examen de ce tableau portant sur les données climatiques montre :

- pluie : la saison dure de Juin à Octobre, avec les plus fortes précipitations en Août. Nous précisons que l'irrégularité interannuelle est très grande ; les variations pouvant aller du simple au double. Enfin, la pluie ne dépasse E T P que durant Juillet, Août, Septembre.
- les températures les plus élevées se rencontrent de Mars à Mai. A partir de Juin, elles descendent progressivement jusqu'en Juillet, pour rester stationnaires jusqu'en Novembre, pour recommencer à tomber. Nous constatons l'existence d'une courte période fraîche de Décembre à Février. Mais des températures inférieures à 10°C sont rarement rencontrées durant cette période.
- degré hygrométrique : il atteint son maximum en saison des pluies.

1.2. - Hydrologie

Le Bao Bolon est un défluent de la Gambie. En saison de pluies, cette dépression fonctionne à la fois en impluvium recueillant les eaux de pluie et de ruissellement et en trop plein de la Gambie qui y déverse des eaux de salinité variable.

Le régime des eaux est lié à la localisation géographique et à la position altimétrique des zones.

La vallée peut être schématiquement divisée en 2 parties de régimes hydrologiques différents :

- la zone amont de la digue frontière
- la zone aval de la digue frontière

1.2.1. - Hydrologie de la zone amont

Le réseau hydrographique est composé de marigots souvent morts en année de pluviométrie moyenne.

Les principaux éléments sont :

- le bras central , long de 40 Km, qui communique directement avec la Gambie,
- le bras Ouest, qui prend naissance dans la région de Nioro du Rip

- le premier bras Est, c'est le 1er bras de la rive gauche
- le 2ème bras Est, qui rejoint le bras central en amont, au niveau du village de Dialo-Kounda.

Dans le bras central, il existe un lit mineur plus ou moins défini, appelé chenal, de largeur variable, de faible profondeur, à part quelques bas-fonds localisés.

~~Il n'y a pas d'écoulement perceptible en saison sèche.~~ Ce phénomène a été confirmé par les mesures effectuées par la DEH au cours de l'hivernage 79 sur les bassins analogues du marigot de BAILA et de la SONGROUGROU, au Sud-Ouest de la Vallée du Bao Bolon.

Ainsi à la station de TOUKARA, sur le marigot de BAILA, on a relevé une lame de ruissellement de 1,24 mm représentant à peine 0,16 % de la hauteur de pluie (BV = 324 Km²)

A la station de SARE FODE, sur le SONGROUGROU, le débit moyen ruisselé a été de 30 % sur une période de 3 mois et pour une hauteur de pluie de 1300 mm. Sur un BV de 2.000 Km, ce résultat représente une lame d'eau ruisselée tout à fait négligeable de 0,1 mm.

Pendant l'hivernage , la vallée se trouve inondée essentiellement en raison :

- des eaux pluviales et de la remontée de la nappe qui affleure dans les dépressions
- de l'apport des eaux de crue de la Gambie.

En résumé, le régime hydrologique de la zone amont peut être schématisé comme suit ; l'accumulation de l'eau dans la vallée est le résultat de 3 composantes :

- l'une verticale : la pluie
- la deuxième horizontale : le débordement de la Gambie
- l'apport en provenance du bassin amont, tout à fait négligeable.

1.2.2. - Hydrologie de la zone aval

En aval de la digue frontière, le Bao Bolon communique avec la Gambie.

L'étude hydrologique de la zone aval (SCET - International 1964) a permis de dégager les conclusions suivantes :

- l'existence d'une période durant laquelle la salure des eaux se maintient à des valeurs très basses, voisines dans le Bao Bolon de 1g/l du côté du Katchang.

./.

- cette période porte presque dans tous les cas sur une durée constante de 3,5 mois à 4 mois environ pour le Bao Bolon à Katchang.

- les dates limites du début de cette période sont peu variables d'une année à l'autre. Elles se situent généralement à 1 mois ou 1,5 mois après le début de la crue, c'est-à-dire entre le 30 Juillet et le 15 Août.

On dispose à cet égard des données hydrologiques de l'étude de 1968, relevées à la station de Katchang en Gambie en 1964.

Il n'a pas été possible d'obtenir pour l'instant les renseignements hydrologiques depuis 1968, cette station étant gérée par les services Gambiens. Toutefois, l'évolution des hydrogrammes de crue à la station de GENOTO de 1974 à 1979 (Cf annuaires hydrologiques O R S T O M) permet de constater qu'à l'exception des années 1977 et 1978, les crues sont restées semblables avec un léger décalage dans la manifestation des pointes de Septembre vers Octobre.

Ainsi les effets de sécheresse se sont moins fait sentir que sur le Fleuve Sénégal par exemple, sans doute en raison de l'exposition et du couvert végétal du Bassin versant propre à la Gambie.

Les résultats relevés sur les hydrogrammes sont les suivants :

STATION DE GENOTO

	<u>JUILLET</u>	<u>AOÛT</u>	<u>SEPTEMBRE</u>	<u>OCTOBRE</u>	<u>NOVEMBRE</u>
74 - 75	0,50	3,50	<u>8</u>	7,20	1,86
75 - 76	0,73	2,53	7,53	<u>9,02</u>	0,71
76 - 77	0,79	4,42	<u>4,67</u>	1,75	0,72
77 - 78	0,61	1,85	<u>3,44</u>	1	0,50
78 - 79	1,69	6,20	7,45	<u>7,80</u>	0,99
79 - 80	1,71/0,50	2,96/1,69	4,07/2,32	3,16/1,69	2,12/ 0,65

Pointes enregistrées

1967	10,75
1968	7,95
1969	8,50
1970	7,82
1971	6,65
1972	4,53
1973	7,36
1980	4,07

La durée de la crue passe de 3,5 mois (15 Juillet-15 Novembre) en 74/75 à 2,5 mois (15 Août-1er Novembre) en 77/78, mais remonte à 3,5 mois (Juillet - Novembre) en 1979.

En 1980, la crue a fait son apparition le 27 Juillet (1,15 m) et la décrue s'est amorcée à partir du 20 Novembre , soit une durée globale de 4 mois.

Les problèmes de salinité des eaux de la Gambie

Les mesures de salinité effectuées en 1964 ET 1967 indiquaient que le seuil acceptable de 1 gramme de résidu sec par litre est atteint vers la mi-Août au niveau du Bao-Bolon et reste inférieur à cette valeur pendant toute la période de crue.

De 1974 à 1979, les services d'hydrométéorologie Gambiens ont mesuré à environ 100 Km de Banjül, soit à proximité de l'embouchure du Bao-Bolon, des taux de salinité mensuels dont les résultats caractéristiques sont les suivants :

STATION DE MESURE		ANNEE DE MESURE	
N°	Distance de Banjül en Km	D A T E	T A U X
13	103	21/7/74	13,6
		19/8/74	1
		17/11/74	0,6
13	103	12/9/75	0,38
		13/11/75	0,29
		20/12/75	4,25
13	103	26/8/76	7,85
		16/9/76	1 -
		27/10/76	0,4 -
		9/11/76	4,9
		14/11/76	4,30
		9/12/76	1,8
		24/12/76	2,9
13	103	14/6/77	26
		2/11/77	1,54
		7/12/77	6,0
13	103	11/1/79	2,5
		12/1/79	3,4
		13/2/79	9,6

./.

X En rapprochant ces résultats partiels de ceux obtenus en 1964 et 1967, il est possible d'envisager une alimentation en eau douce à partir de la Gambie pendant 3,5 mois à 4 mois, du 25 Août au 15 Décembre en moyenne. Un décalage de la crue provoquant un retard de la disparition de la langue salée après le 15 Août entraîne consécutivement des eaux douces au-delà du 15 Décembre.

1 2.3. - Hydrogéologie

Selon les résultats de l'étude effectuée par l' IRAT en 1966, les variations de la nappe au niveau même de la vallée du Bao Bolon peuvent se décomposer en trois phases :

- 1 phase ascensionnelle dans le lit majeur débutant vers fin Juillet - début Août. La vitesse de montée d'abord lente s'accroît progressivement.
- 1 phase de stagnation au niveau maximum observée vers la mi-Septembre. A ce moment, la nappe est quasi partout affleurante et se mélange à la nappe superficielle qui se forme à partir des pluies. L'amplitude de variation peut atteindre des valeurs de 1m au centre de la dépression à 2,70 m sur les zones de bordure.
- 1 phase de descente qui s'amorce vers fin Septembre. Celle-ci est plus lente et plus régulière que la montée.

D'après les données de l'étude hydrogéologique du Continental terminal réalisé en 1976 par le B R G M entre le SINE , la GAMBIE et la vallée du Bao Bolon (Rapport BRGM 76 DAK D2), la nappe phréatique pourrait être exploitée dans cette zone avec un débit fictif continu de l'ordre de 50 m³ /h, soit un volume prélevé annuel de 450.000 m³.

Le toit de la nappe , à proximité de la vallée du Bao Bolon oscille entre 0 et - 2,5 IGN et son épaisseur varie du SUD au NORD de 60 à 20 mètres. Les essais effectués sur le forage de Keur Madiade1 a donné 90 m³/h et d'après les essais sur le sondage P16 de Keur Moussa poste , proche de la vallée, on peut espérer tirer d'un forage de 60 à 70 mètres de profondeur, un débit de l'ordre de 50 m³/h.

L'eau de la nappe est du type chlorurée sodée avec un taux de sels de 100 à 200 mg/l.

Enfin, il est important de retenir que le débit souterrain qui s'écoule vers la rivière est insignifiant, et que les eaux souterraines sont salées.

1.3. - Ressources en sol

1.3.1. - Généralités

Le Bao Bolon constitue une dépression entaillée dans le Continental Terminal (C.T.). Le témoignage de la complexité des phases de creusement et de colmatage de cette entaille est marquée au niveau de la zone de bordure par la superposition des dépôts argileux et des passes sableuses. La zone centrale de la dépression est plus homogène avec une texture argilo-limoneuse qui descend jusqu'à plus de 2m de profondeur.

La vallée comprend trois bras : le bras principal, le bras Ouest et le bras Est. Le bras principal est long de 40 Km avec des largeurs variables suivant les emplacements : 2 à 3 Km à l'aval, 750 m à Kabakoto et 200 m à Sinti Ndao. Il y a donc rétrécissement de la vallée vers l'amont.

La vallée se caractérise par un lit mineur qui est mal défini avec des dépressions séparées par des seuils plus ou moins importants. La cote du lit mineur se situant en dessous de 0 marin, le Bao Bolon dispose de faibles possibilités d'écoulement d'amont en aval. Les côtes de la dépression par rapport au niveau marin fluctuent entre - 2m et + 1m. A cette dépression se raccorde par une pente douce le plateau (altitude moyenne entre 30 et 40 m. La surface inondable est d'environ 5.000 Ha.

1.3.2. - Contraintes de mise en valeur

Les principales limitations à la mise en valeur du Bao Bolon sont l'eau, la topographie, la salure et l'acidité .

a) - L'eau

L'aménagement hydraulique de lère phase, à partir d'une prise d'eau sur la Gambie assurera chaque année un volume d'eau minimal ce qui ne pouvait être garanti dans le cas des cultures pluviales.

Cet apport d'eau supérieur aux précipitations annuelles modifiera dans un sens favorable les conditions d'évolution de salinité des sols.

b) - Topographie

Les secteurs cultivables présentent des superficies relativement longues et étroites avec une faible déclivité jusqu'au pied du lit majeur. La récente période de sécheresse qui s'étend sur près de 10 ans a provoqué avec la diminution des débits d'écoulement une sédimentation du lit mineur qui disparaît pratiquement par endroit. Cette nouvelle morphologie est favorable à la réalisation de parcelles de rizières et devrait permettre d'étendre vers le lit mineur les surfaces à aménager telles que prévues au projet 1968.

c) - La salure

D'après les mesures effectuées en 1966 par l' IRAT, la salure était élevée. En effet, d'une part la salure moyenne des sols s'élevait à 9 mmho/cm, mais d'autre part, les extrêmes allaient de 1 à 60 mmho/cm. Ainsi des sols très salés sont imbriqués dans les zones modérément salées.

En 1968, les rendements prévisibles en riz avaient été déterminés en fonction de la salinité du sol et des nappes superficielles.

Sol peu salé	(ES < 8 mmho/cm)	/	Rendements bons
Nappe peu salée	(ES < 8 mmho/cm)	/	
Sol peu salé	(ES < 8 mmho/cm)	/	Rendements accep-
Nappe moyennement salée	(8 < ES < 20)	/	tables
Sol moyennement salé	(8 < ES < 16 mmho/cm)	/	Rendements accep-
Nappe peu salée	(ES < 8 mmho/cm)	/	tables
Sol moyennement salé	/	/	
et nappe moyennements	/	/	Rendements médiocres
salée	/	/	
Sol très salé	(ES > 16 mlho/cm)	/	Rendements nuls
Nappe très salée	(ES > 20 mmho/cm)	/	

En raison de la texture très fine des sols, argilo limoneuse en général, sur environ 2 m, il est difficile de se prononcer à priori sur les qualités de drainage des sols. Aussi, il s'avère indispensable d'envisager des essais de perméabilité pour pouvoir dégager des mesures appropriées.

E.S. = Conductivité de l'extrait saturé

Depuis les études de 1966, le Sénégal est entré dans une période de sécheresse qui a dû probablement modifier la salure dans les sols du Bao Bolon. Au cours de la dernière décennie, le front de salinité a logiquement avancé vers l'amont de la Gambie, comme cela s'est produit pour les fleuves Casamance et Sénégal. Le dessalement du fleuve s'est alors effectué sur une période relativement plus longue qu'en période normale de bonne pluviométrie. L'évaporation ayant eu donc le temps d'agir sur les eaux saumâtres qui recouvrent la partie aval du Bao Bolon, il a pu se produire une accumulation de sel, les cuvettes ayant fonctionné en salants. En revanche, la hauteur des crues pendant la période de sécheresse ayant sensiblement diminué, la remontée des eaux salées de la Gambie dans le lit du Bao Bolon a dû être moins prononcée.

Une campagne de mesures de salinité dans les terres à aménager est donc indispensable pour connaître le degré d'évolution de la salure dans cette zone.

Toutefois, on doit noter aussi la disparition de certains groupements végétaux due notamment à la baisse de la nappe phréatique et à la salure des sols, ceux-ci étant remplacés par des tans souvent stériles mais récupérables pour la riziculture grâce à un dessalement obtenu par lessivage.

d) - Acidité

[La forte acidité des sols est sans doute un obstacle à la mise en valeur beaucoup plus important que la salure. Au-dessous du pH 3,5 à 3,0, l'alumine et le fer sont libérés et les sols sont impropres à toute culture.

La dernière décennie n'a pas manqué de modifier les caractéristiques des sols hydromorphes sulfatés acides. Ces modifications portent principalement sur les caractéristiques physico-chimiques avec des manifestations très visibles au niveau des groupements végétaux. Par analogie avec d'autres milieux (mangroves de Casamance et de Gambie) on peut craindre qu'il y ait eu accentuation de l'acidité dans les sols du Bao Bolon.

On sait en effet que la forte acidité des sols de mangrove s'explique essentiellement par l'acidité d'échange et l'acidité due à l'oxydation des polysulfures avec formation d'acide sulfurique libre. Les conditions de sécheresse favorisent précisément cette oxydation des polysulfures présents dans les sols de mangroves dus soit aux apports marins, soit aux racines de palétuviers (décomposition). Dans la mesure où la majeure partie de ces sols n'est couverte d'eau (condition de réduction) que pendant un temps très court, ce sont les conditions d'oxydation qui dominent. et dans ce cas, le pH prend des valeurs faibles.

./.

Toutefois, dans la zone considérée, un autre type d'évolution a pu également se produire.

Dans des conditions d'assèchement encore plus marqué (ce qui est le cas par rapport à la partie aval de la Gambie), on assiste à la libération de sels (de fer, calcium, etc ...), qui ont un effet "tampon". Ainsi au lieu de continuer à s'abaisser, le pH se stabilise et remonte même à des valeurs avoisinant 4,5 à 5.

L'évolution mal connue des sols du Bao Bolon et le caractère incomplet des données de 1966 (il n'existe pas de carte pédologique) font apparaître comme indispensables des études pédologiques complémentaires en vue précisément d'établir cette carte pédologique.

1.3.3. - Améliorations possibles des sols

1.3.3.1. - Possibilités de dessalement

Les études de salinité des sols et des nappes (superficielles et phréatiques) effectuées en 1964 (ORSTOM) (1), ont montré qu'il sera difficile (à court terme) d'envisager un dessalement définitif et complet des sols du Bao Bolon (faible perméabilité et salure élevée sur certains sols). Cependant, un apport suffisant d'eau doit permettre une amélioration relativement satisfaisante de la situation des horizons superficiels et autoriser la riziculture. En outre, il faut faire remarquer que les secteurs retenus pour les aménagements comprennent principalement (plus de 70 %) des terres de catégorie 1 définies comme peu salées ou dessalables. Pour les terres de la classe 1 a (zones à vocation rizicole bonne), la conductivité de l'extrait 1/5, en début de saison sèche est en moyenne égale à 1,6 millimhos sur les cinquante premiers cm de sol (Soit 11 mmho/cm en extrait saturé). Pour les tans (zones peu favorables) pour le même horizon cette conductivité est égale à 4,6 Millimhos (ES = 32 mmhos). Faute de mesures de salinité sur plusieurs années sur des différentes classes de sols, il est impossible de préciser le taux de dessalement que l'on peut obtenir pour des hauteurs pluviométriques déterminées. Cependant, à titre indicatif notons que des mesures effectuées en 1964 sur des profils des terres de classe 1 a ont mis en évidence un dessalement moyen de 60% sur l'horizon de surface entre le 12 Juin et le 10 Août.

La salure est passée de moins d' 1 mMho/cm à moins de 0,5 mMho/cm (extrait 1/5) (7 à 3,5 mMho/cm en extrait saturé).

./.

(1) Etudes des relations Sol-Eau - ORSTOM 1965

Notons qu'à cette date, la pluviométrie annuelle était de 460 mm. D'autre part, il convient de rappeler que la Gambie est dessalée, en général, (moins de 1,5 g/l) à partir du 1er Août.

De ces deux indications (les seules disponibles dans le contexte du Bao Bolon), on peut raisonnablement retenir qu'une pluviométrie de 300 mm permettra de dessaler d'au moins 30 % l'horizon superficiel des terres retenues pour la mise en valeur. Ceci fait passer la conductivité E.S. maximum de 9 mMhos de ces terres à 6,5 mMhos permettant ainsi le repiquage avec peu de risques. On peut noter qu'à cette date, la hauteur annuelle de 300 mm est atteinte et dépassée près de 9 années sur 10, soit 90 % des cas. (CF données pluviométriques de la station de Nioro du Rip sur 25 ans).

On voit donc que les risques de non dessalement de l'horizon superficiel à la date du 15 Août restent très faibles même s'ils ne sont pas complètement écartés.

1.3.3.2. - Les risques de non dessalement

On vient de noter qu'il subsiste au 15 Août près de 10 % de cas de non dessalement. La solution dans ces cas précis, consiste à retarder le repiquage de 15 jours afin de permettre un dessalement suffisant des sols avant le repiquage. Puisqu'en outre, il est prévu de pomper dans la Gambie à partir du 15 Août, une partie de cette eau pourra être utilisée pour renforcer l'action du lessivage par les pluies. Mais ceci ne sera que très rarement nécessaire, car 9 années sur 10 la hauteur pluviométrique de 300 mm est atteinte et même dépassée à la date du 31 Août.

Toutefois, le décalage du repiquage de 15 jours ne manquera certainement pas d'entraîner une dépression dans le rendement. Cependant, il est très difficile d'évaluer cette chute de rendement sans expérimentation préalable. En effet, le taux de baisse dépendra de plusieurs facteurs, notamment climatiques et météorologiques (températures, photopériodisme, risques de resalinisation, etc ...). On sait qu'il peut facilement varier entre 10 et 50 %.

Ainsi à titre indicatif, pour la variété Taïchung, le rendement obtenu avec un semis du 18 Août est significativement inférieur de 48 % au rendement du premier semis fait le 21 Juillet. La baisse n'est cependant que de 19% si le semis intervient le 4 Août, soit quinze jours plus tard.

En s'appuyant sur ces indications , on peut raisonnablement retenir qu'avec la variété SR 26 B, relativement résistante au sel, la baisse de rendement n'excèdera pas 20%. L'effet de resalinisation n'interviendra pratiquement pas puisque l'on assure un apport d'eau non salée pendant tout le cycle du repiquage à la maturation.

II - AGRO SOCIO ECONOMIE

2.1. - Situation actuelle

2.1.1. - Population

a - Cadre administratif

En 1968, l'essentiel de la vallée du Bao-Bolon se trouvait dans le département de NIOURO DU RIP , appartenant lui-même à la région du Sine Saloum.

La réforme administrative de 1974 portant création des communautés rurales a modifié les structures des départements. Ainsi, la vallée du Bao-Bolon est située sur deux départements (Nio du Rip et Kaffrine) et quatre arrondissements (Paoskoto, Médina Sabakh , Birkilane, N'Ganda) auxquels s'ajoute la communauté rurale de Kathioth au Nord, dont dépend un ou deux villages intéressés au projet.

Le nouveau cadre administratif a bénéficié de la mise en oeuvre de la loi sur le Domaine National pour affirmer son rôle. L'application de cette loi est effective depuis 1974 dans la zone étudiée.

Les communautés rurales disposent d'une emprise régionale sur le Bao-Bolon. Celle de Prokhane englobe le bras Ouest, celle de Médina Sabakh le premier bras Est et celle de Kaymor le deuxième bras Est. Parmi les trois communautés rurales concernées, Mabo et Nganda se situent dans la partie Nord, là où le défluent est le moins important et Paoskoto, qui bien que proche de la zone médiane , s'étend à l'intérieur des terres le long de la route nationale (Cf. carte 1 en annexe).

L'importance de chaque communauté rurale peut être appréciée à partir des chiffres de population de 1977 fournis par les sous-préfectures :

POPULATION			
Prokhane	11.000	Paoskoto	19.000
Mabo	11.000	Médina Sabakh	14.000
Kaymor	8.000	N'Ganda	10.000

./.

b - Villages concernés par l'aménagement

L'étude de 1968 avait considéré comme village rizicole susceptible d'être intéressé par un aménagement futur, tout village ayant possédé des rizières à une certaine époque dans la vallée, même pendant une période assez brève.

Cette notion de " Village rizicole " n'a plus grande signification aujourd'hui puisque la riziculture irriguée a été totalement abandonnée dans le Bao-Bolon depuis 1968.

Par ailleurs, il est apparu nécessaire de tenir compte des nouveaux villages qui se sont créés au cours des 10 dernières années, le plus souvent par éclatement de villages anciens.

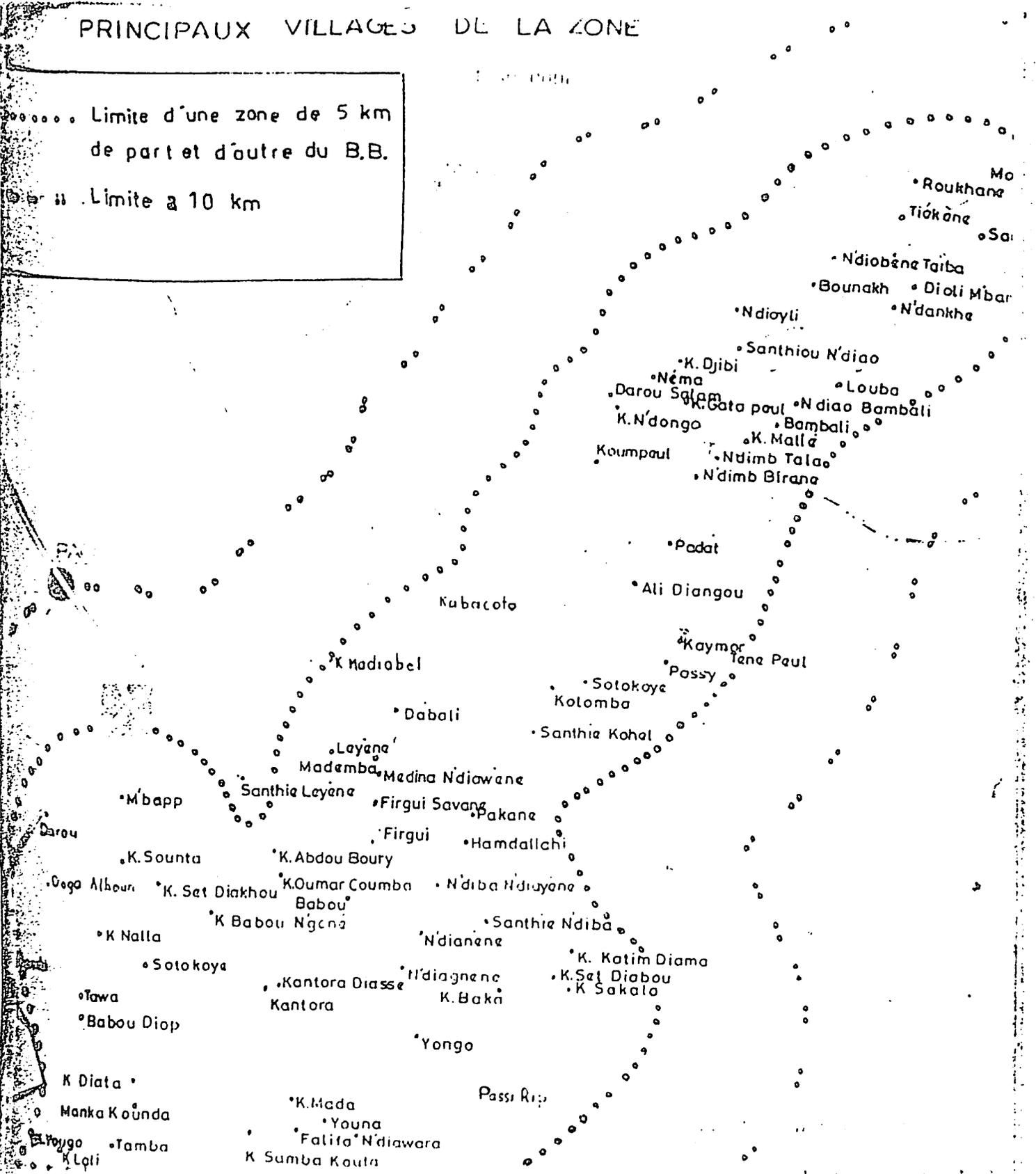
Ces changements nous ont conduit à considérer comme villages susceptibles d'être intéressés à l'aménagement de la vallée tout village situé à moins de 5 Km de l'axe principal du Bao-Bolon et de ses bras principaux.

Comme le montre la carte II, tous les " villages rizicoles " de 1968 sont inclus dans la zone du projet dont l'aire est de 510 Km². La liste des villages concernés par le projet a été établie sur la base des renseignements communiqués au niveau des sous-préfectures. Leur répartition par arrondissement et communauté rurale est la suivante :

C R Paoskoto	16 villages	(1967)
C R Prokhane	20 villages	
- Arrondissement de PAOSKOTO	<u>36 villages</u>	35
C R Kaymor	14 villages	
C R Médina Sabakh	27 villages	
- Arrondissement de MEDINA SABAKH	<u>41 villages</u>	35
C R de Mabo	13 villages	
- Arrondissement de BIRKILANE	<u>13 villages</u>	7
C R Nganda	6 villages	
C R Kathioth	1 village	
- Arrondissement de NGANDA	<u>7 villages</u>	3
T O T L	<u>97 villages</u>	80

PRINCIPAUX VILLAGES DE LA ZONE

..... Limite d'une zone de 5 km de part et d'autre du B.B.
 ○ ○ ○ ○ Limite à 10 km



c - Données démographiques

La zone du projet est relativement peuplée. Les quatre arrondissements concernés comptent 167. 000 habitants avec une densité moyenne de 40 habitants/Km². La population susceptibles de bénéficier de l'aménagement du Bao-Bolon est évaluée à 20.332 habitants soit 12 % de la population totale. La population des 97 villages proches du Bao Bolon est indiquée à l'annexe 1 et la taille des différents villages par la carte III.

Population totale des arrondissements

Arrondissements	Population totale	Superficie Km ²	Densité h/Km ²
Paoskoto	46 523	954	48
Medina Sabakh	30 410	609	49
N'Ganda	30 138	1 200	25
Birkilane	59 960	1 072 (+ Mabo)	-
T O T A L	167 031		40

Source : Recensement administratif 1977

Population concernée par l'aménagement

Arrondissements	Population	%	% de la population totale des arrondissements
Paoskoto	8 300	40,8	17,8
Médina Sabakh	8 809	43,4	29,0
Birkilane	1 734	8,5	2,9
N'Ganda	1 489	7,3	4,9
Population de la zone	<u>20 332</u>	100	12,2

Il apparait que les populations des arrondissements de Paoskoto et de Médina Sabakh sont les plus concernées par la mise en valeur du Bao-Bolon.

d - Structure de la population

Les différentes classes de population se définissent comme suit :

- Hommes et femmes représentent les personnes actives de plus de 15 ans, imposables .
- Garçons et filles représentent les enfants théoriquement de moins de 15 ans. En fait, la notion d' âge exact est très floue.
- Les exempts sont les vieillards qui ne peuvent plus travailler.

D'après le dernier recensement administratif, la structure de la population est la suivante, exempts exceptés (Cf Annexe 1)

	% (1977)	Population du projet	% (1966)
Hommes	51,34	10 440	45,77
Femmes	26,27	5 342	32,00
Total des actifs	77,62	15 782	77,77
Enfants	22,38	4 550	20,75
Exempts	-	-	1,46
T O T A L	100	20 000	100

Deux anomalies apparaissent :

- le déséquilibre population masculine/population féminine
- le pourcentage élevé d'actifs.

Les causes de ces distorsions sont bien connues :

- le système de distribution des semences d'arachide attribue 60 Kg par femme ayant droit et 110 Kg aux hommes, ce qui conduit à surestimer le nombre d'hommes au détriment des femmes lors des recensements administratifs.
- la surestimation du nombre d'actifs s'explique par le fait qu'il y a dans les tranches d'âge 6 à 14 ans et plus de 55 ans, un nombre d'actifs non négligeable en raison du faible taux de scolarisation et du niveau de développement du pays. Un autre facteur qui influe sur le nombre d'actifs est l'arrivée des navetanes qui sont pris en considération dans le recensement.

En conclusion, nous admettons que le recensement administratif indique correctement l'importance numérique de la population et sa répartition géographique mais qu'il ne reflète pas la réalité en ce qui concerne sa structure.

Il s'avère donc nécessaire pour avoir une structure de la population plus proche de la réalité de procéder à un réajustement.

- Structure de la population de la zone

Cette correction est faite sur la base des résultats de l'enquête démographique portant sur 23 villages de la communauté rurale de Kaymor (arrondissement de Médina Sabakh) réalisée par l' ISRA en 1975.

Les résultats globaux de l' ISRA ont été les suivants :

43,3 % de 0 à 15 ans
50,2 % de 15 à 65 ans
2,5 % plus de 65 ans.

Ces ratios appliqués à la population de la zone conduisent aux résultats suivants :

- enfants	0 à 15 ans	:	9 864
- actifs	15 à 65 ans	:	10 468
- exempts	plus de 65 ans	:	521
			<hr/>
			20 853

En admettant un coefficient d'équivalence en actifs de 1 pour les hommes (sans doute moins pour l'ainé astreint à des obligations sociales) , 0,7 pour les femmes, 0,45 pour les enfants de 10 à 14 ans et les vieillards de plus de 65 ans, on peut estimer le nombre d'actifs à 50 % de la population totale.

- Nombre d'actifs par carré

A la notion de ménage, nous préférons celle de "carré", unité d'habitat collectif regroupant plusieurs ménages sous l'autorité du chef de carré. Le chef de carré répartit les terres et fournit les facteurs de productions aux " surgas " (dépendants) pouvant être des célibataires de la famille. Un ménage peut être considéré comme "surgas" selon qu'il exploite ou non sa propre terre ou qu'il participe ou non au tour de cuisine du carré.

Communautés rurales	Paoskoto	Prokhane	Banite Kaye	Taïba Niassene	Total
Population	16 000	10 022	7 000	6 263	39 285
Imposable	11 000	6 126	5 800	4 022	26 948
Nbre de villages	121	55	39	22	237
Nbre de carrés	1 669	1 119	629	486	3 903
Nbre de personnes/ carré	10	9	11	13	10

Sur la base des ces résultats, on peut estimer que les villages concernés par le projet regroupent 2 085 carrés avec une moyenne de 10 personnes par carré et 5 actifs.

Répartition ethnique et professionnelle

En 1968, la répartition ethnique était la suivante :

- Ouolofs	78 %
- Toucouleurs	18 %
- Peulhs	3 %
- Divers	1 %

L'évolution de ces dix dernières années semble se faire à l'avantage des Ouolofs de confession mouride. Cependant, les tidianes restent largement majoritaires dans la région - l'influence des marabouts est grande à l' Ouest du Bao-Bolon où se trouvent les centres religieux de Prokhane, Darou Salam, Touba Saloum - Plus au Nord dans l'arrondissement de Birkilane se trouve le village de Ségré Secco dont le Marabout est renommé . A l' Ouest dans l'arrondissement de Paoskoto, le village de Touba Niassène est à l'origine d'une confrérie de tidianes. Ces différentes sectes vivent en harmonie d'après les renseignements recueillis auprès des autorités locales.

Les classes professionnelles sont peu diversifiées. On rencontre une très grande majorité d'agriculteurs, plus de 85%, moins 10% d'éleveurs et quelques artisans, commerçants et transporteurs . La population se divise sur le plan social en nobles, captifs et artisans. Cette répartition intervient dans l'organisation sociale (un captif ne sera pas chef de village par exemple).

e - Mouvements de population- Mouvements naturels (Taux d'accroissement)

Le taux d'accroissement naturel des populations du Sine Saloum ressortait à 3,19 % d'après l'enquête 1970-1971. Les informations disponibles au niveau des arrondissements ne permettent pas de vérifier ce taux de croissance.

En ce qui concerne la zone polarisée par l'aménagement, nous avons comparé la population de 67 villages qui ont été l'objet d'une enquête démographique en 1966 réalisée par la SCET-International et leur population actuelle. Il ressort de cette comparaison un taux d'accroissement moyen de 2,28 %.

Villages de l'arrondissement	Recensement SCET-Inter	Recensement administratif	Taux d'accroissement
Paoscoto	5 003	6 474	2,37
Medina Sabakh	5 422	7 032	2,39
N'Ganda	650	816	2,09
Birkilane	594	633	0,58
TOTAL	11 669	14 955	2,28

A titre indicatif, notons que pour l'arrondissement de Médina Sabakh le nombre de villages est passé de 92 villages en 1970 à 103 villages en 1975, pour l'arrondissement de Paoskoto de 243 villages en 1966 à 252 en 1972, ce qui traduit une tendance à la formation de petits villages à la recherche des terres.

- Mouvements migratoires

En l'absence de données globales, nous nous référerons à l'enquête ISRA réalisée en 1975 sur 23 villages de la communauté rurale de Kaymor dont la population totale était de 8 639 habitants.

Les émigrants sont principalement de l'éthnie ouolof et leur classe d'âge se situe entre 15 ans et 35 ans et ce sont en majorité des célibataires appartenant à des " classes sociales " distinctes (nobles, captifs et artisans).

Les raisons principales de leur départ sont par ordre d'importance :

- le manque de terre, (occasionné par la dépendance qui résulte des rapports sociaux),
- la recherche de la dot ,
- le manque de semence ,
- le manque d'outils.

Les immigrants viennent de régions diverses : Guinée (Peulhs) , Sénégal , Gambie ; leur classe d'âge se situe entre 20 et 40 ans. Certains ont le statut de salarié (phénomène récent) et sont logés, nourris et rémunérés après la commercialisation. D'autres sont des travailleurs saisonniers qui viennent participer à la culture de l'arachide mais avec la possibilité d'exploiter des terres et certains ont fini par rester dans la zone.

L'enquête ISRA fait apparaître un solde migratoire positif pour la région, ce qui confirme le mouvement migratoire ancien vers la zone arachidière.

. Immigrants	:	1,00 %
. Emigrants	:	0,35 %
Solde		+ 0,65 %

On peut être surpris de constater que des habitants quittent la région par manque de terre alors que d'autres viennent s'y installer. L'explication se situe au niveau des structures sociales (Cf. 3). En effet, l'activité rurale est régie d'une part par les rapports familiaux traditionnels et d'autre part par des facteurs économiques. C'est dans le but de dissocier ces deux contraintes que certains membres d'une famille émigrent (célibataires, gendre ...).

f - Typologie des exploitations

Le bassin versant du Bao Bolon et la zone d'étude proprement dite affichent une même identité : des cultures diversifiées dans un système pluvial. Les cultures pratiquées sont : l'arachide, le mil, le sorgho, le maïs, le coton et le riz à l'état de traces.

Les différences entre exploitations résident plus dans des critères morphologiques (tailles, nombre d'actifs, équipements, revenus, etc ...)

Les sources d'information actuelles (ISRA, SODEVA) ne permettent pas de cerner avec précision les différents types d'exploitation de la zone du projet.

Aucune recherche bien approfondie et poursuivie n'a été menée spécifiquement sur le sujet concerné. Les seules investigations sont :

- celles d'ordre général effectuées au niveau de la région du Sine Saloum par la SODEVA et qui devraient être soumises à une reprise, n'étant plus d'actualité ;
- celles très localisées et certes bien fouillées de l'Institut de recherche agronomique dans les unités expérimentales de THYSSE KAYMOR mais situées en dehors de la zone d'étude ;
- et nos propres investigations socio-économiques menées en Avril 1978.

Nous donnons ici successivement, les résultats de l'analyse de ces différentes données, en définissant l'exploitation simplement comme unité économique de production.

1) - Typologie d'exploitation décrite par la SODEVA

Il ressort de cette étude de la SODEVA, 6 types d'exploitation résumées dans le tableau ci-après, qui reposent sur des critères tels que : capital terre, équipement, revenus, intensification.

Tableau 1 - Extrait de SODEVA 1978 : Typologie des exploitations du Sine Saloum.

Désignation	Superficie cultivée	Superficie par actif	Equipement (houe)	Engrais Kg/ha	Intensification	Revenu/Actif F CFA	%
Exploitations petites intensives	5	2,14	61	42	faible	26 000	8,8
Exploitations petites intensives	4,6	0,99	81	55	forte	16 000	10,7
Exploitations moyennes intensives	12,1	3,48	41	43	faible	43 000	18,9
Exploitations moyennes petite capacité de travail	11,4	2,28	53	47	moyenne	35 000	11,5
Exploitations moyennes forte capacité de travail	10,4	1,51	64	48	moyenne	23 000	28,5
Exploitations grandes	26,3	3,16	46	46	moyenne	46 000	21,6

L'intensification correspond ici à l'utilisation des différents thèmes :

- thèmes légers TL
- traction bovine TB
- traction bovine + fumure forte : TBFF

Ils se caractérisent par une différenciation des méthodes de culture, mais également des revenus acquis. Aussi, la valeur ajoutée et le revenu agricole actif se présentent ainsi pour 3 thèmes :

	<u>TL</u>	<u>TB</u>	<u>TBFF</u>
Valeur ajoutée/ha (F CFA)	21 250	25 930	35 930
Revenu agricole/actif (F CFA)	20 250	24 650	34 800

(Extrait du projet de promotion rurale du Sine Saloum , Bilan technique 1977/78).

2 - Typologie d'exploitation identifiable à partir des résultats de la recherche agronomique à l' Unité expérimentale de Thyssé Kaymor.

3 types d'exploitation ont été identifiés selon les critères suivants : taille SAU/actif, intensification, équipement , disponibilité, d'où le tableau suivant :

Types exploi- tations	Taille (ha)	SAU/actif (ha)	Intensifi- cation	Degré Equipement	Bilan céréaliier	Revenu agric/hbt	Revenu actif (CFA)
I	> 20	> 2,5	70 %	Bien	>400Kg/t	> 30 000	>60 000
II	10 à 20	1,5 à 2	40 %	Moyen	210 à 300	15 à 30 000	30 à 60 000
III	2 à 10	< 1	20 %	Faible	<210	<15 000	<20 000

3 - D'après ces enquêtes menées dans le cadre de la présente étude, l'exploitation agricole est assimilée dans la région du projet à la notion de carré, qui est une unité composée des membres d'une même famille. Le chef de carré répartit les terres et dispose des moyens de production.

Les exploitations de la zone peuvent être classées en deux grandes catégories selon la force de travail et la valeur ajoutée par ha.

- les exploitations à forte capacité de travail avec une superficie par actif (1) de 1,5 à 1,7 ha, relativement bien équipées mais faiblement intensives avec une valeur ajoutée d'environ 30 000 F/ha.
- les exploitations à moindre capacité de travail, 1,7 à 2,0 ha /actif, bien équipées et obtenant une valeur ajoutée par hectare de l'ordre de 60 000 F.

La surface cultivée du carré se répartit en moyenne comme suit entre les différents membres :

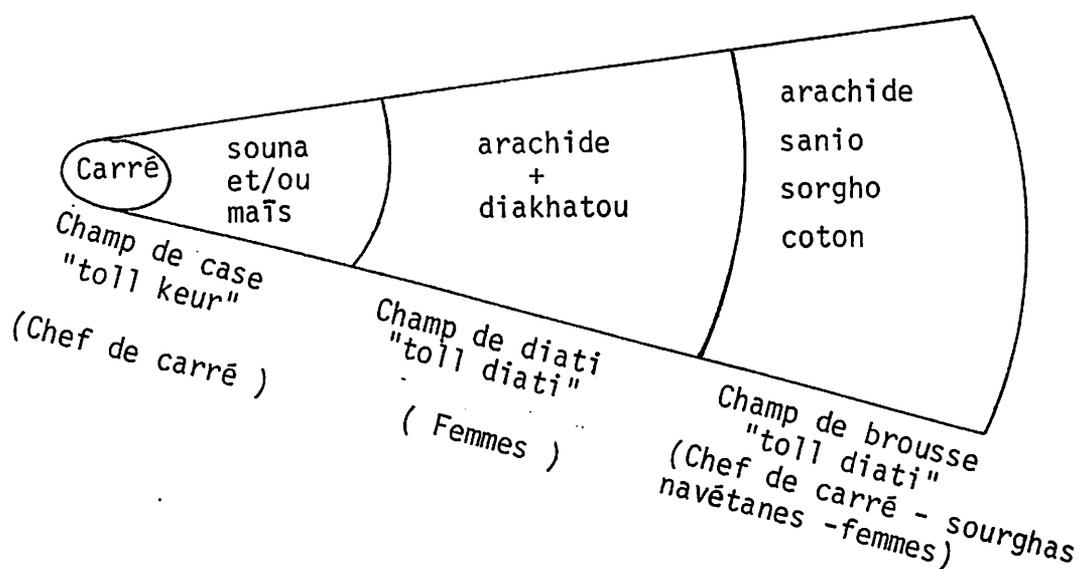
./.

(1) actif : personne âgée de plus de 15 ans et de moins de 65 ans.

Chef de carré	41,6 %
Femmes	20,8 %
Fils (sourghas)	25,0 %
Navétanes	23,6 %

Il résulte des enquêtes effectuées dans la zone de Nioro du Rip en 1971 que les hommes consacrent en moyenne 63,4% de leur temps, en période d'hivernage, aux cultures contre 37,2 % pour les femmes.

La disposition des parcelles autour du carré, et la succession des cultures s'organise selon le schéma ci-dessous.



Ces différentes soles sont soumises à des rotations de cultures régulières. Ces rotations dépendent de l'éloignement et de l'appartenance des champs (selon J.Monnier et P. Talibart 1971 : Contribution à la définition de l'exploitation agricole au Sénégal, Exploitation et Intensification).

./.

Les rotations suivantes sont communes:

Champs de case

A l'origine : souna - souna
 Plus tard : Maïs / coton / souna
 ou
 Souna / Coton / sorgho
 ou
 Souna / arachide / sorgho

Champs de diati

A l'origine : jachère/arachide/mil/arachide
 Ensuite : mil/arachide/sorgho/arachide

Champs de brousse

jachère / arachide / mil
 et
 jachère/arachide pour les navétanes.

g - Niveau technique

Le niveau technique de l'agriculture peut être apprécié à partir du degré d'équipement en matériel des exploitations agricoles, la consommation moyenne en inputs et le niveau de productivité. La consommation d'engrais de la zone est d'environ 27 unités fertilisantes par hectare cultivé contre 21,5 unités pour la région du Sine Saloum.

Engrais	Zone du projet Kg/ha	Région Kg/ha
8 - 18 - 27	38,2	30,0
14 - 7 - 7	19,8	16,5
Urée	1,4	1,1
Phosphate	2,6	2,1
Unité d'engrais/ha	26,9	21,5

Il apparaît à travers les statistiques disponibles que le niveau d'équipement agricole de la zone serait nettement supérieur à la moyenne de la région du Sine Saloum, bien qu'aucune explication soit en mesure de justifier cette différence qui est en contradiction avec le nombre de paires de boeufs disponibles.

Equipement existant pour 1 000 hectares cultivés	Zone du projet	Région du Sine Saloum
Houe Sine	1,9	16,0
Houe Occidentale	0,45	3,5
Semoir Super Eco	1,7	14,0
Charrettes	2,9	15,3
Paires de boeufs	50,4	21,8

La productivité de l'agriculture en sec de la zone bien que très variable selon le " statut de l'agriculteur " c'est-à-dire les temps de travail consacrés à la culture est tout à fait comparable à la moyenne régionale.

Rendements obtenus selon le statut social de l'agriculteur
(IRAT - 1973)

Statut	Cultures				
	Arachide	Mil (sorgho)	Sorgho	Coton	Maïs
Chef de carré	2 117	1 120	402	1 950	2 784
Femmes	1 384	-	112	1 244	-
Sourghas	2 097	-	-	-	-
Navétanes	1 127	-	-	-	-

Le rendement moyen des dix dernières années, pour les deux cultures principales, arachide et céréales, est légèrement supérieur dans la zone à la moyenne régionale, ce qui est cohérent avec le gradient pluviométrique.

<u>Rendements</u>	<u>Zone du projet</u>	<u>Sine Saloum</u>
Moyen(Kg/ha)		
Arachide	1 000	830
Céréales	650	550

h - Calendrier de travail et temps disponible

Il est difficile de donner avec certitude des évaluations de temps de travail car les contradictions sont fréquentes entre les sources d'information et de plus, il existe une relation évidente entre la qualité du travail, le temps passé et la productivité.

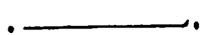
D'après les enquêtes effectuées par l' IRAT en 1973 et sur la base de calendrier cultural diffusé par l' ISRA de Kaolack, il apparaît que le temps disponible par carré pour une activité complémentaire est extrêmement restreint comme le montre le graphique ci-après et les temps de travail consignés à l' Annexe I. On estime à 900 jours par an le temps de travail consacré aux champs pour la moyenne des carrés soit 180 journées par équivalent actif.



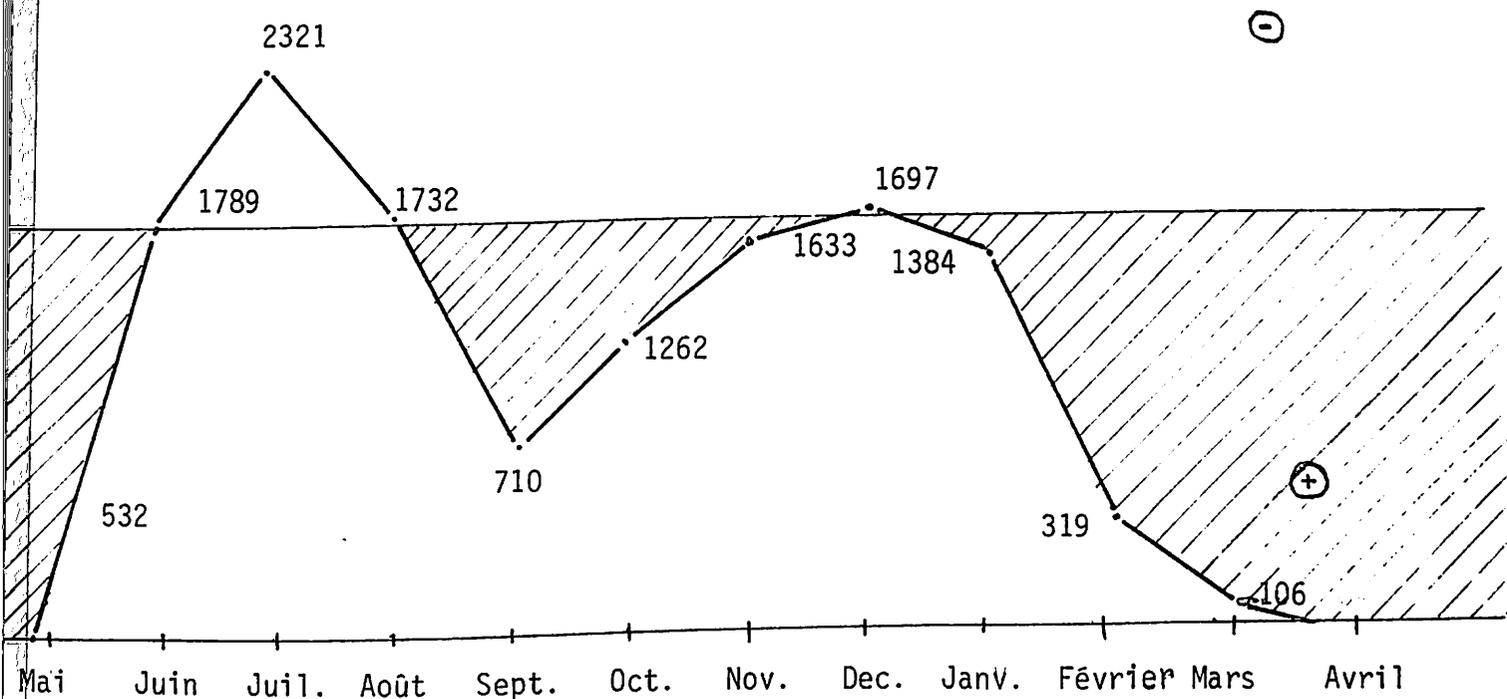
Temps disponible



Limite équivalente à 8 H de travail/j pendant 30 j pour le carré de 7 actifs



Représente la courbe d'activité du carré pendant la saison des cultures .

NB : Activités aux champs avec cultures citées ci-dessous.

Le graphique montre que le projet risque de se heurter à un blocage de main d'oeuvre en hivernage, toute spéculation irriguée étant concurrentielle du système de production en sec. Ceci signifie que les productions agricoles irriguées retenues par le projet devront soit répondre à des besoins prioritaires pour les paysans de satisfaction de l'autoconsommation (riz) soit être plus rémunératrices que les cultures en sec.

En se familiarisant avec la maîtrise de l'irrigation, on peut penser que l'agriculteur se consacrera en priorité aux cultures irriguées d'hivernage.

2.1.2. - La production agricole

2.1.2.1. - Production végétale

a - Système de production

L'agriculture de la zone est une agriculture en sec basée sur la culture de l'arachide qui entre en rotation avec les céréales traditionnelles (sorgho et pénicillaire). L'introduction du coton depuis 1963 n'a que faiblement modifié le système de culture du bassin arachidier.

Les statistiques disponibles (tableau 1) nous conduisent à évaluer la superficie cultivée dans la zone du projet à 23. 000 ha. Les principales productions sont les suivantes :

Cultures industrielles	. arachide	: 14 800 ha (64,4 %)
(66,9 %)	. coton	: 580 ha (2,5 %)
Cultures vivrières	. céréales	: 7 500 ha (32,6 %)
(33,1 %)	. autres	: 120 ha (0,5 %)

		23 000 ha

Dans les arrondissements limitrophes du projet, la densité de population est forte (40 h/Km²) et l'espace rural relativement saturé avec près de 50 % de la superficie géographique cultivée. La mise en valeur du Bao Bolon permettrait, outre la diversification des activités agricoles, de diminuer la pression qui s'exerce sur les terres avec comme conséquence la réduction des durées de jachère et la dégradation des sols.

b - Evolution de la production

La production actuelle de la zone du projet est la suivante :

Production	Rendements moyens des 10 dernières (Kg/ha)	Production moyenne (T)	Production 1976(1)(T)
Arachide	1 000	14 800	18 500
Céréales	650	4 875	6 750
Coton	850	500	600
Autres	-	200	-
////////////////////	////////////////////	////////////////////	////////////////////

(1) SODEVA , ISRA

Le disponible moyen en céréales (210 Kg/habitant) couvre
les besoins des populations rurales

- production moyenne	:	4 875 T
- semences et prêts (10 %)	:	487 T
<hr/>		
disponible	:	4 388 T
disponible (Kg/habitant)	:	210 Kg

D'après la structure de la consommation de céréales en milieu rural indiquée par I.U.T. (198 Kg de mil maïs plus de 17 Kg de riz par tête); la zone du projet dégagerait un excédent moyen de 250 T de mil et importerait 355 T de riz (550 T de paddy).

Compte tenu de la variabilité des pluies dans les régions soudano-sahéliennes, les productions moyennes n'ont guère de signification. Les statistiques disponibles montrent que la variation de production est d'environ :

- + 25 % pour l'arachide
- + 30 % pour les céréales

Ceci montre l'intérêt, tant du point de vue de la minimisation des aléas climatiques que du maintien des équilibres écologiques, de diversifier les systèmes de production par l'introduction de l'irrigation.

(SODEVA -1976 -77)

Tableau 1

	REGION DU SINE SALOUM	ARRONDISSEMENTS				TOTAL	AIRE DU PROJET
		Paoskoto	Médina S	Birkilane	N'Ganda		
Surface géographique (Km ²)	23 939	954	609	1 200	1 100	3 863	510
Population rurale	773 889	42 049	25 707	58 700	28 233	154 689	20 853
Nombre de carrés	73 728	4 205	3 082	5 854	3 105	16 256	2 085
Surface cultivée (ha)	908 040	45 456	33 131	78 108	33 844	190 539	23 000
. Arachide	(66,4 %) 603 513	-	-	-	-	(67,0%) 127 620	14 000 (64,4%)
. Céréales	(32,8 %) 297 488	-	-	-	-	(30,3%) 57 723	7 500 (32,6%)
. Coton	(0,7 %) 5 977	-	-	-	-	-	580 5 2,5%)
. Autres	(0,1 %) 1 162	-	-	-	-	(2,7%)	
Nombre d'habitants/carré	10,50	10,0	8,34	10,01	9,09	9,52	10,0
Surface cultivée/carré	13,32	10,81	10,75	13,32	10,90	11,72	11,03
Surface cultivée/actif (1)	2,35	2,16	2,58	2,66	2,40	2,46	2,21
Surface cultivée/surface géographique (%)	37,9	-	-	-	-	49,3	45,1

(1) Population active équivalente : environ 50% de la population totale.

2.1.2.2. - La pêche

Bien qu'aucune donnée précise ne puisse être fournie, il apparaît que l'activité de la pêche dans le lit du Bao Bolon est loin d'être négligeable.

Cette pêche se pratique à l'aide de fascines et de nasses placées en travers du lit mineur.

Cette méthode de pêche est évidemment à proscrire dans le cas de l'aménagement hydro-agricole de la zone car les fascines présenteront une gêne sensible à l'écoulement des eaux dans le lit mineur aménagé.

Etant donné les apports de protéines procurés par cette exploitation halieutique, il conviendra toutefois de ne pas interdire cette activité en autorisant les cultivateurs à pêcher à l'aide de filets mobiles ou de nasses comme cela se pratique dans le canal de la Taouey au Lac de Guiers.

2.1.2.3. Elevage

a - Caractéristiques de l'élevage

L'élevage bovin de la zone est du type sédentaire, à court rayon d'action, exception faite des bovins dressés pour la culture attelée. Si la plupart des agriculteurs possèdent des bovins, ces derniers sont généralement confiés à des " gestionnaires " (peulhs ou sérères) qui recrutent des bergers pour assurer la surveillance des troupeaux, la taille moyenne des troupeaux serait de 75 têtes. Mais 30 % des troupeaux recensés comptent 150 à 200 têtes. Depuis les dernières années de sécheresse, on assiste à un éclatement des grands troupeaux.

Les petits ruminants constituent un élevage de case en grande partie autoconsommés lors des fêtes. La possession du petit bétail et des volailles contribue à minimiser les risques dus aux mauvaises années agricoles. L'importance du petit bétail est liée à la présence de jeunes enfants dans le groupe familial qui en assurent la garde. L'élevage serait l'activité principale de 20 % de la population rurale.

Comme dans tout le bassin arachidier, le rôle économique de l'élevage est secondaire et tient essentiellement à la production de lait, à la fourniture de travail et à la fumure en saison sèche des champs de case (toll keur)

La vallée du Bao Bolon constitue pour l'élevage une réserve fourragère et une zone de cure de sel. Mais en raison de l'irrégularité des apports d'eau douce et de la salure des eaux, il ne semble pas que la vallée joue un rôle important dans la stabilité de l'élevage de la région.

Néanmoins, nous estimons qu'au niveau des zones de plateau, il n'existe aucune différence fondamentale entre végétation des aires de parcours hors Bao Bolon et la végétation du Bassin versant de la zone d'étude. Cependant, dans les zones salées (tannes herbacées, mangroves), il existerait une végétation typique halophile. Aucune étude précise n'existe encore sur la valeur nutritive des paturages naturels de la zone.

Cependant, on peut noter dans les bas fonds :

- Brachiaria sp
- Maspolum sp
- Digitaria sp

Par ailleurs, en nous référant aux végétations des zones écologiques proches de celles du Sine Saloum, notamment celles de la haute et moyenne Casamance, on peut retenir au niveau des plateaux les espèces suivantes, telles que les décrit Biné Habas dans recherches fourragères en Casamance (1967 - 68 IRAT) :

Graminées

Chloris geyana
 Panicum sp
 Panicum maximum
 Pennisetum purpureum
 Panicum coloratum
 Eragrostis sp
 Andropogon gayanus

Légumineuses

Pueraria

Autres

Digitaria
 Cassia

b - Effectifs

Les statistiques établies par les services de l'élevage et résumées dans la tableau 2 montrent que le cheptel est numériquement important dans la zone d'étude, ce qui expliquerait l'état de dégradation du couvert végétal.

Le cheptel de la vallée du Bao-Bolon, telle que définie précédemment peut être évalué à :

Bovins	:	21 900 têtes
Petits ruminants	:	16 700 têtes
Anes, chevaux	:	3 100 têtes

Equivalent bovin	27 000
Volailles	100 000

La charge moyenne, exprimée en équivalent bovin, serait d'une tête pour 2 ha. Bien qu'inégalement répartie, les plus gros propriétaires étant les commerçants et les Peuhls, la possession moyenne du cheptel est la suivante :

	<u>Dép. de Nioro</u> (Tête/carré)	<u>Zone du projet</u> (Tête/carré)
Bovins	8,5	10,5
Petits ruminants	8,5	8,0
Volailles	46,3	48,0

La force de traction disponible dans la zone est d'environ une paire de bovins dressés pour 20 ha cultivés et un âne ou un cheval pour 7,5 ha cultivés ce qui est encore nettement inférieur à l'optimum d'un attelage pour 6 à 8 ha.

c - Estimation de la production animale

L'évaluation de la production animale est basée sur les paramètres de production moyenne reconnus par les services de l'élevage dans la région et le poids moyen des carcasses enregistrées lors des abattages contrôlés. Rappelons-les brièvement :



Tableau 3

		BOVINS	OVINS/ CAPRINS	VOLAILLE	TOTAL
Effectifs		Têtes			
		21 900	16 700	100 000	
VIANDE	Taux d'exploitation %	8	25	60	
	Nombre de têtes abattues	1 752	4 175	60 000	
	Poids moyen carcasse Kg	140	20	1	
	Production viande et abats tonnes	295	95	60	450
		65,5%	21,1%	13,4%	100 %
LAIT	Taux de lactation %	20	30		
	Femelles en production	4 380	5 010		
	Production moyenne/tête Kg	220	20		
	Production de lait tonnes	965	100		1 000
		90,6 %	9,4 %		100 %

- Bovins
 - . Viande Taux d'exploitation 8%
Poids moyen carcasse 140 Kg
plus 20 % abat.
 - . Lait 1/3 des vaches produisent 220 l
de lait.
- Petits ruminants
 - . Viande Taux d'exploitation 25 %
Poids moyen carcasses 25 Kg
plus 13 % abats
 - . Lactation 50 % des femelles adultes pro-
duisent 20 l de lait
- Volailles Taux d'exploitation 60 %

Ceci nous conduit à estimer les productions animales du Bao-Bolon à environ 450 Tonnes de viande et 1 065 tonnes de lait. Le disponible par habitant et par an,

. Viande	21,6 Kg
. Lait	51 Kg

serait légèrement supérieur à la moyenne nationale.

Pour conclure , disons que si l'élevage n'est qu'une activité secondaire pour les agriculteurs de la zone, il conserve néanmoins une grande importance car il est considéré, peut-être à tort, comme un des meilleurs moyens de s'enrichir, et la possession d'un troupeau confère à un propriétaire un certain prestige.

Les incidences des aménagements hydro-agricoles sur l'élevage peuvent être de deux types :

- des inconvénients
- des avantages

Les inconvénients

Ces aménagements entraînent :

. Une réduction (néanmoins faible) des parcours pastoraux

Le schéma d'aménagement prévoit l'utilisation de 80 ha au maximum pour le maraîchage, ce qui correspond dans les conditions actuelles d'élevage (moyenne de 2 ha/animal/an) aux besoins de 40 bêtes. Ceci ne change pas beaucoup la situation actuelle défavorable en contre saison (2 ha au lieu de 8 ha, norme en zone tropicale).

En hivernage, l'occupation de la vallée (2 100 ha) par la riziculture, soit la superficie nécessaire pour 1 000 bêtes, semble plus préoccupante.

Notons qu'en saison sèche, la superficie de zones pastorales s'estime à 43 000 ha puisque la zone de projet de 51 000 ha est occupée en hivernage par :

Les cultures	:	23 000 ha
Les habitants	:	6 000 ha
Les eaux	:	3 000 ha
<hr/>		
Total		32 000 ha
Zone de pâture	:	19 000 ha

En saison sèche : 19 000 ha + 23 000 + 2 000 ha
(abord des villages)

. Possible modification du système d'élevage dans les zones occupées par les cultures

Dans les zones occupées par les cultures dans l'année, l'élevage sera encore plus extensif, la transhumance sera de rigueur.

- En hivernage : 1000 têtes transhumeront vers d'autres zones pour 4 mois
- En contre saison : 40 têtes transhumeront dans d'autres lieux pour 8 mois.

. Baisse de l'intérêt pour l'élevage extensif

L'agriculteur saisonnier, devenu permanent avec l'introduction du maraîchage, pourrait concentrer le maximum de ses efforts sur ses champs de culture au détriment de son bétail.

. Amélioration de l'alimentation du bétail

- la baisse de la salinité dans les eaux et terres du Bao Bolon favorisera une flore végétale relativement moins halophile, pouvant être éventuellement d'une nature et d'une composition autre que celles existant actuellement en saison sèche.
- les champs de cultures (rizières proprement dites) serviront d'aires de pâturages après les récoltes (Novembre à Juin), recevant par ce biais les déchets fertilisants du bétail. Dans ce cas, il faudrait aménager bien sûr des parcours d'accès.

. Amélioration de l'hydraulique pastorale

Les rizières inondées en hivernage, les mares d'eau persistant en contre saison, réduiront sensiblement les problèmes de besoins en eau (quantité et qualité) tels qu'ils se posent dans la zone. Ces points d'eau minimiseront également le phénomène de transhumance tout en sauvegardant les conditions de cure de sel pour animaux.

. Une meilleure rentabilité des animaux de trait

Les animaux de trait ne sont souvent utilisés que 4 mois dans l'année dans les travaux agricoles, bien que bénéficiant d'une alimentation particulière toute l'année.

Solutions proposées

On distingue deux grandes difficultés inhérentes aux aménagements hydro-agricoles :

- la compensation des pertes d' U.F. (Unités fourragères) dans les zones de parcours mises en culture (riziculture ou maraîchage) ,
- la difficulté pour les animaux d'atteindre certains points du cours d'eau en hivernage sans piétiner les cultures. Pour le premier point, deux solutions peuvent être proposées pour étude :

./.

- 1°) - Le déclassement de certaines forêts sur une superficie équivalente à celle occupée par les cultures en hivernage et contre saison, soit un total de 3 000 ha.
- 2°) - L'utilisation des sous produits de l'Agriculture qui modifierait ainsi et sensiblement le système d'élevage.

Selon une étude la Recherche Agronomique, des valeurs nutritives sont données par certaines cultures en condition pluviale.

Culture	Quantité de paille produite en année moyenne Kg/ha	Valeurs nutritives	
		UF / Kg	% MAD / Kg
ARACHIDE	2 200	0,40 à 0,45	50
MIL SOUNA	5 000	0,30	3
MAIS BDS	3 400	0,30	10
SORGHO 51 -69	5 000	0,30	3
SORGHO x 3055	7 000	0,30	3
RIZ	2 500	0,35	10
////////////////////			

Source : E. TCHAKERIAN 1977. Séminaire ISRA - GERDAT Bambey
Utilisation des sous produits de récolte : objectifs et contraintes.

Sur l'aire du projet, on pourra retenir les potentialités suivantes :

	<u>Superficie (Ha)</u>	<u>Quantité (Kg)</u>	<u>Valeur fourragère (UF)</u> (sous produits)
Arachide (fanes)	14 000	30 800 000	15 400 000
Mil Sorgho	7 500	37 500 000	11 250 000
Riz	2 100	5 250 000	1 837 000
Total	23 600	73 550 000	28 487 500

L'arachide et les céréales fourniraient 28 500 000 UF de sous produits utilisables par l'élevage, auxquels s'ajouteraient les sous produits des cultures maraîchères.

En considérant comme valeur moyenne des besoins 5,5 UF/vache/jour (Cf mémento de l' agronome), la quantité d' UF disponible permettrait de nourrir 14 394 bovins .

Le cheptel de la vallée du Bao Bolon ayant été évalué à 27 000 équivalent bovin, les sous produits de l'agriculture utilisables permettraient donc en définitive de nourrir tout le cheptel durant six mois (ou encore la moitié du cheptel durant toute l'année).

Ces quantités ne peuvent que s'ajouter à celles des pâturages naturels puisqu'elles ne couvrent pas tous les besoins du bétail (bovins, ovins et caprins).

Il conviendra en outre de résoudre les éventuelles difficultés que poseront le ramassage et le transport de ces sous produits.

Sur le second point, les quantités d'eau existantes dans des zones non cultivées sont suffisantes en hivernage pour l'abreuvement du bétail.

En contre saison, il importera de compléter l'utilisation des eaux des canaux d'amenée des aménagements par des points d'eau supplémentaires (puits et forages).

2.1.2.4. - Niveau de revenu

La valeur ajoutée de la zone dégagée par les productions végétales et animales auxquelles il faudrait ajouter les activités annexes (salariat , pêche , artisanat ...) non quantifiées est évaluée globalement à 1 milliard de F CFA soit une moyenne de 48 000 F CFA par habitant.

a - Productions végétales

Le produit brut moyen est de 35 000 F CFA/ha.

	Production moyenne (tonnes)	Prix producteur (F CFA/T)	Produit brut millions CFA
Arachide	14 800	41 500	614,2
Céréales	4 875	33 000	160,9
Coton	500	42 000	21,0
Divers	200	-	8,9
Total millions CFA			<u>805,0</u>

Les charges proportionnelles s'élèvent en moyenne à 6 000 F / ha.

. Semences	3 100 (arachide)
. Engrais/pesticides	1 500
. Culture attelée	1 400

La valeur ajoutée de l'agriculture de la zone est la suivante :

Valeur ajoutée par :	Moyenne sur 10 ans	1976
. Hectare	29 000	38 500
. Carré	320 000	325 000
. Equivalent actif	64 000	85 000
. Journée de travail (60 journées/ha)	485	644

b - Productions animales

La valeur des productions animales de la zone est de 212,6 Millions de F CFA. La valeur ajoutée nette qui est en première approximation de l'ordre de 200 Millions F CFA représenterait 20% de la valeur ajoutée, ce qui est tout à fait cohérent avec le pourcentage de la population rurale (20 % environ) dont l'activité principale est l'élevage.

	Bovins	Petits ruminants	Volailles	Total
Product. (T. carcasse)	295	95	60	450
Prix carcasse (F/Kg)	350	450	400	-
Produit brut (millions)	130,25	42,75	24,0	170,0
Product. (T)	965	100	-	1 065
Prix F/Kg	40	40	-	
Produit brut	36,6	4,0	-	42,6
Produit brut (millions F)	141,85	46,75	24,0	<u>212,6</u>
	66,7 %	22,0 %	11,3 %	100 %

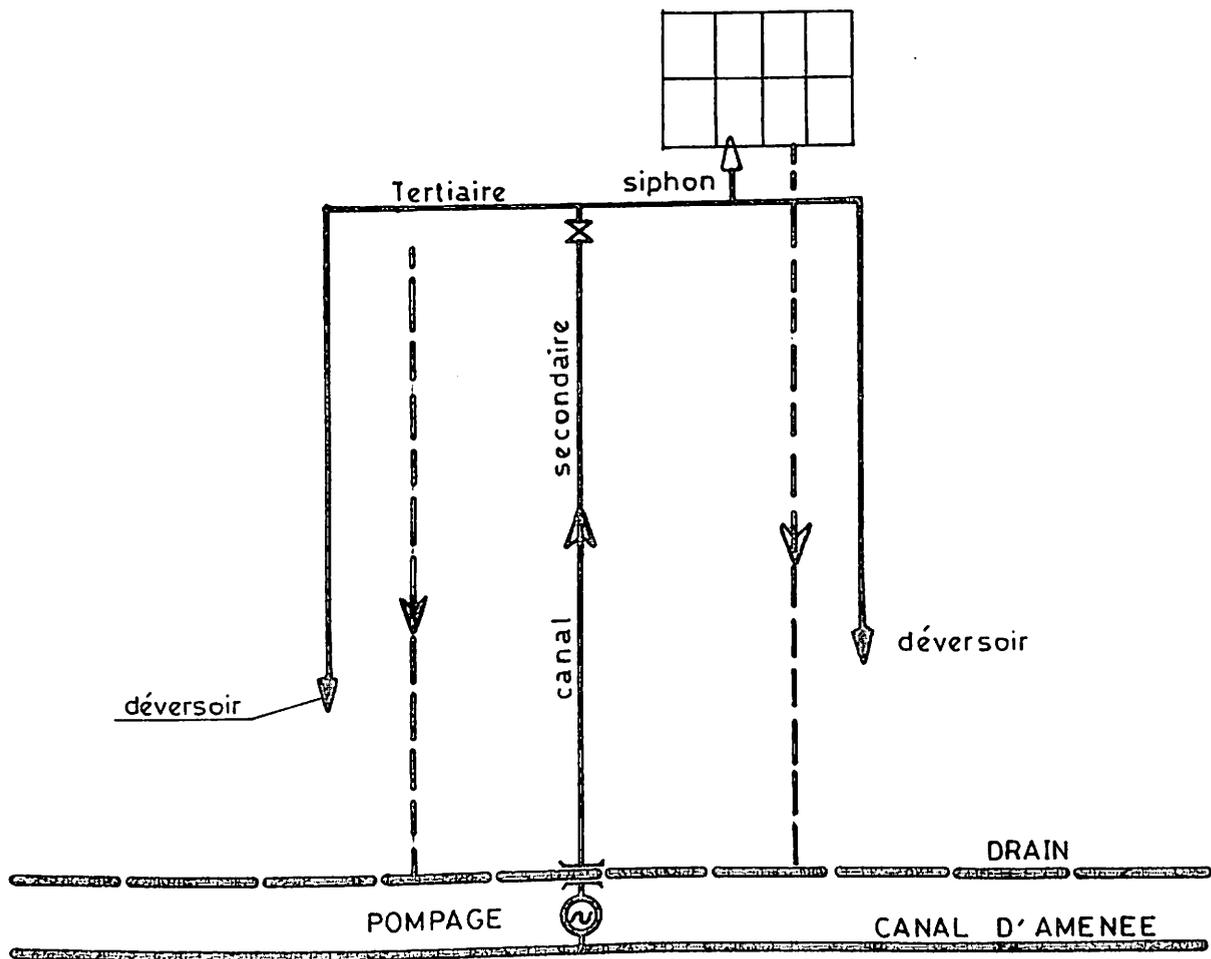
OPTION II

Cultures maraichères de contre saison
Périmètre du Bao-Bolon

CULTURES AU NIVEAU DE CHAQUE UAE (2 ha)
IRRIGATION A LA RAIE

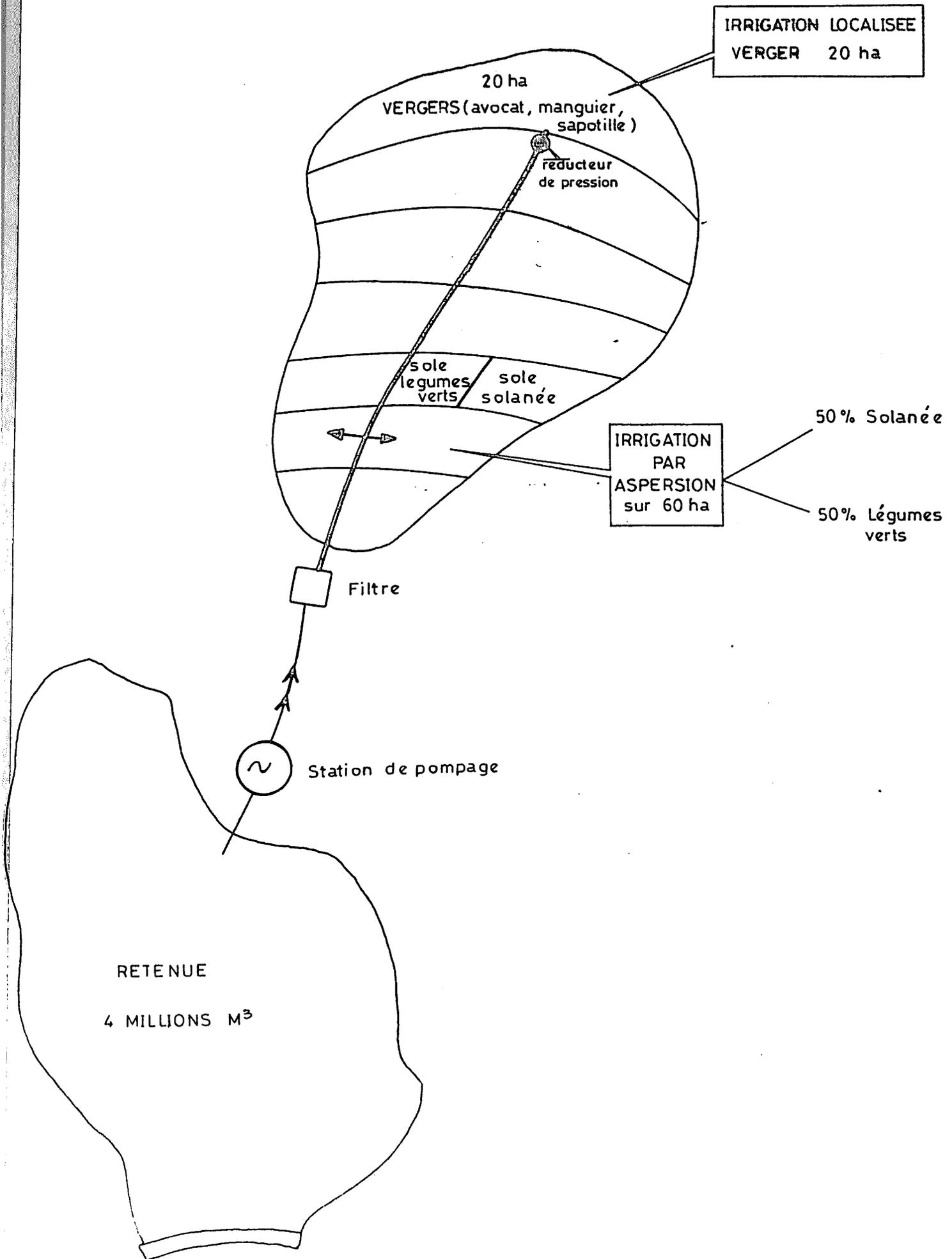
parcelle de 50 a 10 ares
2 soles en rotation

{ légumes verts, oignons
oignons



OPTION I

Cultures maraichères de contre saison
Périmètre du Bao-Bolon



2.2. - Les produits maraîchers

2.2.1. - Le marché des produits maraîchers

On trouvera en annexe 2 les statistiques relatives aux principaux produits maraîchers (piment et oignon) exportés par les Pays africains ainsi que les produits importés par la CEE (piment, haricot vert, aubergines, courges et courgettes).

Sont également reprises en annexe les études sur les structures de distribution et les circuits d'importations en France, Angleterre, Allemagne, Italie, Belgique, Danemark.

Pour le Sénégal, l'exportation des produits maraîchers a chuté depuis 1979 de 10 Millions à 4,5 Millions de Tonnes à la suite de la fermeture de la BUD. L'échec de la BUD est lié notamment aux charges excessives dues aux prix de l'eau d'irrigation (40 F/m³), aux salaires du personnel (rendement insuffisant), aux pertes de conditionnement, au coût du transport avion et à l'action des courtiers sur marché.

Ainsi, en raison de son éloignement des centres de stockage et d'embarquement situés à Dakar, la zone du Bao Bolon ne présente pas à priori, un intérêt particulier pour l'activité d'exportation des produits maraîchers. On s'attachera plutôt à favoriser l'autoconsommation et les besoins des marchés locaux.

2.2.2. - Les contraintes liées à la culture maraîchère

a - Contraintes pédologiques

La partie ménageable du Bao Bolon est constituée de sols ayant une fertilité assez médiocre : ce sont d'anciennes mangroves qui se sont acidifiées depuis leur assèchement (pH compris entre 3,5 et 4) qui présentent des degrés de salure importants et dont la teneur en argile est élevée. Il faut signaler d'autre part, la présence d'une nappe superficielle, chargée en sel, peu profonde.

Toutefois, il demeure possible d'envisager sur les hauteurs du lit majeur à caractère plus sablonneux, des cultures maraîchères sur des surfaces limitées aux besoins propres des agriculteurs et aux marchés locaux.

b - Contraintes climatiques

Le climat de la zone permet d'envisager un grand nombre de cultures de contre saison : légumes, maïs, fruits tropicaux ... Cependant, les températures d'hiver ne sont pas suffisamment basses pour le blé ; les oléagineux ont des rendements bien meilleurs en hivernage. Il sera difficile d'étaler les cultures des solénacées (en particulier la tomate) la période fraîche nécessaire à la floraison étant très courte et d'une manière générale les températures élevées de fin de saison sèche permettent difficilement de récolter des légumes après le mois d'avril.

c - Contraintes hydrauliques

L'aménagement prévoit de reprendre par pompage les eaux du chenal ménagé dans le lit mineur pour l'irrigation des rizières.

En tenant compte des contraintes pédologiques évoquées ci-dessus, on pourra aménager dans les zones les plus élevées et donc les moins soumises au sel, des parcelles consacrées aux cultures maraîchères.

Par ailleurs , l'étude du bilan hydraulique des apports de la Gambie pendant la période d'eau douce montre que l'on peut mobiliser en année moyenne environ 3,5 Millions m³ dans la retenue N° 1. (Cf.3.1.3.).

Compte tenu de l'évaporation et de la dotation en eau exigée par les cultures maraîchères entre Janvier et Avril, il est possible d'assurer l'irrigation de 80 ha environ de produits maraîchers.

En cas de remplissage insuffisant de la retenue, il est prévu de compléter celui-ci par pompage dans le chenal d'aménage tant que la prise d'eau sur la Gambie n'est pas fermée. Cette contrainte a été toutefois retenue systématiquement dans le calcul du prix de revient de l'eau d'irrigation. Les tableaux ci-joints faisant ressortir la variation du plan d'eau dans la retenue en fonction des conditions climatiques et des besoins de l'irrigation montrent que l'on peut mettre 80 ha en cultures maraîchères.

Deux options peuvent être envisagées pour la mise en culture de ces 80 ha :

1 - Option N° 1

Aménagement sur les terres du continental terminal, à proximité de la retenue, d'un périmètre maraîcher de 80 ha dont l'irrigation serait assurée , une partie en aspersion pour les cultures maraîchères, l'autre partie en localisé pour des cultures fruitières.

Les spéculations préconisées seraient les suivantes :

- 60 ha en rotation avec 50 % de solanées (tomates, aubergines et pommes de terre) et 50 % de légumes verts de plein champ (soit 20 ha d'oignons et 10 ha de tomates, choux, haricots verts).
- 20 ha d'arbres fruitiers tels que citronniers, pamplemousses, goyaviers et sapotillers. Il conviendra toutefois de préciser par une étude agronomique appropriée, dans la région, les conditions de culture de ces arbres.

2 - Option N° 2

Dans chacune des 42 unités autonomes , seraient réservés, en dehors des parcelles rizicoles, entre les niveaux 0,50 et 0,80 m, 2 ha de périmètres maraîchers irrigués à la raie à partir de prises siphonnées sur le canal secondaire.

Sur ces 2 ha , serait réalisée une culture de légumes en dérobé de contre saison. Chaque attributaire recevrait de 5 à 10 ares suivant le nombre de cultivateurs désireux de pratiquer cette culture.

On préconisera un assolement répondant aux règles agronomiques afin d'éviter la prolifération des maladies cryptogamiques et des nématodes surtout sur les cultures de solanées.

Outre les spéculations préconisées en Option II, s'ajouteraient des cultures locales (gombos, piments, oseille), dont une partie servirait à l'autoconsommation, l'autre partie serait vendue sur les marchés villageois (Nioro du Rip , N'Doffane ...).

B - Conditionnement donné à titre indicatif selon estimation Sté ex.BUD)

- Main d'oeuvre :	Melons	:	6 à 10	F/Kg
	Tomates - Poivrons	:	5	F/Kg
	Haricots verts	:	30	F/Kg
- Cartons :	Haricots	:	33,4	F/Kg
	Melons	:	21,34	F/Kg
	Tomates	:	20,83	F/Kg
- Cageots :	25 litres	:	2.000	F/Pièce , soit 25 Kg Tomates

C - Stockage chambre froide

7.500 F/To pour un mois avec une rotation moyenne de 4 à 5 jours.

Les produits maraîchers du Bao Bolon étant destinés aux marchés locaux (Kaolack, N'Doffane , Nioro du Rip), nous adopterons un abattement moyen de :

- 10 % pour dessiccation
- 8 F/To pour transport
- 15.000 F/To pour les cageots

Soit à déduire pour un ha de maraîchage :

23,05 10 ³ x 8 F/To	=	184. 400 F CFA
15.000 x 23,05	=	345. 750 F CFA
0,10 x 1.357.000	=	135. 700 F CFA
Total à déduire	=	<u>665. 850 F CFA</u>

Produits nets au niveau de l'exploitant :

$$1.357.000 - 665.850 = 691.150 \text{ F CFA}$$

Soit un revenu au Kg moyen de légumes hors frais de pompage et amortissement de matériel de :

$$\frac{691.150}{23.050} \approx 30 \text{ F/Kg}$$

Revenus vente produits maraîchers par campagne :

$$691.150 \times 80 = 55.292.000 \text{ F CFA , arrondi à } 55.000.000 \text{ F CFA/an}$$

./.

2.2.5. - Les cultures possibles

La plantation d'arbres fruitiers s'avère également possible dans la zone élevée du lit majeur, en bordure du continental terminal. La classification des fruits et légumes envisageables en fonction de leur degré de tolérance au sel est donnée par le tableau ci-après :

Tableau 1 - Classification des diverses spéculations selon leur degré de tolérance au sel

Sensibles	Semi tolérants	Tolérants
Haricots verts	Maïs	Choux rouge
Céleris	Carottes	Choux frisé
Radis	Oignon	Epinard
Pois	Choux vert	Asperges
Concombre	Tomates	Betterave
	Piment	

Les spéculations envisageables appartiennent donc à la troisième ou éventuellement à la deuxième catégorie ci-dessus définies.

La culture des asperges ne peut être envisagée dans les terrains lourds du Bao Bolon. De même, les rendements médiocres obtenus pour toutes les tubercules et toutes les plantes à bulbes dans ce type de sol argileux rendent impossible la culture de la betterave. Celle-ci reste toutefois envisageable en bordure du continental terminal.

Les choux rouges ou frisés sont des cultures d'hiver donc ne peuvent être proposées pour l'exportation car seuls sont exportables facilement les spéculations dont les besoins thermiques ne peuvent être satisfaits en cycle d'hiver en Europe, tels les haricots verts, les concombres ou les aubergines malheureusement très sensibles au sel et au pH du sol.

Les épinards peuvent s'exporter mais leur transport en frais demande certaines précautions en particulier en ce qui concerne la rapidité d'acheminement sur les marchés importateurs. En général, ce type de produit se commercialise sur les marchés européens sous forme de conserve ou de demi conserve (congelé) et envisager leur production devrait correspondre à envisager sur place l'implantation d'unités de transformation.

Le problème des tomates est très voisin de celui des épinards puisque, compte tenu des conditions locales particulièrement délicates, il ne semble pas possible de rentrer en concurrence (sur le plan de la qualité notamment) avec les grands pays traditionnellement exportateurs.

Le piment offre quant à lui de réelles possibilités d'exportation, tandis que les oignons, les carottes et le maïs pourraient couvrir une partie de la demande locale.

Il est donc intéressant d'une part, d'étudier le marché intérieur et les perspectives qu'il peut offrir aux spéculations envisageables ou à leur transformation : riz, maïs, conserves de tomates, oignons, choux et d'autre part le marché extérieur pour certains produits tels les piments ou les épinards assez tolérants en sel.

2.2.6. - Les coûts de mise en marché

a - Les prix à la production

Nous disposons pour 1980 de données relatives aux produits maraîchers commercialisés au Sénégal, précisant l'évolution des prix de détail à Dakar. Il faut noter cependant que ces prix sont très fluctuants au cours de l'année.

	Prix à la production (F CFA au Kg)	Prix sur le marché local Dakar (F CFA au Kg)
Pommes de terre	90 (3)	125 (3)
Tomates	60 (3)	150 (3)
Poivrons	60 (4)	
Choux fleurs	100 à 125 (4)	225 (2)
Choux verts	40 (3)	100 (2)
Laitues	40 à 60 (4)	190 (2)
Carottes	60 à 70 (4)	120 (2)
Navets	-	-
Haricots verts	80 à 110 (export) 30 (local)	110 (2)
Poireaux	30 à 80 F la botte	275 (2)
Oignons	50 (3)	100 (3) -175 (2)
Aubergines	90 (3)	140 (2)
Melons	95 (1)	140 (2)

Sources : (1) Relevé des prix de Mars de la Mission agricole Chinoise
 (2) Prix moyens communiqués par le CDH
 (3) D.G.P.A. (Division DAP) ./.

2.3. - Possibilités d'évolution

2.3.1. - La riziculture

Le choix des spéculations est dicté par les impératifs techniques et les conditions de marché. Dans le cas du Bao Bolon, les impératifs techniques et en particulier la nature des sols ont déterminants.

a - Rappel des contraintes pédologiques

Les sols du Bao Bolon sont du type SALES SULFATES ACIDES et présentent les caractéristiques suivantes :

- degré de salure variable mais généralement à la limite de tolérance de la plupart des cultures,
- acidité élevée avec un pH compris entre 2,6 et 4,5 , ce qui exclut certaines cultures comme le maïs (Etude IRAT 1966).

Cette situation des sols décrite dans les années 1969 a certainement évolué avec la fermeture du Bolon (endiguement) et la série d'années sèches de la décennie 70. Le résultat le plus probable de la réduction des lessivages superficiels est une augmentation de la salure des sols.

Dans l'état actuel de nos connaissances, la seule possibilité de mise en valeur est la riziculture, qui par la mise en charge d'une nappe d'eau douce permettrait de créer pendant quelques mois dans ces sols des conditions acceptables pour le riz.

Cependant, l'expérience montre que la lutte contre le sel est plus facile que contre l'acidité, le chaulage s'avérant le plus souvent prohibitif. De ce point de vue, les sols de tannes sont plus favorables à un aménagement que les sols très acides (pH < 3). En bref, le processus de dessalement des terres demande une submersion continue incompatible avec une autre culture que le riz.

b - Variétés et cycles culturaux

Durant les premières années, il est recommandé d'utiliser une variété résistante au sel afin d'obtenir des rendements convenables (3 T/ha au minimum). Les variétés les mieux adaptées au Bao Bolon sont les suivantes :

Variétés de riz	SR 26 B	D 52 - 27	I K P	Variétés sélectionnées à Djébelor
Résistance à la salure	++	+	+	++
Taille	haute	haute	haute	
Cycle (jours)	120/130	135	90/110	110/130
Rendement	5	4	8/9	5/6
Utilisation actuelle	-	Delta	Nianga	Expérimental Casamance

Nous retiendrons deux hypothèses :

- 1/ - Les possibilités de pompage dans la Gambie se limitent actuellement à une période assez brève (4 mois) allant de la mi-Août à la mi-Décembre. Dans ces conditions , il est à craindre un ressalement des terres laissées en jachère en saison sèche par le truchement de la nappe.

Nous retiendrons dans l'hypothèse suivante :

- la possibilité d'irriguer pendant 4 mois permet de faire baisser temporairement la salinité dans la zone où le riz établit ses racines mais elle est insuffisante pour obtenir un dessalement définitif des terres;
- l'emploi de variétés tolérantes au sel paraît nécessaire tant que le dessalement des terres ne sera pas acquis.

- 2/ - La réalisation du barrage sur la Gambie permettrait d'envisager une submersion annuelle pendant deux saisons de 100 jours chacune avec des perspectives de dessalement beaucoup plus favorables bien que les sols de la cuvette soient difficiles à drainer. Le processus de dessalement peut être accéléré par l'apport de gypse qui améliore la structure de l'argile et l'enfouissement des pailles pour augmenter la vitesse d'infiltration.

Une fois un certain dessalement acquis , il devrait être possible d'employer des variétés de riz plus productives (IKP) éventuellement d'introduire des cultures de diversification (légumes).

./.

En bref, nous retiendrons les hypothèses suivantes :

(Riz)

Période de pompage	Variétés	Cycle(j)	Rendement potentiel (T) pour 1 culture
Moyen terme = 4 mois/an	résistante au sel (SR 26 B - Djebelor)	120	5
Long terme = toute l'année	haut potentiel (IKP)	100	8

Le climatogramme montre que la baisse de salinité à un niveau suffisant (CES < 8 mMHos) ne peut être obtenue en raison de la brièveté de la période de pompage dans la Gambie, que par la submersion pluviale. Cette submersion d'une durée minimale de 4 à 6 semaines en raison de la faible perméabilité du sol, n'autorise pas la mise en culture avant la mi-Août.

c - Rendements prévisibles

Le taux de salinité au-dessus d'un certain seuil (CES = 10 mMHos pour le riz) intervient moins sur les rendements prévisibles en riz que la drainabilité du sol en particulier de l'horizon de surface. Seule la carte des textures et des perméabilités permettrait d'introduire des différences notables entre les rendements prévisibles des différentes mailles hydrauliques. Du fait du manque de données, nous retiendrons un rendement moyen pour l'ensemble du périmètre.

La résistance au sel du riz indiquée par le graphique ci-après montre qu'il est souhaitable d'obtenir pendant la période végétative une électroconductivité inférieure à 8 mMHos, de telle sorte que la baisse de rendement imputable au sel n'excède pas 15 à 20 % du rendement maximum de la variété. Le taux de percolation retenu (400 mm) devrait permettre cette baisse de la salinité, avec la restriction que les apports d'eau d'irrigation durant le cycle végétatif doivent être garantis afin d'éviter toute remontée du sel. L'évolution des rendements prévus est la suivante :

Rendement T/ha	Années											
	1	2	3	4	5 & suiv.	/	/	/	1	1	3	4 & suiv.
Hypothèse MT (riz d'hivernage)	2	2,2	2,5	3,5	4	/	/	/				
Hypothèse LT (riz d'hivernage et de saison sèche)	-	-	-	-	-	/	/	/	4	4,2	4,5	5

L'évolution proposée tient compte outre le facteur salure, du laps de temps nécessaire aux agriculteurs pour se familiariser avec le fonctionnement du réseau et assimiler certaines techniques nouvelles. Les rendements prévus à long terme correspondent à l'hypothèse où le barrage sur la Gambie interviendrait 5 ans au plus après le démarrage du projet.

d - Techniques culturales

1 - Semis ou repiquage

Sur les petits périmètres, les meilleurs rendements sont obtenus avec le repiquage qui offre par ailleurs l'avantage de réduire la consommation en eau en saison sèche et de permettre un désherbage ou un sarclage. A Boundoum Ouest, la culture du riz avec semis sous pluie, suivi d'une submersion contrôlée a échoué en terrain salé. L'hypothèse retenue en 1968, d'un semis direct en Juillet avec une mise en eau courant Août, sous-estimait la contrainte salure. Les aléas d'une levée en terrain salé ne peuvent être minimisés qu'en repoussant la période de semis durant la seconde quinzaine d' Août.

Le repiquage présente certainement une plus grande sécurité vis-à-vis de la salure et des aléas climatiques. Le repiquage exige en revanche une main d'oeuvre plus importante (35 j/ha) et pose le problème de l'irrigation des pépinières (8 ares par hectare repiqué). Examinons comment ces problèmes peuvent être résolus dans les conditions du Bao Bolon.

- La période moyenne de repiquage pourrait s'étaler sur 3 semaines (du 15 Août au 7 Septembre). En mauvaise année, (retard dans la montée des eaux de la Gambie) ; l'époque de repiquage peut se restreindre à une quinzaine de jours. Dans ces conditions , un équivalent actif ne pourrait repiquer au maximum que 0,35 ha. Compte tenu du calendrier d'activité en culture en sec (Cf. rapport socioagricole) il paraît prudent de restreindre la superficie en riz à 0,2 ha par équivalent actif, soit 1 ha par carré.
- Les pépinières devront être ensemencées avant la période de crue de la Gambie, avec la possibilité d'irrigations par forages. Le potentiel de la nappe dans la région du Bao Bolon autorise d'exploitation d'un débit fictif continu de 50 m³/h, soit dans l'année un volume pompé de 438.000 m³.

On estime à 8% le taux de surface consacrée aux pépinières , soit pour l'ensemble de l'aménagement $2.520 \times 0,08 = 200$ ha. La quantité d'eau à prévoir pour la mise en submersion des pépinières est de 1500 m³/ha soit au total 300.000 m³ à fournir en 15 jours.

Avec un forage de 70 mètres , on peut escompter un débit d'exhaure de 50 m³/h soit, pour un pompage moyen de 20 H/jour, un volume journalier de 1.000 m³/j par forage. Il faudra donc une vingtaine de forages pour assurer l'irrigation des pépinières. Cette contrainte sera évidemment supprimée après la mise en service du barrage de Yelitenda qui assurera une alimentation continue de l'aménagement en eau douce.

Par ailleurs, la réalisation d'un programme d'expérimentation avant le démarrage du projet ne peut être raisonnablement envisagée qu'à partir de puits ou forages, la réalisation de la tête morte et de la station de pompage pour quelques dizaines d'hectares ne peuvent être prises en considération . En conséquence, les puits et forages de la phase expérimentale pourraient être utilisés par la suite pour l'irrigation des pépinières.

En conclusion, nous retiendrons la solution du repiquage sur la base d'un hectare par carré afin :

- de limiter la concurrence entre riziculture et cultures pluviales
- d'obtenir une certaine intensification et de préparer la phase ultérieure (hypothèse LT) avec deux cultures par an et introduction éventuelle de cultures légumières.

./.

2 - Préparation du sol

La préparation du sol peut se faire :

- manuellement ce qui paraît difficile compte tenu de plan de charge des exploitations,
- avec la traction animale, bien que les sols très argileux ne puissent être labourés à sec,
- mécaniquement avec des tracteurs ou des motoculteurs.

Le peu d'expérience des populations de la région en matière de riziculture intensive nous conduit à donner la préférence à la préparation mécanique. La solution qui nous paraît la mieux adaptée est le motoculteur avec passage de fraise dans le sol en boue sans labour préalable. Les raisons en sont les suivantes :

- exiguité des parcelles (1 ha)
- submersion des sols avant culture durant 4 à 6 semaines
- diversification ultérieure avec l'introduction de cultures légumières.
- temps de préparation/hectare : 8 heures
- période préparation (10 Juillet au 20 Août) = 40 jours
- durée du travail = 2/3 de la période

Le coût moyen de préparation des terres (Annexe IV) est de
6 400 F CFA/ha H.T.

12 000 F CFA/ha T.T.C.

et l'investissement par unité d'exploitation de 3 millions F CFA HT
ou 3,5 Millions T.T.C.

3 - Récolte - battage

La récolte sera réalisée manuellement. La plus grande partie de la récolte sera battue mécaniquement. Outre les avantages de rapidité d'exécution et de propreté du produit, cette solution permet un meilleur contrôle de la production et par conséquent du remboursement des prêts.

Le niveau d'équipement retenu est d'une batteuse Type Borga par unité autonome (SAU 48 ha) ou 5 batteuses Type chinois. Il semble que les batteuses chinoises soient mieux adaptées à l'exiguité des parcelles. Le montant de l'investissement et le coût à la tonne sont les suivants :

F CFA	HT	TTC
Investissement/ha	26.560	31.250
Coût battage d'une tonne de paddy	950	1.200

e - Prix et charges d'exploitation

Nous avons retenu pour le paddy un prix producteur de 41,50 F CFA et un prix économique de 54 F CFA, prix moyen retenu/Kg pour les projets du fleuve. Pour les sous-produits de la riziculture, (pailles et son) nous avons admis une valorisation moyenne de l'unité fourragère de 12 F CFA.

Les charges d'exploitation , les besoins en eau et en main d'oeuvre figurant en annexes peuvent se résumer ainsi.

2.3.1.1. - Principe d'aménagement

L'aménagement dans le cas des deux variantes envisagées est fixé sur les principes suivants :

- séparation des fonctions d'adduction et de distribution
- autonomie maximum des unités d'exploitation sur le plan hydraulique
- gestion et entretien de la distribution assurée par les exploitants.

1 - Mise en oeuvre de l'aménagement

Le sous-chapitre 3.2. " Présentation d'une nouvelle variante d'aménagement " précisera les modalités de mise en oeuvre mais le fait primordial est la participation des exploitants à l'exécution d'une partie du réseau terminal , gage de leur intérêt et du respect des équipements et de la qualité de l'entretien futur.

2 - Infrastructures

Pour chaque unité autonome, l'infrastructure (pistes, brise-vents, aire de battage, aire de boisement) est prévue au niveau de l'établissement du canevas hydraulique et du parcellaire.

Une aire de stationnement du matériel sera prévue, équipée d'un abri pour tracteur et d'un abri pour le stockage des semences et engrais au moment de leur utilisation.

Le stockage en gros sera réalisé à l'échelle du projet dans un bâtiment fermé. Les bureaux du chef de projet seront situés à proximité du magasin et de l'atelier.

2.3.1.2. - Calendrier cultural

Il a été établi sur la base de deux cultures par an avec la variété de riz I Kong Pao , variété dont le potentiel est de 8 à 10 Tonnes/ha avec un cycle relativement court de 110 Jours.

L'année culturale est actuellement divisée en trois cycles :

- L'hivernage
- la saison sèche froide
- et la saison sèche chaude

Nous retiendrons deux cycles, celui de l'hivernage et celui de saison sèche chaude ; si celui de la saison sèche froide est favorable aux cultures de Blé-Maïs-Tomate-Sorgho , il est par contre défavorable à la culture du riz (le cycle des variétés, actuellement disponibles, est considérablement allongé 180 jours au lieu de 110 jours).

Hivernage :

Cette saison débute par des semis du 1er Juin au 31 Juillet et à l'extrême limite , au détriment du rendement, jusqu'au 15 Août.

Au-delà, on risque l'avortement des fleurs sous l'effet des basses températures de Novembre et Décembre.

Elle se termine par une récolte s'échelonnant suivant l'étalement des semis, du 15 Septembre à Décembre.

./.

La saison sèche chaude :

Elle débute avec la remontée des températures en février qui permet la germination du riz au niveau de la parcelle.

Les semis avec les variétés actuellement connues doivent alors être effectués dans le courant de la première quinzaine de Février pour permettre une récolte fin Mai début Juin. Cette mise en place de la culture très courte, 15 jours, est la plus contraignante. On pourra y pallier par le repiquage d'une partie de la surface à cultiver.

Nous aurons donc :

Du 1er Juin au 15 Août, au plus tard :

Préparation des sols. Un passage de fraise sur sol inondé suivi de semis en prégermé.

Du 15 Septembre à Décembre :

Récoltes

Du 1er Octobre au 15 Mars :

Après battage des récoltes, reprise du planage et préparation du sol.

Du 1er Février au 15 Mars :

Semis en prégermé et repiquage.

Du 15 Mai au 15 Juillet :

Récolte et battage suivis de la préparation des sols et des semis en prégermés à partir du 1er Juin.

2.3.1.3. - Les besoins en eau

Les besoins en eau du riz proviennent :

- du remplissage des casiers
- de l'entretien des plans d'eau
- de l'effet de l' E T P

./.

Il conviendra toutefois de distinguer les besoins en eau en période d'hivernage d'une part , en contre-saison d'autre part.

a - Besoins en eau en période d'hivernage

a1 - Le remplissage intervient en début de mois d' Août et on peut considérer, puisque la pluviométrie dépasse de façon sensible l' E T P (+ 183,6 mm) que la saturation du sol est assurée par les pluies.

En outre, on peut admettre que la saturation se fasse en 15 jours jusqu'à une hauteur de 10 cm.

a2 - Le débit d'entretien des plans d'eau pour compenser les pertes par infiltration est, compte tenu de la texture argileuse des sols, peu importante. On peut l'estimer à 2 mm/j .

a3 - Les besoins dûs à l' E T P correspondent à la différence pendant la période des irrigations du 15 Août au 25 Octobre , entre la pluviométrie et l' E T P .

En reprenant les données de l'étude climatologique du Chapitre 1, on obtient les chiffres mensuels suivants :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P					4,3	73	208,9	316,6	214,3	68,9	2,2	0,9
E T P	138	142	201	203	198	176	140	133	121	135	130	126
P - E T P	-138	-142	-201	-203	-193,7	-103	68,9	183,6	93,3	66,1	-127,8	-125

Le déficit maximum est de 203 mm en Avril; de Juillet à Septembre , les apports pluviométriques sont supérieurs à l' ETP.

Le bilan des besoins en eau du riz d'hivernage s'établit comme suit :

./.

- Submersion	100 mm
- Evaporation	-
- Entretien 7 x 15	105 mm

Total 205 mm

- Majoration 20% = 246 mm

Débit de pointe :

$$Q_p = \frac{246 \times 10^4}{15 \times 86.400} = 1,74 \text{ l/s}$$

b - Les besoins en eau en contre-saison

L'ETP est devenue prépondérante (200 mm/mois) et la submersion doit se faire plus rapidement pour tenir le calendrier des travaux dans le cas de la double culture.

Aussi, il conviendra de diminuer au maximum les temps de remplissage des cuvettes. On devra réaliser la submersion en 7 jours avec un pompage de 24 heures. Les données s'établissent dès lors comme suit :

Submersion 100 mm

Percolation $\frac{90 \times 7}{30} = 21$

Evaporation $\frac{200 \times 7}{30} = 47$

Entretien $\frac{30 \times 7}{30} = 7$

$$Q_p = \frac{175 \times 10^4}{7 \times 86400} = 2,90 \text{ l/s}$$

Majoration 20% pour pertes en réseau :

$$Q = 2,90 \times 1,2 = 3,5 \text{ l/s x ha}$$

c - Les besoins en eau des cultures par hectare

Les besoins en eau déduits des données ci-dessus dont résumés dans la tableau suivant , en tenant compte d'une double culture annuelle :

	Besoins en eau m ³ /Ha	
	à la plante	en tête de réseau
<u>RIZ</u>		
1 culture d'hivernage	5 000	6 500
1 double culture annuelle avec :		
Semis 1er Juillet	13 600	17 000
15 Juillet	13 300	16 600
1er Août	13 000	16 200
15 Août	13 000	16 200
<u>AUTRES CULTURES</u>		
Tomates		
Rep. 1er Novembre	10 230	17 050
1er Décembre	11 250	18 750
Blé	6 060	10 100
Sorgho		
Saison pluie	5 600	9 300
" sèche	5 520	9 200
Maïs	7 310	12 180
Oignon	9 260	15 400
Fourrage	20 110	33 500

2.4. - Les enseignements tirés des expériences d'irrigation dans la région du fleuve Sénégal

Les aménagements hydroagricoles le long de la rive gauche du fleuve Sénégal portent actuellement sur une surface totale d'environ 15. 000 ha.

Il convient toutefois de distinguer les périmètres dont l'irrigation doit tenir compte de la remontée de la langue salée de ceux qui peuvent disposer d'une alimentation pérenne en eau douce.

Il est normal en effet d'opposer les résultats obtenus dans les périmètres du Delta soumis à l'influence de la langue salée et dans les périmètres villageois . D'un côté, les rendements qui dépassent rarement 3T/ha, une seule culture, des taux élevés de sinistre et l'abandon progressif des surfaces aménagées en raison des problèmes d'entretien des stations de pompage et du matériel de culture. De l'autre côté, des rendements qui atteignent 5 T/ha, la possibilité de deux cultures annuelles et une demande très forte d'extension des superficies.

Les orientations en matière d'aménagement devraient donc, à priori, être reportées sur les petits périmètres villageois au détriment des grands périmètres de plusieurs milliers d'hectares tels que DAGANA , NIANGA ou GRANDE DIGUE TELLEL. Toutefois, il paraît nécessaire, à la lumière des perspectives offertes, de nuancer cette position :

a) - Les grands aménagements du Delta

Les contraintes d'exploitation des périmètres du Delta sont dues essentiellement à l'existence de cette langue salée et à la brièveté de la période pendant laquelle on dispose suffisamment d'eau pour l'irrigation :

- Caractère extensif de l'exploitation , le cultivateur conservant la même mentalité qu'à l'égard des cultures de décrue, dou des cultures pluviales dont le résultat est lié plus aux caprices du climat qu'à l'effort consenti.
- Centralisation des travaux en raison de la courte période durant laquelle on dispose de l'eau douce. Il est indispensable de réaliser les travaux culturaux en sec et donc de disposer de matériel de fortes puissances que les cultivateurs ne peuvent gérer eux-mêmes. Cette contrainte implique donc une centralisation sous forme de Société d' intervention (La S.A.E.D.) ou, comme cela est envisagé pour les futurs périmètres de N'Dombo-Thiago (720 ha) sous forme de coopératives par périmètres autonomes de 50 ha.
- Développement de la salinité des mauvaises herbes faute de suffisamment d'eau de lessivage.

L'expérience acquise dans l'exploitation de ces grands périmètres conduit, à l'heure actuelle, à préconiser de nouvelles méthodes d'exploitation :

- Travail en boue
- repiquage
- culture unique
- Structurer les grands périmètres en surfaces partielles confiées à des groupements de producteurs et marquer la séparation entre les ouvrages communs (stations de pompage et d'exhaure , ouvrages de Génie civil tels que ponts, siphons, pistes principales, digue de ceinture, canaux et drains principaux) gérés par la S.A.E.D et les ouvrages particuliers (partiteurs, déversoirs, prises à la parcelle, canaux et drains tertiaires ...) gérés par le Groupe-ment.
- Affecter aux groupements de producteurs le matériel léger tel que motoculteurs, petits tracteurs sous réserve de favoriser la mise en place d'ateliers et de magasins de pièces détachées.
- Dans la mesure du possible , éclater les grosses stations de pompage, en petites stations capables d'irriguer une centaine d'hectares et correspondant à une puissance installée de 15 à 30 Cv. De telles stations pourront alors être gérées par un groupement de producteurs sur 50 à 100 Ha (cas de N'Dombo-Thiago et Guédé en cours de réalisation). On peut penser , à terme, et pour supprimer les contraintes d'approvisionnement en carburant, remplacer les moteurs thermiques ou électriques par des groupes solaires.

En dehors de ces problèmes de conception générale, il est envisagé de prendre des mesures d'incitations en vue d'obtenir des utilisateurs trois progrès importants :

- La prise en charge complète du réseau de distribution comme cela est le cas avec succès sur les périmètres villageois. La contrepartie de ce choix est évidemment un parcellaire moins régulier pour éviter les grands travaux de planage, et en conséquence un abandon de la grande mécanisation.
- La prise en charge au maximum du matériel agricole, ce qui peut être possible en confiant aux cultivateurs un matériel rustique, aussi peu onéreux que possible et de frais de fonctionnement limité. Pour cela, il faut prévoir le travail en boue, à l'aide de motoculteurs et petits tracteurs de 50 CV maximum.
- La séparation effective des zones rizicoles et des zones de polyculture et l'adoption pour la polyculture d'une ou plusieurs cultures susceptibles d'être associées à la tomate.

./.

b - Les périmètres irrigués villageois

C'est à Matam et Aere Lao que le rythme d'aménagement a été le plus élevé (150 ha/an).

Les ouvrages aménagés atteignent 2.500 ha à raison de 15 ha par périmètre. La superficie moyenne attribuée est de 10 à 15 ares.

Les cultures pratiquées sont essentiellement le riz à 60 % et le maïs dont les surfaces exploitées ont augmenté considérablement passant très rapidement de 170 ha à 760 ha.

Les rendements en riz sont stationnaires entre 4,5 et 5T/ha, alors que pour le maïs, ils sont en augmentation (1,8 T/ha à 2,2 T/ha).

A noter que le taux de remboursement des dettes atteint 90 %.

L'effectif des groupements villageois est de 90 en moyenne.

Toutefois, les perspectives d'avenir de tels aménagements ne sont pas aussi brillantes que de tels résultats peuvent le laisser croire.

La première conséquence, la plus visible, est d'ordre logistique. Les conditions de fonctionnement de ces petits périmètres restent toujours étroitement liées au fonctionnement de la S. A. E.D. (Labour, maintenance du matériel de pompage).

La seconde conséquence se situe à un niveau plus fondamental : les réalisations trop rapides ne sont pas maîtrisées sur le plan technique et conduisent à certains déboires préjudiciables à la pérennité des aménagements .

c - Les unités autonomes d'exploitation

La politique d'orientation des aménagements hydroagricoles dans la région du Fleuve Sénégal, à la lumière des expériences acquises, incite donc la mise en oeuvre de périmètres de taille moyenne, de l'ordre de 50 ha, divisés en parcelles de 1,50 ha net. L'irrigation de ce périmètre peut se faire à partir de petites stations de pompage de 20 KW aisément exploitables par les agriculteurs eux-mêmes.

Les 32 exploitations du périmètre de 50 ha sont regroupées en unités autonomes d'exploitation (U A E) chargées de la maintenance des ouvrages, du fonctionnement des pompes et de l'entretien des petits engins motorisés (45 CV) pour les travaux de préparation du sol en boue, après pré-irrigation.

Au niveau de chaque UAE , il est prévu la construction d'un magasin de stockage de dépôt des engins et des produits phytosanitaires.

Par ailleurs, et afin de motiver les paysans suivant le principe des " petits périmètres ", ces derniers participent aux travaux d'aménagement (réseau quaternaire et planage de finition).

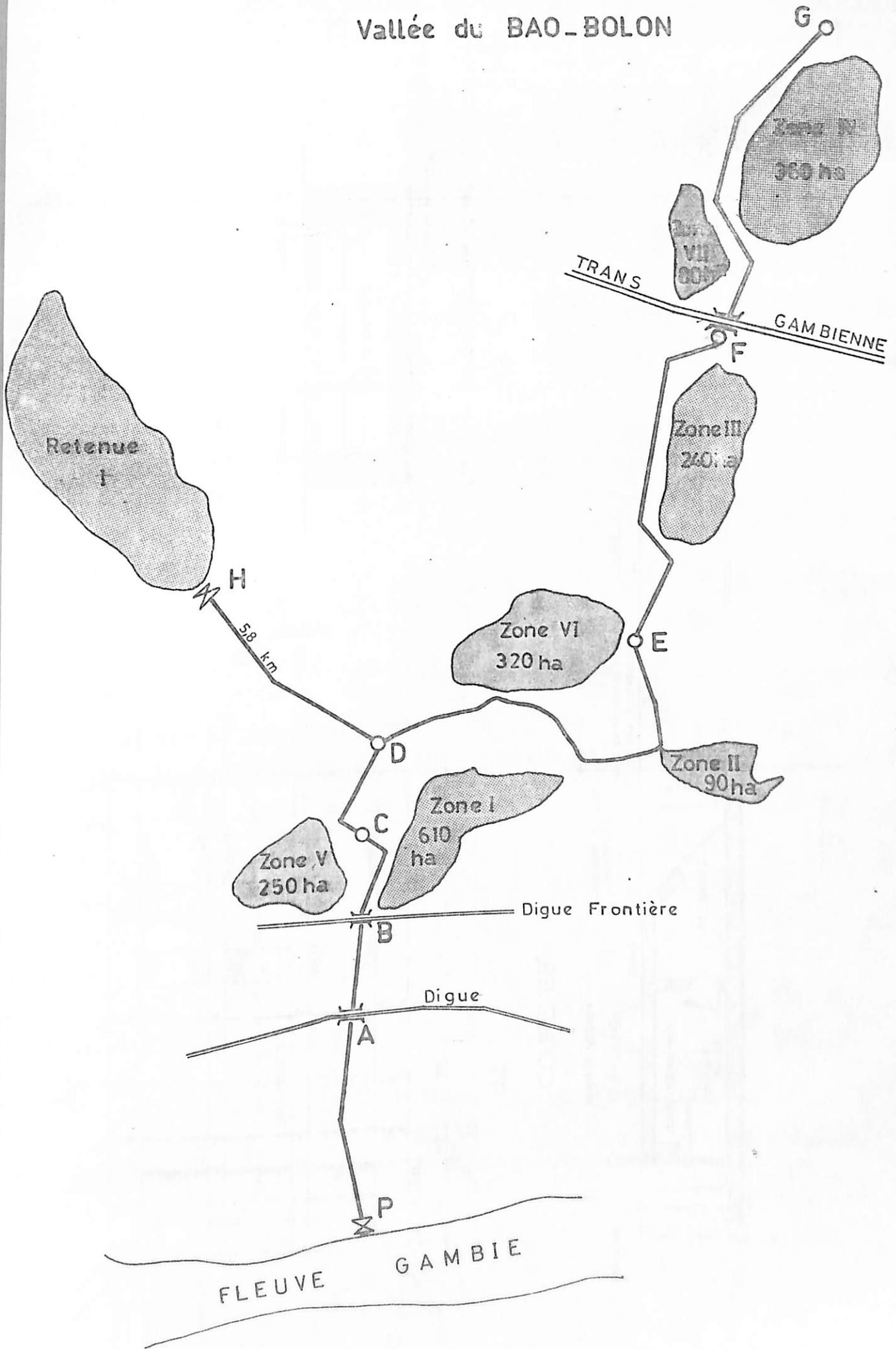
Cette expérience est en cours de réalisation sur les 720 Ha des périmètres N'Dombo et Thiago dans la région de Richard Toll , où grâce , au complexe du canal de la Taouey et du lac de Guiers, il sera possible d'envisager une double culture de riz.

III

-

ETUDE TECHNIQUE

CHENAL D'AMENEE Vallée du BAO-BOLON



3.1. - Présentation d'une nouvelle variante d'aménagement

3.1.1. - Principe de l'aménagement

Le projet prévoit de construire à partir d'une prise directe sur la Gambie un canal d'aménée creusé dans le lit mineur du Bao Bolon et endigué à la cote + 1,50 m correspondant à la crue maximale enregistrée, soit 1,20 m augmentée d'une revanche de 0,30 m au départ.

La prise directe serait équipée de vannes glissantes destinées à isoler la prise d'eau pendant toute la période d'intrusion d'eau saline dans la Gambie (de Janvier à Juillet en moyenne).

Les volumes transités par le canal, pendant la période de crue de la Gambie, seront repris par pompage, à raison d'une station de pompage par unité autonome et les volumes en excès seront accumulés dans la retenue n° 1 au Nord-Ouest du périmètre.

Cette retenue jouera donc le rôle de réservoir tampon pour équilibrer les débits d'apport et les débits prélevés par pompage pendant l'irrigation des rizières d'Août à Novembre.

Le bilan hydraulique étudié ci-après montre en outre qu'en année moyenne on pourra stocker dans la retenue environ 4 Millions m³ permettant l'irrigation par pompage, sur des terres du continental terminal, de 80 ha de cultures maraîchères entre Janvier et Mars.

Le système d'irrigation sera complété par un réseau de drainage raccordé aux deux drains principaux construits de part et d'autre du canal d'aménée. Les eaux de drainage seront reprises par une station d'exhaure placée à l'aval du périmètre et rejetées dans le lit du Bao Bolon après la digue de protection du périmètre arasée à la cote + 1,50m. Cette station d'exhaure est indentique à celle prévue au projet initial.

3.1.2. - Les besoins en eau

3.1.2.1. - Cas du riz

Volume annuel pour un riz d'hivernage

En reprenant les données du chapitre II, paragraphe 2.3.1.3., les valeurs adoptées à l'hectare sont :

• Pour une culture de riz d'hivernage avec prise d'eau dans la Gambie :

Volume annuel en tête du réseau
 $V = 6.500 \text{ m}^3/\text{ha}$

soit, pour 2.520 ha :
 $V = 2.520 \times 6.500 = 16.445.000 \text{ m}^3.$

. Pour un riz de contre saison, en tête du réseau :

$$V = 2.520 \times 9.100 = 22.950.000 \text{ m}^3.$$

3.1.2.2. - Débit de pointe

a) Cas d'un riz d'hivernage

Le débit de pointe est atteint au moment de la submersion des rizières, opération effectuée en général en Août/Septembre:

En se fixant un remplissage des cuvettes en 15 jours, sous 10 cm d'eau, on obtient, en année moyenne (cf. paragraphe 2.3.1.2.) :

. Submersion	:	100 mm
. Evaporation 165 x 15/60	:	Néant
. Entretien 7 x 15	:	≠ 105 (0,6 ¹ /s x ha)
. Pluie quinquennale 260 x 15/60	:	(65) (Pour mémoire)

Total		205 mm.

Pour tenir compte des aléas climatiques, nous négligerons les apports pluviométriques. Par ailleurs, il convient de majorer de 20% ces résultats, soit :

$$Q_p = \frac{205 \times 1,2}{15 \times 86.400} 10^4 \neq 1,74 \text{ l/s x ha}$$

b) Cas d'un riz de contre saison

La submersion a lieu en Mars, mais en 7 jours pour tenir compte du calendrier exigé par une double culture,

Soit : $P = 0$

. Submersion	:	100 mm
. Percolation 90 x 7/30	:	21
. Evaporation 200 x 7/30	:	47
. Entretien 30 x 7/30	:	7

$$Q_p = \frac{17510^4}{7 \times 86.400} = 2,90 \text{ l/s}$$

Majoration 20% pour pertes en réseau

$$Q = 2,90 \times 1,2 \neq 3,5 \text{ l/s x ha}$$

3.1.3. - Calcul des débits transités - Bilan hydraulique

3.1.3.1. - Caractéristiques du chenal d'amenée

Le système est alimenté à partir du fleuve Gambie au moyen d'un ouvrage de prise, comprenant convergent, grille, vannes à pertuis, buses à clapet, grille et divergent. Au droit de l'ouvrage le fleuve est sujet à l'influence des marées et le plan d'eau à l'amont de l'ouvrage fluctue donc en permanence. A un moment donné, le débit transité par l'ouvrage est fonction du plan d'eau à l'amont, des conditions à l'aval, le degré d'ouverture des vannes et le degré d'encrassement des grilles.

Les eaux empruntent ensuite un chenal d'amenée d'une ~~longueur de 15 km à gabarit et pente connus~~. Cet ouvrage est franchi par deux ponts, chacun d'un débouché de 24,4 m provoquant de faibles pertes de charges singulières. ~~8 stations de pompage sont implantées le long du chenal d'amenée pour alimenter les rizières Gambiennes.~~

Au Km 4,5, le chenal d'amenée se raccorde au lit naturel du Bao Bolon dont le lit majeur est endigué jusqu'à la cote + 1,50. Bien que l'on puisse admettre une cote de fond constante de - 1,00, la largeur totale du lit entre digues varie entre 60 et 300 m.

Au Km 0,0, la retenue N° 1 est raccordée au lit du Bao Bolon par un chenal de gabarit non défini. Le lit du Bao Bolon continue sur 15,5 km et sur toute sa longueur sont implantées 42 stations de pompage de caractéristiques identiques.

Le fonctionnement hydraulique de ce système est assez complexe du fait qu'il s'agit d'un régime non permanent, quoique la vitesse de variation soit relativement graduelle. Avec 42 stations de pompage, il existe de nombreuses modalités d'opération qui permettent de satisfaire les besoins en eau.

Le lit du Bao Bolon étant à fond plat, il n'y a pas d'écoulement normal dans ce bief. D'autre part, la hauteur d'eau à l'extrémité aval du chenal d'amenée étant rarement la hauteur normale de ce chenal pour un débit donné, nous avons presque toujours une courbe de remous (à concavité vers le bas lorsque le système est relativement plein). Le sens d'écoulement dans le bief reliant la Retenue 1 au lit du Bao Bolon changera selon qu'il y ait stockage ou destockage d'eau dans cette retenue.

Le chenal d'amenée sera calibré pour un débit de pointe de $1,7 \times 10^{-3} \times 2520 \times 10^4 = 4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ avec un tirant

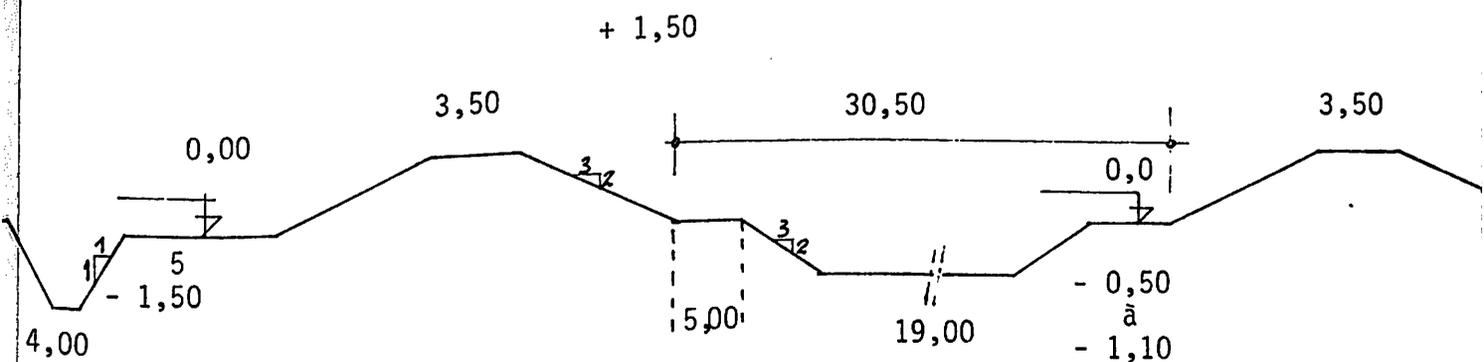
d'eau de 1 m correspondant à une hauteur moyenne de la crue en Septembre/Octobre de + 0,50 IGN et une cote au radier au niveau de la prise à - 0,50 m (débit pour une irrigation de riz d'hivernage).

Il convient toutefois de prévoir, pour l'avenir, un débit de pointe correspondant à une culture de riz en contre saison, avec l'éventuelle réalisation du barrage anti-sei permettant d'assurer en permanence un apport d'eau douce à la cote + 1,10 IGN et en conséquence une double culture de riz ($Q = 3,5 \times 2.520 = 8,8 \text{ m}^3/\text{s}$).

Dans ce deuxième cas et pour respecter la contrainte de vitesse de 0,50 m/s requise pour les ouvrages en terre, et assurer l'endiguement du chenal, nous sommes conduits à envisager une double section pour le chenal d'amenée qui sera ainsi constitué :

a) Dans le lit mineur du Bao Bolon, le long de la courbe de niveau + 0,50 m d'un canal trapézoïdal ayant pour caractéristiques :

. Largeur au plafond	: 19 m
. Pente talus	: 3/2
. Cote plafond au départ	: - 0,50 m
. Longueur	: 19 km
. Pente	: 0,03‰
. Construction en terrain marécageux	: 2.500 m
. Risberne	: 5 m
. T N moyen	: 0,50 m



Calcul de la section du canal établi à partir de la formule de Manning Strickler

$Q = K S R^{2/3} i^{1/2}$, pour $K = 40$ et un tirant d'eau moyen de 1m, soit une vitesse de 0,21 m/s.

b) Endiguement du chenal par deux digues de caractéristiques suivantes :

- . Largeur en crête 3,50 m sur les 20 km, pour permettre la circulation des véhicules,
- . Pente des talus 3/2
- . Niveau des crêtes calées à + 1,00 m
- . Risbernes de 2,00 m

c) Les terres de déblais du canal principal jusqu'à la digue frontière pourront être utilisées pour le remblai des digues sous réserve que soit confirmée la texture argilo-limoneuse du site signalée par les études pédologiques menées dans la zone centrale de la dépression.

d) Dans le lit endigué du Bao Bolon, on ménagera deux fossés en bordure de chaque digue en vue d'assurer l'aspiration des pompes. Les déblais des fossés seront utilisés en remblais pour les endiguements.

e) Alimentation des rizières Gambiennes

Conformément au projet initial de 1969, il est prévu d'équiper le chenal d'aménée de 8 prises d'eau pour les 500 ha de rizières Gambiennes qui seront ainsi irriguées par des petites stations de pompage capables de refouler $\frac{850}{8} \approx 100$ l/s, à 3 mètres d'élévation environ.

Le coût de la fourniture et de l'installation des pompes n'est pas prévu dans le devis du projet.

Volume prélevé : $\frac{6.500 \text{ m}^3/\text{ha}}{0,8} \times 500 \neq 4.062.500 \text{ m}^3$.

3.1.3.2. - Calculs hydrauliques des apports de la Gambie

a) Principe de fonctionnement

Il s'agit de calculer les apports de la Gambie pendant sa période de crue, compte tenu des prélèvements de pompage au droit des 42 UAE et du remplissage de la réserve tampon, à l'Ouest du périmètre.

L'étude de ce système rendue complexe par la variation du plan d'eau de la Gambie en fonction des marées a fait l'objet d'une modélisation explicitée en Annexe n° III.

b) Résultats de la simulation

Les passages de simulation devaient fournir les réponses aux questions suivantes :

- durant la période critique du 15 au 31 Août lorsqu'il faut remplir le chenal d'aménée, le lit du Bao Bolon et la retenue 1, est-il possible de satisfaire les besoins en eau qui sont importants pendant cette période du fait du remplissage des casiers ?
- une fois cette période critique passée, est-il possible de satisfaire les besoins en eau jusqu'au 30 Novembre ?
- quelle est la cote finale de la retenue au 30 Novembre et quel est le mode de gestion du système qui permet de maximiser cette cote ?

Programme de pompage

Il y a un grand nombre de programmes de pompages qui permettent de satisfaire les besoins en eau. Dans tous les cas, nous avons supposé que le pompage commence à 07,00 H et que toutes les stations fonctionnent simultanément à leur débit maximal de 756 m³/h représentant un débit total de $50 \times 756 = 37.800$ m³/h. Le programme de pompage de base retenu est le suivant (en heures/jour) :

AOUT : 10 du 20/08 au 22/08, 9 du 23/08 au 31/08
 SEPTEMBRE : 5 du 01/09 au 15/09, 4 du 16/09 au 30/09
 OCTOBRE : 7 du 01/10 au 06/10, 6 du 07/10 au 31/10
 NOVEMBRE : 2 du 01/11 au 15/11, 1 du 16/11 au 30/11

Ouverture de l'ouvrage de prise à 0,00 heures le 15/8.

Remplissage - Période critique

Nous avons d'abord fait un passage en supposant qu'il n'y ait pas de contrainte sur les vitesses maximales.

Les résultats montrent que les pompages peuvent être effectués sans que le plan d'eau baisse au-dessous de la cote - 0,50. La cote juste avant le premier pompage est à 0,062 et se trouve à 0,00 à la fin Août. Le débit maximal transité est de 8,53 m³/s.

Cependant en pratique, il faut limiter les débits par vannage à l'ouvrage de prise pour éviter des vitesses trop importantes. Ces vitesses arrivent généralement lorsque le plan d'eau dans la retenue est bas entraînant une diminution de la hauteur d'eau dans le chenal.

Avec les vitesses limitées à 0,60 m/s, les résultats sont très différents (voir Listing N° 2)*. En effet, au cours des 5 jours de remplissage, il faut vanner souvent (le libellé FP après les débits indiquent une "Fermeture Partielle" des vannes à l'ouvrage de prise) ce qui fait que le plan d'eau juste avant le premier pompage n'est qu'à la cote - 0,31. Ensuite au cours de la deuxième journée de pompage le plan d'eau descend au-dessous de la cote - 0,50 provoquant l'arrêt des pompes. Par la suite, le plan d'eau oscille autour de la cote - 0,50, cote relativement basse qui entraîne des vannages pendant les hautes eaux, ce qui empêche la retenue de se remplir suffisamment pour permettre des pompages de 9 heures. Le débit maximal transité par le chenal n'est que de 4,47 m³/s.

En effet, il en ressort qu'il y a un plan d'eau critique, correspondant à une période de remplissage critique, qu'il faut atteindre avant de commencer le pompage. D'autres passages ont permis de fixer la valeur de cette cote à environ + 0,10 et celle de la période de remplissage correspondante à environ 10 jours.

Pour permettre la satisfaction des besoins en eau pendant la période critique, on a donc deux solutions possibles :

- 1) ouverture de l'ouvrage de prise un certain nombre de jours avant le 15 Août, en maintenant le même programme de pompage.
- 2) concentration des pompages dans les derniers jours du mois, en profitant de la possibilité de faire fonctionner les pompes jusqu'à 20 heures par jour. On maintient la date d'ouverture de l'ouvrage de prise au 15/08.

Aussi des passages ont été faits pour les programmes de pompage et dates d'ouverture suivants :

* Les listings sont à consulter à la Direction du Génie Rural à Hann-Dakar

N° Listing	Date d'ouverture	Nombre de jours de remplissage	Programme de pompage (heures de pompage par jour)	Besoins satisfaits	Cote du 31/08
3	15/08	8	12 du 23/08 au 30/8! 15 le 31/08	Presque	- 0,49
4	15/08	9	14 du 24/08 au 30/8! 13 le 31/08	Presque	- 0,45
5	15/08	10	16 du 25/08 au 30/8! 15 le 31/08	Oui	- 0,48
6	15/08	11	17 du 26/08 au 30/8! 11 le 31/08	Oui	- 0,22
7	12/08	11	12 du 23/08 au 30/8! 15 le 31/08	Oui	- 0,03

On voit dans les listings 3 et 4 que pour les programmes de pompage considérés, les besoins sont presque satisfaits car ce n'est que durant la journée du 31/08 que l'arrêt des pompes est provoqué. Pour les programmes des listings 5, 6 et 7, les besoins sont satisfaits mais avec des plans d'eau à la fin du mois d'Août à des cotes sensiblement différentes.

En ce qui concerne le remplissage du système, nous pouvons donc conclure qu'il existe plusieurs programmes de pompage qui permettent de satisfaire les besoins en eau durant la période critique du remplissage tout en respectant une vitesse maximale de 0,60 m/s.

Régime en fonctionnement normal

Dans la mesure où nous cherchons à maximiser la cote du plan d'eau de la retenue en fin de campagne, nous avons retenu pour la simulation de la période de fonctionnement normal (du 1er Septembre au 30 Novembre) le programme de remplissage qui donne la cote la plus favorable au début de cette période, c'est-à-dire celui du Listing n° 7.

Nous voyons que la cote de la retenue passe de la valeur - 0,03 à la fin Août aux valeurs + 0,52 à la fin Septembre, + 0,45 à la fin Octobre et + 0,69 à la fin Novembre. On remarque que les besoins en eau relativement importants du mois d'Octobre

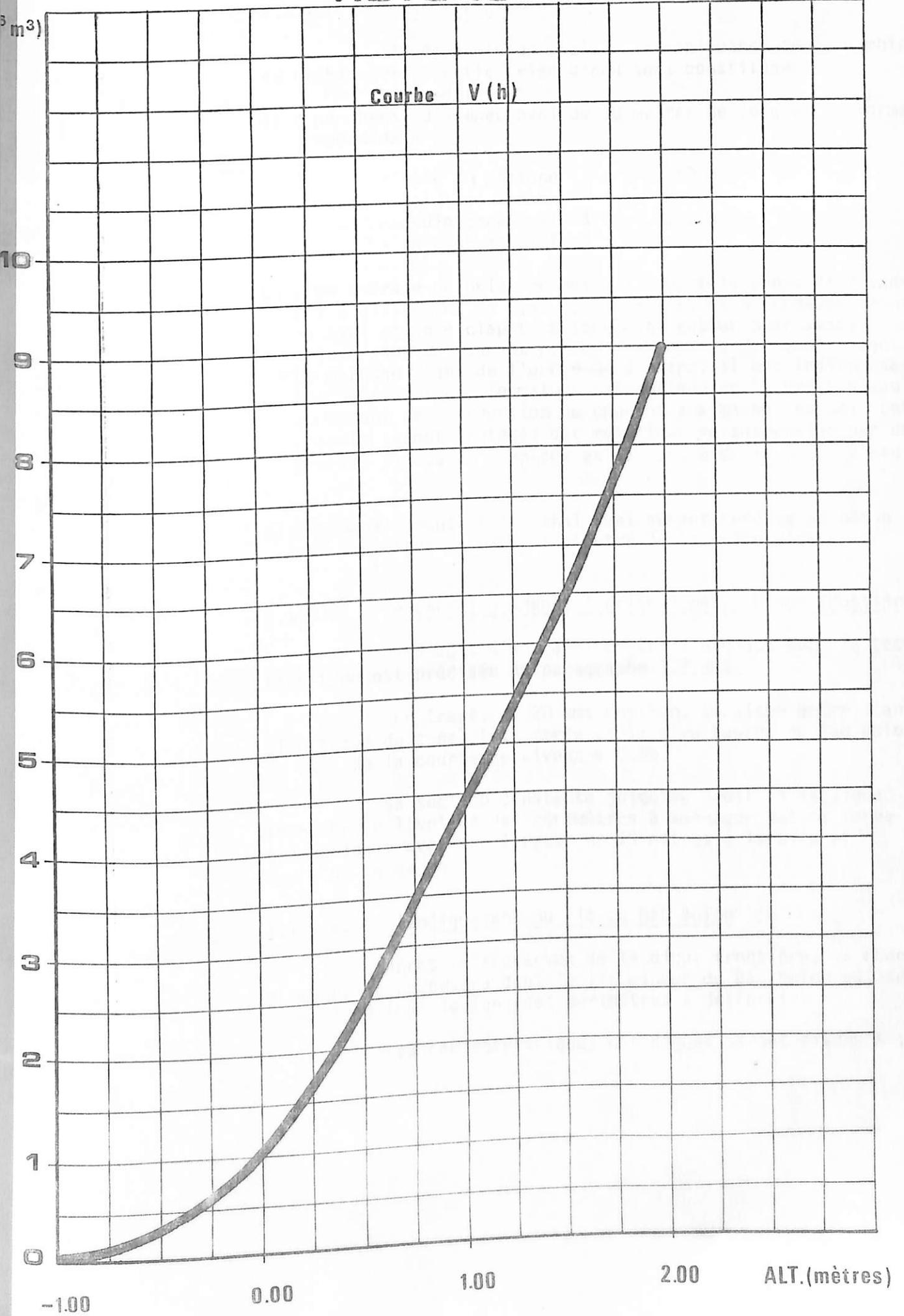
ont pour effet de réduire légèrement la cote de la retenue au cours de ce mois. Par la suite, au cours du mois de Novembre où les besoins en eau sont beaucoup moins importants, la cote de la retenue monte d'une vingtaine de cms. La cote ne monte pas d'avantage du fait de la conjugaison de deux facteurs. D'une part, plus la retenue est pleine plus il est difficile de la remplir à cause de la charge disponible moindre et le débit plus faible qui en résulte. D'autre part, l'onde de crue de la Gambie est sur la descente et les cotes des hautes eaux sont en baisse. On remarque que la période quotidienne de remplissage ainsi que les grandeurs des débits diminuent tout au long de ce mois.

Etant donné que l'essentiel du remplissage a lieu au début de la campagne, nous avons testé l'hypothèse d'une ouverture de la prise en début du mois d'Août. Les cotes atteintes à la fin de chaque mois sont respectivement + 0,32 (Août), + 0,55 (Septembre), + 0,45 (Octobre), + 0,68 (Novembre). On remarque qu'à l'exception de la cote du mois d'Août, les résultats sont sensiblement les mêmes. Ceci provient du facteur "plus la retenue est pleine, plus il est difficile de la remplir".

Il sera probablement possible de gagner quelques centimètres en variant le programme de pompage vers la fin de la campagne mais, vu le degré de précision des données de base à ce stade de l'étude, il a été jugé prématuré de poursuivre d'autres simulations.

BAO-BOLON

RETENUE I



3.1.4. - Caractéristiques des ouvrages

3.1.4.1. - Prise d'eau

Située juste en aval de la confluence de la Gambie et du Bao Bolon, cette prise d'eau sera constituée :

a) d'un chenal d'aménée aval de 10 mètres de long et de forme trapézoïdale :

- cote au plafond : - 0,50 m
- talutage : 2/1
- endiguement calé à : + 2,00 m
- largeur au plafond : 15,00

b) d'un ouvrage de prise en béton à 4 pertuis munis de 4 vannes à glissement de 2,50 m, de grilles et batardeaux amont et aval et de 4 clapets Ø 1500 anti-retour pour éviter l'inversion du courant pendant la période de remplissage. Le marnage étant de l'ordre de 1 mètre, il est indispensable d'assurer une fermeture automatique de la prise d'eau au moment de l'inversion du courant aux marées basses. Les clapets seront protégés des matériaux en suspension par des grilles placées à l'entrée et la sortie de la prise d'eau.

c) Le chenal amont et le canal aval seront revêtus en béton sur 10 mètres de part et d'autre de la prise d'eau.

3.1.4.2. - Le chenal d'aménée : prise d'eau - digue frontière

Il s'agit d'un canal en terre endigué dont la section type est précisée au paragraphe 3.2.3.1.

Son tracé, de 20 kms environ, se situe entre l'ancien tracé du canal tête morte et la rive gauche du Bao Bolon, le long de la courbe de niveau + 0,50.

Sa section constante jusqu'au droit de la digue frontière à l'entrée des périmètres à aménager est de forme trapézoïdale avec une largeur de 19 mètres à la base et fruit de berge de 3/2.

3.1.4.3. - L'endiguement du lit du Bao Bolon

Après la traversée de la digue frontière, le chenal d'aménée se déversera dans le lit mineur du Bao Bolon qui sera endigué tout le long des périmètres à desservir.

Les caractéristiques des digues seront fixées à :

- Largeur en crête : 3,00 m
- Pente des talus : 3/2
- Risberme sur drain : 5,00 m
- Niveau moyen T N : 0,00 m.
- Côte crête : +1,00 m.

Il apparaît que le lit mineur du Bao Bolon présente, tout le long de son parcours après la digue de ceinture, une profondeur et une section supérieures aux dimensions requises pour la section théorique ayant servi au calcul des débits d'apports. Les travaux de déblais du canal seront donc pratiquement négligeables sur ce tronçon, à l'exception de la dérivation vers la retenue n° 1 sur une longueur d'environ 2.500 mètres.

Ainsi, le lit mineur après la digue de protection, d'après les données topographiques disponibles, présente une faible dépression par suite de la sédimentation due à la faible des débits d'écoulement durant ces dix dernières années de sécheresse. On prévoiera donc, en bordure des deux digues deux fossés de 5 mètres de large et 1 mètre de profondeur en moyenne en vue de faciliter l'aspiration des pompes. Il conviendra toutefois de procéder au stade du projet d'exécution à un levé en bande au 1/2.000 ° sur une largeur de 50 mètres le long du lit du Bao Bolon, depuis la digue de protection jusqu'au niveau de la zone IV et le long du tracé du canal de la prise d'eau jusqu'à la digue (soit environ 3,5 kms).

3.1.4.4. - Les ouvrages du chenal

Le chenal comporte :

- deux franchissements de digue et route en A et B (Pont de 25 m)
- un ouvrage de dérivation vers la retenue n° 1
- deux franchissements de drains en siphon en C et D
- un franchissement de la route Dakar-Ziguinchor (Pont de 25 m)
- 42 stations de pompage avec franchissement de drain
- 14 passerelles en territoire Gambien.

3.1.4.5. - Le drainage principal

Deux drains principaux seront creusés de part et d'autre du chenal d'amenée. Ils seront calibrés pour transiter la totalité du débit journalier des apports de l'impluvium et la vidange des parcelles.

Soit au total un débit de 2,5 m³/s.

Caractéristiques des drains principaux :

- largeur au plafond : 4 m
- talutage : 3/2
- profondeur moyenne : - 1,50 à - 2,50 m.

Les eaux de drainage aboutissent à une station d'exhaure placée juste en amont de la digue frontière pour être refoulées dans le lit aval du Bao Bolon.

3.1.4.6. - Passerelles pour piéton sur chenal d'amenée en territoire Gambien

Au nombre de 14, elles seront du même type que celles préconisées dans le projet de 1968. Toutefois, les poteaux bois et les entretoises seront réalisés en troncs de ronier, matériau parfaitement résistant en milieu humide.

3.1.4.7. - Pont sur le franchissement des routes et digues routières

Il est prévu un pont en béton armé de 25 mètres de portée constitué d'un tablier de 4 mètres de large reposant sur une pile centrale de 4 mètres de large et 0,60 d'épaisseur et sur 6 pieux en béton de 20 mètres de profondeur à raison de 2 pieux par rive et par pile.

La protection des berges du canal au droit du pont et sur 5 mètres en amont et aval de l'ouvrage sera assurée par un terre en dalles de béton de 10 cm d'épaisseur.

Le projet comporte 3 ponts au total :

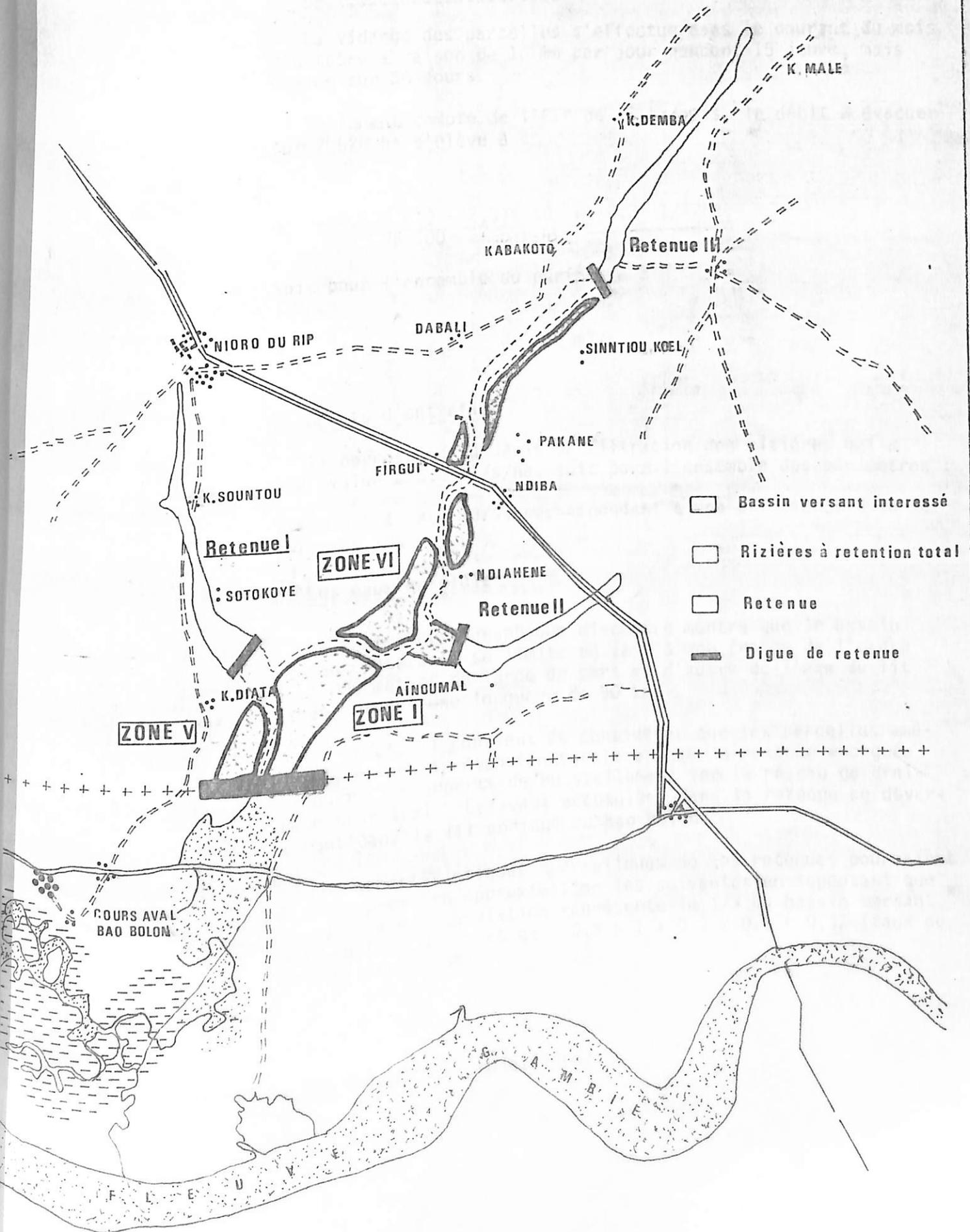
- Route Illiassa
- Digue frontière (éventuellement)
- Route Dakar-Ziguinchor.

3.1.4.8. - Le réseau d'assainissement principal

Les eaux à évacuer proviennent :

- de la vidange des parcelles
- des débits d'entretien
- des eaux de pluie recueillies soit directement soit par ruissellement sur l'impluvium.

SEAU HYDROGRAPHIQUE



Le réseau d'assainissement principal sera calibré pour évacuer le débit de pointe conjugué de ces différents apports.

a) La vidange des parcelles

La vidange des parcelles s'effectue dans le courant du mois d'Octobre à raison de 10 mm par jour pendant 15 jours, mais étalée sur 30 jours.

En tenant compte de l'ETP de 76 mm/mois, le débit à évacuer sur 2.520 ha s'élève à :

$$Q_v = \frac{2.520 (10 - 2,5)}{86.400} \cdot 10 = \underline{2,2 \text{ l/s/ha.}}$$

Soit pour l'ensemble du périmètre :

$$Q_{vt} = \frac{2.520 \times 2,2}{2} \neq 2,5 \text{ m}^3/\text{s.}$$

b) Débits d'entretien

Il correspond au débit de filtration des rizières qui a été évalué à 0,4 l/s/ha, soit pour l'ensemble des périmètres :

2.520 x 0,4 = 1 m³/s, correspondant à une efficacité à la parcelle de 80%.

c) Les eaux de pluie

Le schéma hydrographique ci-contre montre que le bassin versant intéressé se limite en fait à une frange de l'ordre de 1.000 mètres de large de part et d'autre de l'axe du lit mineur et sur une longueur de 30 km.

En effet, il convient de considérer que les parcelles aménagées seront à rétention totale et que la retenue endiguée bloquera les apports de ruissellement vers le réseau de drainage principal. Les eaux accumulées dans la retenue se déverseront dans le lit endigué du Bao Bolon.

Les caractéristiques hydrauliques de ces retenues pourraient être en première approximation les suivantes en supposant que la surface d'accumulation représente le 1/3 du bassin versant. Soit un taux d'apport de : $0,3 \times 1 + 0,7 \times 0,1 = 0,37$ (taux de ruissellement 10%).

est à peu près le cas du Bao Bolon (cf. Projet 1968).

	J	J	A	S	O	TOTAL
Pluie quinquennale (mm)	45	150	250	150	45	640
Evaporation (mm)			45	120	135	300
P - E (mm)	45	150	205	30	- 90	340

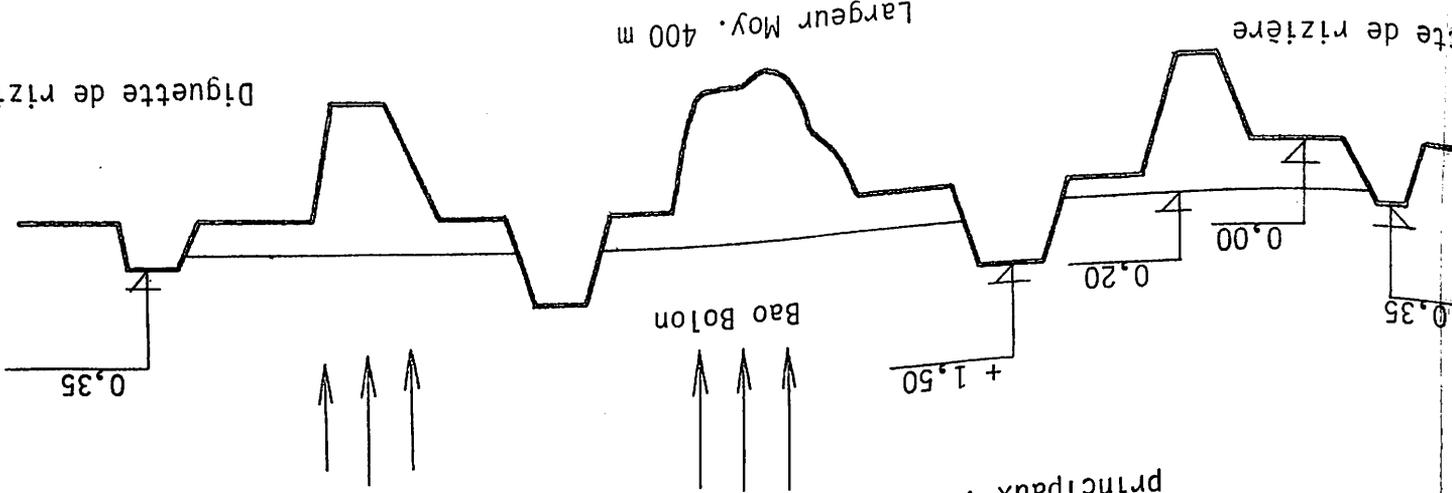
retenue	Apports an- nuels plu- viométriques		Volumen plu- viométriques 10 ⁶ m ³	Cote	Volume 10 ⁶ m ³
	BV Km 2	0,37 (P-E)			
RETENUE I	15	11,2	1,7	1,10	4,2
RETENUE II	8	11,2	0,9	1,10	2
RETENUE III	10	11,2	1,1	0,00	4,9

Ainsi, pour la fréquence quinquennale, les apports pluviométriques restent inférieurs à la capacité d'accumulation des retenues.

D'ailleurs, les observations hydrologiques de la zone révèlent que la cuvette du Bao Bolon se remplit progressivement et lentement au cours de la saison pluvieuse avec écoulement et vidange de l'a-

val vers l'amont (vers les retenues II et III, notamment).

Calcul des apports pluviométriques à évacuer par les drains principaux :



Zone d'épandage
800 mètres

Zone d'épandage
800 mètres

Seules sont à prendre en compte les précipitations qui intéressent la zone comprise entre les digues du chenal et les diguettes de rizières calées à environ 0,20 au-dessus du TN.

Le volume d'emmagasinement de cette zone d'épandage serait de l'ordre de :

$$15.000 \times 0,2 \times 1.600 = \underline{4,8 \ 10^6 \text{ m}^3}$$

Les précipitations reçues par la surface comprise entre les digues du Bao Bolon seront soit accumulées dans le lit du chenal, soit évacuées vers la Gambie à travers l'ouvrage de prise par ouverture forcée des clapets avec un débit inférieur au débit d'équipement du chenal d'amenée, soit encore dans le lit mineur du Bao Bolon par l'intermédiaire de la station d'exhaure.

$$Q = \frac{400 \times 120 \times 15 \ 10^3}{3 \times 8,64 \ 10^4} = 2,7 \text{ m}^3/\text{s} < 4,2 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Dans la zone de Nioro du Rip, il convient de prendre en compte pour les calculs une pluie de 120 mm en 3 jours.

Volume accumulé sur la zone d'épandage à évacuer par les drains principaux :

$$V = 1.600 \times 120 \ 10^3 \times 15 \ 10^3 = 2,9 \ 10^6 \text{ m}^3.$$

Cette valeur reste bien inférieure aux possibilités de stockage de la zone d'épandage ($4,8 \ 10^6 \text{ m}^3$), évitant ainsi les risques d'inondation.

Temps de vidange de la zone d'épandage

Le volume à évacuer correspond au volume accumulé sur la zone d'épandage, soit $2,9 \ 10^6 \text{ m}^3$ auquel il y a lieu d'ajouter le volume provenant du débit d'entretien des rizières, soit $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il convient de tenir compte aussi de l'évaporation du mois d'Août estimée à $\frac{45}{30} = 1,5 \text{ mm/j}$, soit un volume journalier de

$$V = 1,5 \times 15 \times 1.600 = 36.000 \text{ m}^3/\text{j}.$$

La station d'exhaure étant calibrée pour un débit de pompage de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ramené à $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ pour tenir compte du débit d'entretien à extraire, le temps de vidange s'établit à :

$$T = \frac{2,9 \ 10^6}{0,166 \ 10^6} \neq 17 \text{ jours}.$$

Le débit d'infiltration n'est pas pris en compte dans ce calcul.

3.1.5.- Aménagement des unités autonomes d'exploitation du périmètre du Bao Bolon

3.1.5.1. - Principe d'aménagement

Le rapport de 1968 a identifié 7 zones susceptibles d'être aménagées en rizières sur une surface totale nette de 2.000 ha (2.520 ha bruts).

Ces 7 zones s'étendent le long du lit du Bao Bolon entre les cotes 0 et + 1,00 m sur une longueur d'environ 18 kms. Leurs superficies respectives sont les suivantes :

- ZONE I	- 610 ha
- ZONE II	- 90 ha
- ZONE III	- 240 ha
- ZONE IV	- 360 ha
- ZONE V	- 250 ha
- ZONE VI	- 320 ha
- ZONE VII	- 85 ha.

Sur chaque zone seront aménagées des unités autonomes d'exploitation (UAE) de 60 ha bruts environ découpées en parcelles de 1,5 ha net. Chaque unité est totalement indépendante du périmètre voisin (cf. Plan d'Aménagement de la Zone V).

L'irrigation de chaque UAE est assurée par une station de pompage distincte construite à l'extérieur de la digue du chenal d'amenée. Soit au total 42 stations de pompage réparties le long du chenal d'amenée.

Le débit d'équipement de chaque station est calculé sur la base de 3,5 l/s/ha brut aménagé. Le débit de pointe se situe lors de la submersion des rizières en admettant une montée de l'eau en 7 jours dans le cas d'un riz de contre saison (en tenant compte de la possibilité de double culture, après la construction du barrage anti-sel).

Le débit de pointe, en riz d'hivernage, est bien sur moins élevé (1,74 l/s/ha), ce qui permettra de réduire les temps de pompage.

Le réseau d'irrigation de chaque UAE est constitué d'un ouvrage de tête où se déversent les eaux refoulées et qui alimente un canal principal en terre à fond plat.

Sur le canal principal sont raccordés des canaux tertiaires par l'intermédiaire de vannes à glissement destinées à assurer la répartition des débits et le sectionnement des ouvrages pour travaux d'entretien ou de réparation. L'alimentation des canaux quaternaires pour l'irrigation des parcelles avec un

débit de 3,5 l/s est assurée par batterie de siphons à raison de :

- 2 siphons plastique Ø 42 mm, longueur 1 m pour les prises en canal tertiaire,
- 3 siphons plastique Ø 63 mm, longueur 3 m pour les prises en canal principal.

Enfin, l'équipement hydraulique est complété par un réseau d'assainissement chargé de l'évacuation des eaux pluviales excédentaires, de la vidange des parcelles et de l'évacuation de l'excédent des eaux d'irrigation déversées.

Le débit retenu pour le dimensionnement du réseau est de 5,8 l/s/ha correspondant à la vidange d'une parcelle en 48 heures (1.000 m³).

L'aménagement des périmètres comprend également un réseau de pistes agricoles permettant d'accéder à chaque parcelle, des ouvrages de franchissement et des aires de battage.

L'ensemble des réseaux de drainage des UAE est raccordé aux deux drains principaux qui longent le chenal et qui aboutissent à une station d'exhaure permettant le rejet des eaux dans le lit du Bao Bolon, à l'extérieur de la digue de protection du périmètre.

3.1.5.2. - Caractéristiques du réseau d'irrigation des UAE

- Les canaux d'irrigation

. Canaux principaux

o Dimensions - Tracé - Equipement

Chaque secteur d'irrigation est alimenté en eau par une station de pompage alimentée par le chenal d'amenée.

De la station de pompage part une conduite de refoulement Ø 400 qui passe sur le drain principal et aboutit à un bassin de mise en charge implanté à l'entrée du secteur d'irrigation. Ce bassin débite directement dans le canal principal protégé sur 3 mètres par un revêtement en béton.

Les canaux principaux portent les mêmes dénominations que les secteurs d'irrigation. Ce sont des canaux à section trapézoïdale creusés au gabarit dans une plate forme de terre préalablement compactée. Les talus sont à pente de 3 pour 2 ainsi que les berges. La largeur au plafond est de 0,50 m.

Sur leurs parcours, les canaux principaux alimentent des canaux tertiaires au moyen de prises vannées, réglées pour fournir un débit donné en fonctionnement normal.

La gamme des débits varie de 15 l/s à 85 l/s selon la superficie de la zone dominée par le canal tertiaire. Cette gamme permet l'utilisation de vannes à glissement, série légère de conception très simple.

Dans chaque secteur, des déversoirs de sécurité renvoient en colature les débits qui, pompés, n'auraient pas été prélevés. Ce cas de fonctionnement exceptionnel correspond à la fermeture de toutes les vannes et du fonctionnement en plein de la station de pompage. Il se traduit par un exhaussement de la ligne d'eau dans le canal principal dont la cote de crête des digues est égale à cette cote du plan d'eau maximum augmentée de 0,30 m. La position des déversoirs sur les canaux principaux est liée à la proximité d'une colature.

o Fonctionnement hydraulique

La ligne d'eau de fonctionnement normal est commandée par les conditions de fonctionnement de la station de pompage. Les pompes délivrent leur débit directement au canal principal. Il importe malgré tout que les stations de pompage soient assurées d'une maintenance correcte afin que le débit réclamé par les cultures soit effectivement pompé et l'on notera que si le plan d'eau dans les canaux primaires n'atteint pas celui prévu au projet, c'est que le débit pompé est inférieur au débit requis. Par ailleurs, les calages hydrauliques des canaux primaires ont été effectués en application de la formule de Manning-Strickler en considérant $K = 40$ ($n = 0,0025$), ce qui suppose un bon entretien des canaux et en particulier leur curage périodique pour éliminer des atterrissements que la pente longitudinale minime rend inéluctables. L'absence d'entretien aurait comme effet une diminution du coefficient K ainsi que la section mouillée et, par voie de conséquence, du débit. Les prises vannées sont calculées pour délivrer aux tertiaires le débit nécessaire sur la base de 3,5 l/s/ha.

En fonctionnement exceptionnel, vannes fermées, le seuil de sécurité se met à déverser. Néanmoins, pour éviter que l'ouvrage ne déverse à tout moment, on a calé son seuil à 20 cm au-dessus du plan nominal. La charge sur le seuil est de 10 à 20 cm, selon le débit maximum à évacuer, le choix de la valeur de cette charge est un compromis entre la longueur de l'ouvrage et la cote des crêtes des digues elle-même dépendante du plan d'eau maximum.

- Canaux d'irrigation tertiaire

o Dimensions - Tracé - Equipement

Un canal d'irrigation domine une unité hydraulique autonome constituée d'un nombre variable de parcelles de 1,5 ha. Véhiculant un débit généralement inférieur à 100 l/s, ce canal est néanmoins creusé en section trapézoïdale dans une plate forme de terre compactée, de manière à lui conférer une étanchéité et une durée de vie correctes. La section type présentée sur les profils en travers se caractérise par une largeur au plafond de 0,5 m, des talus à 3 pour 2 et une largeur en crête confortable de 1,0 m. Le tracé de ces canaux est donné à titre indicatif selon le découpage provisoire du lotissement retenu : c'est pourquoi, les profils en long n'ont pas été levés, sauf pour les canaux situés en bordure du casier et susceptibles de ne pas gêner les travaux de pré-planage.

Il arrive également qu'un canal se divise en deux branches alimentant un nombre égal ou différent de parcelles. Si les cotes topographiques des deux zones sont du même ordre de grandeur, la répartition de l'eau entre les deux branches se fera naturellement au prorata des débits soutirés par les siphons de distribution, et aucun ouvrage de répartition n'est nécessaire. Si par contre les deux compartiments sont à des cotes sensiblement différentes, un ouvrage avec seuil partiteur est nécessaire. En extrémité de parcours, le canal tertiaire est muni d'un seuil de sécurité calé à 15 cm au-dessus du plan d'eau nominal, renvoyant les eaux non utilisées en colature. Cette hypothèse de fonctionnement exceptionnel correspond à l'ouverture de la vanne de tête et à l'absence des agriculteurs. Elle se traduit par un exhaussement de la ligne d'eau et par conséquent de la crête des digues du canal tertiaire. On admettra par exemple, au stade d'exécution de ces canaux tertiaires, que la revanche par rapport au plan d'eau maximum soit de 30 cm, la lame d'eau sur le déversoir de sécurité étant de 10 cm.

o Fonctionnement hydraulique

La ligne d'eau de fonctionnement normal est commandée par les caractéristiques du canal et de vanne de prise sur le canal principal.

Pour déterminer cette ligne d'eau, on doit procéder de la manière suivante :

- identification de la cote maximale probable après planage (Zm) des parcelles de l'unité hydraulique,

- la cote minimale de plan d'eau dans le canal tertiaire est égale à $Z_m + 0,15$,
- les pertes de charge sur le canal tertiaire sont 10 cm/Km plus 5 cm par partiteur.

La cote de plan d'eau en tête du canal tertiaires est alors déterminée, ce qui permet de choisir le type de vanne approprié et son réglage. En effet, on distingue trois configurations :

- a) la cote de plan d'eau dans le canal principal, moins la cote de plan d'eau en tête du canal tertiaire est égale à la perte de charge dans la vanne : la vanne reste complètement ouverte et fournit au canal tertiaire le débit demandé à la cote souhaitée,
- b) la cote de plan d'eau dans le canal principal moins la cote de plan d'eau du canal tertiaire est légèrement supérieure à la perte de charge dans la vanne ouverte : il convient de régler la fermeture de la vanne afin de générer une perte de charge suffisante. Ce réglage est nécessaire car, à défaut de le pratiquer, le débit servi au canal tertiaire augmente au détriment des autres canaux tertiaires,
- c) la cote de plan d'eau dans le canal primaire moins la cote de plan d'eau en tête du canal tertiaire est très nettement supérieure à la perte de charge dans la vanne ouverte : la fermeture poussée de la vanne peut résoudre le problème, mais le coefficient K , alors très élevé, suppose un réglage précis difficile et une vitesse élevée dans l'ouvrage. On préfère installer un seuil déversant (chute) à la sortie du bassin de dissipation d'énergie de la vanne. Il conviendra bien entendu de veiller à ce que l'intégrité de ce seuil soit respectée, sa détérioration entraînant nécessairement une augmentation très sensible du débit prélevé par le canal tertiaire. La distribution de l'eau au champ requiert l'utilisation de siphons de PVC branchés en batterie au droit de chaque parcelle. Pour que la distribution soit équitable, il importe que la charge sur un bief donné de canal tertiaire soit la plus uniforme possible. C'est pourquoi, on prévoit des chutes dès que le tracé du canal tertiaire donne à celui-ci une certaine pente.

d) Le lotissement

Le découpage du lotissement proposé est réalisé en parcelles de 1,5 ha. La plus grande dimension est au maximum de l'ordre de 240 m, mais varie dans des proportions notables pour tenir compte des contraintes topographiques du terrain.

En fait, le lotissement figurant sur le plan d'équipement au 1/2.000 ° n'est étudié qu'à titre indicatif et devra, au moment de l'exécution, être adapté aux données topographiques réelles après pré-planage. Sous sa forme actuelle, il représente néanmoins une étape déterminante sur l'implantation des divers canaux d'ordre tertiaire et sur leurs débits à dériver des canaux primaires (cf. Zone V).

3.1.5.3. - Caractéristiques du réseau de drainage

- Description du réseau

Les besoins de drainage identifiés et explicités dans le projet de 1978 doivent être satisfaisants par le réseau projeté. Celui-ci est par conséquent conçu pour :

- permettre la vidange des rizières au cours et à la fin du cycle cultural,
- évacuer les excédents d'eau d'irrigation et de précipitation.

A cet effet, chaque parcelle est longée dans sa partie basse par une colature peu profonde (0,7 m) ou drain tertiaire, à profil triangulaire 3/2, ce qui a pour objet de recueillir et d'évacuer les eaux de vidange de la parcelle et de les acheminer vers les fossés collecteurs (drains primaires).

L'ensemble des drains primaires se rassemble à une station de pompage qui rejette ces eaux.

- Fonctionnement hydraulique - Calage des eaux

On a considéré, pour le dimensionnement des fossés collecteurs que :

- la vidange des rizières prime en ce qui concerne le débit, car le débit de drainage souterrain, de l'ordre de 2 mm/j, soit 0,23 l/s/ha est négligeable face au débit de vidange des rizières : 5,8 l/s/ha en période de contre saison et 1,7 l/s en période d'hivernage.

A l'exception de drains tertiaires servant également à la décharge du réseau primaire d'irrigation, il n'a pas été procédé à d'autres vérifications que sommaires à la capacité de transport des drains tertiaires non plus qu'à leur calage altimétrique. Cette procédure allégée est dictée par deux considérations :

- ° le plan de lotissement n'étant qu'indicatif, ces drains tertiaires pourront voir leur implantation modifiée,
- ° en tout état de cause, un tel drain est capable de transiter des débits suffisants. Pour une hauteur d'eau de 60 cm, on

calcule (K = 30) :

Pente du drain	0,0001	0,0005	0,0008	0,001
Débit (m ³ /s)	0,058	0,129	0,163	0,182

L'inventaire des drains tertiaires montre que les débits sont inférieurs à 100 l/s et les pentes satisfaisantes. De toute manière, au débouché dans un fossé collecteur, le décrochement important des cotes de radier implique une chute (couplée avec le passage busé du franchissement de piste).

Il faut savoir que si des colatures peu profondes, type drains tertiaires de rizières, peuvent à la rigueur être mal entretenues, il serait par contre très dangereux pour la pérennité du périmètre de laisser se dégrader et se colmater les fossés collecteurs. Il est en particulier indispensable que les débouchés des drains ne soient jamais obturés et une attention particulière doit être portée à leur parfaite conservation lors des opérations de curage des fossés.

Les fossés collecteurs ont des pentes longitudinales extrêmement faibles, rarement supérieures à 0,0002. Leur section a été projetée selon des talus à pente 3/2 ou 1/1. Il conviendra, préalablement à l'exécution, que le Maître d'Oeuvre fasse procéder par un laboratoire spécialisé, à des essais géotechniques en vue d'une définition correcte des talus à adopter.

3.1.5.4. - Le réseau des pistes

On a défini deux types de pistes correspondant à des niveaux de trafic différents :

- les pistes de 5 m d'emprise sont des pistes d'exploitation (bande de roulement 3 m, accotement 1 m). Afin de réduire au strict minimum le nombre des franchissements de type passage busé sur drain, on a prévu des pistes desservant directement les parcelles qu'elles longent. Le schéma type est donc une piste de 5 m, un drain tertiaire, une piste de 5 m, la vidange des parcelles dans le drain tertiaire ne nécessitant que quelques mètres de tuyau PVC sous la route. La piste est calée au minimum à 30 cm au-dessus de la cote de la rizière qu'elle longe,
- les pistes de 7 m d'emprise (bande de roulement 5 m, accotements 1 m), sont des pistes de liaison. On les rencontre :
 - o le long des fossés collecteurs les plus importants et chaque fois qu'un axe de circulation important est nécessaire.

Les franchissements sur canaux et drains sont des passages busés simples. On peut distinguer :

- les passages busés sur drains tertiaires, de petite taille, associés ou non avec une chute permettant le raccord du drain tertiaire avec le drain primaire,
- les passages busés sur drains primaires, beaucoup plus importants du fait de la profondeur de ces derniers et des débits véhiculés.

En outre, pour permettre l'accès de l'ouvrage de prise sur la Gambie, la crête des digues de protection du canal a été portée à 3,5 m avec un sens de circulation imposé.

3.1.5.5. - Le problème des déversoirs de sécurité

La sécurité de fonctionnement des réseaux d'irrigation est garantie par la mise en place de seuils déversants chargés d'évacuer en colature le débit non prélevé par les ouvrages de prise en cas de fermeture des vannes.

Ces ouvrages de sécurité sont dimensionnés pour le débit maximum que peut délivrer la station de pompage du secteur considéré.

Or, ces décharges potentiellement importantes, aboutissent in fine dans les collecteurs de drainage et, de là, à la station de pompage de drainage. Le débit de cette dernière étant fixé, il va de soi qu'elle ne saurait évacuer un débit de décharge supérieur provenant du réseau d'irrigation et qu'il serait injustifié de la surdimensionner pour faire face à une pointe théoriquement très improbable.

Il est par contre très possible que l'une ou l'autre des vannes de chaque secteur reste fermée. Au plus, pourra-t-on admettre que tout le débit du secteur puisse aller en colature (180 litres/seconde). Dans cette hypothèse, on calculera la ligne d'eau dans un collecteur de décharge d'un canal principal en considérant :

- un débit constant de 180 l/s sur les biefs concernés,
- une cote de plan d'eau de - 2,50 m à la station d'exhaure.

On met ainsi en évidence la capacité du drain à transporter ce débit sans déborder, la cote de plan d'eau au droit du débouché du drain de décharge étant calée à 0,30 sous TN.

Ce drain de décharge proprement dit aura une section trapézoïdale avec talus à pente 3 pour 2, 0,5 m de largeur au plafond. En considérant une pente longitudinale de drain égale à celle du terrain naturel le long de son tracé, on vérifie

qu'un drain de profondeur 1 m est suffisant pour évacuer le débit de décharge.

3.1.5.6. - Les stations de pompage d'irrigation

Au nombre de 42 au total, lorsque l'ensemble du périmètre sera équipé, ces stations disposent d'une prise d'eau calée à la cote - 1,00 m dans le lit mineur du Bao Bolon. Cette prise est constituée d'une buse en béton Ø 600 protégée par un ouvrage en béton en entonnement, avec dalle et radier parasouille.

Cette buse traverse la digue du canal et aboutit dans la chambre d'aspiration munie de deux rainures batardeaux en bois pour isoler la station en cas de panne.

Il est prévu un groupe motopompe à hélice qui refoulera les eaux à travers une conduite de refoulement en béton ou en fonte posée en élévation au-dessus du drain principal et aboutissant au bassin de mise en charge en tête du canal principal.

A/ - Caractéristiques des pompes

- Débit d'équipement : 60 ha x 3,5 l/s = 210 l/s.
- Hauteur manométrique :
 - . niveau mini d'aspiration = - 0,50 m
 - . niveau maxi de refoulement = + 1,10 m
- Pertes de charges :
 - . clapet crépine 5 m/ Ø 300 j1 = 5 cm
 - . aspiration 2,5 m/ Ø 300 j2 = 2,5 cm
 - . refoulement 50 m/ Ø 400 j3 = 25 cm

32,5 cm

Total arrondi à 0,35 m.

- HMT = 1,60 + 0,35 = 1,95 m - arrondi à 2 mètres.

Les caractéristiques des groupes motopompes seront donc définies par :

- Q : 210 l/s
 - HMT : 2 m
 - Puissance : $\frac{0,210 \times 2}{0,70 \times 0,102} \neq 6 \text{ KW}$
 - Puissance moteur (rendement 0,80)
- $$PM = \frac{6}{0,8} = 7,5 \text{ KW} \approx 10 \text{ CV.}$$

3.1.6.- La station d'exhaure

Elle sera implantée au niveau de la digue frontière et rejettera les eaux des deux drains principaux dans le cours aval du Bao Bolon. Ces eaux ne seront pas récupérées pour l'irrigation en raison de leur taux de salure prévisible.

Puissance installée :

La hauteur manométrique totale est estimée à 1,50 m, et le débit à 3,5 m³/s.

La puissance nécessaire avec un rendement de 50% sera de 100 CV.

3.1.7.- La digue de retenue

- Possibilité de cultures maraîchères de contre saison, irriguées à partir de la retenue n° 1 du projet 1968

L'étude de 1968 envisageait la possibilité de construction d'une digue de retenue en travers du bras Ouest du Bao Bolon, la cuvette constituant une réserve d'eau. Celle-ci serait alimentée par gravité à partir du tronçon BK1 de la "branche Ouest", pendant les mois de Septembre, Octobre et Novembre, à partir du débit laissé disponible, une fois prélevé le débit consacré aux rizières.

L'étude de 1968 avait ainsi établi que le volume maximum de la retenue serait observé de fin Novembre et s'élèverait à 4.200.000 m³ pour un niveau d'eau situé à la cote 0,95 m.

L'évaporation totale de Décembre à Avril compris (conformément au calendrier de cultures envisagé) s'élève à 1.206 mm (cf. tableau I). Ceci ramènerait le plan d'eau dans la retenue à la cote - 0,256 en fin Avril, hormis tout prélèvement pour les cultures. Cette hauteur correspond à un volume de 600.000 m³ (cf. chapitre 3 : Courbe caractéristique de la retenue V -h-).

En retenant des besoins moyens de 16.000 m³/ha de cultures. (soit 8 mm/j sur 120 j avec une efficacité de 0.6), on devrait pouvoir irriguer 38 ha de maraîchage en première approximation.

Si l'irrigation était arrêtée fin Mars, l'évaporation s'élèverait à 947 mm, ce qui correspond à la cote 0,00 du PE et à un volume disponible de 1.050.000 m³, soit 65 ha de cultures irrigables.

Une étude plus détaillée de la variation du volume de la retenue par décennie permet de dire qu'en irrigant 80 ha jusqu'en fin Mars, il resterait alors 83.200 m³ dans la retenue (cf. tableau II). Le volume sera vidangé dans le réseau de drainage pour évacuer le sel accumulé.

3.2. - Coûts d'investissement des aménagements conception 19803.2.1. - Les infrastructures

DESIGNATION	U	Q	P. U.	P. T.
<u>Ouvrages en territoire Gambien</u>				
- Partie sur sols de mangrove				
. débroussaillage	m2	200.000	450	90.000.000
. déblais mis en dépôt (drague)	m3	68.000	1.300	88.400.000
. Remblai de digue (apport de l'ex- térieur)	m3	90.000	2.000	180.000.000
. bidim	m2	10.000	2.000	20.000.000
				<u>378.400.000</u>
<u>Sous-total...</u>				
- Partie sur sol sain (10 Km)				
. débroussaillage	m2	400.000	100	40.000.000
. déblais mis en dépôt	m3	200.000	450	90.000.000
. déblais mis en remblais	m3	180.000	1.250	225.000.000
				<u>355.000.000</u>
<u>Sous-total ..</u>				
- Siphon bras Est	U	1	50.000.000	50.000.000
- Passerelles pour piétons	U	14	6.500.000	91.000.000
- Prises pour rizières Gambiennes	U	8	3.000.000	24.000.000
- Pont sur route Iliassa	U	1	20.000.000	20.000.000
- Franchissement digue frontière	U	1	20.000.000	20.000.000
- Ouvrage de prise sur Gambie	U	1	36.000.000	36.000.000
				<u>241.000.000</u>
<u>Sous-total...</u>				
				<u>974.400.000</u>
TOTAL GENERAL				*****

DESIGNATION	U	Q	P. U.	P. T.
Infrastructures en territoire sénégalais *****				
- Débroussaillage	m2	440.000	100	44.000.000
- Déblais drains	m3	310.000	450	139.500.000
- Remblai digues (H = 1m, m = 2,L=3,5m)	m3	185.000	1.250	231.250.000
- Pont sur route Dakar-Ziguinchor	U	1	20.000.000	20.000.000
- Siphons sur drains principaux	U	2	3.000.000	6.000.000
- Station d'exhaure	U	1	33.000.000	33.000.000
- Etudes d'exécution	Ft	1	20.000.000	20.000.000
				<hr/>
				493.750.000

Investissements complémentaires pour ***** permettre le maraîchage en contre - ***** saison *****				
- Remblais compactés (digues)				22.362.000
- Tapis filtrant				6.000.000
- Ouvrage de prise				15.500.000
- Ouvrage d'alimentation				6.200.000
- Pompes et moteurs				15.000.000
				<hr/>
				65.062.000

Coûts d'investissement des unités autonomes d'exploitation (U A E)

DESIGNATION	U	Q	P. U.	P. T.
- Etudes aménagement	ha	60	19.000	1.140.000
- Déblais pleine masse	m3	2.500	450	1.125.000
- Mise en remblais de déblai compacté (largeur de digue 1m)	m3	2.500	1.250	3.125.000
- Mise en remblai de déblais provenant d'emprunt	m3	1.600	1.400	2.240.000
- Eclatement de digue	m3	150	190	28.500
- Mise en forme du canal par ditcher et niveleur	m1	2.500	1.250	3.125.000
- Drain secondaire déblais en pleine masse	m3	4.500	450	2.025.000
- Ouvrages déblais	m3	20	1.500	30.000
- Remblai compacté ouvrages	m3	20	1.300	26.000
- Béton	m3	20	56.000	1.120.000
- Vannes	U	4	300.000	1.200.000
- Préplanage	ha	60	50.000	3.000.000
- Piste	m3	30.000	65	1.950.000
- Brise-vent	m1	5.600	125	700.000
<u>Total sans station de pompage</u>				<u>20.834.500</u>
- Station de pompage	U	1	6.500.000	6.500.000
<u>Total avec station de pompage</u>				<u>27.334.500</u>
42 UAE sans station de pompage				875.049.000
42 UAE avec station de pompage				1.148.049.000

Coûts des investissements nécessaires à la double culture du riz

- Canal Yelitenda Katchang :		
. Déblais : 334. 000 m3 x 450 F	=	150. 300. 000
. Remblais : 161. 000 m3 x1 200 F	=	193. 200. 000
. Ouvrages	=	100. 000. 000
		<hr/>
		443. 500. 000
	arrondi à ..	445. 000. 000 F
		=====
- Station de pompage de Yelitenda		155. 000. 000
- Renforcement station de Katchang		
(pour la variante 5)		
(passage de 6m3/s à 8,8 m3/s		100. 000. 000
Total Variante 5		700. 000. 000 F
Total Variante 6		600. 000. 000 F

Les coûts d'investissements du projet d'aménagement du Bao Bolon dans sa variante retenue par l'Administration et consistant en une alimentation gravitaire du chenal aménagé dans le lit du Bao Bolon où les eaux seront reprises par de petites stations de pompage en tête de périmètres autonomes de 50 ha bruts, s'établissent comme suit :

a) Ouvrages en territoire Gambien, comprenant :

- un ouvrage de prise à clapet,
- un canal en terre,
- un pont route Yliassa,
- 14 passerelles
- 8 prises d'eau pour rizières gambiennes

$T_1 = 974.400.000$ CFA

b) Infrastructures en territoire Sénégalais comprenant :

- un endiguement pour chenal d'amenée,
- une station d'exhaure,
- un pont route Kaolack,
- réseau d'irrigation pour maraîchage

$T_2 = 558.812.000$ CFA

c) Aménagement des unités autonomes (réseau d'irrigation et de drainage, 42 stations de pompage)

$T_3 = 1.148.049.000$ CFA

Total coût du projet avant construction
du barrage de Yelitenda ($T_1 + T_2 + T_3$)

$= 2.681.261.000$ CFA

d) Aménagement complémentaire pour réaliser une double culture de riz à partir du barrage de Yelitenda, comprenant :

- Canal Yelitenda-Katchang
- Station de pompage de Yelitenda

445.000.000 CFA

155.000.000 CFA

Total

600.000.000 CFA

Soit un coût total du projet pour une double culture de riz :

$2.681.261.000 + 600.000.000$

$= 3.281.261.000$ CFA

Coût à l'hectare aménagé (2.520 ha) :

. dans le cas d'une culture de riz (avant barrage Yelitenda): 1.000.000/ha

. dans le cas d'une double culture de riz (après barrage Yelitenda)..... : 1.300.000/ha

3.3. - Etude du prix de l'eau

A partir du coût des investissements et en tenant compte des amortissements techniques des frais de fonctionnement et d'entretien, des charges de personnel dont le détail des calculs figure en Annexe n° IV, on obtient pour chacune des variantes envisagées les prix du m³ d'eau rendu à la plante (en francs CFA) suivants :

		10 ans	Au delà
VARIANTE 2: Riz d'hivernage seul		11,71	13,86
VARIANTE 4: Riz d'hivernage et maraîchage de contre saison		11,56	13,54
VARIANTE 6: Double culture de riz		7,92	8,69

Ces prix sont acceptables pour ce genre d'irrigation dans les variantes 2 et 4, et tout à fait intéressants dans le cas de la variante 6.

3.4.- Programmation des aménagements

3.4.1.- Cas de la Variante 4

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Station de pompage	Par an	6	12	24								
	Cumul	6	18	42								
Surfaces aménagées (hectares nets)	288	96	96	96								
	576		192	192	192							
	1152			384	384	384						
	Total Par an	96	288	672	576	384						
	Total Cumulé	96	384	1056	1632	2016						
	t/an		192	816	2352	4022	5558	6422	7133	7661	7949	8064
MF/an		8,0	33,9	97,6	166,9	230,7	266,5	296,0	317,9	329,9	334,4	

Personnel d'encadrement (MF/an)

	1	2	3	4	5	6	7							
- Chef projet expatrié	1	24	1	24	1	24	1	24						
- Adjoint (Sénégal)	1	2,5	1	2,5	1	2,5	1	2,5						
- Comptable	1	1,2	1	1,2	1	1,2	1	1,2						
- Secrétaire	1	0,6	1	0,6	1	0,6	1	0,6						
- I T A	1	2,5	1	2,5	1	2,5	1	2,5						
- A T A	2	2,0	6	6,0	14	14,0	14	14						
- Magasinier	1	0,5	1	0,5	1	0,5	1	0,5						
TOTAL.....		33,3		37,3		45,3		45,3		21,3		21,3		21,3

Années 8 à 40 : 9,3 MF/an (1 ITA, 5 ATA, Comptable + Secrétaire)

Véhicules (MF/an)

	1	2	3	4	5	6
R 18	1			1		
R 4	1			1		
404 bachée	1			1		
Vélocoteurs	2			2		
TOTAL	5,6	0,8	1,6	5,6	0,8	1,6

Fonctionnement : 6 MF/an

Programmation investissements (MF/an)

Années	T R A V A U X	Ouvrages en terre	Génie Civil	Pompes et appareillage
0	Canal et ouvrages Gambie Digues Sénégal + stations exhaure Topo + préplanage 6 UAE	378 415 24	120 38	21
	TOTAL	817	158	21
1	Fin canal et ouvrages Gambie Construction station et canaux de 6 UAE Topo et pléplanage sur 12 UAE - construction digue et station relèvement bras Ouest	355 102	121 15	24 15
	TOTAL	485	158	39
2	Aménagement 12 UAE Topo et pléplanage 24 UAE	204 96	30	48
	TOTAL	300	30	48
3	Aménagement 24 UAE	408	60	96

3.4.2. - Cas de la Variante 6

- Rythme d'aménagement : Cf. Chapitre 3.4.1.
- Production de paddy : Celles du Chap. 3.4.1. multipliées par 2
- Personnel d'encadrement et véhiculer : Cf. Chapitre 3.4.1. :
frais de fonctionnement 8 MF/an au lieu de 6 MF/an
- Programmation investissements.

Années	T R A V A U X	Ouvrages en terre	Génie Civil	Pompes & p- pareillages
0	Canal et ouvrage Gambie	378	120	21
	Digue Sénégal + Station d'exhaure	415	38	
	Canal depuis barrage anti-sel	245		
	Station pompage Yélitenda Topo et préplanage 6 UAE	24	75	80
	<u>TOTAL</u>	1 062	233	101
1	Fin canal et ouvrage Gambie	355	121	
	Canal depuis barrage anti-sel	200		
	Construction station & canaux 6 UAE	102	15	24
	Topo et préplanage 12 UAE	48		
	<u>TOTAL</u>	705	136	24
2	Aménagement 12 UAE	204	30	48
	Topo et préplanage 24 UAE	96		
	<u>TOTAL</u>	300	30	48
3	Aménagement 24 UAE	408	60	96

3.5.- Calcul du taux de rentabilité interne

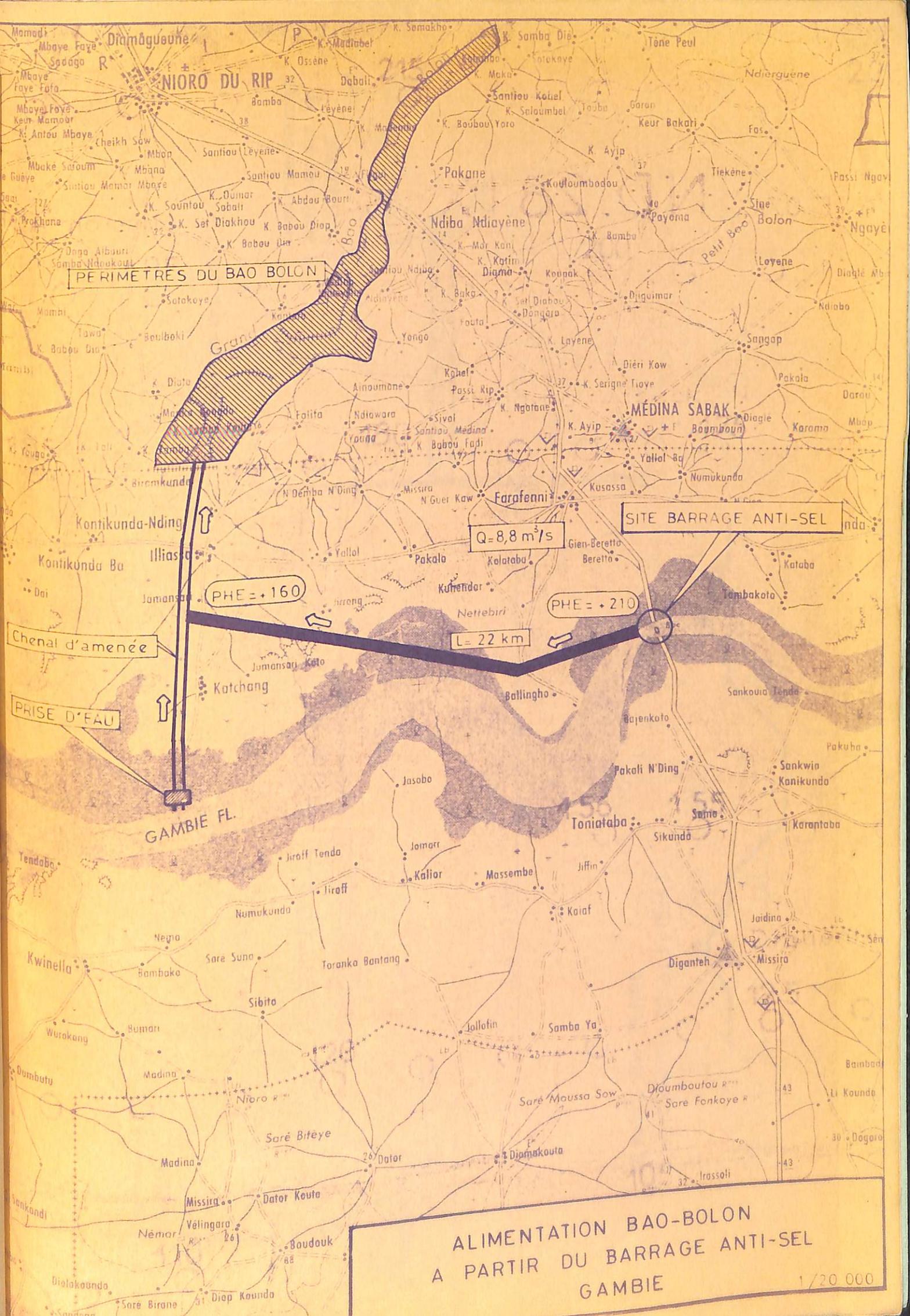
Les taux de rentabilité ont été calculés dans le cas de la Variante 4 (un riz d'hivernage et 80 ha de maraîchage) et de la Variante 6 (un riz d'hivernage et un riz de saison sèche).

Les valeurs atteignent, comme le précisent les deux tableaux suivants :

- pour la Variante 4 : T R I = 6,4%
- pour la Variante 6 : T R I = 8 %

9,3% si on ne tient pas compte de la quote-part d'amortissement du barrage de Yelitenda pour le périmètre Bao Bolon.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Investissements</u>									
Terrassement	817	533	300	408					
Génie Civil	158	158	30	60					
Pompes et appareillages	21	39	48	96					
Bâtiments		36	36						
Matériel agricole			24,5	49	97,9				24,5
<u>Fonctionnement</u>									
Pompes		2,0	5,2	6,7	10,0	12,8	14,7	14,7	14,7
Engrais et divers . 49.000 F/ha avec maraîchage .			4,7	18,8	51,7	79,9	98,8	98,8	98,8
<u>Entretien</u>									
Infrastructures			13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2	13,2
U A E				1,2	3,6	8,4	8,4	8,4	8,4
Personnel encadreur	28,3	33,3	37,3	45,3	45,3	21,3	21,3	21,3	21,3
Véhicules + fonctionnement	11,6	6,8	7,6	11,6	6,8	7,6	6,0	6	6
Total charges	1036	808,1	506,5	709,8	228,5	143,2	162,4	186,9	211
<hr/>									
Production paddy (Tonnes)			192	816	2352	4022	5558	6422	71
Paddy (M F)			10,4	44	127	217	300,1	346,8	385
Productions maraîchères			3,6	12,6	31,8	42,6	50,3	56	56
Total production			14,0	56,6	158,8	259,8	350,4	402,8	443
<hr/>									
Bilan	--1036	-808,1	-493	- 653	- 70	117,0	188	216	23



NIROU DU RIP

PERIMETRES DU BAO BOLON

SITE BARRAGE ANTI-SEL

PHE = +160

PHE = +210

L = 22 km

Chenal d'amenée

PRISE D'EAU

GAMBIE FL.

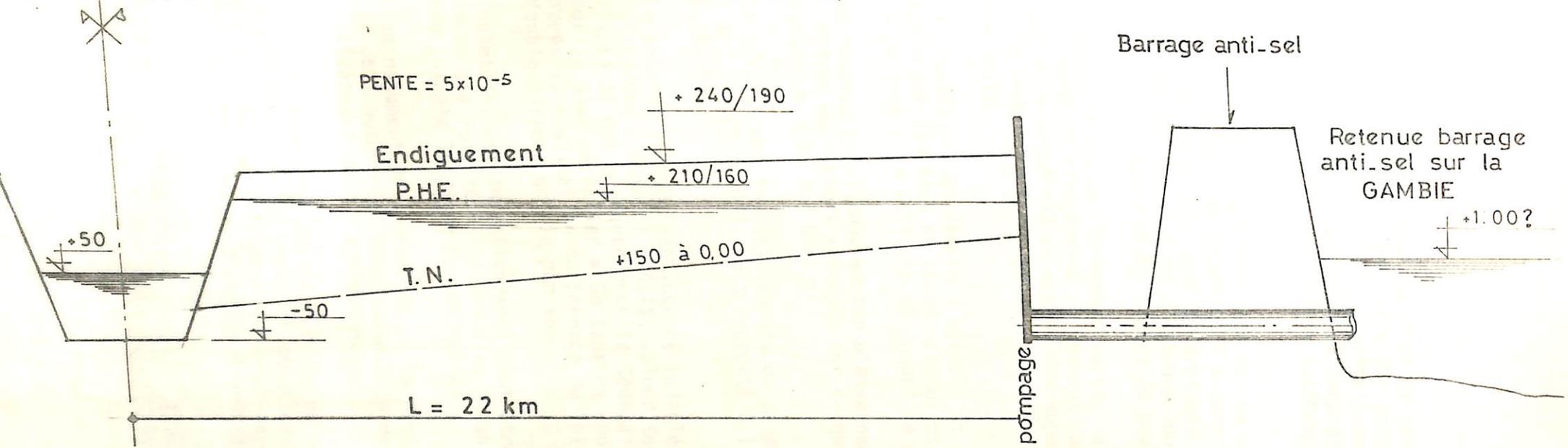
ALIMENTATION BAO-BOLON
A PARTIR DU BARRAGE ANTI-SEL
GAMBIE

1/20 000

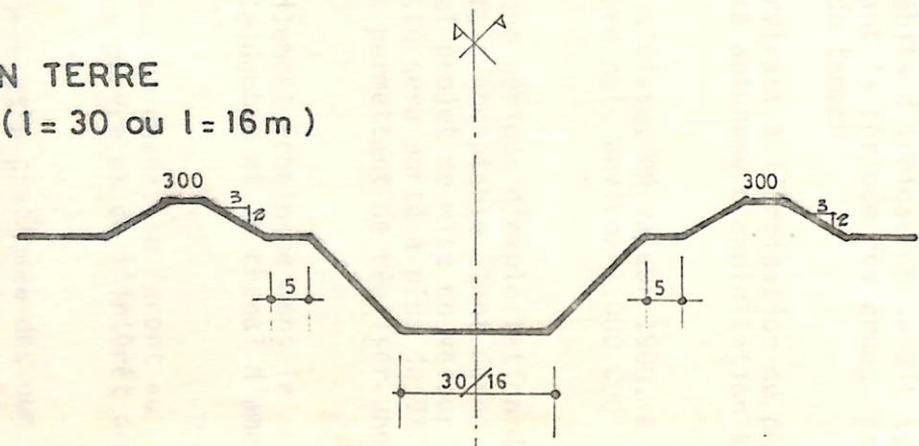
CANAL D'ALIMENTATION DES PERIMETRES DU BAO-BOLON
 A PARTIR DE LA RETENUE BARRAGE ANTI-SEL
 SUR GAMBIE

Canal d'amenée
 BAO-BOLON

$$Q = 8,8 \text{ m}^3/\text{s}$$



CANAL EN TERRE
 2 options (l = 30 ou l = 16 m)



3.6.- Conclusions

L'irrigation des 2.520 hectares de terres à vocation rizicole dans la vallée du Bao Bolon peut être envisagée à partir d'une prise directe dans la Gambie alimentant gravitairement un chenal d'amenée le long duquel des petites stations de pompage refouleraient les eaux nécessaires à l'irrigation des unités autonomes d'exploitation de 60 ha bruts (ou 48 ha nets).

L'aménagement serait complété par un réseau du drainage destiné à évacuer les eaux en excédent et à assurer un lessivage des terres en fin de saison sèche. Les eaux de drainage seraient reprises en aval des périmètres par une station d'exhaure pour leur rejet dans le lit du Bao Bolon, à l'extérieur des digues de protection des périmètres.

La prise d'eau sur la Gambie serait fermée après le passage des crues, au moment de l'inversion du courant dans le chenal d'amenée. Son ouverture interviendrait au moment des apports de ruissellement et des crues de la Gambie au droit de la prise d'eau, après la disparition de la langue salée.

La régulation des débits d'apports et des débits d'irrigation serait assurée par les eaux en excès accumulées pendant la période des crues dans la retenue de 4 Millions m³ jouant le rôle de tampon.

La réserve constituée en fin d'hivernage servirait à l'irrigation de périmètres maraîchers aménagés sur chaque unité autonome d'exploitation à raison de 2 ha par UAE.

Le montant des investissements de ce projet s'élève, en valeur 1980, à 2.682.000.000 F.CFA, soit rapporté à l'hectare net, environ 1.000.000 F.CFA/ha.

Le taux de rentabilité interne calculé sur une période d'exploitation de 30 années, s'établit à 6,4%, valeur tout à fait acceptable étant donné l'intérêt que présente pour le Sénégal un tel projet de mise en valeur sur le plan céréalier.* Ce taux de rentabilité sera porté à plus de 9% après la réalisation du barrage de Yelitenda permettant de réaliser une double culture de riz par an.

Toutefois, cet investissement peut être facilement échelonné dans le temps une fois réalisés la prise d'eau sur la Gambie et le chenal d'amenée jusqu'à la digue de protection.

L'aménagement des parcelles et le prolongement du chenal se feront au fur et à mesure de la disponibilité en main d'oeuvre et de l'intérêt des cultivateurs pour l'opération.

Enfin à terme, une double culture de riz pourra être pratiquée dès que le barrage anti-sel prévu en amont de la confluence du Bao Bolon aura été réalisé. Il suffira de construire un canal reliant la retenue du futur barrage au canal d'amenée pour assurer une alimentation perenne en

* Le prix de référence d'achat du paddy a été estimé à 54 F.CFA/Kg, valeur jugée relativement faible.

eau douce du périmètre sans avoir à reprendre les aménagements réalisés. Le taux de rentabilité du projet s'élèvera alors à 8% avec un investissement complémentaire de l'ordre de 534 Millions CFA.

En outre, le projet entraînera certains avantages non quantifiables au niveau de la région :

- l'aménagement du Bao Bolon contribuera à améliorer l'approvisionnement de la région en riz et à jouer un rôle régulateur durant les années sèches,
- l'augmentation du nombre de journées de travail dans l'hypothèse d'une double culture de riz est de 29% sur l'ensemble de l'année et de près de 90% en saison sèche (Janvier à Mai),
- la diversification des activités agricoles dans une zone de monoculture arachidière est un objectif souhaitable. Avec une double culture de riz, les ressources des populations du Bao Bolon ne seront plus dépendantes qu'à 57,3% des productions traditionnelles (arachide, mil, élevage).

