Une méthode «expert» pour la conception des barrages «anti-sel» dans les bas-fonds de basse et moyenne CASAMANCE.

Jean ALBERGEL
Hydrologue UR 2 DEC
ORSTOM B.P. 1386 DAKAR
SENEGAL

Résumé :

Lors de la conception des barrages anti-sel sur les petites vallées influencées par la marée de basse et moyenne CASAMANCE, l'hydrologue doit répondre aux trois questions suivantes. Quelles sont les hauteurs minimum, moyenne et maximum au droit de l'ouvrage projeté? Quelle est la valeur de la crue de projet? Quelle est la quantité d'eau douce disponible dans le bas fond en fonction de la pluviométrie pendant le cycle cultural du riz? A partir de l'ensemble des études hydrologiques ponctuelles et générales sur le bassin versant du fleuve CASAMANCE, une méthode «expert» a été mise au point pour répondre à ces trois questions pour n'importe quel bas-fond, en tête de vallée, dont le bassin versant ne dépasse pas une superficie de 500 km². Cette méthode a été appliquée à 11 sites sur lesquels un projet d'aménagement ou de réhabilitation d'aménagement avait obtenu un financement.

Introduction

La riziculture est une tradition des bas-fonds estuariens saumâtres de CASAMANCE. Cette culture tend à se développer avec les nouvelles habitudes alimentaires et de nombreux projets de développement tentent de favoriser son intensification.

Depuis une quinzaine d'années la CASAMANCE a connu au même titre que le SAHEL une période de sécheresse qui a eu des répercussions très graves sur les plans écologique et économique. Dépassant 1500 mm par an dans les années 50 et 60, la pluviométrie moyenne à ZIGUINCHOR est tombée durant les deux décennies suivantes aux alentours de 1150 mm, soit une baisse de 25% (DACOSTA, 1989).

Cette sécheresse très fortement ressentie sur l'ensemble du bassin versant de la CASAMANCE a eu pour effet la sursalure des eaux et des sols ainsi que leur acidification par oxydation de la matière organique avec le rabattement généralisé des aquifères (OLIVRY, 1987, LE BRUSQ & *al*, 1987 BOIVIN, 1990).

A l'instigation du gouvernement sénégalais, des aménagements ont été entrepris dès le début des années 80 dans le but d'enrayer les processus de dégradation et favoriser l'intensification de la riziculture dans la zone de balancement des marées. Il s'agissait soit de grands barrages anti-sel (AFFINIAM, GUIDEL), soit de petites digues barrant les vallées secondaires, destinées à éviter les intrusions marines (USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985). Ce second type d'aménagement a rencontré un fort succès auprès des paysans de la région et mobilise les organismes de développement et les instituts de recherche agronomique depuis quelques années (BARRY, 1986; BARRY & *al* 1988). Des rendements interressants (2.5 à 3 t.) ont été obtenus sur d'anciennes terres nues et stérilisées par le sel et l'acidité, grace à la gestion hydraulique rigoureuse de l'un de ces ouvrages anti-sel, sans apports d'intrant et suivant les pratiques culturales traditionnelles (ALBERGEL & *al*, 1990).

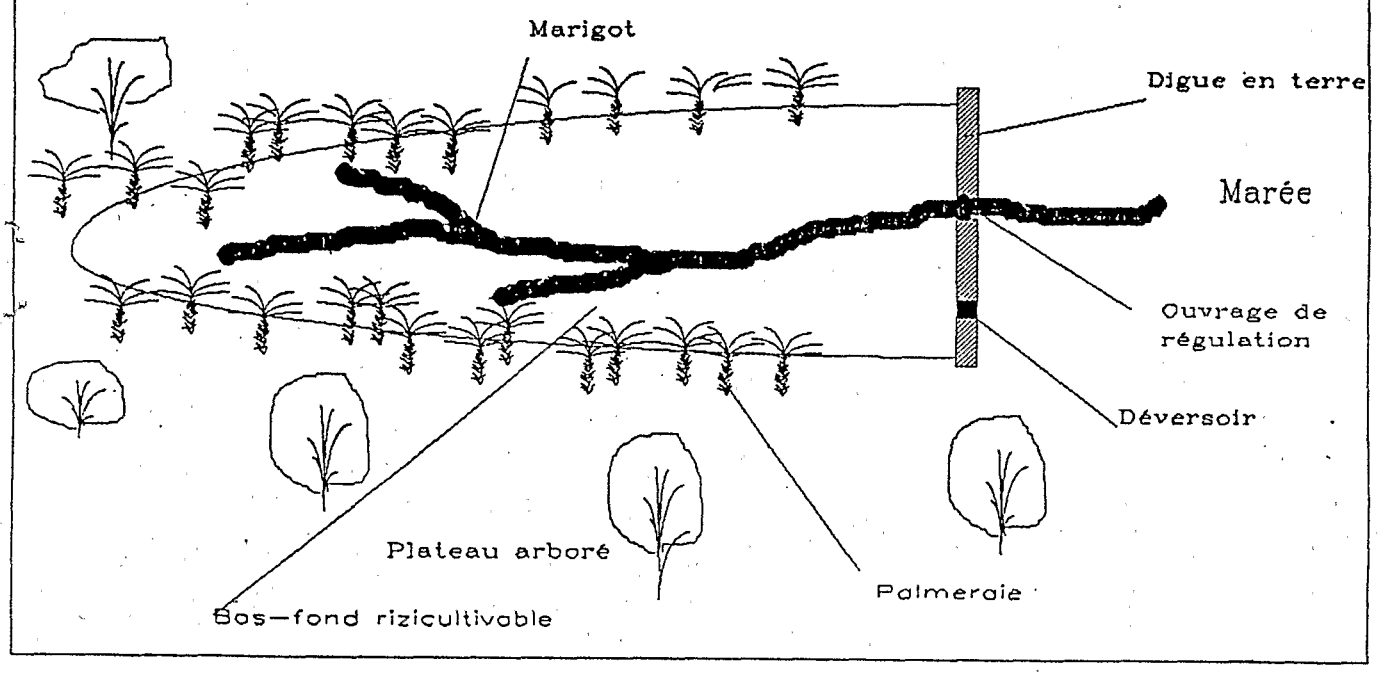
La surface occupée par le bas-fond dans les petits bassins versants de CASAMANCE peut représenter jusqu'à 20% de la surface totale. En régime naturel, ces zones basses sont submergées en quasi permanence par les invasions marines et reçoivent de l'eau douce directement, soit par les précipitations, soit par l'écoulement des aquifères superficiels contenus dans les inter-fluves très perméables. En fonction de la pluviométrie, les écoulements d'eau douce sont plus ou moins importants et surtout durent plus ou moins longtemps après la saison des pluies.

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : B*14572 Ex : 1
17/6/91
8037
DB
ALB
Fonds Documentaire ORSTOM
010014572

1. Description et principes de l'aménagement anti-sel

L'amenagement anti-sel se compose d'une digue en terre compactée permettant d'arréter l'intrusion marine et d'accumuler l'eau douce, d'un ouvrage en béton susceptible d'évacuer une partie de l'eau accumulée pour lessiver les sols et pour régulariser les hauteurs d'eau dans les rizières et d'un déversoir de crues qui peut être l'ouvrage en béton ou être indépendant (fig.1). L'ouvrage de régulation des hauteurs d'eau est constitué de portes munies de glissières dans lesquelles des planches se superposent. Ces portes peuvent également être équipées de vannes à crémaillère. Des diguettes sont utilisées dans le bas-fond comme ouvrages secondaires de régulation des hauteurs d'eau dans les rizières.

Figure 1 Aménagement anti-sel d'un bas-fond de CASAMANCE



Le riz est cultivé en amont de la digue sur des billons ou sur planche suivant les régions. C'est toujours du riz repiqué. Dès le début de la saison des pluies des lâchers d'eau conséquents sont effectués à marée basse. Lorsqu'une épaisseur suffisante de sol est dessalée (de 10 à 20 cm), le riz est repiqué (première quinzaine d'août). Dès le début de la mise en eau du bas-fond, il faut conserver sur toutes les rizières une hauteur d'eau suffisante pour empêcher les remontées salines de la nappe, réduire l'oxydation des sols et leur acidité et enfin assurer le développement du riz en empêchant la croissance des adventices.

Pour réussir un tel aménagement, il est nécessaire de déterminer trois familles de paramètres hydrologiques lors de l'étude de faisabilité:

- Les hauteurs maximum et minimum des marées extrêmes au droit de l'aménagement projeté. Les hauteurs maximum des marées et la pente longitudinale du bas-fond règlent la hauteur de la digue et les hauteurs minimum déterminent l'altitude du seuil de l'ouvrage de régulation.

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : B✗ 14572 Ex : 1

- La production en eau douce du bas-fond en fonction de la pluviomètrie. Les apports annuels doivent être prédéterminés pour connaître les possibilités de lessivage des sols et de satisfaction en eau du riz durant tout son cycle végétatif sans risque de ressalinisation dans l'horizon racinaire.

- Les paramètres de la crue de projet. Ces paramètres permettent de décider s'il est nécessaire de construire un déversoir indépendant de l'ouvrage de régulation ou de dimensionner ce dernier pour évacuer la crue de projet.

Ces trois familles de paramètres ont été étudiées sur des bassins versants naturels (BRUNET MORET, 1970, LOUIS BERGER INTERNATIONAL, 1981, OLIVRY & CHOURET, 1981, OLIVRY & DACOSTA, 1984, BCEOM, 1985, BCEOM, 1987). Ils font l'objet d'un programme de recherche sur une vallée aménagée (ALBERGEL et *al*, 1990).

La méthode «expert» pour l'étude de faisabilité d'aménagement anti-sel, proposée ci-après, a été mise au point lors d'un projet de développement visant 11 sites de basse et moyenne CASAMANCE et financé par l'Agence Internationale de Développement Américaine (USAID) (ALBERGEL, 1987).

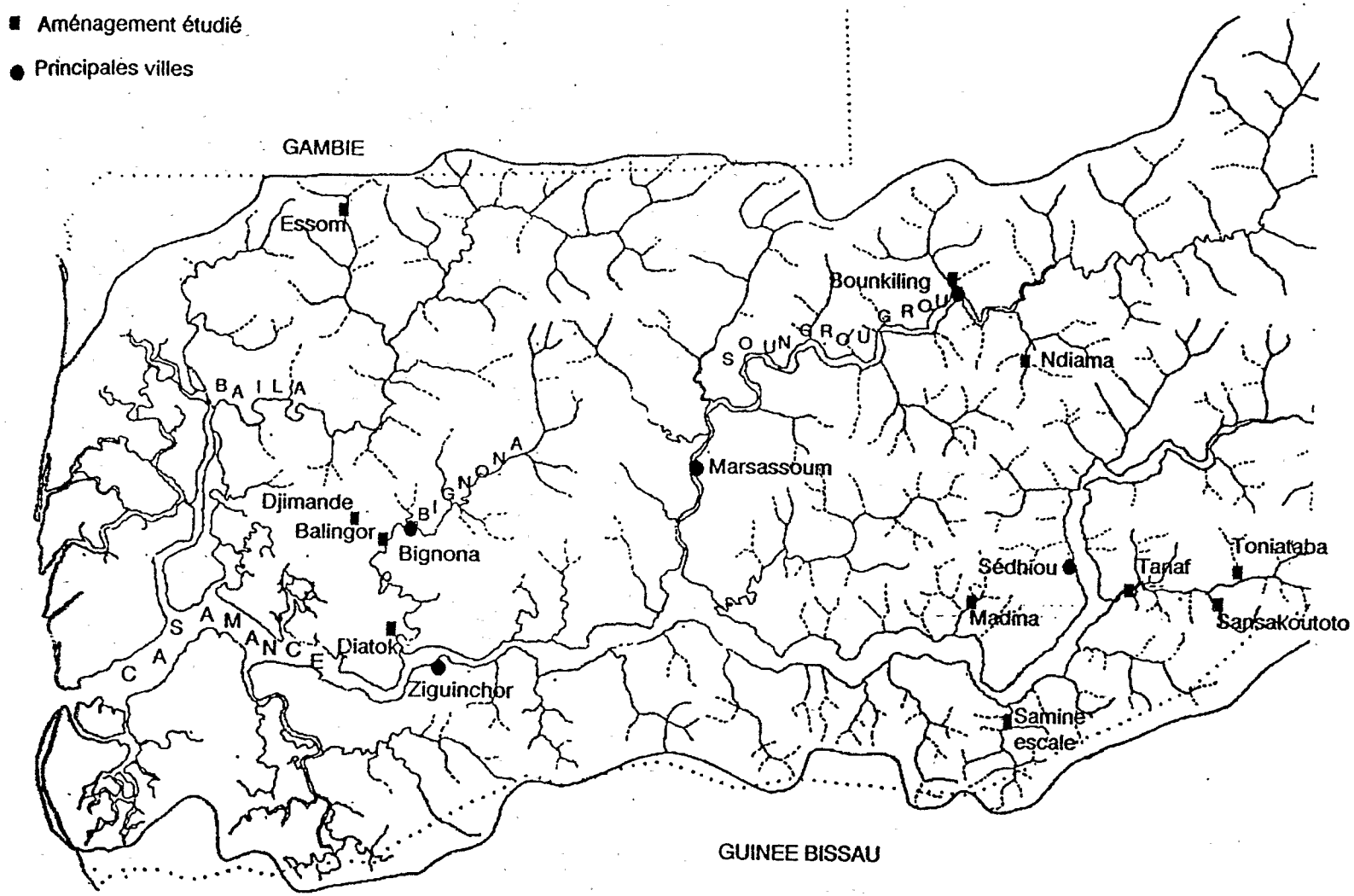
Le tableau 1 donne les caractéristiques morphologiques de ces 11 sites plus celui de DJIGUINOUM où se déroule le programme de recherches ORSTOM-ISRA sur la gestion d'un barrage anti-sel et son impact sur la production agricole. Ces caractéristiques s'obtiennent par planimétrage sur des photos-aériennes au 1/50000 et par une reconaissance sur le terrain. La carte 2 situe ces points d'études.

Tableau 1 Caractéristiques des bassins à aménager.

BASSIN	S.TOTALE Km²	S.BASSE Km²	S.HAUTE Km²	CL.RELIEF (1)	CL.PERM (1)
ESSOM	125	22	103	R2	P3-P4
MADINA	316	9.4	307	R3	P4
TANAF	445	30	415	R2	P3-P4
TOUMIATABA	31	.9	30.1	R2	P3-P4
SANSAKOUTO	13.4	.7	12.7	R2	P3-P4
SAMINE	122	31	91	R3	P4
NDIAMA	170	15	115	R3	P3-P4
BONKILING	203	8	195	R3	P3-P4
DIATOK	11.9	2.7	9.2	R2	P4
BALINGOR	21.0	6.7	14.3	R2	P4
DJIMANDE	6.5	1.2	5.3	R2	P4
DJIGUINOUM	26.5	2.7	23.8	R2	P4

(1) Classification RODIER - AUVRAY (1965)
R2: pentes faibles inférieures à .5% Ce sont les bassins de plaines.
R3: pentes modérées comprises entre .5% et 1%, Ce sont les terrains intermédiaires entre la plaine et les zones à ondulation de terrain.
P3: bassins assez imperméables comportant des zones perméables d'étendues notoires.
P4: bassins assez perméables.
La perméabilité mesurée sur différents sites des interfluves du Continental Terminal en basse CASAMANCE est comprise entre $.5*10^{-5}$ et $11*10^{-7}$ m/s (rapport géotechnique BCEOM Aménagement de la plaine de Baïla, 1985).

Figure 1 Carte de situation



2. Détermination des hauteurs maximum et minimum des marées

Brunet Moret (1970) a installé le premier réseau de marégraphes sur le bassin de la CASAMANCE et a étudié la propagation de l'onde de marée dans cette rivière et dans son principal affluent le ZOUNGROU-GROU.

Le phénomène de marée est dû au principe de la gravitation universelle. Les composantes de l'onde de marée en un point d'une cote océanique ont donc des périodes bien définies par l'astronome, qui sont les mêmes pour tous les points du globe terrestre, mais les amplitudes de chacune de ces composantes dépendent d'une part de la latitude du point considéré, d'autre part des configurations des fonds marins au voisinage du point. On distingue :

- une onde annuelle et une onde semi annuelle dues aux mouvement du soleil en déclinaison,
- des ondes mensuelles, ou a peu près mensuelles, et des ondes semi mensuelles ou à peu près, dues au mouvement en déclinaison et en phase de la lune,
- des ondes diurnes, ou à peu près journalières, et des ondes semi-diurnes, dues à la rotation de la terre sur elle même. Dans le cas de propagation par faibles profondeurs, ces ondes entrainent l'apparition de leurs harmoniques tiers diurne, quart diurnes, ect...

On considère aussi l'existence d'ondes extra-astronomiques dues aux conditions météorologiques : ainsi dans l'estuaire de la CASAMANCE, il a été mis en évidence une onde annuelle due probablement aux déplacements à peu près réguliers des grandes zones cycloniques et anti-cycloniques d'AFRIQUE et de l'Océan Atlantique.

Les ondes de plus fortes amplitudes le long d'une côte sont en général les ondes semi-diurnes et diurnes. Elles se composent pour former les marées hautes et les marées basses, les différences de période entrainent des inégalités dans les amplitudes de marées journalières.

A ces variations régulières du niveau de la mer s'ajoutent des variations accidentelles dues :

- aux variations de la pression atmosphérique : une hausse de pression de 10 mb provoque une baisse du niveau de la mer de 10 cm
- aux violents coups de vent de durée assez longue qui peuvent provoquer des variations de niveau de plusieurs décimètres, et même supérieures au mètre, sur quelques marées successives.

L'onde de marée qui se produit devant l'embouchure d'un fleuve donne naissance à une onde dérivée qui remonte le fleuve vers l'amont. Il s'agit alors d'un phénomène hydraulique beaucoup plus complexe que celui de la marée qui est à son origine, car le débit fluvial, la pente et la forme du lit interviennent.

On appelle partie maritime d'un fleuve celle qui s'étend de l'embouchure jusqu'au point où les plus fortes marées, pendant les périodes d'étiage du débit fluvial, cessent de se faire sentir.

En assimilant l'onde de marée pénétrant dans un fleuve à une onde de translation, sa vitesse de propagation est dans une section donnée :

$$v = (g\,(H+h))^{1/2} - u$$

avec g : intensité de la pesanteur, H : profondeur moyenne dans la section pour h=0, h : hauteur de l'onde, u : vitesse moyenne dans la section du débit d'eau douce

On voit d'après cette formule, que la propagation de l'onde de marée est maximale à marée haute et minimale à marée basse, d'où une déformation systématique de l'onde qui perd la forme quasi-sinusoïdale qu'elle avait à l'embouchure. En principe, la durée du montant diminue, celle du perdant augmente lorsque l'on va vers l'amont.

L'amplitude de la marée diminue en principe lorsque l'onde remonte vers l'amont car cette amplitude est proportionnelle à la racine carrée de l'énergie que possède l'onde et qui diminue par frottement pendant sa translation. Cependant, un resserrement des rives peut provoquer localement des amplitudes de marées supérieures à celles qui s'observent dans le bassin élargi à l'aval.

Les courants qui s'observent dans la partie maritime d'un fleuve sont les résultats des courants variables qui accompagnent l'onde de marée et du courant dû au débit fluvial. La prépondérance du jusant (vers l'aval) sur le flot (vers l'amont) augmente avec la diminution de l'amplitude de la marée, jusqu'à un point, variable en position suivant l'importance du débit fluvial, en amont duquel il ne subsiste que du jusant d'intensité variable avec l'heure de la marée. Tant qu'on observe la renverse des courants, le flot s'établit toujours après le moment de la marée basse et dure, pour une onde marée déterminée, de moins en moins longtemps lorsqu'elle remonte le fleuve, si bien que le jusant qui, vers l'embouchure, s'établissait après le moment de l'étale de marée haute, arrive en amont à s'établir avant même cette étale.

La figure 3 montre un enregistrement des variations de hauteurs d'eau en aval du barrage anti-sel de DJIGUINOUM en fonction des marées pour les mois d'août et de septembre 1990.

L'abaque donné en exemple sur la figure 4 permet de déterminer les amplitudes maximales, moyennes et minimales sur le cours de la CASAMANCE et du ZOUNGROUGROU. Les abaques permettant la même détermination sur les deux principaux affluents aval, le marigot de BAILA et le marigot de BIGNONA sont disponibles dans les études suivantes : LOUIS BERGER 1981 et OLIVRY & CHOURET 1981.

Le tableau 2 donne en cote IGN les valeurs des hauteurs de marées caractéristiques pour les 11 sites étudiés.

Tableau 2 Amplitude de marées sur les sites étudiés

BASSIN	Amplitude des marées Semi-diurnes (cm)			Amplitude des marées Semi-mensuelles (cm)		
	Max.	Moy.	Min	Max.	Moy.	Min
ESSOM*	92	40	7	33	12	6
MADINA**	34	27	15	14	6	2
TANAF**	22	13	5	16	9	4
TOUMIATABA**	22	13	5	16	9	4
SANSAKOUTO**	22	13	5	16	9	4
SAMINE**	23	14	7	16	9	4
NDIAMA	-	-	-	-	-	-
BONKILING	-	-	-	-	-	-
DIATOK***	65	-	21	52	42	31
BALINGOR***	65	-	21	52	42	31
DJIMANDE***	65	-	21	52	42	31
DJIGUINOUM**	115	67	25	12	7	4

* Abaque marigot de BAILA (LOUIS BERGER)
** Abaque Fleuve CASAMANCE (BRUNET MORET)
*** Abaque marigot de BIGNONA (OLIVRY & CHOURET)

Figure 3 Enregistrement de la marée du 15 août au 10 septembre 1990 au site de DJIGUINOUM

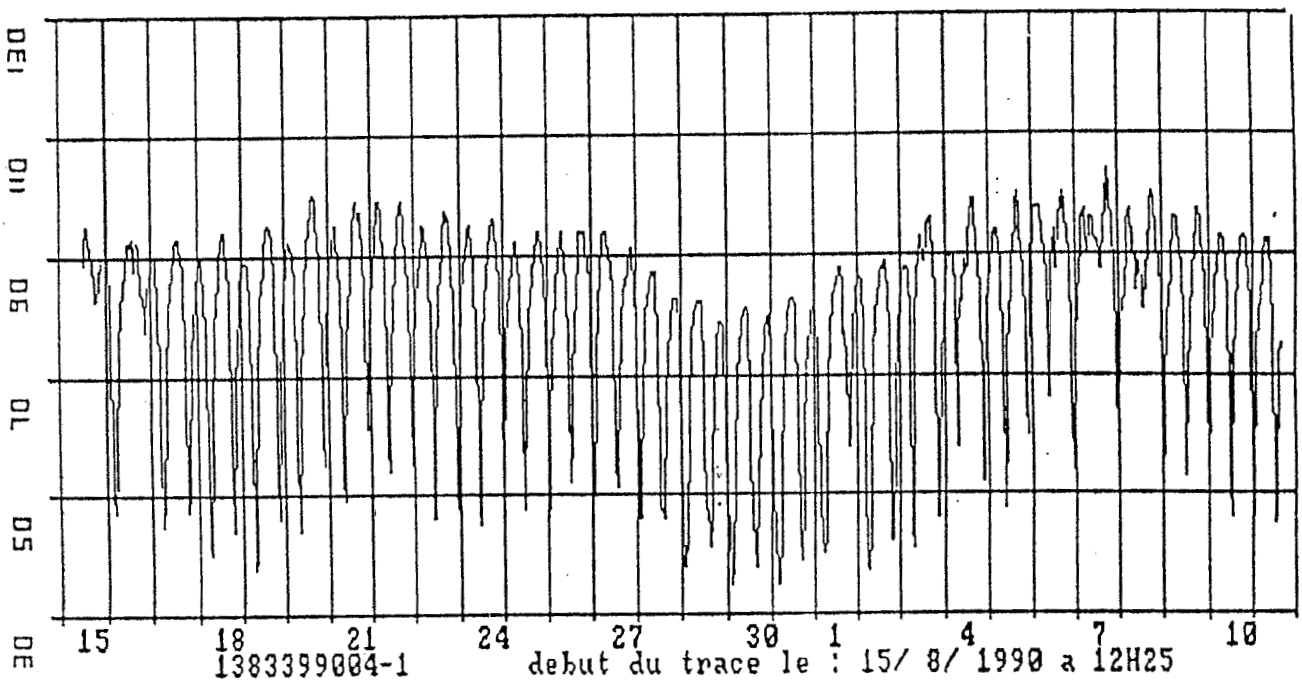
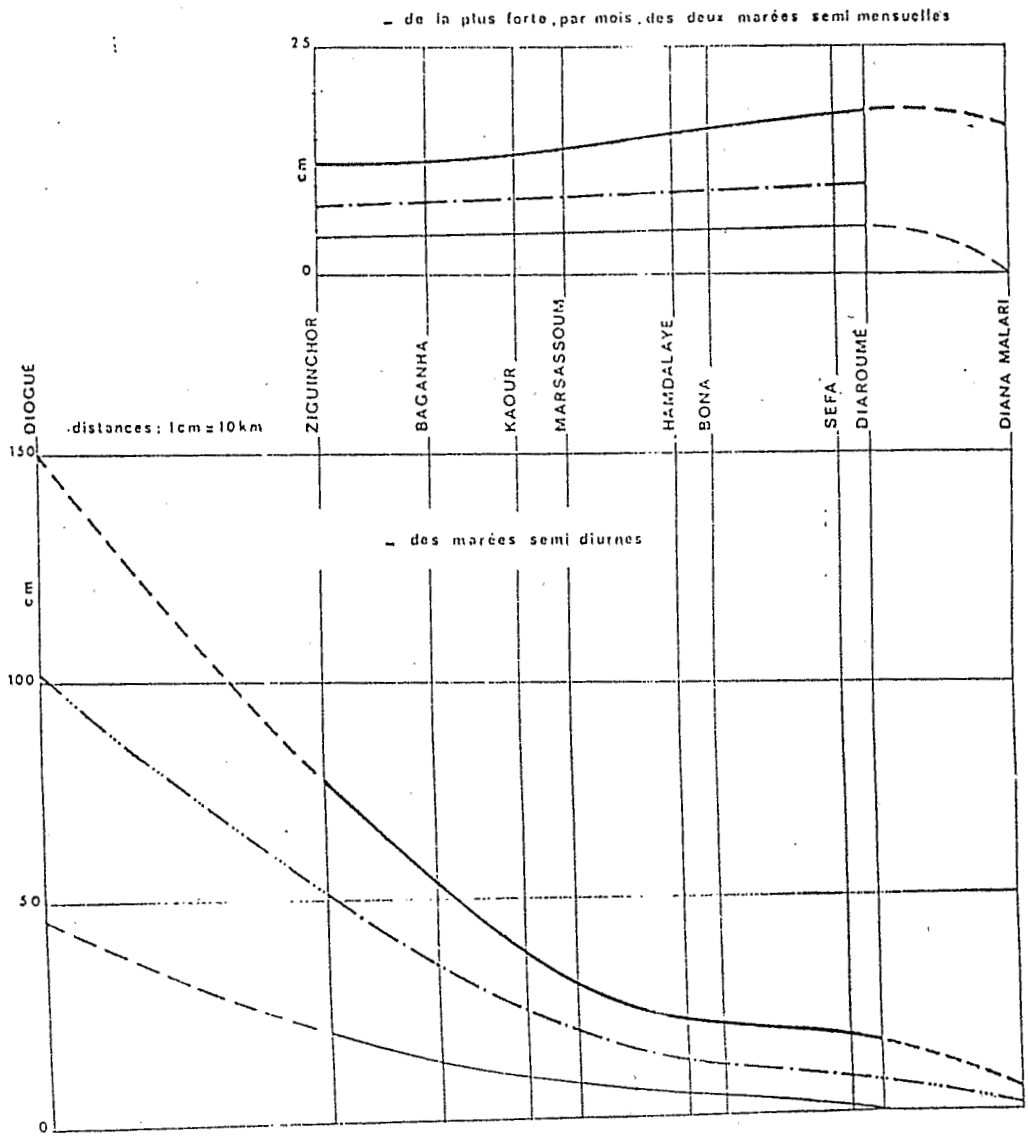


Fig. 4 Abaque de BRUNET MORET donnant les amplitudes (maximale, moyenne et minimale) de marée



3. Prédétermination des apports annuels

Les études hydrologiques effectuées par l'ORSTOM sur les bassins de BIGNONA (OLIVRY et CHOURET, 1981) et sur les bassins du marigot de BAILA (OLIVRY et DACOSTA, 1984, SAOS et DACOSTA 1987) ont permis d'effectuer une évaluation assez précise des coefficients d'écoulement selon les zones observées.

Pour la zone exondée, plateaux, versants, terrasses, le coefficient d'écoulement est de 0.2% en année décennale sèche (valeur mesurée); il est de 6% en année médiane. Le BCEOM (1985) propose à partir d'une extrapolation des écoulements observés à KOLDA un coefficient de 10% pour la valeur de pluviométrie en année décennale excédentaire.

Pour les zones basses, la quasi permanence de la submersion leur confère un coefficient d'écoulement très fort, est évalué dans les études citées plus haut à 80%. Ce coefficient ne varie guère selon les années

La répartition des surfaces entre zones basses et zones hautes est donnée dans le tableau 1. Le tableau 3 donne les coefficients d'écoulements et les volumes correspondant pour chaque site.

Tableau 3 Volumes écoulés annuels.

	DECENNALE SECHE		MEDIANE		DECENNALE HUMIDE	
BASSIN	KE%	VE Mm3	KE %	VE Mm3	KE %	VE Mm3
ESSOM	14	13.1	18	25.3	22	38.4
MADINA	2	6.3	8	27.2	12	51.9
TANAF	5	19.5	11	49.4	15	88.9
TOUMIATABA	2	.6	8	2.5	12	5.1
SANSAKOUTO	4	.5	10	1.3	14	2.5
SAMINE	20	19.7	24	30.5	28	46.0
NDIAMA	7	6.9	11	19.1	14	31.9
BONKILING	3	4.8	9	18.2	13	35.1
DIATOK	18	1.5	23	2.7	27	4.4
BALINGOR	25	3.8	30	6.2	32	9.2
DJIMANDE	15	.7	20	1.3	23	2.0

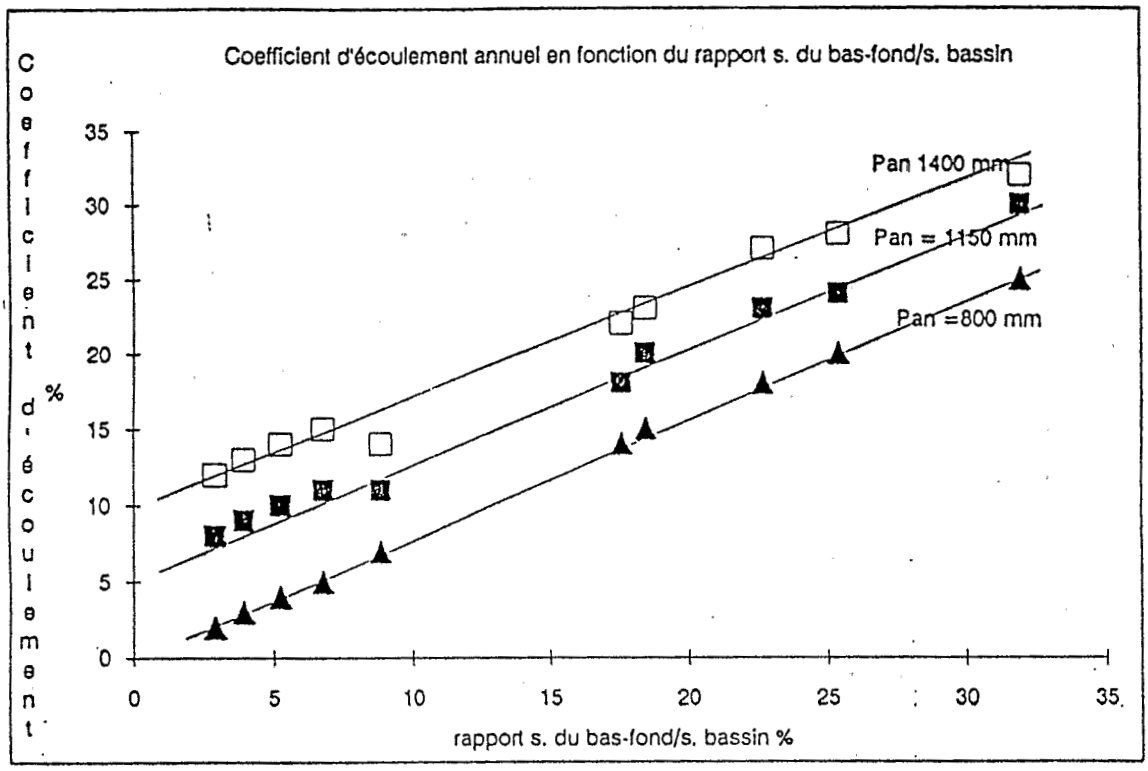
KE : Coefficient d'écoulement.
VE : Volume écoulé.

La figure 5 donne le coefficient d'écoulement annuel du bassin versant d'une petite vallée en fonction du rapport (s) de la surface du bas-fond sur celle du bassin exprimé en % pour les pluviométries 800, 1150 et 1400mm.

Les volumes écoulés ont été calculés à partir des pluviométries annuelles estimées sur les observations postérieures à 1969 (période plus défavorable). Malgré les fortes évaporations (ETP moyen = 515mm pour la période pluvieuse, Juin à Octobre) les volumes écoulés devraient être suffisants pour ne pas poser de problèmes de remplissage aux petites retenues envisagées.

L'étude sur la gestion de la vallée de DJIGUINOUM a montré, que pour un dessallement satisfaisant des sols avant le repiquage du riz (1ère quinzaine d'aout) il fallait évacuer en moyenne 2500 m³ par hectare de bas-fond rizicultivable.

Figure 5



4. Prédétermination de la crue d'étude et de la crue de projet

«La crue d'étude est la crue provoquée par une lame précipitée sur le bassin, de récurrence décennale; toutes les autres conditions étant moyennes». Sa détermination a été faite en utilisant la méthode de RODIER et AUVRAY, 1965.

La crue de projet est un indicateur du risque naturel. Il est généralement demandé dans ce style d'étude d'estimer le débit maximum de la crue de période de retour 25 ans. Il est calculé en multipliant le débit maximal de la crue d' étude par le rapport : pluie ponctuelle de retour 25 ans/pluie ponctuelle de retour 10 ans.

Le tableau 4 réunit les paramètres de la crue d'étude pour chaque site et le tableau 5 donne les débits maximum de la crue de projet.

Tableau 4 Crue d'étude (Décenale)

BASSIN	AVERSE DECENNALE Hauteur	Abat.	LR mm	Tm heure	Tb heure	Q10 m³/s	q10 l/s/Km²:
ESSOM	143	.85	9.7	10	>50	17	136
MADINA	143	.75	7.5	10	>50	26	85
TANAF	143	.70	6.0	15	>50	30	67
TOUMIATABA	143	.95	10.8	7.5	38	9.5	306
SANSAKOUTO	143	1	11.8	5	20	8.0	597
SAMINE	143	.85	9.7	10	>50	16	131
NDIAMA	143	.80	9.1	12	>50	18	106
BONKILING	140	.75	7.6	13	>50	22	108
DIATOK	140	1	11.9	4.7	20	7.5	630
BALINGOR	140	.95	10.6	6.5	30	8.5	405
DJIMANDE	140	1	11.9	4	15	6.0	923

Abat : coefficient d'abattement d'une pluie ponctuelle.
LR : Lame ruisselée.
TB : Temps de base TM : Temps de montée.
Q10 : Débit maximum de la crue décennale.
q10 : Débit spécifique maximale de la crue décennale.

La méthode de RODIER et AUVRAY est limitée aux bassins versants dont la superficie est inférieure à 200 km²; nous l'avons extrapolée à des surfaces allant jusqu'à 400 km². OLIVRY et DACOSTA (1984), extrapolent cette méthode pour des bassins dépassant 1000 km² sur le marigot de BAILA. Les débits spécifiques obtenus par cette méthode sont légérement supérieurs à ceux donnés par la courbe expérimentale proposée par LOUIS BERGER (1985) (débit maximum spécifique en fonction de la surface pour les bassins de Basse CASAMANCE).

Tableau 5 Crue de projet (25 ANS)

BASSIN	H10 mm	H25 mm	K	Q10 m³/s	Q25 m³/s
ESSOM	143	165	1.15	17	20
MADINA	143	170	1.18	26	31
TANAF	143	170	1.18	30	35
TOUMIATABA	143	170	1.18	9.5	11.2
SANSAKOUTO	143	170	1.18	8.0	9.4
SAMINE	143	170	1.18	16	19
NDIAMA	143	170	1.18	18	21
BONKILING	140	165	1.18	22	26
DIATOK	140	165	1.18	7.5	8.9
BALINGOR	140	165	1.18	8.5	10.0
DJIMANDE	140	165	1.18	6.0	7.1

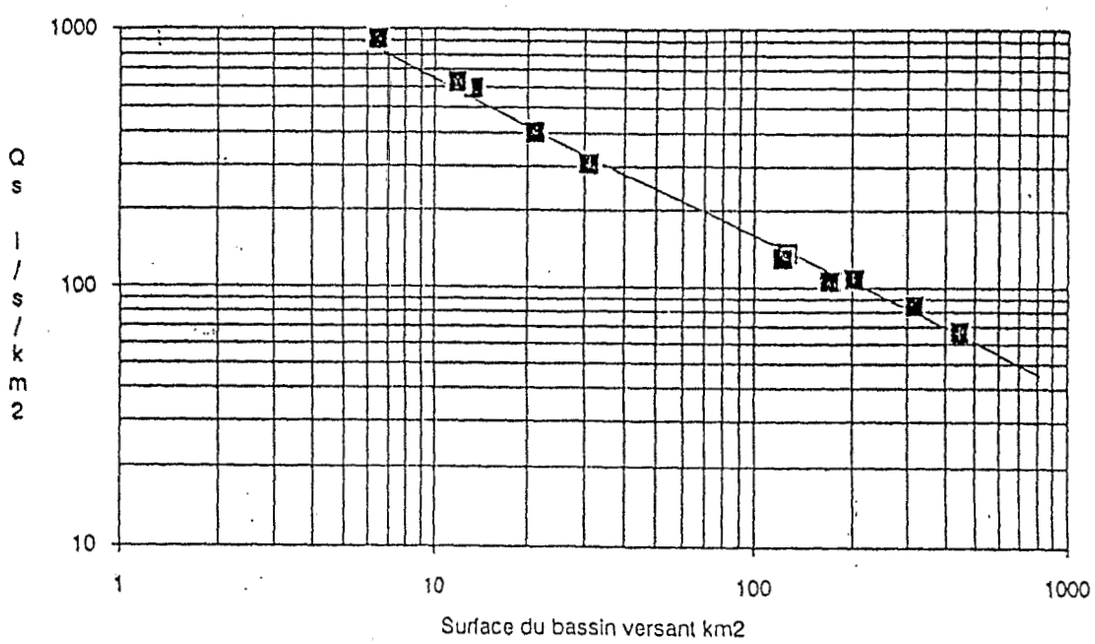
Q10 : Débit maximum de la crue décennale.
Q25 : Débit maximum de la crue de retour 25 ans.

Remarque: La crue de projet estimée comme pour un bassin continental ne correspond pas au débit à évacuer par l'ouvrage dans la mesure où l'ancien bief soumis à marée en amont du barrage va jouer le rôle de réservoir amortisseur; elle en est tout au plus la limite supérieure (pour l'évènement de récurrence 25 ans).L'évacuation des crues devient un problème de gestion en fonction des niveaux maximum que l'on se fixe en amont (cultures) et des niveaux à l'aval de l'ouvrage (marée haute ou basse).

La figure 6 représente la valeur du débit spécifique décennal en fonction de la surface du bassin.

Figure 6

Débit spécifique de la crue décennale



Conclusion

L'édification de barrages anti-sel en basse et moyenne CASAMANCE montre qu'il est possible de gagner des terres agricoles pour la riziculture à la condition d'appliquer une gestion rationnelle à ces ouvrages. Dans la vallée de DJIGUINOUM, un barrage anti-sel a été édifié en 1984 sur le site de DJILAKOUN. Jusqu'en 1987, aucun dessalement tangible des sols n'a été observé. L'ouvrage de régulation du niveau d'eau constitué par un batardeau était peu manoeuvrable, et les ouvertures pour les lâchers d'eau en marée basse n'étaient pas faites. En 1988, le dispositif d'ouverture a été modifié pour permettre la vidange par le fond des eaux de remplissage du barrage. Les trois portes de l'ouvrage de régulation ont été équipées de vannes actionnées verticalement par un crémaillère. Ce système a l'avantage d'être fonctionnel pendant tout l'hivernage et simple d'utilisation. Les règles de gestions ont été ensuite établies afin d'avoir un dessalement maximum tout en conservant un plan d'eau propice à la riziculture. En 1989, du riz a poussé dans la basse vallée de DJIGUINOUM, pour la première fois depuis la construction du barrage. Le rendement obtenu est interessant, 2700 kg/ha en culture traditionnelle sans apport d'intrant. On a estimé à 2250 t, la quantité de sels évacués, soit en moyenne 15 tonnes par ha (la superficie rizicultivable étant de 150 ha). Dans le même temps, la salinité du sol a baissé environ de 60%, et la plupart des terres nues stérilisées par le sel ont disparues. Une végétation naturelle composée de cypéracées et de graminées s'est installée sur l'ensemble des sols nus.

BIBLIOGRAPHIE

ALBERGEL J. et al (1990); Rapport hydrologique 1989. Vallée de Djiguinoun. Casamance. ORSTOM, ISRA, IRAT. DAKAR

ALBERGEL J. BRUNET D DUBEE G. MONTOROI J.P. ZANTE P. (1990); Gestion d'un barrage anti-sel en basse CASAMANCE (SENEGAL), Journées hydrologiques de MONTPELLIER, 1990

ALBERGEL J.(1987); Expertise hydrologique sur 11 sites de basse et moyenne Casamance. ORSTOM DAKAR

BARRY B. (1986) Situations des aménagements hydro-agricoles des terres salées de Basse Casamance. III ème séminaire sur les aménagements hydro-agricoles et systèmes de productio, 16-19 Dec 1986, Montpellier

BARRY B. et al (1988) Sécheresse et modification des ressources hydriques en basse Casamance. Conséquences pour le milieu naturel et son aménagement. Deuxièmes journées de l'eau au Sénégal, UCAD, Dakar

BCEOM(1985); Aménagement de la plaine de Baïla.

BOIVIN P., LOYER J.Y. et al.(1988); Mise en valeur des mangroves au Sinigal. Rapport final. ISRA, ORSTOM, CEE.

BOIVIN (1990) Caractérisation physique des sols sulfatés acides de la vallée de KATOURE (Casamance); étude de la variabilité spatiale et relations avec les caractéristiques pédologiques. Thèse de doctorat, ORSTOM

BRUNET-MORET Y.(1970); Etude hydrologique en Casamance. Rapport difinitif. ORSTOM PARIS

BRUNET-MORET Y..(1968); Etude générale des averses exeptionnelles en Afrique occidentale. Rapport de synthèse. CIEH ORSTOM

DACOSTA H.(1989); Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance, Thèse de géographie. Université de DAKAR

LE BRUSQ J.Y. ZANTE P. PERAUDEAU M (1987) La mesure in situ de paramètres physico chimiques (pH Eh) dans un sol sulfaté acide de Casamance (Sénégal) cah; ORSTOM, ser. Pédol., vol. XXIII, n°1, 55-66

LOUIS BERGER , COYNE ET BELLIER(1985); Etude des possibilités de stockage des eaux de ruisselement au Sénégal.

OLIVRY J.C. , DACOSTA H.(1984); Le marigot de Baïla. Bilan des apports hydriques et évolution de la salinité. Campagne 1980-1983. ORSTOM DAKAR.

OLIVRY J.C., CHOURET A.(1981); Etude hydrologique du marigot de Bignona. Campagne 1970-1971.ORSTOM DAKAR..

OLIVRY,J.C. (1983); Le point en 1982 sur la sécheresse en SENEGAMBIE et aux Iles du CAP-VERT. Examen de quelques série de longues durées (Débits et précipitations) Cah. ORSTOM, ser hydro Vol XX,1,pp 47-69

OLIVRY J.C. (1987) Les conséquences durables de la sécheresse actuelle sur l'écoulement du fleuve sénégal et l'hypersalinisation de la basse Casamance, IAHS Publication N° 168 pp 501-512

SAOS J.C. & DACOSTA H. (1987) Evolution Hydrologique d'un bassin versant margino-littoral : Le marigot de BAILA. Rapport final EPEEC/UNESCO Dakar

USAID/SOMIVAC/ISRA (1985) Acte de la II ème Table Ronde sur les barrages anti-sel, 12-15 juin 1985 ZIGUINCHOR