09065

Organisation pour la Mise en Valeur
du Fleuve Sénégal

ETUDE DE LA GESTION DES OUVRAGES COMMUNS DE L'OMVS

Rapports Phase 1 - Volume 1B
Optimisation de la crue artificielle
Février 1986

MINUTE

SIR ALEXANDER GIBB & PARTNERS
ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL
EUROCONSULT

PREAMBULE

Le marché de l'étude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS est à réaliser en trois phases :

Phase 1 - Collecte et analyse des données
- Etudes techniques
- Analyses institutionnelles, financières et judiciaires
- Mesures urgentes pour Diama
- Mise à jour des données hydrologiques

Phase 2 - Gestion technique de l'eau
- Prévision et annonce des débits
- Elaboration de solutions

Phase 3 - Mise au point de la solution retenue

Les rapports à présenter sont :

Phase 1 - 1A Rapport sur les mesures urgentes pour Diama
1B Optimisation de la crue artificielle
1C Analyse de la situation actuelle
1D Actualisation de l'étude hydrologique

Phase 2 - 2A Scénarios d'utilisation de l'eau
2B Prévision des débits
2C Solutions de structures de gestion

Phase 3 - Rapport final

Page

3.3 LES CULTURES 3/4
3.3.1 Variétés cultivées 3/4
3.3.2 Saison de la culture de décrue 3/4
3.3.3 Pratiques culturales 3/6
3.3.4 Besoins en main-d'oeuvre 3/6
3.3.5 Rendements et intrants 3/8
3.3.6 Production et contraintes à la production 3/8
3.4 CARACTERE DE LA CRUE NATURELLE 3/9
3.4.1 Ampleur de la crue 3/10
3.4.2 Moment de la décrue 3/11
3.4.3 Vitesse de montée et de descente des eaux 3/12
Durée de la crue 3/12
DE DECRUE, CULTURE PLUVIALE 3/14

PREAMBULE

Le marché de l'étude de gestion des ouvrages communs de l'OMVS est à réaliser en trois phases :

Phase 1 - Collecte et analyse des données
- Etudes techniques
- Analyses institutionnelles, financières et judiciaires
- Mesures urgentes pour Diama
- Mise à jour des données hydrologiques

Phase 2 - Gestion technique de l'eau
- Prévision et annonce des débits
- Elaboration de solutions

Phase 3 - Mise au point de la solution retenue

Les rapports à présenter sont :

Phase 1 - 1A Rapport sur les mesures urgentes pour Diama
1B Optimisation de la crue artificielle
1C Analyse de la situation actuelle
1D Actualisation de l'étude hydrologique

Phase 2 - 2A Scénarios d'utilisation de l'eau
2B Prévision des débits
2C Solutions de structures de gestion

Phase 3 - Rapport final

OPTIMISATION DE LA CRUE ARTIFICIELLE

Table des Matières

		Page
CHAPITRE 1	INTRODUCTION	
1.1	GENERALITES	1/1
1.2	OBJECTIFS DE L'ETUDE	1/2
1.3	CONSISTANCE DU RAPPORT	1/3
CHAPITRE 2	COLLECTE DES DONNEES	
2.1	DONNEES PHYSIQUES	2/1
2.1.1	Climat	2/1
2.1.2	Pédologie	2/2
2.1.3	Topographie	2/9
2.2	HYDROLOGIE	2/10
2.2.1	Débits du fleuve	2/10
2.2.2	Propagation des crues - Modèle SOGREAH	2/14
2.3	LA CULTURE DE DECRUE	2/16
2.3.1	Les cultures	2/16
2.3.2	Superficies cultivées en décrue	2/16
2.4	SOCIOLOGIE	2/19
CHAPITRE 3	CULTURE DE DECRUE SOUS CRUE NATURELLE	
3.1	SITUATION ACTUELLE	3/1
3.1.1	Généralités	3/1
3.2	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES	3/2
3.2.1	Climat	3/2
3.2.2	Pédologie	3/3

			Page
3.3	LES CULTURES		3/4
	3.3.1	Variétés cultivées	3/4
	3.3.2	Saison de la culture de décrue	3/4
	3.3.3	Pratiques culturales	3/6
	3.3.4	Besoins en main-d'oeuvre	3/6
	3.3.5	Rendements et intrants	3/8
	3.3.6	Production et contraintes à la production	3/8
3.4	CARACTERE DE LA CRUE NATURELLE		
	3.4.1	Ampleur de la crue	3/9
	3.4.2	Moment de la décrue	3/10
	3.4.3	Vitesse de montée et de descente des eaux	3/11
	3.4.4	Durée de la crue	3/12
3.5	INTEGRATION DE LA CULTURE DE DECRUE, CULTURE PLUVIALE ET CULTURE IRRIGUEE		3/12
3.6	ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES		3/14
	3.6.1	Importance sociale de la culture de décrue	3/14
	3.6.2	Population et main d'oeuvre	3/15
	3.6.3	Résultats "économiques" de la culture de oualo	3/16
	3.6.4	Conclusion	3/18

CHAPITRE 4 ANALYSE DES CRUES HISTORIQUES

4.1	INTRODUCTION		
	4.1.1	Objectifs	4/1
	4.1.2	Etude d'accompagnement	4/2
4.2	AMPLEUR DE LA CRUE		4/2
	4.2.1	Introduction	4/2
	4.2.2	Volume total de la crue	4/3
	4.2.3	Volume à Manantali	4/3
4.3	ZONE INONDEE		4/7
	4.3.1	Généralités	4/7
	4.3.2	Description de l'inondation	4/8
	4.3.3	Résultats du modèle SOGREAH	4/9
	4.3.4	Estimation de l'inondation pour d'autres années	4/9

Page

4.4 AUTRES CARACTERISTIQUES 4/17
4.4.1 Taux de montée et de descente 4/17
4.4.2 Durée de la crue 4/19
4.4.3 Amorce de la décrue 4/19

CHAPITRE 5 LA CRUE ARTIFICIELLE

5.1 ETUDES ANTERIEURES 5/1
5.1.1 Sogreah 5/1
5.1.2 Groupement Manantali 5/3
5.2 CULTURES DE DECRUE SOUS CRUE ARTIFICIELLE 5/5
5.2.1 Prévisions des cultures et périodes de végétation 5/5
5.2.2 Rendement des cultures et intrants associés 5/6
5.2.3 Résumé des caractéristiques requises pour la crue artificielle 5/7
5.3 DIMENSIONNEMENT DE LA CRUE ARTIFICIELLE 5/10
5.3.1 Objectif 5/10
5.3.2 Forme de l'hydrogramme à Bakel 5/10
5.3.3 Ampleur de la crue 5/12

CHAPITRE 6 ETUDES DE SIMULATION DE LA RETENUE

6.1 INTRODUCTION 6/1
6.1.1 Objectif 6/1
6.1.2 Description du modèle 6/1
6.1.3 Exploitation de la retenue 6/3
6.2 PRODUCTIBLE DE MANANTALI SANS CONTRAINTES 6/4
6.2.1 Potentiel hydro-électrique de Manantali 6/4
6.2.2 Effets sur les débits en aval 6/6
6.3 IMPACT DE LA CRUE ARTIFICIELLE 6/11
6.3.1 Effet de la fourniture d'un débit garanti de 200 m^3/s 6/11
6.3.2 Fourniture d'une crue artificielle pour 50 000 ha de culture de décrue 6/12
6.3.3 Fourniture d'une crue artificielle pour 75 000 ha et 100 000 ha de culture de décrue 6/13
6.3.4 Moment de la crue 6/17

Page

6.4 REMPLISSAGE DE LA RETENUE 6/18
6.4.1 Lâchures en aval et débits fluviaux 6/18
6.4.2 Résultats 6/19

CHAPITRE 7 PERIODE DE TRANSITION

7.1 OBJECTIFS 7/1
7.2 DEVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION PAR RAPPORT A LA CULTURE DU DECRUE 7/2
7.3 ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES 7/5
7.3.1 Les données du problème 7/5
7.3.2 Les évolutions prévisibles et les contraintes 7/6
7.3.3 Modalités de la transition 7/9

CHAPITRE 8 SOLUTIONS ALTERNATIVES

8.1 INTRODUCTION 8/1
8.1.1 Objectif 8/1
8.1.2 Méthodes alternatives 8/1
8.2 SUBMERSION CONTROLEE 8/2
8.2.1 Introduction 8/2
8.2.2 Alternatives 8/3
8.3 CONCLUSIONS 8/6

CHAPITRE 9 OPTIMISATION ET CONCLUSIONS

9.1 INTRODUCTION 9/1
9.2 HYDROGRAMMES ALTERNATIFS 9/2
9.2.1 Forme de l'hydrogramme 9/2
9.2.2 Hydrogrammes proposés 9/3
9.3 OPTIMISATION 9/5
9.3.1 Conflits avec les autres objectifs 9/5
9.3.2 Aspects sociologiques et institutionnels 9/6
9.4 RECOMMANDATIONS

Bibliographie

ANNEXE A Résultats complets du modèle UNE appliqué aux années 1970, 72, 73, 76, 77, 78 pour des hauteurs d'eau maintenues pendant 15 jours (S15) et 45 jours (S45)

ANNEXE B Etudes de gestion de la retenue

LISTE DES TABLEAUX

		Page
TABLEAU 2.1	Pluviométrie annuelle et mensuelle	2/3
TABLEAU 2.2	Diverses probabilités de dépassement des pluies pour différentes stations de la vallée et du delta du Sénégal	2/4
TABLEAU 2.3	Températures et humidité relative	2/5
TABLEAU 2.4	Heures d'insolation	2/7
TABLEAU 2.5	Distribution des superficies irrigables (nettes en ha)	2/8
TABLEAU 2.6	Série des débits historiques à Bakel	2/12
TABLEAU 2.7	Série des débits historiques complétés à Soukoutali	2/13
TABLEAU 2.8	Récapitulation des résultats des inventaires des superficies cultivées en décrue, corrigés pour 1979 (hectares)	2/18
TABLEAU 2.9	Population rurale totale de la vallée du fleuve (1985) (sans St. Louis)	2/20
TABLEAU 2.10	Population pratiquant la culture de décrue (1985)	2/20
TABLEAU 3.1	Répartition des sols	3/3
TABLEAU 3.2	Besoins en main-d'oeuvre pour la culture de décrue	3/7
TABLEAU 3.3	Types de besoins en main-d'oeuvre pour la culture de décrue	3/7
TABLEAU 4.1	Débits moyens mensuels à Bakel (m3/s) (juillet à novembre - 1904-1984)	4/4
TABLEAU 4.2	Superficies inondées 1968, 69, 70, 73 - modèle Sogreah	4/10

TABLEAU 4.3	Superficies inondées - comparaison des modèles UNE et SOGREAH	4/13
TABLEAU 4.4	Superficies inondées	4/15
TABLEAU 4.5	Comparaison entre les superficies inondées et les superficies cultivées	4/16
TABLEAU 4.6	Taux de montée et d'abaissement des crues à Bakel 1960-85	4/18
TABLEAU 4.7	Durée des crues à Bakel 1970-85	4/20
TABLEAU 4.8	Rapport entre la durée de la crue et la zone inondée	4/20
TABLEAU 4.9	Temps de propagation entre Bakel et Podor	4/22
TABLEAU 5.1	Caractéristiques des crues artificielles étudiées par Sogreah	5/2
TABLEAU 5.2	Résumé des caractéristiques des crues récentes	5/12
TABLEAU 5.3	Caractéristiques des crues artificielles proposées	5/14
TABLEAU 6.1	Gestion de la retenue de Manantali en vue seulement de la production d'une puissance garantie	6/6
TABLEAU 6.2a	Fiabilité des débits à Bakel (m3/s) à partir de la série 1904-1984 (régularisés)	6/8
TABLEAU 6.2b	Fiabilité des débits à Bakel (m3/s) à partir de la série 1904-1984 (non régularisés)	6/9
TABLEAU 6.3	Effet sur la puissance garantie de la fourniture d'un débit minimal de 200 m3/s tout au long de l'année	6/11
TABLEAU 6.4	Effet sur la puissance garantie de la fourniture d'un débit de base de 200 m3/s à Bakel et d'une crue artificielle de 7,5 milliards de m3	6/12
TABLEAU 6.5	Probabilité de fournir un débit de base et une crue si la puissance garantie est ignorée	6/14

TABLEAU 6.6	Puissance garantie mensuelle (probabilité de dépassement de 95%) utilisant les débits restitués pour produire la crue et le débit de 200 m3/s à Bakel - période 1904-1984	6/14
TABLEAU 6.7	Pertes d'énergie dues aux crues artificielles	6/16
TABLEAU 6.8	Données relatives aux besoins en eau et au débits fluviaux	6/19
TABLEAU 6.9	Apports fluviaux 1979-1984	6/23

LISTE DES FIGURES

		Page
FIGURE 2.1	Les saisons principales et températures maximales et minimales	2/6
FIGURE 3.1	Calendrier-type pour les cycles de culture; oualo et dieri	3/5
FIGURE 4.1	Volumes classés des crues à Bakel et rapport des volumes Soukoutali/Bakel	4/5
FIGURE 4.2	Pourcentage des crues excédant un volume donné	4/6
FIGURE 4.3	Exemple - calcul des superficies inondées S15 à S45	4/14
FIGURE 4.4	Date d'occurence du débit maximum	4/21
FIGURE 5.1	Hydrogrammes (à Bakel) des 3 crues artificielles de Sogreah et de la crue du Groupement Manantali	5/4
FIGURE 5.2	Calendrier des semis/culture de décrue	5/9
FIGURE 5.3	Hydrogrammes (à Bakel) des 3 crues artificielles A, B, C et de la crue du Groupement Manantali	5/15
FIGURE 6.1	Modèle de simulation	6/2
FIGURE 6.2	Débits à Bakel régularisés et non régularisés	6/10
FIGURE 6.3	Remplissage de la retenue - culture de décrue - 50 000 ha	6/20
FIGURE 6.4	Remplissage de la retenue - culture de décrue - 75 000 ha	6/21
FIGURE 6.5	Remplissage de la retenue - culture de décrue - 100 000 ha	6/22
FIGURE 8.1	Schéma de cuvettes fermée et ouverte	8/4

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1 GENERALITES

Dans la vallée du fleuve Sénégal, entre Dagana et Bakel, les cultures de décrue livrent une contribution importante à la production agricole. Les crues naturelles qui résultent des pluies abondantes dans le haut bassin pendant la saison d'hivernage (juillet/septembre) inondent de grandes surfaces en bordure du fleuve. Dès le retrait des crues, les paysans commencent à planter, en faisant usage de l'eau stockée dans les sols.

Le développement agricole à grande échelle dans le bassin du Sénégal ne va pas manquer d'influencer cette crue naturelle ainsi que le type d'agriculture qui y est associé. Conséquemment à la construction du barrage Manantali, destiné à la création d'une retenue au profit de l'agriculture irriguée, de la fourniture d'électricité ainsi que de la navigation, les crues naturelles disparaîtront dans une grande mesure. Seuls les affluents du Sénégal situés en aval de Manantali continueront d'assurer des crues, de proportions toutefois plus réduites.

Grâce à la régularisation fournie par la retenue de Manantali, l'irrigation se développera à grande échelle et l'on prévoit que des centaines de milliers d'hectares seront aménagés dans la vallée du Sénégal. Les paysans devront, par conséquent, passer d'une culture extensive traditionnelle à une culture intensive sous irrigation. Cette transition demandera beaucoup de temps ainsi qu'un grand effort d'adaptation.

Pendant cette période de transition, le barrage permettra d'assurer aux paysans une crue artificielle. Grâce à cet approvisionnement plus ou moins garanti, le paysan devra pouvoir passer sans trop de risques à un régime de culture irriguée. La durée de cette période de transition dépendra d'éléments relevant de la macro-économie, mais surtout de facteurs socio-économiques. Une telle période

devrait en principe se présenter différemment pour le Sénégal et la Mauritanie étant donné les différences qui existent au niveau de leur développement agricole. Toutefois, le fait que ces pays dépendent du même fleuve incite à choisir pour tous deux une approche similaire.

1.2 OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le présent rapport a pour objectif d'optimiser la crue artificielle qui devra être lâchée aux fins des cultures de décrue pendant la période de transition entre l'agriculture traditionnelle et l'agriculture irriguée. Cet exercice d'optimisation est important; il faudra en effet lâcher une très grande quantité d'eau pour créer une crue artificielle, ce qui réduira le volume d'eau emmagasiné disponible pour l'irrigation, l'hydro-électricité et la navigation. Cette période de transition s'étendra probablement pendant un certain nombre d'années. Il convient donc d'optimiser la crue artificielle dans le but de réduire le plus possible la quantité d'eau lâchée tout en garantissant que les cultures de décrue continuent d'en retirer un avantage maximal.

Les termes de référence (Article 13 du CPS) exigent également que le processus d'optimisation comprenne :

- l'identification et l'analyse des facteurs déterminant les cultures de décrue en situation naturelle : hydraulicité, qualité des sols, socio-économie, etc.;

- localisation des zones de culture de décrue après régularisation du fleuve et détermination des superficies;

- étude d'autres moyens de préservation des cultures de décrue autres que la crue artificielle telle qu'envisagée jusqu'à présent et permettant de faire une économie d'eau;

- examen de l'effet de l'hydraulicité particulièrement faible des quinze dernières années sur l'étude du remplissage et de l'exploitation de la retenue de Manantali;

- détermination de la durée de la phase transitoire d'utilisation de la crue artificielle, compte tenu du développement de l'agriculture irriguée, des concurrences dans l'utilisation de l'eau et d'autres facteurs à définir.

1.3 CONSISTANCE DU RAPPORT

Le chapitre suivant présente les informations recueillies au cours de la phase de collecte des données et qui forment la base de la présente étude. Le Chapitre 3 décrit la pratique des cultures de décrue du point de vue de l'agriculture et examine les facteurs qui contribuent à son succès ou à son échec, tandis que le Chapitre 4 analyse les caractéristiques des crues du passé dans le but d'identifier celles qui devraient être reproduites dans une crue artificielle. Les conclusions de ces deux chapitres sont présentées conjointement dans le Chapitre 5 afin de définir une fourchette de crues artificielles, étudiées chacune de manière à permettre la mise en culture d'une zone donnée de culture de décrue en fonction d'une lâchure d'eau minimale.

L'impact de ces différentes crues aftificielles sur l'exploitation du barrage de Manantali et les contraintes qu'elles imposent aux autres objectifs du programme de développement sont examinés au Chapitre 6 ainsi que les conséquences qui proviendront de la lâchure d'une crue artificielle pendant le remplissage de la retenue. Les facteurs qui pourront déterminer la durée de la période transitoire sont traités au Chapitre 7 et d'autres méthodes permettant la poursuite des cultures de décrue tout en faisant une économie d'eau sont examinées au Chapitre 8.

Les conclusions sont présentées au Chapitre 9.

CHAPITRE 2

COLLECTE DES DONNEES

2.1 DONNEES PHYSIQUES

2.1.1 Climat

Les données climatiques spécifiques de la vallée du Sénégal sont largement décrites et commentées dans la plupart des rapports ou publications parus à ce jour (FAO, 1977; GERSAR/OMVS, 1980/1983; OMVS, 1977/78, etc.).

(a) Pluviométrie

On constate que la répartition pluviométrique apparaît comme fidèlement liée à la latitude, avec une position charnière, à 16° de latitude nord, occupée par la station de Kaedi. En effet :

- au-delà de 16° N, soit entre Rosso et Kaedi, la pluviométrie annuelle moyenne est comprise entre 300-350 mm;
- en deçà de 16° N, soit entre Kaedi et Bakel, la pluviométrie croît très vite au-delà de 400 mm pour atteindre près de 700 mm à Bakel (voir tableau 2.1).

La zone entre Bakel et Kaedi correspond à la limite où la culture pluviale est régulièrement productive.

En ce qui concerne la pluviométrie annuelle et mensuelle, se référer aux tableaux 2.1 et 2.2 (D.A. Ryks, dans FAO, 1977) qui confirment les données de base mentionnées ci-dessus.

(b) Température

Les données de base relatives aux températures maximales et minimales sont présentées dans le tableau 2.3 (lequel reprend également les données concernant l'humidité relative) et la figure 2.1. Dans le

bassin du fleuve Sénégal, on observe deux maxima au cours de l'année : l'un avant les pluies, l'autre immédiatement après. On distingue dans l'ensemble trois saisons principales, à savoir l'hivernage ou la saison des pluies, la contre-saison sèche froide et la contre-saison sèche chaude.

(c) Insolation

Des données provenant de plusieurs stations sont reprises dans le tableau 2.4. Les valeurs correspondant à la durée d'insolation la plus importante apparaissent pendant la contre-saison sèche chaude (15/2-15/6); les valeurs les plus basses sont observées en général pendant l'hivernage (15/6-15/11). Au cours de la contre-saison sèche froide (15/11-15/2) l'on note généralement des valeurs intermédiaires.

2.1.2 Pédologie

Une étude au 1/50 000e a été réalisée entre Bakel et la mer par la FAO en 1977 et couvre environ 12 000 km2 de prospection. Ces prospections ont servi à l'établissement d'une carte pédologique et d'une carte d'aptitude culturale. Six classes de sols ont été retenues sur la base des critères suivants : la texture, le pH, la salinité, la topographie et le drainage. Pour l'établissement des Unités Naturelles d'Equipement, (Chaumeny, 1973), un autre découpage basé sur la texture et la teneur en argile a été effectué avec les trois grandes catégories de sols alluviaux : Fondé, Faux Hollaldé et Hollaldé.

Le tableau 2.5 reprend les données de base quant à la superficie nette irrigable et la répartition des trois grandes catégories de sols alluviaux que l'on trouve dans la vallée et le delta du fleuve Sénégal. Les superficies envisagées pour le développement de l'irrigation correspondent en grande partie à celles où se pratiquent les cultures de décrue.

TABLEAU 2.1

PLUVIOMETRIE ANNUELLE ET MENSUELLE

Annuelle (mm)

Station	Durée des enregistrements (nombre d'années)	Région	Pluies annuelles moyennes
Bakel	43	Haute vallée	683
Matam	49		526
Kaedi	41	Moyenne vallée	402
Boghé	44		323
Podor	42	Basse vallée	335
Dagana	47		320
Rosso	31	Delta	306
St Louis			355

Mensuelle (mm)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Matam													
maxi	13	20	4	36	100	168	272	473	297	118	41	41	
moyenne	1	1	0	1	5	50	123	200	117	25	2	1	526
mini	0	0	0	0	0	1	21	69	25	0	0	0	
Rosso													
maxi	8	16	3	1	25	60	107	498	183	115	18	56	
moyenne	0	1	0	0	2	8	43	138	79	30	2	3	306
mini	0	0	0	0	0	0	6	7	7	0	0	0	
St-Louis													
maxi	10	18	1	3	15	71	113	308	374	229	24	45	
moyenne	1	1	0	0	1	7	47	151	106	36	2	3	355
mini	0	0	0	0	0	0	1	5	8	0	0	0	

TABLEAU 2.2

DIVERSES PROBABILITES DE DEPASSEMENT DES PLUIES POUR DIFFERENTES STATIONS DE LA VALLEE ET DU DELTA DU SENEGAL

Station	(mm)	Années d'enregis-trement	Total des années	10% (mm)	50% (mm)	75% (mm)	90% (mm)	100% (mm)
Rosso Basse vallée	(306)	1934-1977	39	380	280	180	125	95
Guédé Podor	(335)	1953-1977	23	460	280	200	160	100
Boghé Moyenne vallée	(323)	1921-1978	55	400	320	220	220	100
Kaedi	(402)	1919-1978	54	540	400	280	220	100
Matam Haute vallée	(526)	49	nd	nd	nd	nd	nd	
Bakel	(683)		43	nd	nd	nd	nd	nd

nd: non disponible

Source: Meteorological data, GERSAR, 1980, 1983

TABLEAU 2.3

TEMPERATURES ET HUMIDITE RELATIVE

Localisation		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Températures (°C)														
St Louis	max	28	29	28	26	26	29	31	31	32	31	30	29	29,3
	min	16	16	17	18	19	23	25	25	25	24	21	18	20,7
	moy	22	23	23	22	23	26	28	28	29	27	26	23	25,0
Rosso	max	29	31	33	37	39	40	39	36	34	35	36	35	35,3
	min	14	16	17	19	20	22	24	24	27	23	18	15	19,5
	moy	22	23	25	28	29	31	32	30	30	29	27	25	27,4
Podor	max	31	33	37	43	41	41	37	35	35	37	35	31	36,3
	min	15	16	19	21	23	24	24	24	25	25	20	16	21,0
	moy	23	25	28	32	32	33	30	29	30	31	27	23	28,6
Matam	max	33	36	39	42	43	41	36	34	34	36	37	33	37
	min	14	17	19	23	26	27	25	24	24	24	20	16	22
	moy	23	26	29	33	35	34	30	29	29	30	29	29	29
Humidité relative (%)														
Matam	max	65	59	55	51	52	70	86	94	93	89	83	73	72
	min	18	17	12	15	16	26	44	57	55	43	26	23	29
	moy	37	34	30	28	31	45	63	75	74	65	52	44	48
Rosso	max	58	59	65	71	76	83	89	91	93	87	74	65	76
	min	16	16	18	12	17	26	41	49	48	35	26	22	27
	moy	34	34	36	38	43	53	64	70	70	61	49	41	49
St Louis	max	82	88	91	93	95	94	91	92	92	91	87	83	90
	min	36	45	51	61	73	76	74	73	70	62	48	39	59
	moy	54	63	68	78	80	80	78	79	79	74	64	59	71

LES SAISONS PRINCIPALES ET TEMPERATURES MAXIMALES ET MINIMALES (°C)

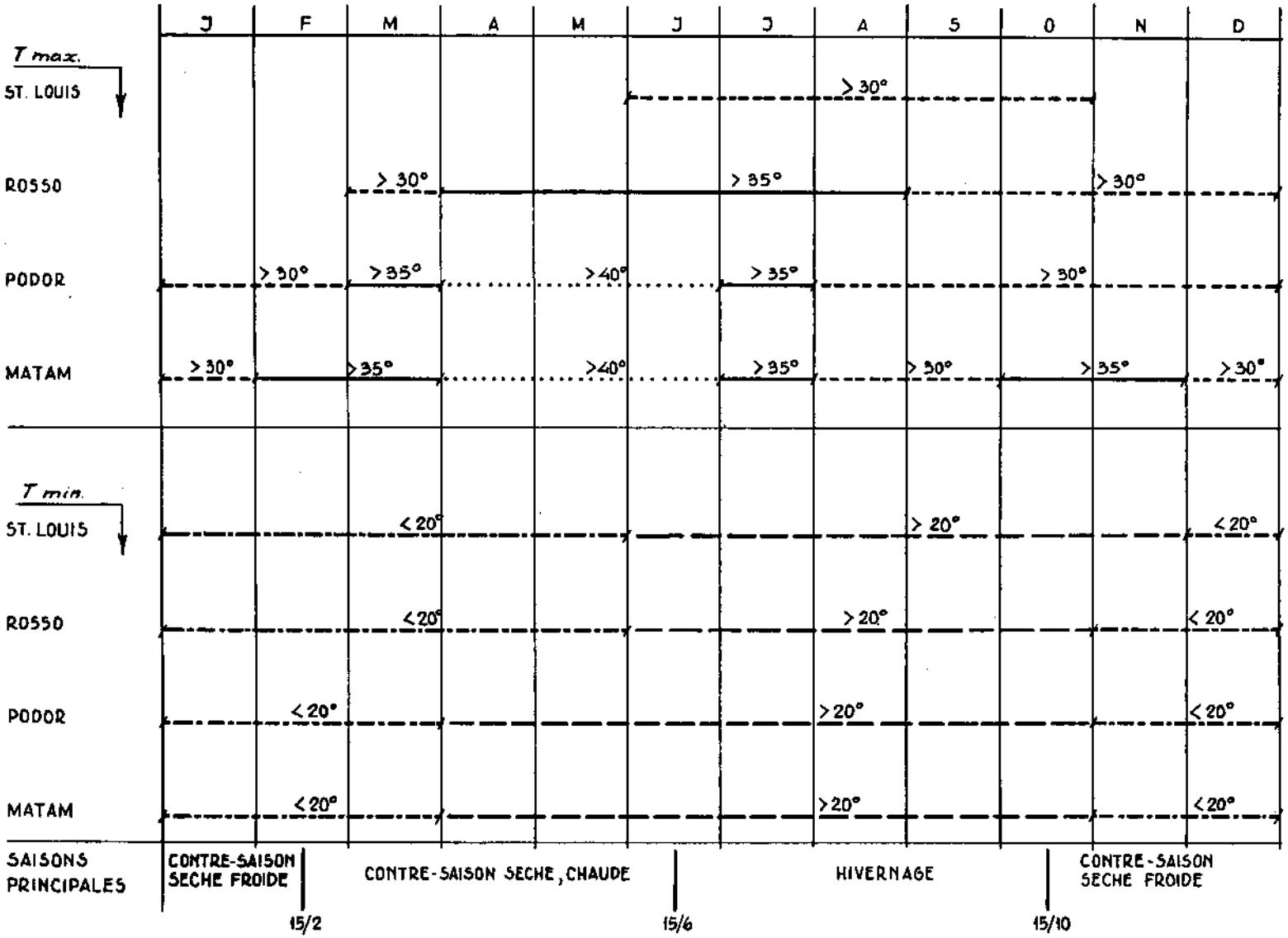


FIGURE 2.1

TABLEAU 2.4

HEURES D'INSOLATION

Mois		Insolation moyenne par mois					Insolation potentielle[1])	
		Guédé (1971-1977)	Kaedi (1971-1977)	Same (1971-1977)	Matam	St-Louis	par jour	par mois
Janvier	(31)	264	257	270	285	216	11,35	351
Février	(28)	290	284	298	253	220	11,65	326
Mars	(31)	268	281	290	314	283	12,05	374
Avril	(30)	306	295	296	213	289	12,45	374
Mai	(31)	313	299	284	302	280	12,85	398
Juin	(30)	286	271	257	284	242	13,00	390
Juillet	(31)	274	265	240	269	230	12,90	400
Août	(31)	266	236	227	229	221	12,65	392
Septembre	(30)	261	254	250	247	225	12,75	368
Octobre	(31)	280	266	265	277	237	11,80	366
Novembre	(30)	258	246	258	281	233	11,45	344
Décembre	(31)	255	257	262	271	213	10,75	333
Total	(365)	3321	3211	3197	3325	2889	12,10	4417

Note: [1]) valeurs moyennes (15°-20° de latitude nord)

Source: GERSAR/OMVS, 1980

TABLEAU 2.5

DISTRIBUTION DES SUPERFICIES IRRIGABLES (NETTES EN HA)

Région géographique	Rive droite - Mauritanie				Rive gauche - Sénégal				Ensemble RD-RG
Sols [1]	Fondé	F.Hollaldé	Hollaldé	Total	Fondé	F.Hollaldé	Hollaldé	Total	
Delta	2 276	9 325	10 344	21 945	404	5 886	11 238	17 528	39 473
Vallée basse	28 031	28 205	24 043	80 279	32 655	42 463	34 984	110 102	190 381
moyenne	6 976	6 574	13 235	26 785[2]	44 600	23 378	37 597	105 575	132 360
haute	4 397	1 413	1 517	7 327	2 721	2 111	2 070	6 902	14 229
Total vallée	39 404	36 192	38 795	114 391	79 976	67 952	74 651	222 579	336 970
Total bassin	41 680	45 517	49 139	136 336	80 380	73 838	85 889	240 107	376 443

[1]) Fondé: la classe 1 et les sols de texture grossière de la classe 2
Faux Hollaldé: la majorité des sols de la classe 2 à teneur en argile de 35%-50%
Hollaldé: les classes 1R + 2R et les sols à texture fine de la classe 2

[2]) Uniquement sols non salés; sans Gorgol (10 000 ha)

Source: FAO 1977; EC 1986

2.1.3 Topographie

Le levé topographique de la vallée a été principalement réalisé pendant les années 1950 et 1960 par la MAS et l'IGN. La couverture cartographique qui en a résulté est décrite en détail dans le "Rapport technique de fin de mission - JUTON, 1972", et comprend des couvertures au 1/500 000e, 1/200 000e et 1/50 000e. Les cartes au 1/200 000e et au 1/50 000e ont été réalisées à partir de la couverture photographique aérienne, la planimétrie étant restituée en s'appuyant sur une triangulation par fentes radiales assise sur le canevas des points astronomiques.

Les couvertures en photos aériennes de la vallée comprennent :

- 1/50 000e : couverture générale de la vallée (1952-54);
- 1/15 000e : couverture de la vallée (1960);
- 1/25 000e : couverture du delta (1958, 1964);
- couverture ponctuelle réalisée par l'OMVS.

Des couvertures locales ont également été faites à des fins particulières : études routières, études d'urbanisme, restitution stéreo, etc.

Une carte de la vallée du Sénégal est fournie en fin de ce rapport de façon à ce qu'elle puisse être consultée au cours de la lecture du texte.

2.2 HYDROLOGIE

Les informations recueillies sur l'hydrologie du fleuve Sénégal concernent, d'une part, les données de base relatives aux débits du fleuve tels qu'ils ont été relevés à différentes stations de jaugeage et, d'autre part, les résultats d'études réalisées à l'aide de modèles mathématiques, portant sur la propagation des crues.

2.2.1 Débits du fleuve

Stations de jaugeage

Les stations de jaugeage les plus importantes dans le cadre de la crue artificielle sont celles de Soukoutali et Bakel. Soukoutali, qui est située sur le Bafing, enregistre en fait les débits au site du barrage de Manantali. Un relevé des débits est d'ailleurs disponible pour la période 1966-83. La station de Bakel se trouve, quant à elle, en amont dans la vallée du Sénégal mais immédiatement en aval les principaux affluents. Passé Bakel, il n'existe pas d'apport significatif au Sénégal. La station a enregistré les débits de 1903 à 1985, ce qui représente la plus longue période qui soit aujourd'hui disponible dans le bassin du Sénégal.

Il existe un certain nombre de stations en aval de Bakel, qui ont elles aussi effectué des mesures des hauteurs d'eau pendant des périodes de durée variable, comme suit :

Station	PK : distance à partir de St. Louis	Période au cours desquelles les hauteurs d'eau ont été enregistrés
Bakel	794	1903-85
Matam	623	1903-85
Kaedi	532	1903-85
Saldé	474	1903-85
Boghé	379	n.d.
Podor	267	1903-85
Dagana	169	1904-85
Richard Toll	145	1949-85
Rosso	133	1951-85

n.d. non disponible

Actualisation des données

Les données concernant les débits enregistrés à Bakel et à Soukoutali proviennent de diverses sources, sujet qui est traité en détail dans le rapport intitulé "Actualisation de l'étude hydrologique" réalisé dans le cadre de cette même étude de gestion. Les débits qui ont été relevés aux stations situées en aval de Bakel n'ont pas été donnés en raison de certains imprécisions au niveau des courbes de tarage. Cela ne constitue pas une entrave à la présente étude, étant donné que les débits enregistrés à Bakel peuvent être utilisés pour déterminer l'hydrogramme d'une crue donnée, tandis que les stations en aval de Bakel sont à même de fournir les limnigrammes de ladite crue en différents points de la vallée.

La conversion en débits des hauteurs d'eau relevées à Bakel pose toutefois certains problèmes particuliers, dûs au caractère très plat de la pente du pleuve. Cette platitude résulte en une loi hauteur/débit non-univoque, ce qui aurait pu introduire des erreurs dans l'estimation des débits. Il semblerait également que la courbe de tarage ait subi un écart entre les enregistrements consécutifs entrepris en 1961 et 1968.

Monsieur Lamagat, de chez ORSTOM-DAKAR, a réalisé une étude d'accompagnement spéciale se proposant de résoudre ces problèmes, à l'aide d'un modèle mis au point par lui pour venir à bout de difficultés similaires rencontrées sur le Niger. C'est ainsi que Monsieur Lamagat a recalculé les débits à Bakel pour la totalité de la période d'enregistrement. Une comparaison entre ces débits et ceux utilisés par le Groupement Manantali en 1970 montre qu'ils coïncident d'une manière très étroite les uns avec les autres jusqu'à 1965. Par contre, passé cette date, les nouveaux débits se situent à environ 20% au-dessus de ceux relevés précédemment.

Les débits moyens mensuels relevés à Bakel et à Soukoutali pour les périodes d'enregistrement considérées sont indiqués aux tableaux 2.6 et 2.7.

TABLEAU 2.6

Station:.....BAKEL (Donnees de base)
Fleuve: .....SENEGAL

Debits moyens mensuels (m3/s)

YEAR	JAN	FEB	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL (Mm3)	MOYEN
1903					10.00+	120.00+	746.0"	1937.0"	2759.0"	1060.0"	476.0"	202.0"		
1904	124.00"	74.00"	40.00)	15.00)	10.00+	30.00	719.0	2655.0	3166.0	1127.0	586.0	274.0	23276	738
1905	142.00	84.80	50.00"	22.00)	10.00+	236.00	977.0	2735.0	2303.0	2342.0	1072.0	375.0	27382	868
1906	193.00	111.00	64.00"	30.00)	15.00)	143.00"	1174.0	5751.0	4218.0	1618.0	838.0	467.0	38683	1227
1907	250.00"	140.00"	80.00)	40.00)	10.00+	120.00+	403.0"	960.0	2177.0	1311.0	619.0	340.0	16984	539
1908	185.00"	110.00"	62.00"	28.00)	10.00+	83.00	522.0	2275.0	3720.0	1390.0	500.0"	235.0"	24828	787
1909	130.00"	73.00"	42.00)	18.00)	10.00+	286.00"	992.0	3083.0	4201.0	1308.0	591.0	255.0"	28979	919
1910	140.00"	83.00"	46.00)	20.00)	10.00+	120.00+	590.0+	2233.0	2942.0	1231.0	472.0	215.0"	21372	678
1911	120.00"	70.00"	38.00)	16.00)	10.00+	120.00+	590.0+	1538.0	2401.0	939.0	432.0	220.0"	17119	543
1912	125.00"	72.00"	38.00)	16.00)	10.00+	120.00+	(657.0)	1471.0	2352.0	1298.0	436.0"	230.0"	18009	571
1913	135.00"	78.00"	43.00)	18.00)	10.00+	120.00+	336.0	724.0	936.0	687.0	251.0"	121.0"	9130	290
1914	64.00"	30.00"	10.00)	4.00)	2.00+	120.00+	590.0+	1323.0"	1477.0	1036.0	360.0"	200.0"	13793	437
1915	115.00"	70.00"	40.00)	16.00)	10.00+	90.00"	653.0	1956.0	2418.0	1225.0	350.0"	190.0"	18839	597
1916	105.00"	62.00"	34.00)	12.00)	5.00)	4.00"	726.0"	1826.0	3301.0	1603.0	400.0"	210.0"	21861	693
1917	120.00"	70.00"	38.00)	16.00)	10.00+	20.00"	294.0	2173.0	3458.0	1145.0	330.0"	185.0"	20701	656
1918	100.00"	58.00"	32.00)	11.00)	10.00+	200.00"	883.0	3633.0	5322.0	2556.0	647.0	335.0"	36378	1154
1919	202.00"	122.00"	65.00)	30.00)	10.00+	140.00"	417.0	1788.0	2221.0	1029.0	356.0"	210.0"	17382	551
1920	115.00"	70.00"	38.00)	15.00)	10.00+	120.00+	540.0"	2690.0	4315.0	1287.0	604.0	290.0"	26581	843
1921	160.00"	95.00"	52.00"	23.00)	10.00+	120.00+	399.0	1256.0	2086.0	740.0	270.0"	150.0"	14118	448
1922	90.00"	50.00)	26.00)	10.00)	10.00+	40.00"	411.0	3415.0	6569.0	2724.0	777.0	316.0	38019	1206
1923	158.00"	95.00"	53.00"	23.00)	10.00+	90.00"	646.0	1903.0	3815.0	1437.0	751.0	272.0"	24354	772
1924	138.00"	80.00"	44.00"	19.00)	10.00+	144.00"	1440.0	4147.0	5530.0	2403.0	804.0	384.0	39977	1268
1925	210.00"	125.00"	70.00"	32.00)	14.00)	103.00	408.0	2032.0	3293.0	2458.0	768.0	325.0"	26759	849
1926	185.00"	110.00"	65.00"	30.00)	10.00+	140.00"	521.0	1648.0	1785.0	985.0	728.0	270.0"	17088	542
1927	130.00"	76.00"	43.00)	18.00)	10.00+	120.00+	800.0	2967.0	4684.0	2686.0	885.0	380.0"	34286	1087
1928	205.00"	120.00"	70.00"	32.00)	10.00+	50.00"	356.0	3146.0	4693.0	1683.0	699.0	241.0	29775	944
1929	130.00"	77.00"	39.00"	15.00)	10.00+	300.00"	885.0	3074.0	4512.0	1327.0	434.0	217.0	29041	921
1930	123.00"	71.00"	38.00"	15.00)	10.00+	170.00"	665.0	2677.0	3445.0	1904.0	608.0	290.0"	26442	838
1931	167.00"	97.00"	58.00"	25.00)	10.00+	170.00"	976.0	1771.0	2777.0	2080.0	552.0	270.0"	23650	750
1932	155.00"	90.00"	50.00"	22.00"	10.00+	130.00"	823.0	2859.0	3138.0	1371.0	445.0"	227.0"	24617	781
1933	130.00"	75.00"	43.00"	19.00)	10.00+	153.00"	1149.0	3423.0	3564.0	1076.0	386.0"	200.0"	27019	857
1934	115.00"	68.00"	35.00"	12.00)	10.00+	20.00"	276.0	2501.0	3503.0	1311.0	440.0"	220.0"	22435	711
1935	130.00"	75.00"	43.00)	19.00)	10.00+	120.00+	946.0	4438.0	5062.0	2450.0	631.0	265.0"	37480	1188
1936	152.00"	88.00"	50.00"	20.00"	10.00+	85.00"	620.0	4714.0	5966.0	2210.0	708.0	335.0	39455	1251
1937	172.00	103.00	60.50	25.00)	10.00+	120.00+	408.0	1795.0	3094.0	1348.0	504.0"	230.0"	20702	656
1938	130.00"	75.00"	41.00)	17.00)	10.00+	120.00+	494.0	1901.0	4065.0	1850.0	794.0	270.0"	25709	815
1939	150.00"	88.00"	48.00)	21.00)	2.30"	28.00"	368.0	1992.0	2071.0	1362.0	435.0"	220.0"	17930	569
1940	125.00"	72.00"	40.00)	16.00)	10.00+	50.00"	212.0	1342.0	1381.0	1288.0	525.0	200.0"	13902	441
1941	120.00"	68.00"	38.00)	15.00)	10.00+	25.00+	348.0	1193.0	2119.0	739.0	247.0	130.0"	13306	422
1942	75.00"	44.00"	19.00"	6.50)	4.00+	30.00+	392.0	1970.0	1673.0	542.0	266.0	140.0"	13642	433
1943	80.00"	45.00"	25.00)	8.00)	5.00+	120.00+	370.0	1919.0	2925.0	1769.0	442.0	195.0"	20854	661
1944	110.00"	65.00"	35.00)	14.00)	10.00+	40.00+	228.0	844.0	1489.0	667.0	339.0	160.0"	10537	334
1945	95.00"	55.00"	28.00)	10.00)	5.00+	40.00+	409.0	3450.0	4886.0	1854.0	463.0	195.0"	30294	961
1946	110.00"	65.00"	35.00)	14.00)	10.00+	40.00+	379.0	2600.0	2989.0	1801.0	580.0	240.0	23409	742
1947	130.00"	75.00"	41.00)	17.00)	10.00+	40.00+	(349.0)	1877.0	3418.0	1516.0	396.0	180.0"	21205	672
1948	105.00"	60.00"	32.00)	12.00)	5.00)	31.00"	607.0	1863.0	2630.0	967.0	398.0	167.0	18138	575
1949	105.00"	60.00"	32.00)	12.00)	5.00)	(10.60)	335.0	2111.0	1905.0	794.0	214.0	123.0"	15089	478
1950	73.00"	42.00)	20.00)	10.00)	5.00)	3.00)	565.0	3092.0	5963.0	3041.0	778.0	305.0	36627	1161
1951	152.00	84.60	41.80	13.80	5.80	57.10	395.0	1473.0	2332.0	3643.0	1437.0	423.0	26586	843
1952	215.00	125.00	62.50	26.20	6.95	22.70	539.0	1428.0	2519.0	3098.0	596.0	247.0	23493	745
1953	133.00	69.40	36.30	16.90	4.27	103.00	818.0	1607.0	2924.0	1250.0	464.0	219.0	20135	639
1954	139.00	79.60	40.30	14.10	13.00	253.00	1012.0	4166.0	4394.0	1624.0	689.0	397.0	33857	1074
1955	197.00	114.00	66.20	40.90	30.90	209.00	648.0	3672.0	4149.0	2596.0	777.0	347.0	33933	1076
1956	204.00	118.00	67.80	32.90	13.90	40.90	506.0	2305.0	5421.0	2101.0	636.0	287.0	30867	979
1957	162.00	97.90	58.10	23.40	9.53	218.00	623.0	2725.0	4339.0	2900.0	943.0	351.0	32843	1041
1958	197.00	116.00	66.00	31.20	18.30	176.00	579.0	4098.0	3969.0	1887.0	796.0	446.0	32698	1037
1959	239.00	138.00	82.00	39.30	19.30	165.00	597.0	2596.0	4087.0	1242.0	489.0	224.0	26115	828
1960	125.00	76.10	40.90	17.10	6.79	83.40	812.0	1830.0	2481.0	1309.0	504.0	214.0	19800	628
1961	118.00	73.50	40.30	16.70	5.13	105.00	821.0	3000.0	5249.0	1328.0	458.0	207.0	30069	953
1962	120.00	72.80	38.60	13.00	4.12	85.70	536.0	2326.0	3657.0	1626.0	398.0	263.0	24622	781
1963	137.00	84.60	42.00	17.70	9.52	8.62	508.0	1674.0	2741.0	1973.0	635.0	231.0	21276	675
1964	127.00	71.40	35.50	14.40	4.60	173.00	633.0	2066.0	5841.0	1934.0	581.0	286.0	30927	981
1965	166.00	103.00	56.40	25.10	10.80	87.40	522.0	3467.0	5453.0	1993.0	652.0	290.0	33788	1071
1966	205.00	112.00	48.70	15.50	3.67	81.10	441.0	1739.0	3534.0	5029.0	1033.0	381.0	33377	1058
1967	208.00	115.00	53.90	15.00	3.79	99.00	695.0	3068.0	6763.0	3426.0	919.0	409.0	41548	1317
1968	254.00	157.00	75.60	23.70	6.41	77.90	515.0	1257.0	2238.0	1038.0	358.0	201.0	16337	518
1969	97.50	45.00	14.70	2.84	1.11	48.60	847.0	2100.0	3881.0	2549.0	1131.0	365.0	29235	927
1970	186.00	97.00	40.10	12.10	3.20	21.40	358.0	2775.0	3052.0	951.0	337.0	168.0	21108	669
1971	85.60	42.30	15.10	3.51	1.55	1.72	584.0	3266.0	3272.0	973.0	310.0	151.0	22997	729
1972	72.30	35.30	10.90	2.87	1.30	57.20	349.0	978.0	1315.0	590.0	259.0	131.0	10033	318
1973	60.60	28.20	8.28	2.58	1.04	125.00	394.0	2109.0	1711.0	588.0	216.0	87.6	14095	447
1974	42.00	19.20	6.43	2.03	0.76	3.91	745.0	3518.0	3394.0	1381.0	367.0	155.0	25474	808
1975	73.30	37.10	14.60	4.09	1.52	0.36	558.0	1553.0	3267.0	1201.0	380.0	162.0	19099	606
1976	77.20	38.00	14.20	2.88	0.91	4.47	490.0	1456.0	1147.0	1145.0	875.0	226.0	14484	459
1977	109.00	50.90	20.60	5.52	1.67	1.87	240.0	829.0	1640.0	759.0	214.0	74.3	10395	330
1978	38.90	12.70	3.28	1.10	0.55	8.14	369.0	1719.0	1791.0	1295.0	451.0	156.0	15451	490
1979	72.60	32.40	8.51	2.70	1.65	44.70	311.0	983.0	1277.0	569.0	281.0	104.0	9730	309
1980	45.20	17.40	3.72	1.43	0.42	22.30	317.0	1545.0	1941.0	484.0	194.0	88.7	12291	390
1981	37.70	14.70	3.83	1.58	0.20	29.50	454.0	1858.0	1710.0	658.0	224.0	89.6	13436	426
1982	42.60	18.70	3.97	1.28	0.73	0.18	235.0	1132.0	1376.0	559.0	222.0	81.4	9694	307
1983	37.00	13.90	3.42	1.29	0.54	78.60	380.0	682.0	817.0	434.0	139.0	53.5	6979	221
1984	23.90	8.17	2.40	1.20	0.05	37.80	470.0	758.0	571.0	540.0	137.0	49.9	6896	219
1985	17.00	5.66	1.97	1.10	0.16	0.41	390.0	1414.0	1651.0	562.0	155.0	55.7	11236	356

SOURCE : ORSTOM, Dakar
" : Monographie (interpolation)
) : Monographie (courbe de decrue)
+ : Monographie (courbe de decrue,moyenne)
* : Monographie (courbe de decrue,moyenne reduite par GIBB)
( ) : Interpolation

NB : N'interpreter que 3 chiffres significatifs

TABLEAU 2.7

Station:.....SOUKOUTALI (Serie historique completee)
Fleuve: .....BAFING

Debits moyens mensuels (m3/s)

YEAR	JAN	FEB	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL (Mm3)	MOYEN
1904	73.10+	37.10+	12.10+	5.60+	7.40+	78.10+	423.6+	1305.3+	1258.3+	638.1+	324.2+	140.0+	11371	361
1905	83.60+	44.80+	17.10+	7.00+	18.30+	191.30+	591.9+	1395.7+	1151.4+	1073.8+	533.7+	210.9+	14073	446
1906	118.60+	71.00+	29.50+	11.00+	12.90+	118.70+	697.4+	2021.1+	1679.7+	797.3+	399.5+	178.7+	16224	514
1907	101.10+	57.90+	23.90+	9.20+	12.90+	118.70+	274.4+	629.8+	1087.5+	688.6+	342.5+	159.4+	9241	293
1908	88.50+	49.40+	19.60+	7.40+	12.90+	127.20+	570.0+	1350.7+	1629.7+	805.9+	368.7+	191.5+	13788	437
1909	108.10+	61.70+	25.80+	9.70+	18.30+	310.20+	625.0+	1665.5+	1679.7+	758.2+	519.3+	217.3+	15834	502
1910	125.60+	74.00+	31.40+	11.50+	12.90+	118.70+	390.5+	1162.9+	1441.0+	714.8+	327.5+	152.9+	12040	382
1911	84.30+	46.30+	18.30+	7.40+	12.90+	118.70+	346.7+	913.2+	1176.2+	587.6+	282.9+	140.0+	9854	312
1912	77.30+	41.70+	15.80+	6.50+	11.00+	84.50+	383.8+	870.1+	1182.7+	693.4+	254.1+	120.7+	9879	313
1913	64.70+	32.40+	12.10+	5.20+	11.00+	105.90+	228.4+	498.1+	649.8+	452.2+	199.8+	104.6+	6241	198
1914	55.70+	27.00+	10.30+	4.70+	6.50+	130.10+	409.0+	839.6+	917.1+	662.9+	214.2+	114.3+	8967	284
1915	62.70+	30.90+	11.50+	5.20+	6.50+	118.70+	443.2+	1193.5+	1179.4+	707.7+	309.1+	172.2+	11104	352
1916	97.60+	54.00+	22.10+	8.60+	12.90+	118.70+	563.3+	1131.0+	1453.6+	817.3+	309.8+	169.0+	12567	398
1917	94.10+	52.50+	21.40+	8.30+	12.90+	118.70+	244.6+	1140.4+	1414.1+	641.9+	252.2+	146.5+	10940	347
1918	81.50+	43.20+	17.10+	7.00+	12.90+	177.10+	517.9+	1457.5+	1639.4+	1048.5+	412.6+	223.7+	14897	472
1919	129.10+	77.10+	32.00+	11.90+	12.90+	141.50+	311.4+	937.1+	1089.9+	594.7+	259.4+	152.3+	9855	313
1920	82.90+	46.30+	18.90+	7.40+	12.90+	118.70+	319.2+	1205.0+	1618.3+	702.9+	262.0+	146.5+	11977	380
1921	81.50+	43.20+	17.10+	7.00+	7.40+	118.70+	273.8+	805.9+	1122.1+	535.1+	235.8+	130.4+	8908	282
1922	69.60+	37.10+	14.00+	6.10+	6.50+	118.70+	383.2+	1525.0+	2186.5+	1228.3+	459.7+	183.2+	16405	520
1923	105.30+	60.20+	25.20+	9.70+	12.90+	118.70+	360.8+	1014.8+	1550.0+	730.1+	468.2+	223.7+	12333	391
1924	129.10+	77.10+	32.00+	12.40+	12.90+	143.60+	890.4+	1795.3+	1922.5+	1069.5+	462.3+	217.9+	17880	567
1925	126.30+	75.60+	31.40+	11.50+	12.90+	118.70+	419.7+	1215.3+	1489.8+	1277.8+	476.7+	204.4+	14424	457
1926	118.60+	69.40+	28.90+	10.60+	12.90+	118.70+	419.7+	953.9+	970.8+	608.5+	334.0+	165.8+	10068	319
1927	94.10+	54.00+	20.80+	7.90+	12.90+	118.70+	432.6+	1359.6+	1745.2+	1242.6+	557.3+	233.2+	15514	492
1928	132.60+	81.00+	33.20+	12.40+	12.90+	118.70+	299.6+	1436.0+	1744.8+	914.6+	491.2+	207.6+	14464	459
1929	118.60+	69.40+	29.50+	11.00+	12.90+	259.00+	478.6+	1365.2+	1685.8+	774.0+	373.9+	181.9+	14136	448
1930	101.10+	57.90+	23.90+	9.20+	12.90+	137.90+	383.8+	1188.2+	1353.5+	909.8+	372.0+	169.0+	12463	395
1931	95.50+	52.50+	22.10+	8.30+	12.90+	141.50+	505.0+	935.2+	1322.2+	1009.5+	330.1+	175.4+	12179	386
1932	99.00+	55.50+	23.30+	8.80+	12.90+	145.00+	664.9+	1556.8+	1501.1+	774.0+	376.6+	188.3+	14290	453
1933	106.70+	61.70+	25.20+	9.70+	12.90+	219.80+	814.1+	1594.8+	1424.7+	648.6+	282.9+	159.4+	14174	449
1934	88.50+	49.40+	19.60+	7.40+	7.40+	118.70+	248.0+	1234.1+	1386.9+	753.5+	313.1+	152.9+	11559	367
1935	87.10+	46.30+	21.40+	7.00+	7.40+	119.40+	607.1+	1996.3+	1814.3+	1124.8+	380.5+	178.7+	16903	536
1936	101.10+	57.90+	23.30+	9.20+	12.90+	118.70+	388.3+	2030.5+	2055.9+	1050.5+	404.7+	198.0+	17040	540
1937	113.70+	66.30+	27.00+	10.10+	12.90+	118.70+	251.1+	985.8+	1292.5+	689.1+	298.0+	146.5+	10660	338
1938	80.10+	43.20+	17.10+	7.00+	7.40+	118.70+	353.5+	1092.6+	1647.2+	860.7+	438.1+	178.7+	12773	405
1939	101.10+	57.90+	23.30+	9.20+	12.90+	118.70+	265.9+	1050.4+	978.1+	705.8+	268.5+	133.6+	9844	312
1940	59.20+	38.60+	14.60+	6.10+	6.50+	118.70+	217.7+	716.0+	791.8+	671.0+	304.5+	152.9+	8181	259
1941	63.60+	46.30+	18.30+	7.00+	7.40+	118.70+	278.8+	673.8+	1017.5+	482.2+	203.1+	111.1+	8035	255
1942	59.20+	29.30+	10.90+	4.90+	6.50+	119.40+	315.9+	1032.2+	862.2+	440.3+	229.2+	127.2+	8558	271
1943	68.90+	35.50+	13.40+	5.60+	6.50+	118.70+	265.9+	1047.6+	1268.9+	874.5+	265.3+	143.3+	10867	345
1944	78.70+	42.40+	16.50+	6.50+	7.40+	139.40+	231.7+	608.7+	867.9+	457.9+	229.2+	120.7+	7400	235
1945	64.70+	33.20+	13.20+	5.42+	6.50+	118.70+	276.6+	1441.1+	1758.6+	913.2+	360.2+	194.8+	13694	434
1946	111.60+	65.60+	26.40+	10.10+	12.90+	119.40+	341.1+	1303.4+	1221.0+	913.2+	357.6+	165.8+	12544	398
1947	92.70+	51.70+	20.80+	7.90+	12.90+	118.70+	251.4+	896.9+	1223.3+	598.5+	255.4+	140.0+	9651	306
1948	76.60+	40.90+	15.80+	6.50+	12.90+	119.40+	413.5+	1024.7+	1266.9+	639.1+	320.9+	172.2+	10848	344
1949	96.90+	54.00+	22.10+	8.30+	8.30+	56.00+	294.0+	1198.5+	950.8+	523.2+	245.6+	136.8+	9505	301
1950	75.20+	40.10+	15.20+	6.50+	7.20+	55.10+	369.7+	1290.8+	1914.4+	1415.1+	479.4+	186.4+	15460	490
1951	97.60+	47.80+	20.80+	8.10+	10.60+	91.20+	308.0+	889.8+	1159.1+	1478.5+	810.0+	253.3+	13669	433
1952	170.46*	97.20*	38.85*	13.23*	7.16@	45.89@	401.1@	923.8@	1340.5@	864.3@	286.82	136.9@	11416	362
1953	96.67*	41.39*	21.89*	8.57*	32.07@	206.17@	669.5@	885.7@	1231.0@	772.0@	299.5@	155.9@	11681	370
1954	115.35*	53.50*	23.22*	8.79*	27.32@	258.19@	710.1@	1668.1@	1478.5@	748.6@	526.2@	355.3@	15789	501
1955	156.45*	88.02*	36.90*	19.81*	35.85@	259.60@	695.8@	1407.3@	1336.0@	935.7@	466.7@	279.1@	15110	479
1956	157.38*	92.61*	39.41*	13.90*	13.20@	83.43@	366.5@	1673.9@	1238.5@	842.2@	367.5@	178.9@	13401	425
1957	125.62*	69.20*	28.52*	10.54*	9.35@	119.00@	433.3@	1293.1@	1915.0@	1525.5@	597.1@	261.1@	16861	535
1958	154.58*	86.64*	34.80*	13.18*	24.60@	124.62@	489.4@	1648.5@	1393.0@	773.3@	387.4@	341.3@	14466	459
1959	177.93*	100.87*	45.06*	15.29*	31.47@	203.36@	386.8@	1098.1@	1522.5@	639.5@	339.2@	146.5@	12426	394
1960	98.54*	50.10*	20.63*	7.94*	15.69@	76.96@	485.8@	952.7@	1097.5@	735.7@	360.42	149.5@	10705	339
1961	90.13*	47.90*	20.63*	7.27*	6.42@	102.52@	553.4@	1360.4@	1730.3@	701.0@	323.7@	159.2@	13468	427
1962	90.79*	43.69*	17.91*	5.71*	19.69@	55.87@	401.1@	1030.0@	1375.0@	881.1@	438.42	187.0@	12003	381
1963	92.00*	51.94*	22.03*	8.88*	0.00@	0.00@	259.1@	918.0@	1349.5@	1176.0@	394.5@	130.4@	11601	368
1964	82.75*	42.39*	18.47*	7.45*	2.10@	112.11@	438.1@	1237.7@	1825.0@	746.1@	350.5@	174.9@	13283	421
1965	105.08*	56.90*	25.31*	9.87*	0.52@	13.27@	463.1@	898.4@	1705.0@	824.0@	376.0@	162.9@	12232	388
1966	98.54*	53.68*	23.45*	11.17*	14.71*	39.70*	217.4*	896.0	1070.0	1350.0	444.0	151.0	11560	367
1967	108.81*	61.30*	28.94*	11.39*	15.77*	124.00	420.0	1560.0	1990.0	1200.0	457.0	230.0	16413	520
1968	126.00	81.80	37.80	14.20	19.40	113.00	259.0	618.0	959.0	527.0	221.0	120.0	8159	259
1969	56.30	25.50	11.40	6.38	4.73	59.10	432.0	917.0	1560.0	1190.0	553.0	216.0	13281	421
1970	107.00	56.00	23.40	10.70	6.41	51.10	235.0	1150.0	1350.0	488.0	216.0	104.0	10016	318
1971	52.80	27.70	12.10	7.20	6.33	24.80	329.0	1220.0	1060.0	454.0	180.0	88.0	9155	290
1972	43.00	20.00	9.05	5.03	4.02	113.00	337.0	665.0	902.0	504.0	214.0	118.0	7747	246
1973	48.20	21.10	8.84	4.90	19.30	100.00	260.0	826.0	889.0	456.0	167.0	67.7	7576	240
1974	32.10	15.50	7.99	4.27	2.73	67.10	506.0	1180.0	1090.0	768.0	236.0	97.6	10608	336
1975	44.90	24.30	10.50	5.78	3.75	42.30	339.0	742.0	1220.0	687.0	275.0	102.0	9225	293
1976	54.40	25.70	11.60	6.00	4.96	67.00	362.0	835.0	779.0	768.0	592.0	200.0	9796	311
1977	82.60	34.77*	16.00	8.29	6.37	26.20	180.0	543.0	732.0	392.7*	146.8*	52.9*	5862	186
1978	24.66*	8.98*	5.57*	4.04*	2.47	56.20	235.0	733.0	861.0	675.0	277.0	101.0	7886	250
1979	49.30	19.60	10.20	4.98	3.94	84.90	251.0	538.0	586.0	386.0	178.0	77.6	5786	183
1980	34.80	13.50	7.13	3.64	1.72	44.40	255.0	843.0	986.0	319.0	154.0	66.1	7201	228
1981	27.50	13.90	7.93	4.83	26.50	45.80	283.0	896.0	702.0	452.0	164.0	65.1	7118	226
1982	31.00	16.50	8.13	4.85	3.34	21.10	259.0	591.0	707.0	371.0	172.0*	61.8	5882	187
1983	31.20*	10.45*	5.96*	4.01*	1.72*	136.00	420.0	670.0	764.0	430.0	181.0	82.3	7233	229
1984	22.32*	8.79*	4.82*	3.17*	0.00*	44.48*	358.1*	413.7*	302.5*	400.5*	120.4*	28.2*	4529	144
Moyen	89	49	20	8	11	111	396	1108	1295	774	339	160	11515	365
Max	178	101	45	20	36	310	890	2031	2187	1525	810	355	17880	567
Min	22	9	5	3	0	0	180	414	303	319	120	28	4529	144
STD	33	21	9	3	7	58	147	363	381	272	125	58	3108	99

+ : Calcule par correlation avec la station de KAYES (1903-51)
* : Calcule par correlation avec la station de GALOUGO (Jan-Avr,1952-84)
@ : Calcule par correlation avec la station de DAKKA SAIDOU (Mai-Dec,1952-84)

Extension de la série historique des débits

La période d'enregistrement dont on dispose pour Soukoutali n'est que de 17 ans en comparaison des 82 ans couverts à Bakel. La méthode de régression linéaire a été utilisée afin d'établir des corrélations qui ont été appliquées pour étendre la période de la série de données à Soukoutali, afin de la rendre similaire à celle de Bakel. Cela est décrit en détail dans le rapport relatif à l'étude hydrologique.

2.2.2 Propagation des crues - Modèle SOGREAH

Dans le cadre de l'étude de l'aménagement hydro-agricole de la vallée du Sénégal par le PNUD (Projet RAF/FAO/61), une étude de la propagation des crues du Sénégal entre Gouina et Saint-Louis a été confiée à SOGREAH et exécutée de 1969 à 1972. SOGREAH a établi un modèle maillé complexe permettant de prendre en considération les écoulements qui se produisent dans les différents sens conformément aux écoulements naturels, et faisant apparaître les échanges entre lit mineur et lit majeur.

Les résultats obtenus montrent que le modèle peut être considéré comme représentatif des conditions naturelles d'écoulement dans la gamme des niveaux étudiés; la précision de l'ordre de 20 à 30 cm a été considérée comme satisfaisante mais n'est pas tombée dans la limite de 10 cm précisée au début dans les termes de référence.

Le modèle peut répondre à un certain nombre de questions telles que l'étude des surfaces inondées par les crues naturelles et l'étude des crues artificielles modulées à partir de barrages accumulateurs. Les études effectuées sur le modèle ont fait l'objet des rapports suivants :

- Manuel d'utilisation du modèle — Nov. 1970
- Rapport sur le réglage des modèles — Oct. 1972
- Etude de la crue de 1970, de la crue de 1968 et de trois crues artificielles — 1972
- Etude du volume des eaux ayant stationné dans le lit majeur du fleuve Sénégal — 1972

- Etude d'exécution du barrage de Diama; rapport sur l'exploitation du modèle mathématique — Jan. 1977
- Exploitation du modèle dans le cadre des études de développement hydro-agricole de la vallée avec le barrage de Manantali et en tenant compte ou non de l'influence du barrage de Manantali sur les crues — Dec. 1981

Les rapports ci-dessus fournissent des informations sur les caractéristiques de certaines crues historiques qui ont été reproduites sur le modèle. Ces crues sont celles de 1968, 1969, 1970 et 1973.

2.3 LA CULTURE DE DECRUE

2.3.1 Les cultures

Des données concernant la culture de décrue ont été recueillies dans différents rapports (voir bibliographie en fin du rapport). Elles sont principalement centrées sur :

(a) la situation actuelle

- les cultures, la période de culture et les associations de cultures;
- les intrants et la main-d'oeuvre utilisés;
- la population pratiquant la culture de décrue;
- les zones inondées et celles cultivées;
- l'amélioration de la culture de décrue; les aspects relatifs à la recherche et la vulgarisation.

(b) l'avenir

- la période et la durée des crues artificielles;
- la rétention d'eau des sols et les effets de la durée des crues sur les rendements de sorgho;
- la relation entre la culture de décrue et les autres activités agricoles;
- la grandeur des exploitations.

Une visite le long de la vallée a été effectuée au cours du mois de décembre 1985 par des experts en agronomie et en génie rural, afin de prendre directement connaissance de la pratique des cultures de décrue.

2.3.2 Superficies cultivées en décrue

Le recensement des superficies cultivées en décrue dans le passé constitue le point de départ de toute étude qui vise à faire des recommandations en ce qui concerne la superficie à cultiver sous crue artificielle. Il y a eu trois études qui ont tenté d'inventorier l'étendue des cultures de décrue, à savoir :

- les inventaires par vol effectués par Juton entre autres, pour les années 1970/71, 1972/73 et 1973/74, dans le cadre du projet hydro-agricole AFR/REG/61;

- l'étude des Unités Naturelles d'Equipement de Chaumeny qui a traité en détail les résultats de l'inventaire effectué en 1970/71;

- les inventaires par vol effectués pour les années 1976/77, 1977/78 et 1978/79, dans le cadre de l'Etude Socio-économique.

Au total, six recensements ont donc été réalisés, et il est à noter qu'ils l'ont tous été de la même manière, le déroulement des opérations étant le suivant :

(a) Recherche des photos aériennes et cadrage de ces photos sur un jeu de cartes au 1/50 000e;

(b) Survol de la vallée, transcription des observations directes sur les photos au 1/50 000e;

(c) Report des indications "photos" sur les cartes au 1/50 000e de la vallée;

(d) Coloriage et planimétrage sur 1/50 000e;

(e) Présentation d'ensemble au 1/200 000e (il s'agit d'une "présentation", et non d'une réduction exacte; il est donc exclu de vouloir effectuer des mesures sur ce plan au 1/200 000e).

Les résultats de ces six inventaires ont été synthétisés par Juton dans sa note de 1979 "Relation entre les superficies cultivées en décrue et certaines caractéristiques des crues", et sont présentés dans le tableau 2.8.

TABLEAU 2.8

RECAPITULATION DES RESULTATS DES INVENTAIRES DES SUPERFICIES CULTIVEES EN DECRUE, CORRIGES POUR 1979 (hectares)

	Rive droite			Rive gauche			Vallée		
	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total
1970/71	14 700	26 200	40 900	27 900	34 300	62 200	42 600	60 500	103 100
1972/73	1 500	1 500	3 000	4 900	5 800	10 700	6 400	7 300	13 700
1973/74	8 600	17 700	26 300	27 100	28 800	55 900	35 700	46 500	82 200
1976/77	4 000	6 500	10 500	7 300	11 600	18 900	11 300	18 100	29 400
1977/78	800	2 900	3 700	6 000	5 700	11 700	6 800	8 600	15 400
1978/79	8 700	9 600	18 300	19 800	19 800	38 600	28 500	28 400	56 900

Source : Juton, 1979

Observations:
1. Le oualo du Gorgol est exclu de tous les chiffres
2. La limite entre zone amont et zone aval est fixée
   . à Mbagne en rive droite
   . à la défluence du Doué en rive gauche
3. Le périmètre de Dagana est exclu de tous les chiffres
4. Compte tenu de la réduction de surface par la digue de Nianga

2.4 SOCIOLOGIE

En matière de sociologie et de socio-économie, les investigations réalisées ont porté essentiellement sur les données quantitatives de base et les réflexions générales ou particulières fournies par les différentes études qui ont été réalisées dans la vallée du Sénégal depuis de nombreuses années.

Le consultant s'est attaché à cerner les éléments fondamentaux d'ordre qualitatif et quantitatif permettant de mettre en évidence l'importance relative de la culture de décrue pour servir de base aux propositions qui seront faites en ce qui concerne l'importance, l'optimisation, la durée annuelle et la pérennité de la crue artificielle.

Parmi les nombreux documents et études consultés sur ce sujet, on mentionnera en particulier :

- étude socio-économique du bassin du Fleuve Sénégal - OMVS réédition 1984;
- études réalisées par l'ORSTOM (M. Lericollais);
- étude socio-économique SAED-GERSAR, 1982;
- schémas directeurs rive gauche et rive droite.

Parmi les nombreuses données rencontrées, pas toujours homogènes, il nous a paru intéressant de citer à ce niveau les données démographiques (tableaux 2.9 et 2.10). Des discussions basées sur ces données se trouvent à la section 3.6 et au chapitre 7.

TABLEAU 2.9

POPULATION RURALE TOTALE DE LA VALLEE DU FLEUVE (1985) (SANS ST. LOUIS)

	Sénégal	Mauritanie	Total
Delta	144 870	150 490	295 360
Basse vallée	179 840	109 900	289 740
Moyenne vallée	216 050	126 760	342 810
Haute vallée	41 210	37 470	78 680
Total	581 970	424 620	1 006 590
Projection			
année 2000	842 870	614 980	1 457 850
2015	1 220 720	890 670	2 111 390

Sources: Recensements de 1976 + étude ORSTOM Lericollais
Actualisation annuelle: 2,5 %

TABLEAU 2.10

POPULATION PRATIQUANT LA CULTURE DE DECRUE (1985)

	Sénégal	Mauritanie	Total
Delta	11 530	2 650	14 180
Basse vallée	87 720	106 060	193 780
Moyenne vallée	57 950	59 920	117 870
Haute vallée	35 770	8 370	44 140
Total	192 970	177 000	369 970

Sources: extrapolation des chiffres "Lericollais-Diallo" de 1980

CHAPITRE 3

CULTURE DE DECRUE SOUS CRUE NATURELLE

3.1 SITUATION ACTUELLE

3.1.1 Généralités

On évalue à 40 000 - 50 000 le nombre de familles paysannes (370 000 personnes) qui pratiquent la culture de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal. La superficie cultivée varie fortement d'une année à l'autre en fonction du type de crue, mais également d'autres facteurs tels l'importance des besoins en produits alimentaires et la concurrence que constitue le succès remporté par la culture pluviale dans le diéri (terres sèches des plateaux).

Dans des conditions favorables, les cultures de décrue pratiquées dans ce que l'on appelle le oualo (terres humides basses) et le falo (le long des berges) couvrent environ 100 000 à 120 000 ha. Suite à l'hydraulicité extrêmement défavorable de la dernière décennie, ces superficies sont restées en moyenne largement inférieures à 50 000 ha. Le sorgho constitue la culture la plus importante, la période de culture débutant à la mi-octobre pour se terminer en avril/mai.

Dans la basse vallée, la superficie du oualo est relativement grande, tandis que les cultures de diéri sont peu importantes en raison notamment d'une pluviométrie réduite. Dans la moyenne vallée, il existe de nombreux marigots qui répandent l'eau sur une grande superficie et amplifient ainsi l'effet de crue du fleuve. Dans cette région, cultures de oualo et cultures pluviales existent en proportion plus ou moins égale. Dans la haute vallée enfin, en particulier vers Bakel, les cultures de décrue sont extrêmement réduites et les cultures pluviales dominent nettement.

3/6

Il est à noter que la culture de décrue ne s'est pas développée de la même manière au Sénégal qu'en Mauritanie au cours de ces dernières années. Au départ, les deux pays ont voulu appliquer une culture de décrue améliorée et une importante recherche a été effectuée à cet effet, mais dans la pratique la retenue des eaux de crue s'est heurtée à de nombreux problèmes. Le Sénégal a par conséquent délaissé cette forme de développement, tandis que la Mauritanie a continué dans cette voie. C'est ainsi que dans la vallée du Gorgol l'on trouve actuellement de grands périmètres qui atteignent de plus hauts rendements grâce à une forme de culture de décrue améliorée. Le Sénégal à son tour a récemment réentrepris un petit projet près de Nianga destiné à retenir les eaux de crue dans une cuvette.

3.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

3.2.1 Climat

En fonction du moment où les crues se retirent, les semailles sont pratiquées entre la mi-octobre et la mi-décembre. Des semis précoces offrent un grand avantage : les cultures peuvent s'implanter avant que les températures noctures ne chutent de manière drastique et elles arrivent à maturité avant que les températures diurnes ne dépassent 35 degrés. Les rendements sont donc meilleurs lors de cultures précoces que de cultures tardives.

Dans le cas des cultures de décrue, la pluviométrie est pratiquement sans influence. Pour satisfaire leur besoin en eau, les cultures dépendent de l'humidité qui s'est qccumulée dans le sol. Les précipitations pendant la période d'octobre à mai sont en effet insignifiantes.

3/

3.2.2 Pédologie

Sols cultivables

Les sols sur lesquels se pratiquent les cultures de décrue sont du type Hollaldé et Faux Hollaldé et sont en général des argiles lourdes capables de stocker une réserve d'eau suffisante d'environ 200 à 400 mm. Ces sols se trouvent dans les cuvettes de décantation et leur faible perméabilité s'explique en grande partie par la faible proportion Ca/Mg. Dans l'ensemble, ils sont de qualité médiocre et leur réputation de fertilité résulte uniquement du contraste qu'ils offrent par rapport aux sols semi-désertiques qui les entourent. Le fait qu'ils ne soient pas cultivés année par année, en raison des caractéristiques propres à chaque crue, leur permet d'assurer une productivité plus ou moins constante.

Distribution des sols

Le caractère des crues naturelles a joué un rôle déterminant dans le développement du paysage dans la vallée du fleuve Sénégal. Le relief actuel et les différents types de sols en sont le résultat (leur répartition est donnée au tableau 3.1). Les sols lourds de type Hollaldé se situent dans la partie la plus basse des cuvettes tandis que, plus haut, l'on trouve les Faux Hollaldé. Les Fondé, quant à eux, se rencontrent sous forme de talus le long du fleuve.

TABLEAU 3.1 - REPARTITION DES SOLS

Type de sol	Inventaire en amont de Rosso 1)	Inventaire en amont de Dagana 1)	Superficie nette irrigable en amont de Dagana 2)
Fondé	162 754	158 690	119 380
Faux Hollaldé	148 348	137 114	104 144
Hollaldé	158 445	149 752	113 446
Total	469 544	445 556	336 970
Surfaces inondées 1970/71	312 600	301 287	-

1) Chaumeny, 1973 2) FAO, 1977

38

Certaines surfaces n'appartiennent pas aux sols de type Fondé, mais sont ajoutées à leur nombre. Il s'agit de profils des sols originels qui n'ont pas été érodés par les méandres du fleuve.

La superficie qui sera apte à être cultivée dans la vallée, en amont de Dagana, correspond approximativement à la superficie nette irrigable des sols lourds (Faux Hollaldé et Hollaldé), laquelle se monte, selon le tableau 3.1, à quelque 220 000 ha. La surface brute totale qui pourrait porter des cultures est, selon l'inventaire de Chaumeny, de 290 000 ha. Il est intéressant de noter qu'en 1970, l'une des années pour lesquelles nous disposons d'un inventaire, ce sont 300 000 ha de terres qui ont été inondés.

3.3 LES CULTURES

3.3.1 Variétés cultivées

Les cultures de décrue se concentrent dans le oualo, c'est-à-dire les grandes dépressions recouvertes par des sols de type Hollaldé et Faux Hollaldé, riches en argile. On y cultive surtout des variétés locales de sorgho, parfois associées avec du niébé (vigna unguiculata) et du bérêf (citrulles vulgaris). Les cultures de décrue se pratiquent aussi sur les berges du lit mineur (falo) qui ne représentent qu'une petite partie de l'ensemble des sols de décrue. Sur les sols légers du falo, on trouve du maïs, des patates douces et des légumes.

La culture de décrue la plus importante est sans aucun doute le sorgho, qui couvre plus de 90% des surfaces cultivées.

3.3.2 Saison de la culture de décrue

La figure 3.1 présente la période de culture et le calendrier pour les cycles de culture oualo. Etant donné que les cultures de décrue ne constituent qu'un aspect de l'exploitation paysanne (voir paragraphe 3.5), cette figure reprend également les calendriers culturaux pour les cultures pluviales (diéri). Elle démontre en effet qu'il pourrait exister un conflit des besoins en main-d'oeuvre entre la culture de diéri et la culture oualo.

CALENDRIER - TYPE POUR LES CYCLES DE CULTURE ; OUALO ET DIERI

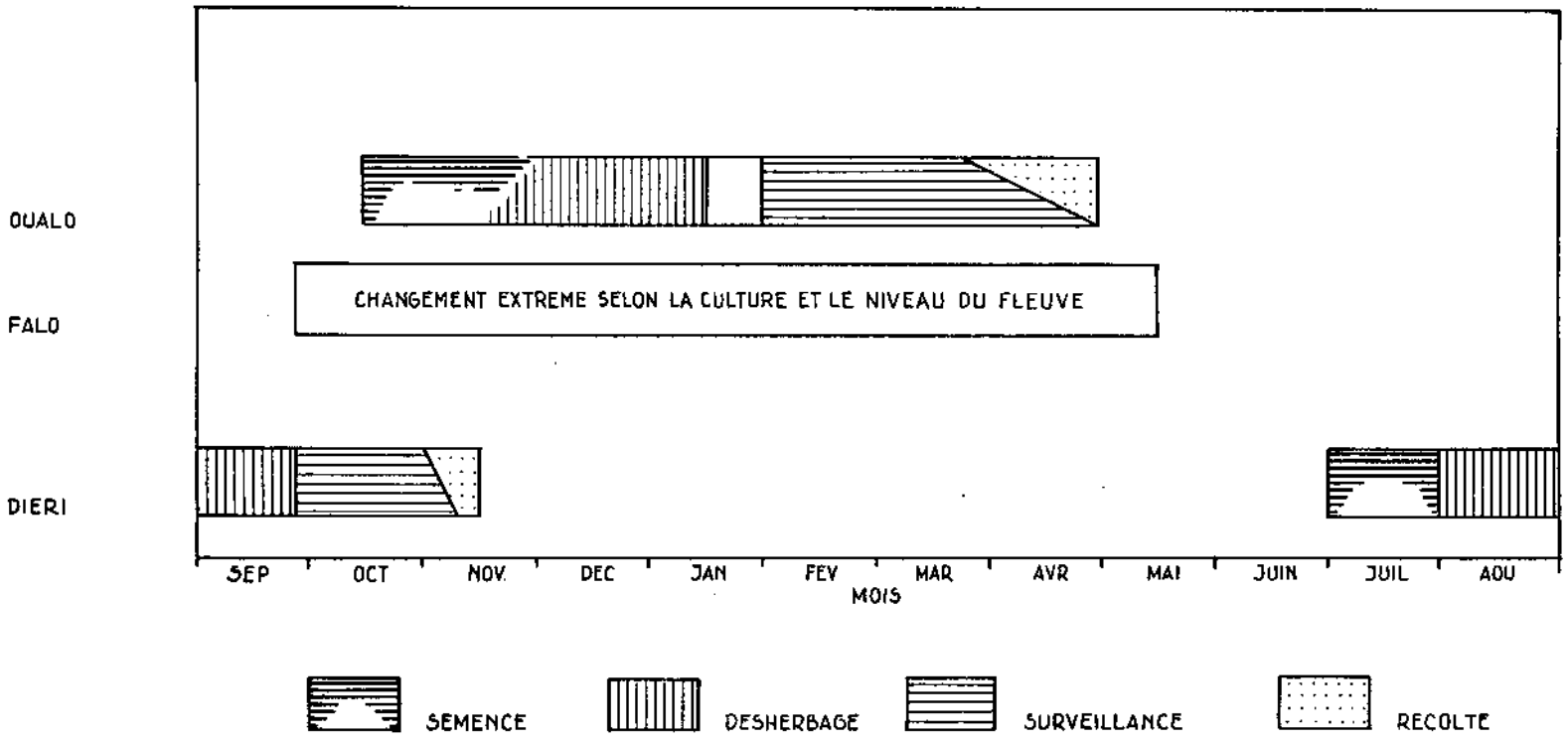


FIGURE 3.1

40

Le début de la culture de décrue se situe en octobre, au moment des semis, pour se terminer en avril avec la récolte.

3.3.3 Pratiques culturales

En général, les pratiques culturales sont rudimentaires; la traction animale est ignorée et toutes les opérations de culture se font par conséquent à la main.

La culture de décrue a été décrite plus ou moins en détail dans de nombreux rapports. Nous en rappellerons brièvement les principales caractéristiques.

Lorsque le retrait des eaux est amorcé et que les terres dénoyées ont séché en surface, l'on effectue le semis. Pour ce faire, l'agriculteur élimine les croûtes superficielles à l'emplacement du poquet à ensemencer, après quoi il creuse un trou conique d'environ 5 cm pour y déposer quelques graines de sorgho, niébé ou bérêf. Les graines sont ensuite recouvertes de terre non tassée. L'espacement varie d'environ 90 à 120 cm. Après le semis et avant la récolte, le principal travail sera le gardiennage, l'arrachage des herbes et le travail du sol pour arrêter la montée capillaire de l'eau à l'intérieur du sol.

3.3.4 Besoins en main-d'oeuvre

Le temps nécessaire pour la culture de oualo est d'environ 85 hommes-jours de travail par hectare. Voir à ce sujet le tableau 3.2.

La localisation très particulière des champs de oualo entraîne des déplacements de population considérables au moment de la saison de culture. Pour disposer d'un champ bien situé, l'agriculteur et sa famille effectuent d'importants déplacements qui prennent parfois l'aspect d'une migration temporaire.

Le travail effectué par les enfants en dessous de 15 ans représente 33% du temps de travail sur le oualo (voir tableau 3.3). Sur le diéri, par contre, il ne représente que 16%. En moyenne, une famille

comprenant trois adultes et trois enfants peut cultiver entre deux et trois hectares de oualo (Rapport sur l'environnement, Section développement agricole, 1978). On estime que la main-d'oeuvre disponible pour la culture de décrue permet de cultiver de 100 000 à 120 000 ha pour la vallée, y compris le Gorgol.

TABLEAU 3.2

BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE POUR LA CULTURE DE DECRUE

(hommes-jours par hectare)

Opération	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Total
Semis	5,0	6,0						11,0
Défrichement/ sarclage	4,0	8,5	6,5	1,5				20,5
Gardiennage	-	-	4,5	16,0	18,0	8,0	1,5	48,0
Récolte/ transport					2,0	3,0	1,0	6,0
Total	9,0	14,5	11,0	17,5	20,0	11,0	2,5	85,5

Source : GERSAR 1983, basé sur MISOES 1962.

TABLEAU 3.3

TYPES DE BESOINS EN MAIN-D'OEUVRE POUR LA CULTURE DE DECRUE (hommes-jours par hectare)

Opération	Hommes >15 ans	Femmes >15 ans	Garçons <15 ans	Filles <15 ans	Total
Semis	5,8	3,2	1,4	0,7	11,1
Défrichement/ sarclage	14,8	-	5,6	-	20,4
Gardiennage	15,9	13,0	10,3	8,6	47,8
Récolte	2,3	0,9	0,5	1,0	4,7
Transport	0,5	0,7	-	-	1,2
Clôture	0,3				0,3
Total	39,9	17,8	17,8	10,3	85,8

Source : GERSAR 1983, basé sur MISOES 1962.
Note : Les rendements moyens de sorgho ont été estimés lors de l'enquête MISOES à 430 kg/ha.

3.3.5 Rendements et intrants

Les rendements sont à la mesure de la rigueur des conditions naturelles, lesquelles influencent la quantité d'humidité retenue dans le sol ainsi que la période de végétation. Il s'ensuit que les rendements annuels devraient présenter de nettes variations. Les divers rapports ne font toutefois état que de rendements moyens, de l'ordre de 400 kg/ha de sorgho. Il faut vraisemblablement tenir compte de variations entre 0 et 800 kg/ha. Il arrive que le niébé serve de culture intercalaire, auquel cas la production totale peut être légèrement plus élevée.

Les intrants essentiels, pour ne pas dire uniques, sont les semences et la main-d'oeuvre. Les frais qu'ils représentent sont donc relativement peu élevés compte tenu de ce qu'il n'existe pas d'autre possibilité d'emploi dans la région et à condition que les semis soient limités à 10 kg de semences par ha. Dans ces conditions, les frais de production sont négligeables en prenant comme hypothèse que le coût de main-d'oeuvre est nul.

3.3.6 Production et contraintes à la production

La production annuelle totale estimée pour la culture de décrue au cours des années 70 variait entre 6 000 et 40 000 t de sorgho et dépendait directement de la superficie sur laquelle l'on avait récolté. En 1972/73, cette superficie ne dépassait pas les 15 000 ha, tandis qu'elle atteignait 103 000 ha l'année précédente. L'hydraulicité plus favorable des années 60 a vraisemblablement permis une production plus élevée, mais il n'existe pas de données fiables à ce sujet.

Les contraintes de production sont de deux types : celles qui influencent la superficie de culture et celles qui influencent les rendements. Les contraintes qui influencent les superficies disponibles sont directement liées à la nature de la crue. Celle-ci détermine non seulement les parties de la superficie totale qui seront inondées, mais également la vitesse de l'infiltration (importante pour le stockage de l'eau). Elle fixe en outre la vitesse et le moment de la décrue, lesquels déterminent en fin de compte quelles seront les parties des surfaces inondées aptes à être cultivées.

Les contraintes aux rendements peuvent consister, soit en de basses températures au début de la période de végétation, soit en des températures trop élevées entre la floraison et la fructification. Il en est ainsi lorsque les crues sont tardives et les cultures, par conséquent, plantées trop tard. Par contre, un retrait trop rapide de la crue peut faire en sorte que les terres inondées commencent à sécher avant que le paysan n'ait eu l'occasion d'ensemencer ses champs.

Lorsque la nature des crues empêche l'infiltration instantanée et que l'humidité stockée par les sols se trouve par conséquent reduite, les rendements subissent également une baisse. (Voir 3.4.3).

Certaines réductions de rendement ne sont pas directement liées au type de crue, mais résultent de la concurrence entre les travaux pour la culture de décrue et ceux pour la culture de diéri. Il arrive que la récolte des cultures de diéri coïncide avec les semis des cultures de décrue et que ces dernières activités soient donc retardées. Parmi les autres éléments qui influencent négativement les rendements, citons l'arrivée précoce de l'harmattan, un vent sec du désert, ainsi que les ravages occasionnés principalement par les oiseaux.

3.4 CARACTERE DE LA CRUE NATURELLE

Les caractéristiques de la crue qui influencent l'étendue et le succès des cultures de décrue sont : l'ampleur, le moment de la décrue, la vitesse à laquelle elle monte et redescend, et la durée. Chacun de ces facteurs est traité ci-dessous.

3.4.1 Ampleur de la crue

L'ampleur de la crue, et en particulier la pointe, détermine l'étendue de la surface inondée et par conséquent les limites des terres aptes à être cultivées. Au cours de ces dernières années, les superficies inondées ont été extrêmement réduites, ce qui s'est traduit par l'impossibilité presque totale d'entreprendre des cultures de décrue. Par contre, pendant les années de bonne hydraulicité, il est vraisemblable que les zones cultivables dépasseront largement ce que

la population locale est physiquement capable de cultiver, comme ce fut le cas par exemple en 1970/71 lorsque 300 000 ha de terres ont été submergés par les eaux.

On a tenté, par le passé, d'établir une relation entre les superficies cultivées et les superficies inondées, mais sans réel succès. Cela est sans aucun doute dû, pour une part, à l'influence des autres caractéristiques de la crue qui sont décrites plus loin. Il existe aussi, malheureusement, un manque général d'information, en particulier en ce qui concerne les zones inondées pour lesquelles très peu de renseignements sont disponibles. Ce point est traité plus en détail au Chapitre 4.

L'ampleur variable des crues au cours des années est également responsable de ce que les zones cultivées d'une année à l'autre ne coïncident pas forcément. Une comparaison entre les surfaces cultivées en 1970/71, 1972/73 et 1973/74 montre que l'emplacement de ces terres a changé d'une année sur l'autre en fonction de l'ampleur variable de la crue d'une manière importante.

3.4.2 Moment de la décrue

La date a laquelle la crue commence à décroître occupe une place déterminante dans le succès des cultures de décrue.

Lorsque la crue se retire trop tôt, les cultivateurs n'ont pas encore terminé les travaux consacrés à la culture pluviale sur les sols diéri, de sorte que les sols sont déjà trop secs au moment où ces cultivateurs retournent dans la vallée.

Lorsque la crue se retire trop tard, les cultivateurs hésitent généralement à semer, ceci en raison du fait que les cultures tardives ont bien plus à souffrir des effets de l'harmattan et qu'elles se développent moins bien suite aux baisses de températures qui se produisent pendant la germination.

Les dates précises varient selon la région de la vallée en raison du temps de propagation, et c'est environ deux semaines

d'écart qu'il faut compter entre la haute vallée et la basse vallée. la date optimum pour l'amorce de la décrue à Bakel se situe vers le milieu du mois de septembre. Les semailles ont généralement lieu deux à trois semaines après l'exondation des terres.

3.4.3 Vitesse de montée et de descente des eaux

La vitesse à laquelle les eaux montent est importante du fait qu'elle influence la quantité d'eau absorbée par le sol. Le stockage de l'eau est d'environ 200 à 400 mm. Cette quantité d'eau suffisante est retenue par absorption et gonflement de l'argile, lequel entraîne un blocage des phénomènes d'infiltration et de lessivage à travers les couches plus profondes. Aussi, la quantité d'humidité retenue après submersion dépend-elle dans une large mesure de l'infiltration instantanée de l'eau dans les grandes crevasses qui se forment après une saison sèche prolongée et qui atteignent jusqu'à 60-70 cm de profondeur.

En cas de montée rapide de la crue, les sols Hollaldé et Faux Hollaldé sont rapidement recouverts. Les eaux remplissent très vite et au maximum les crevasses dans le sol, avant que celui-ci n'ait eu le temps de gonfler et de bloquer ainsi l'infiltration, en raison de la haute teneur en magnésium. Ceci se passe surtout dans la zone en amont de Kaedi.

Lorsque la crue ne monte que lentement, les crevasses se ferment bien avant que les eaux n'aient eu le temps de pénétrer en profondeur. Les sols retiennent donc moins d'humidité. L'infiltration des sols est faible, surtout après que les crevasses se sont refermées. Ce phénomène se produit également pendant les pluies, qui peuvent quelquefois fermer les crevasses avant l'arrivée de la crue.

S'il est vrai qu'une montée rapide de la crue est souhaitable, c'est l'inverse qui compte pour la descente des eaux. En effet, lorsque la crue baisse trop rapidement, les cultivateurs ne sont pas à même de suivre ce retrait et les sols risquent de se dessécher trop fortement par évaporation. Les conséquences en sont soit l'absence de semailles, soit une réduction des récoltes. Il ne faut pas pour

autant que le retrait s'effectue trop lentement, parce que ceci pourrait obliger les paysans à semer dans des conditions climatiques moins favorables, ce qui entraînerait également une réduction des récoltes.

3.4.4 Durée de la crue

La durée d'inondation influence la capacité d'absorption des sols. Maynard a établi, en 1956/57, que dans le cas des sols Hollaldé, deux semaines (soit la période de submersion la plus courte) permettent de stocker une quantité d'eau suffisante et n'entraînent pas d'effet négatif sensible sur les rendements de sorgho. Cette conclusion est confirmée par l'habitude qu'ont les paysans de ne pas cultiver les terres qui n'ont pas été inondées pendant au moins quinze jours. Au-delà de cette période de deux semaines, les sols, de par leur nature, n'absorbent plus qu'un faible pourcentage d'eau supplémentaire.

Tandis que certains sols ne semblent pas être cultivés parce qu'ils n'ont pas été noyés pendant assez longtemps, il est vraisemblable que d'autres ne sont pas cultivés parce qu'au contraire ils sont restés trop longtemps sous les eaux. Cette dernière catégorie comprend les sols qui se sont exondés en dernier, de sorte que la température a pu déjà tomber avant qu'il n'aient eu le temps de sécher complètement. Non seulement le cultivateur a tendance à "suivre" la descente des eaux et donc à semer en premier les sols qui se sont exondés en premier, mais il s'expose également à un risque d'échec plus grand en ensemençant les terres qui se sont asséchées en dernier.

3.5 INTEGRATION DE LA CULTURE DE DECRUE, CULTURE PLUVIALE ET CULTURE IRRIGUEE

Dans la plupart des cas, la culture de décrue ne constitue qu'un élément du système d'exploitation qui comporte en outre des cultures diéri (pluviales) et des cultures irriguées.

Les proportions entre ces trois types d'agriculture varient grandement en fonction de la pluviométrie. Les précipitations augmentent

de la basse vallée vers la haute vallée et dans cette dernière région la culture de décrue est pratiquement inexistante.

L'importance de ces types de culture est très variable et est souvent liée aux précipitations. C'est ainsi que les cultures pluviales diéri sont plus importantes dans la haute vallée où la pluviométrie est beaucoup plus importante que dans la basse vallée. L'irrigation a surtout commencé à connaître du succès depuis le moment où, au début des années 70, la pluviométrie a baissé dans son ensemble. Cette diminution de la pluviométrie a très nettement réduit la production, tant des cultures de décrue que des cultures diéri.

La superficie moyenne des exploitations dans la vallée peut être estimée à environ 3-5 ha, dont 2 ou 3 ha en oualo et le reste en diéri. Lorsque, comme ce fut le cas dans les années 60, la culture de décrue s'étendait sur 120 000 ha, l'on peut calculer que le nombre de familles qui pratiquaient cette culture s'élevait à environ 50 000. Environ le tiers de ces familles semble s'être lancé entre-temps dans l'agriculture irriguée grâce aux projets d'irrigation villageoise (PIV).

Il est possible d'établir les estimations suivantes. Dans l'ensemble, la vallée compte près de 14 000 ha de cultures irriguées (10 000 ha au Sénégal et 4 000 en Mauritanie), principalement dans le cadre de PIV. Chaque cultivateur dispose d'environ 0,25 ha, ce qui implique qu'approximativement 40 000 familles pratiquent actuellement la culture irriguée. Si cette supposition s'avère exacte, cela signifie qu'une partie des familles seront en mesure d'assurer leur auto-suffisance alimentaire, du moins pendant les années de précipitations moyennes.

Etant donné que les conditions dans lesquelles se pratiquent ces différents systèmes d'exploitation varient considérablement en fonction des sous-régions géographiques de la vallée, il peut exister des interférences entre culture pluviale et culture irriguée (haute vallée) d'une part, ou entre culture de décrue et culture irriguée (moyenne et basse vallée) d'autre part.

Dans les zones où l'on a introduit la riziculture irriguée, celle-ci est limitée à 0,25 ha par famille d'exploitant. Ceci exige environ 50 hommes-jours de travail, soit à peine 15% de la totalité de la main-d'oeuvre pour un système d'exploitation intégré comportant plus d'un système de culture. Il est donc fort improbable que cette introduction à petite échelle de la riziculture inondée engendre de graves contraintes sur le plan de la main-d'oeuvre.

3.6 ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES

3.6.1 Importance sociale de la culture de décrue

Mode de culture particulier à la zone soudano-sahélienne, la production de cultures de décrue sous-tend la quasi totalité des rapports sociaux dans l'aire géographique concernée.

Cette zone représente en effet, pour le nord du Sénégal et la Mauritanie, la chance d'obtenir régulièrement et naturellement une production de cultures vivrières suffisante permettant de couvrir un minimum d'autosubsistance, et ce, de façon moins aléatoire qu'en système pluvial. La pluviométrie sur le haut bassin rend effectivement très probable l'arrivée de la crue.

Il apparaît donc normal que les terres de la vallée du fleuve aient attiré une population importante, devenue pour une grande part sédentaire. Compte tenu de son caractère vital, ce système de culture a donné lieu à l'instauration de droits fonciers, fondés essentiellement sur le défrichement (droit de la hache). Cette appropriation a modelé la société villageoise occupant les terres de oualo, les "maîtres de la terre" constituant les familles dominantes.

Si ce système de culture paraît simple, voire quelque peu primitif, il est en fait le résultat d'une évolution, notamment variétale, qui a permis de servir au mieux les besoins quantitatifs et qualitatifs de la production.

On peut même considérer que, sous réserve d'une animation progressive et surtout d'une sécurité d'approvisionnement en intrants, une marge de progrès importante pourrait être réalisée.

Indépendamment de l'aspect "vivrier" que représente la crue naturelle du fleuve, cette dernière a façonné un écosystème caractéristique représentant un certain équilibre population-faune-flore. Les populations disposent en effet de possibilités de cultures, de bois à brûler grâce aux forêts de gonakiés qui se sont développées et de ressources protéiques notamment par la pêche.

La sécheresse de ces dernières décennies perturbe considérablement cet équilibre et la régression chronique, voir l'absence, de crues suffisantes met en péril l'avenir de cette région et singulièrement celui des populations concernées. Dans le même temps, on constate une régression considérable, et parfois une absence totale, des cultures pluviales, toujours très aléatoires. C'est dans ce contexte précis que les aménagements hydro-agricoles prennent tout leur intérêt.

3.6.2 Population et main-d'oeuvre

La population totale concernée par la culture de décrue était en 1980 (ORSTOM-Lericollais et Diallo) de l'ordre de 370 000 habitants pour les deux rives, sénégalaise et mauritanienne, soit environ 45% de la population du fleuve (hors agglomération de St. Louis). Pour chaque sous-région on constate la répartition suivante :

- Delta : 6% de la population pratiquent la culture de décrue
- Basse vallée : 83%
- Ensemble moyenne et haute vallée : 44%

Cette observation est à mettre en parallèle avec la réalité socio-géographique :

- Delta : salinité des sols et concurrence avec les surfaces aménagées;
- Basse vallée : relativement peu d'aménagements, peu de possibilités de cultures pluviales et présence de nombreux marigots permettant une certaine amplification des effets de la crue (Ile à Morphil);
- Moyenne et haute vallée : efforts des populations dirigés en premier lieu vers les cultures pluviales.

Ce résultat est confirmé par les résultats de l'enquête socio-économique (SAED-GERSAR, 1982) portant sur les cuvettes retenues pour les aménagements, et qui montre que, de Podor à Bakel, 83% des foyers cultivent les terres de oualo (95% à Podor).

Ceci renforce le poids social que représente la culture de décrue. Il faut noter en outre que la culture de décrue sollicite la participation de tous les membres de la famille, les "actifs" masculins n'étant globalement sollicités que pour 47% du temps de culture (60% pour la culture pluviale et plus encore pour la culture irriguée) (MISOES).

3.6.3 Résultats "économiques" de la culture de oualo

Les données statistiques concernant les résultats des productions de décrue sont peu nombreuses et très aléatoires pour les raisons suivantes :

- souvent grande différence entre surfaces ensemencées et surfaces où ont réellement lieu des récoltes;
- fort taux de sinistres dûs aux prédateurs;
- peu ou pas de commercialisation, l'objectif essentiel étant l'autosuffisance alimentaire;
- aucune notion précise, de la part des paysans, des surfaces qu'ils cultivent.

Aussi, étant donné la finalité même de ce type de culture, il semble préférable d'appréhender ces résultats en sens inverse, en se référant à la durée d'autosuffisance annuelle de la famille procurée par la culture de décrue. C'est cette démarche qui a été utilisée lors de l'enquête socio-économique réalisée en 1982 par la SAED et le GERSAR.

Ajoutons que dans cette analyse, on doit raisonner en terme de production et d'autoconsommation de la famille en intégrant l'ensemble des systèmes de production existants, à savoir :

- cultures de décrue (oualo)
- cultures de falo
- cultures pluviales (diéri)
- cultures irriguées

Pour illustrer cette démarche, nous prendrons deux exemples, découlant de l'enquête socio-économique, de familles pratiquant uniquement les cultures traditionnelles.

1er exemple :

Foyer de 10 personnes dans la région de Podor.

- besoins alimentaires :
  150 kg de céréales x 10 = 1 500 kg

- durée de l'autoconsommation par type de cultures et calcul de la surface correspondante :
  - oualo (culture de sorgho) = 5,1 mois
  - diéri (culture de maïs) = 0,5 mois
  - falo (cultures légumières) = 1,0 mois
  - fondé (céréales) = 0,9 mois

  Autosubsistance assurée pour 7,5 mois

- sur la base de 400 kg/ha de céréales, cette exploitation serait constituée (en surface récoltée) :
  - oualo = 1,60 ha
  - diéri = 0,16 ha
  - falo = 0,31 ha
  - fondé = 0,28 ha

  Surface totale 2,35 ha

Dans ces conditions, il est bien clair que le foyer ne dispose pas de ressources suffisantes pour survivre, la différence étant assurée par les revenus des émigrés (2 personnes pour cet exemple).

2ème exemple

Foyer de 10 personnes dans la région de Bakel.

- besoins alimentaires :
  1 500 kg/an

- durée de l'autoconsommation par type de culture :

. oualo :	5,8 mois	équivalent à	1,81 ha
. diéri :	3,7 mois	"	1,15 ha
. falo :	1,4 mois	"	0,44 ha
. fondé :	0,8 mois	"	0,25 ha
Soit	11,7 mois		3,65 ha

Dans ce deuxième exemple, l'autosubsistance annuelle est quasiment atteinte et est renforcée par les deux membres de la famille qui ont émigré.

De ces deux exemples, on peut retenir les idées-forces suivantes :

- l'autosubsistance des foyers à partir des cultures traditionnelles est loin d'être atteinte partout, lorsque les conditions climatiques sont normales;
- l'atteinte de cet objectif passe par la combinaison de plusieurs types de cultures parmi lesquelles la culture de décrue occupe une place importante (68% à Podor, 50% à Bakel);
- la quantité de terres de oualo disponible constitue un facteur limitant. Aussi, à Podor, alors que la main-d'oeuvre existe, la surface en oualo est restreinte (par exploitation) et l'éloignement de la zone de diéri ne rend pas possible une telle culture de façon importante;
- ces résultats montrent très bien la complète dépendance des paysans vis-à-vis des aléas climatiques, de l'arrivée ou non des pluies et de la présence - faible, moyenne ou normale - de la crue.

3.6.4 Conclusion

L'importance des cultures de oualo est bien déterminante au vu de ces résultats. Cette importance est renforcée par l'expression de la préférence des paysans pour les terres de oualo. L'enquête socio-économique a montré que si 83% des foyers de la vallée cultivaient des terres de oualo (95% dans la région de Podor), 90% manifestaient leur préférence pour ce type de spéculation.

Cette préférence recouvre deux objectifs, pris isolément ou simultanément :

- le souhait de poursuivre ou d'intensifier la culture de décrue;
- le souhait de bénéficier à terme de la possibilité de culture irriguée sur des périmètres aménagés dans les cuvettes.

On constate en effet, dans les limites des cuvettes représentatives choisies pour l'enquête socio-économique, que 37% des foyers participent aux cultures irriguées.

CHAPITRE 4

ANALYSE DES CRUES HISTORIQUES

4.1 INTRODUCTION

4.1.1 Objectifs

Le but recherché par la création d'une crue artificielle est la reproduction des conditions qui sont nécessaires à la poursuite des cultures de décrue et qui existaient à l'état naturel dans le passé. Ces conditions ont été décrites dans le chapitre précédent, et une révision des crues historiques est présentée ci-dessous. Cette révision a été entreprise dans le but d'évaluer, premièrement, jusqu'à quel point les crues naturelles ont précisément fourni ces bonnes conditions et, deuxièmement, jusqu'à quel point elles peuvent être contrôlées.

Les caractéristiques de la crue qui affectent les cultures de décrue sont son ampleur, sa durée, le taux auquel la montée et la descente des eaux se font, et le moment de la décrue. Tous ces facteurs seront analysés en se référant aux crues historiques; cependant, étant donné que la zone inondée, qui dépend d'une combinaison de ces facteurs, a une portée particulière, elle fera l'objet d'une révision séparée.

Les données disponibles pour chacune des 81 années d'enregistrements relativement aux hauteurs et aux débits relevés aux différentes stations de jaugeage de la vallée constituent une réserve d'informations dans laquelle de nombreuses réponses aux questions posées par la présente étude seront puisées. Les relevés relatifs à la propagation de ces 81 crues peuvent être exploités en tant que résultats obtenus lors des études sur prototype. Il se peut, à vrai dire, que certaines crues possèdent des caractéristiques virtuellement identiques à celles requises de la crue artificielle.

4.1.2 Etude d'accompagnement

L'importance des hauteurs et des mesures de débit a été soulignée ci-dessus, et il a été mentionné au chapitre 2 que les débits enregistrés à Bakel avaient été révisés dans le cadre d'une étude d'accompagnement. Au cours de cette dernière étude, il a également été demandé que soit donné un rapport complet des hauteurs journalières et décadaires moyennes observées aux stations de jaugeage en aval de Bakel. Bien que les mesures des débits ne soient pas disponibles en raison du problème des courbes de tarage non univoques, ce sont les hauteurs qui doivent être utilisées pour déduire l'étendue des inondations et qui sont, par conséquent, les données les plus utiles. A l'heure de la rédaction de ce rapport; ces informations ne sont malheureusement pas disponibles dans leur totalité, la disquette sur laquelle elles étaient stockées ayant été abîmée au cours du transport. Les données concernant Bakel, Makam, Saldé, Podor et Dagana sont, elles, disponibles.

4.2 AMPLEUR DE LA CRUE

4.2.1 Introduction

On admet que l'ampleur de la crue sera représentée par le volume de cette crue. Quoique le volume soit fonction de la pointe et de la durée de la crue, la retenue de Manantali devrait pouvoir permettre de restructurer l'hydrogramme, ce qui veut dire que le volume de la crue prend un caractère plus important.

Le volume de la crue est intéressant sous deux aspects, premièrement en ce qui concerne le volume d'eau total ayant transité dans la vallée et causant la crue proprement dite, et deuxièmement pour ce qui est de la proportion du volume total qui peut être maîtrisé par Manantali. Ces deux aspects sont examinés ci-après.

4.2.2 Volume total de la crue

On peut considérer que la crue se produit au cours des mois de juillet à novembre inclus . Le débit moyen annuel du fleuve à Bakel pendant la période d'enregistrement dont nous disposons, de 1904 à 1984, est de 732 m^3/s, le minimum ayant été de 219 m^3/s en 1984; les débits moyens en juin et décembre ne sont respectivement que de 90 et 235 m^3/s . Le débit historique à Bakel pour la période de cinq mois de juillet à novembre est donné au Tableau 4.1, de même que le débit total pour cette même période. Les totaux ainsi obtenus ont été classés par ordre de grandeur et représentés sous forme graphique à la Figure 4.1.

Le volume moyen des crues est de 21,5 milliards de m^3, mais avec un écart type de 6,5 milliards de m^3 on note une variation considérable entre le maximum, de 39,2 milliards de m^3, et le minimum, de 6,5 milliards de m^3. Ces dernières années ont été particulièrement sèches, et la moyenne s'est établie à 13,5 milliards de m^3 pour les quinze dernières années, et à 9,4 milliards de m^3 pour les cinq dernières années. Le pourcentage des crues excédant un volume donné est présenté à la Figure 4.2.

Il a été jusqu'à présent pris en compte, dans les documents, de toute une variété de crues artificielles. Dans les études réalisées par la SOGREAH en 1972, la crue préconisée était une crue voisine de celle de 1970 et correspondait à un volume de l'ordre de 13 milliards de m^3 sur une période de trois mois. Le Groupement Manantali préconisait, en 1978, une crue d'un volume d'environ 10 milliards de m^3 sur trois mois. Il a été établi qu'une crue d'au moins 13 milliards de m^3 sur cinq mois a eu effectivement lieu pendant 80% du temps au cours de la période 1903-85.

4.2.3 Volume à Manantali

La proportion du volume total de la crue à Bakel fournie par le Bafing en amont de Manantali est un facteur crucial pour déterminer jusqu'à quel point le barrage pourra modifier la crue naturelle. Les débits historiques à la station de Soukoutali, qui est à proximité immédiate du site de Manantali, ne couvrent que la période 1966-1984; cependant

TABLEAU 4.1

DEBITS MOYENS MENSUELS A BAKEL (m^3/s)

(JUILLET A NOVEMBRE - 1904-1984)

Annee	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	TOTAL (Mm3)
1904	719.00	2655.00	3166.00	1127.00	586.00	21781
1905	977.00	2735.00	2303.00	2342.00	1072.00	24963
1906	1174.00	5751.00	4218.00	1618.00	838.00	35987
1907	403.00	960.00	2177.00	1311.00	619.00	14409
1908	822.00	2275.00	3720.00	1390.00	500.00	22956
1909	992.00	3083.00	4201.00	1308.00	591.00	26839
1910	590.00	2233.00	2942.00	1231.00	472.00	19707
1911	590.00	1538.00	2401.00	939.00	432.00	15558
1912	657.00	1471.00	2352.00	1298.00	436.00	16403
1913	336.00	724.00	936.00	687.00	251.00	7756
1914	590.00	1323.00	1477.00	1036.00	360.00	12660
1915	653.00	1956.00	2418.00	1225.00	350.00	17444
1916	726.00	1826.00	3301.00	1603.00	400.00	20722
1917	294.00	2173.00	3458.00	1145.00	330.00	19493
1918	883.00	3633.00	5322.00	2556.00	647.00	34413
1919	417.00	1788.00	2221.00	1029.00	356.00	15342
1920	540.00	2690.00	4315.00	1287.00	604.00	24848
1921	399.00	1256.00	2086.00	740.00	270.00	12522
1922	411.00	3415.00	6569.00	2724.00	777.00	36584
1923	646.00	1903.00	3815.00	1437.00	751.00	22511
1924	1440.00	4147.00	5530.00	2403.00	804.00	37818
1925	408.00	2332.00	3293.00	2458.00	768.00	24448
1926	521.00	1648.00	1785.00	985.00	728.00	14961
1927	800.00	2967.00	4884.00	2686.00	885.00	32237
1928	356.00	3146.00	4693.00	1683.00	699.00	27864
1929	885.00	3074.00	4512.00	1327.00	434.00	26978
1930	665.00	2677.00	3445.00	1904.00	608.00	24556
1931	976.00	1771.00	2777.00	2080.00	552.00	21557
1932	823.00	2859.00	3138.00	1371.00	445.00	22821
1933	1149.00	3423.00	3564.00	1076.00	386.00	25366
1934	276.00	2501.00	3503.00	1311.00	440.00	21170
1935	946.00	4438.00	5062.00	2450.00	631.00	35739
1936	620.00	4714.00	5966.00	2210.00	709.00	37505
1937	408.00	1795.00	3084.00	1348.00	504.00	18811
1938	494.00	1901.00	4065.00	1850.00	794.00	23964
1939	368.00	1992.00	2071.00	1362.00	435.00	16465
1940	212.00	1342.00	1381.00	1288.00	525.00	12552
1941	348.00	1193.00	2119.00	739.00	247.00	12239
1942	392.00	1970.00	1673.00	542.00	266.00	12804
1943	370.00	1919.00	2925.00	1769.00	442.00	19596
1944	228.00	844.00	1489.00	667.00	339.00	9396
1945	409.00	3450.00	4886.00	1854.00	463.00	29166
1946	379.00	2600.00	2989.00	1801.00	580.00	22054
1947	349.00	1877.00	3418.00	1516.00	396.00	19903
1948	607.00	1863.00	2630.00	967.00	398.00	17054
1949	335.00	2111.00	1905.00	794.00	216.00	14176
1950	565.00	3092.00	5963.00	3041.00	778.00	35413
1951	395.00	1473.00	2332.00	3643.00	1437.00	24530
1952	539.00	1428.00	2519.00	3098.00	596.00	21640
1953	818.00	1607.00	2924.00	1250.00	464.00	18625
1954	1012.00	4166.00	4394.00	1624.00	689.00	31394
1955	648.00	3672.00	4149.00	2596.00	777.00	31292
1956	506.00	2305.00	5421.00	2101.00	636.00	28856
1957	623.00	2725.00	4339.00	2900.00	943.00	30426
1958	579.00	4098.00	3969.00	1887.00	796.00	29932
1959	597.00	2596.00	4087.00	1242.00	489.00	23740
1960	812.00	1830.00	2481.00	1309.00	504.00	18319
1961	821.00	3000.00	5249.00	1328.00	458.00	28584
1962	536.00	2326.00	3657.00	1626.00	598.00	23050
1963	508.00	1674.00	2741.00	1973.00	635.00	19879
1964	633.00	2066.00	5841.00	1934.00	581.00	29055
1965	522.00	3467.00	5453.00	1993.00	652.00	31846
1966	441.00	1739.00	3534.00	5029.00	1033.00	31146
1967	695.00	3069.00	6763.00	3426.00	919.00	39167
1968	515.00	1257.00	2238.00	1038.00	358.00	14255
1969	847.00	2100.00	3881.00	2549.00	1131.00	27712
1970	358.00	2775.00	3052.00	951.00	337.00	19723
1971	584.00	3266.00	3272.00	973.00	310.00	22202
1972	349.00	978.00	1315.00	590.00	259.00	9214
1973	394.00	2109.00	1711.00	588.00	216.00	13274
1974	745.00	3518.00	3394.00	1381.00	357.00	24865
1975	558.00	1553.00	3267.00	1201.00	380.00	18324
1976	490.00	1456.00	1147.00	1145.00	875.00	13520
1977	240.00	829.00	1640.00	759.00	214.00	9702
1978	369.00	1719.00	1791.00	1295.00	451.00	14872
1979	311.00	983.00	1277.00	569.00	281.00	9028
1980	317.00	1545.00	1941.00	484.00	194.00	11817
1981	454.00	1858.00	1710.00	658.00	224.00	12968
1982	235.00	1132.00	1376.00	559.00	222.00	9301
1983	380.00	682.00	817.00	434.00	139.00	6485
1984	470.00	758.00	571.00	540.00	137.00	6571
Moyen	573	2281	3215	1558	536	21541
Max	1440	5751	6763	5029	1437	39167
Min	212	682	571	434	137	6485
STD	243	1014	1435	828	249	8280

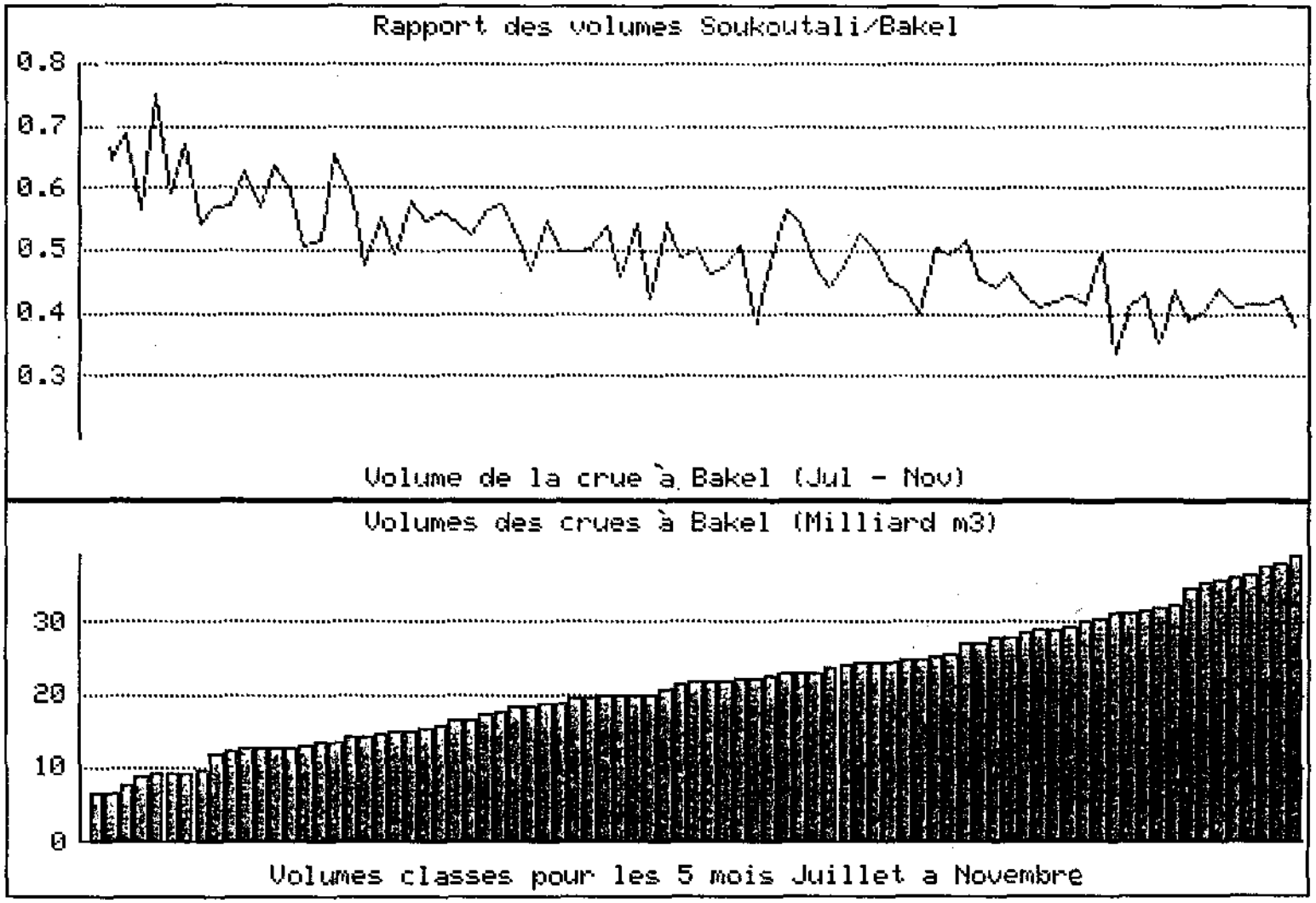

Rapport des volumes Soukoutali/Bakel
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
Volume de la crue à Bakel (Jul - Nov)
Volumes des crues à Bakel (Milliard m3)
30
20
10
0
Volumes classes pour les 5 mois Juillet a Novembre

FIGURE 4.1

POURCENTAGE DES CRUES EXCEDANT UN VOLUME DONNE

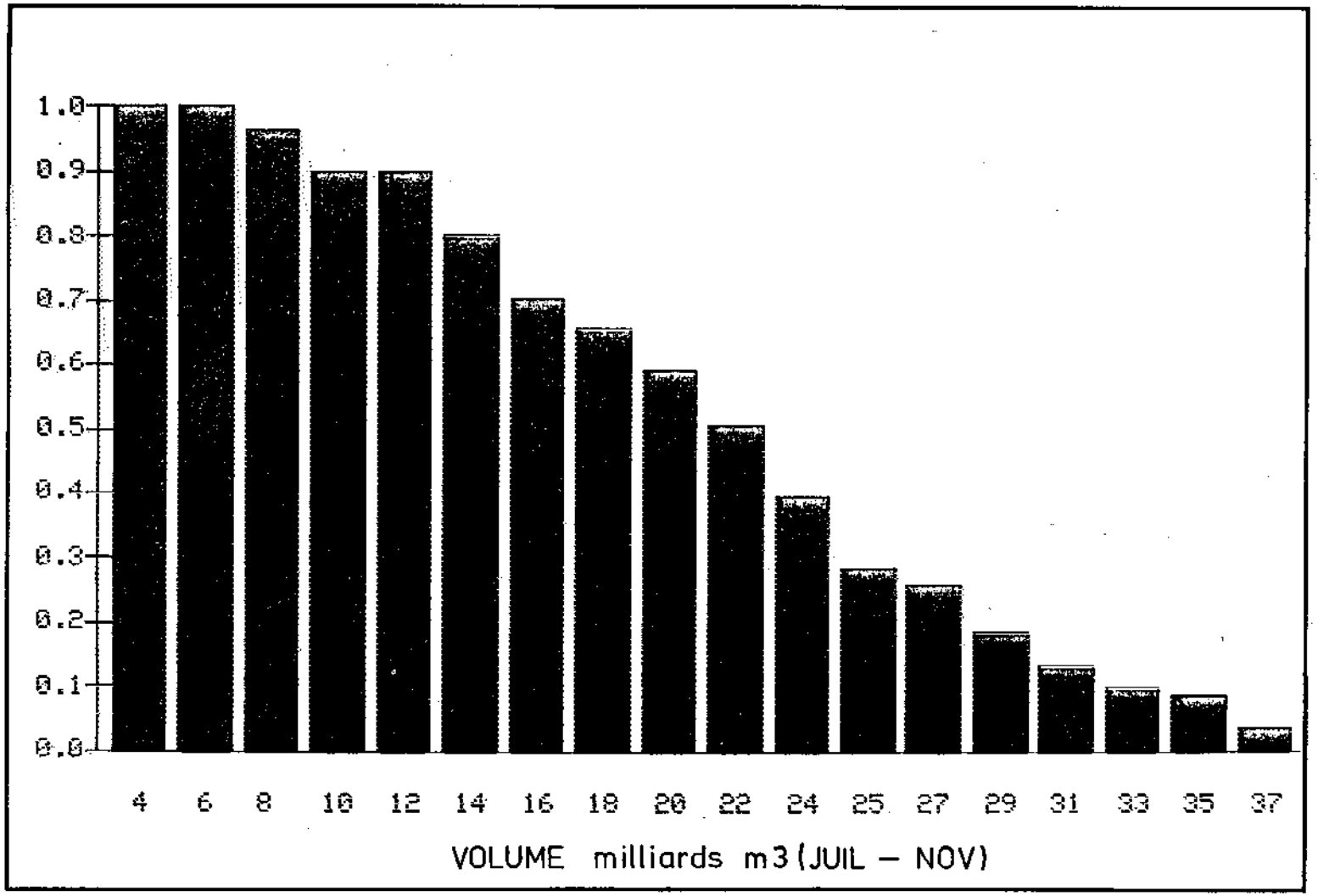


FIGURE 4.2

il a été possible, au cours des études hydrologiques, de les faire remonter jusqu'à 1904 en établissant une corrélation avec Kayes et Dakka-Saidou.

Le volume de la crue à Soukoutali, exprimé comme étant une proportion du volume à Bakel pour chaque année considérée, est présenté, pour les cinq mois de juillet à novembre, à la Figure 4.1. Cette figure montre que la portion du volume d'eau passant par Soukoutali est plus importante pendant les années sèches qu'au cours des années humides; s'élevant de 0,4-0,5 les années de très forte hydraulicité, à 0,6-0,7 les années d'extrême sècheresse. La moyenne globale est 0,48.

Ceci signifie qu'au cours d'une année moyenne, lorsque l'apport total de la crue à Bakel est de l'ordre de 20 milliards de m^3, l'apport à Manantali sera de l'ordre de 10 milliards de m^3. Etant donné que le volume utile de la retenue est de 7.8 milliards de m^3, même si le niveau de la retenue devait être très bas en fin de saison sèche, environ 3 milliards de m^3 pourraient être lâchés du barrage de sorte que le volume total de la crue à Bakel serait de 13 milliards de m^3. Ce chiffre est au moins aussi grand que le volume préconisé jusqu'à présent pour la crue artificielle, et suggère qu'il n'y aura pas de nécessité à lâcher artificiellement de l'eau pour la crue pour au moins 50% des années durant la période transitoire.

Durant les années de grande sècheresse, lorsque le débit total à Bakel est inférieur à 10 milliards de m^3 (environ 1 année sur 10), il est clair qu'il y a peu d'opportunité à effectuer des lâchures pour une crue artificielle si une certaine quantité d'eau doit être conservée dans la retenue pour être utilisée plus tard dans l'année.

4.3 ZONE INONDEE

4.3.1 Généralités

La crue artificielle sera sélectionnée dans le but d'inonder une zone donnée pendant une période de temps donnée tout en réduisant le plus possible le volume d'eau lâché de Manantali. La zone inondée déterminera la limite maximale de la zone pouvant être cultivée pendant la décrue.

Vu l'importance de cette caractéristique, nous sommes surpris du peu d'informations disponibles sur les superficies inondées dans le passé. Il y a eu des tentatives d'estimation de la zone cultivée au cours de la période d'enregistrement, mais sans établir un rapport avec les superficies inondées sauf pour les quelques années qui ont été étudiées en détail par simulation d'après le modèle SOGREAH. Nous avons l'intention dans cette section d'envisager le problème dans l'autre sens, c'est-à-dire d'examiner tout d'abord les superficies inondées puis d'étudier dans quelle mesure il existe un rapport entre celles-ci et les superficies cultivées.

On s'est efforcé de surmonter le problème posé par le manque d'informations à propos des zones inondées dans le passé en développant un modèle simple qui engendrera ces informations à partir des enregistrements des niveaux de la crue le long de la vallée. Avant de décrire ce modèle et ses résultats, on procédera au résumé des informations existantes qui proviennent du modèle SOGREAH ainsi qu'à une description générale de l'inondation

4.3.2 Description de l'inondation

Du point de vue des caractéristiques d'inondation, la vallée peut être divisée en quatre tronçons généraux.

	Distance
Gouina à Bakel	202 km
Bakel à Kaédi	262 km
Kaédi à Dagana	363 km
Le delta	169 km

Dans les biefs amont de Gouina (PK 996) à Bakel (PK 794), il existe un tronçon à assez forte pente coupé de rapides avec une vallée encaissée sans débordements caractérisés. A partir de Bakel, la vallée s'élargit et le lit majeur peut atteindre de 10 à 15 km en pleine crue, la pente moyenne étant de 3 cm par kilomètre. En aval de Kaédi, le fleuve se divise en deux bras, le Doué à gauche et le Sénégal à droite enserrant l'île Amorphil qui a une largeur moyenne de 6 km sur 235 km de longueur.

A partir de Dagana (PK 169), le fleuve se resserre dans son lit mineur jusqu'à Rosso (PK 133) avant de s'élargir dans le delta. Les débordements en rive gauche sont contenus depuis 1969 par une digue construite de Rosso à Saint Louis.

4.3.3 Résultats du modèle SOGREAH

Les zones qui ont été inondées en 1968,1969, 1970 et 1973 ont été calculées dans le cadre de la simulation des crues pour lesdites années. Les zones submergées pendant 15, 30 et 45 jours ont été calculées aussi bien que la zone d'inondation maximale. Les résultats des zones submergées pendant 15 et 45 jours sont résumées au Tableau 4.2.

Ces superficies ont été calculées sur la base du modèle en faisant dans chaque région la somme des surfaces de chaque casier par rapport aux temps, ce qui a permis de connaître l'évolution de la surface inondée en fonction du temps. La justesse des résultats dépend donc de la précision de la simulation de la crue naturelle. Les précisions moyennes des niveaux maximaux calculés par rapport à ceux observés aux seize stations utilisées ont varié de 0,112 à 0,166 m.

Ces différences ont été considérées comme acceptables, bien qu'elles dépassent le chiffre original fixé à ± 0,1 m. Une des raisons qui pourraient expliquer ces différences est peut-être le fait que les débits simulés étaient sous-estimés, comme le suggèrent les résultats de l'étude d'accompagnement réalisée par ORSTOM-DAKAR pour la présente étude.

4.3.4 Estimation de l'inondation pour d'autres années

Vu l'importance à accorder aux relevés historiques des superficies inondées (voir 2.3.2), un modèle simple a été développé dans le but d'estimer ces superficies sur la base des limnigrammes disponibles aux stations de jaugeage.

TABLEAU 4.2

SUPERFICIES INONDEES 1968, 69, 70, 73 - MODELE SOGREAH
(km2)

	Régions	1968"		1969*		1970"		1973+	
		S15	S45	S15	S45	S15	S45	S15	S45
1	Waoundé RGS	50	0	145	75	100	75	40	7
	Matam RGS	110	20	417	262	290	185	102	43
	Kaedi RGS	110	0	461	300	455	235	85	20
	Diorbivol RGS	225	35	335	321	320	280	230	93
	Total 1	495	55	1 358	958	1 165	775	457	163
2	Waoundé RDS	10	0	90	40	50	30	42	10
	Matam RDS	85	20	249	169	265	170	62	30
	Kaedi RDS	10	5	91	52	60	30	12	8
	Diorbivol RDS	210	115	98	67	340	260	29	21
	Total 2	315	140	528	328	715	490	145	69
3	N'Goui RGD	35	0	120	105	95	60	47	13
	Guédé RGD	80	30	148	135	120	100	93	53
	Ile amont	30	10	235	191	130	55	93	57
	Ile centre	40	0	208	173	220	110	95	68
	Ile aval	85	20	275	224	200	120	113	77
	Total 3	270	60	986	828	765	445	441	268
4	Dagana RGS	105	20	167	155	335	205	72	40
5	Saldé RDS	25	15	138	100	90	45	25	15
	Boghé RDS	60	20	93	77	115	85	15	10
	Podor RDS	50	25	182	127	165	80	41	26
	Dagana RDS	135	35	351	292	325	195	162	102
	Rosso RDS	75	45	255	230	255	145	126	75
	Total 5	345	140	1 019	826	950	550	369	228
	Total 1 + 3 + 4	870	135	2 511	1 941	2 265	1 425	970	471
	Total 2 + 5	660	280	1 547	1 154	1 665	1 040	514	297
	TOTAL GENERAL	1 530	415	4 058	3 095	3 930	2 465	1 484	768

* endiguement delta submersible (rive droite)

\+ endiguement delta insubmersible (rive droite)

" sans endiguement

Description du modèle

Ce modèle part de l'hypothèse selon laquelle presque toutes les cultures de décrue se font au moyen des unités naturelles d'équipements (UNE). Ceci est dû, en premier lieu, au fait que ces dépressions naturelles ou cuvettes sont les premiers terrains à être inondés et, en deuxième lieu, parce qu'elles contiennent des sols favorables à la culture, comme il est décrit au Chapître 3. Cette hypothèse se trouve confirmée par l'inventaire détaillé entrepris par Chaumeny en 1970 au cours de son étude des UNE . Il a indiqué que 89% des cultures de décrue pratiquée cette année-là (103 000 ha au total) l'ont été dans les UNE.

Les caractéristiques hypsométriques de chaque UNE sont présentées dans l'Atlas des UNE préparé par Chaumeny. Ces informations ont été transcrites sous forme d'un modèle mathématique qui permet de calculer la superficie inondée de chaque UNE pour un niveau d'eau donné. Les niveaux d'eau pour une crue donnée peuvent être interpolés à partir des valeurs enregistrées aux stations de jaugeage afin de définir un profil général de la ligne d'eau le long de la vallée. Ce profil sert à déterminer la zone inondée dans chaque UNE en supposant que le niveau de l'eau reste sans variation le long d'un profil en travers perpendiculaire au cours d'eau, et l'on fait la somme des surfaces individuelles pour déterminer l'ensemble de la superficie inondée.

Ce modèle simplifie de beaucoup les rapports entre les débits du lit mineur et ceux du lit majeur. Il surestime sans nul doute la superficie inondée dans le cadre des UNE parce qu'il présume que les niveaux d'eau sont identiques dans les deux lits, mineur et majeur. Par contre, il exclut les superficies inondées en-dehors des UNE qui n'apportent qu'une très faible contribution aux cultures de décrue.

Justesse du modèle

Les niveaux mentionnés par Chaumeny pour les caractéristiques hypsométriques des UNE sont donnés au mètre près et ont été déduits de la planimétrie des cartes au 50 000è. Dans une vallée aussi plate que celle du Sénégal, un mètre peut faire une différence considérable, mais ce sont les meilleures informations dont nous disposons. Le calcul des superficies inondées ne sera donc vraisemblablement pas d'une précision absolue, mais le modèle devrait néanmoins fournir des résultats utiles en ce qui concerne les valeurs relatives d'une année à l'autre. Il convient également de souligner que ces mêmes cartes ont été utilisées pour établir les données topographiques du modèle SOGREAH.

On a tout d'abord testé le modèle pour les années pour lesquelles on disposait des résultats du modèle SOGREAH afin d'en vérifier la justesse générale.

Les résultats provenant des deux modèles pour les années en question sont présentés au Tableau 4.3. On constate qu'ils sont en concordance générale en ce qui concerne l'ensemble des zones inondées. Pour les années de grandes crues (1969 et 1970), le modèle UNE indique une superficie plus petite parce qu'il ignore les périmètres qui se trouvent en-dehors des UNE tandis que dans les années de faible crue (1968 et 1973), ses estimations sont plus fortes. Ceci peut être dû au fait qu'il se base sur un niveau d'eau constant pour un profil en travers donné, aboutissant ainsi à une estimation optimiste des zones inondées au sein des UNE mêmes.

Cette comparaison permet de confirmer la justesse et l'utilité du modèle UNE.

TABLEAU 4.3

SUPERFICIES INONDEES - Comparaison des modèles UNE et SOGREAH

(km^2)

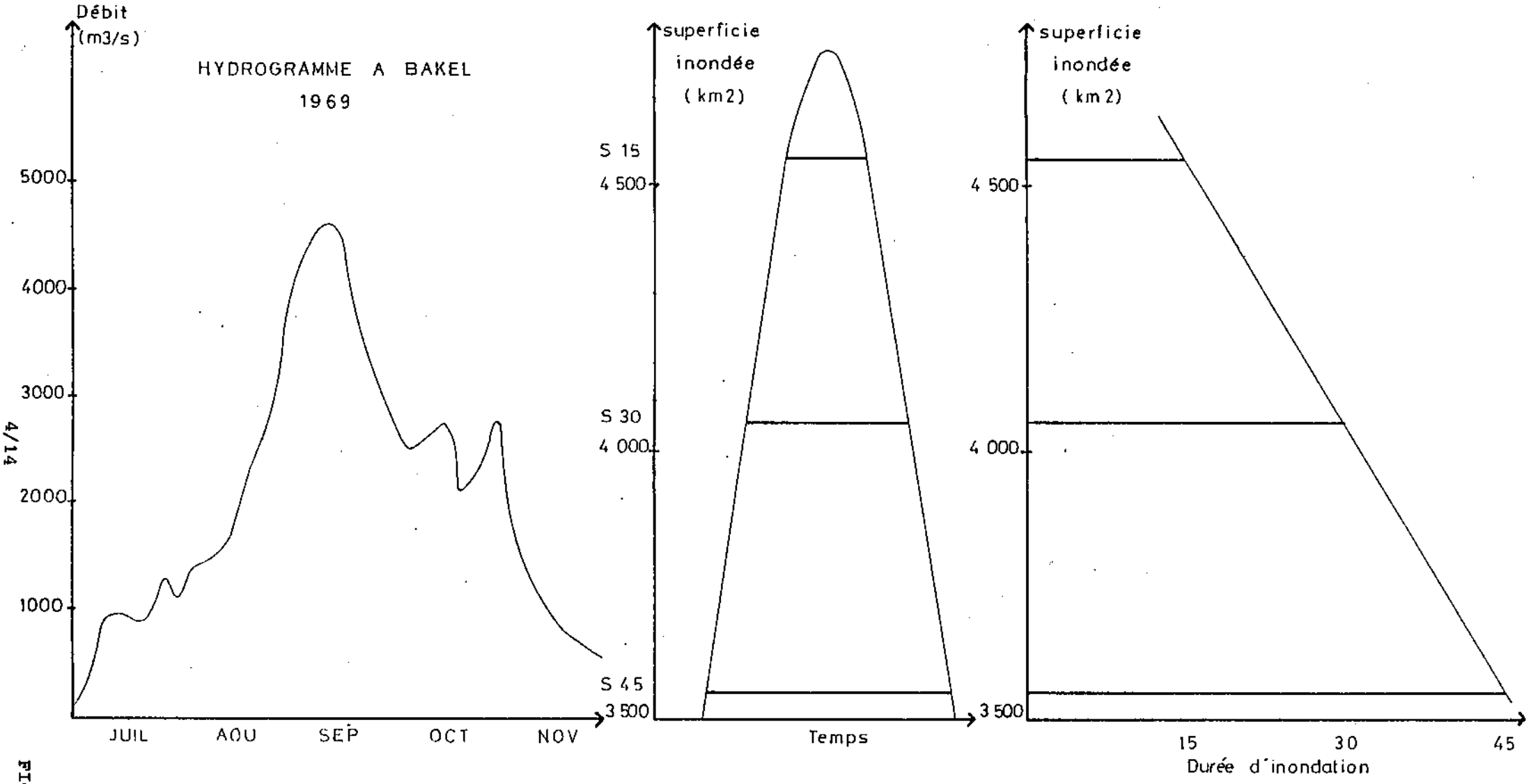
	1968 S_{15}*	1969 S_{15}	1970 S_{15}	1973 S_{15}
SOGREAH				
Rive gauche	870	2511	2265	970
Rive droite	660	1547	1665	514
Total	1530	4058	3930	1484
UNE				
Rive gauche	1130	2690	2285	1240
Rive droite	505	1270	1070	560
Total	1635	3960	3355	1800

* S_{15} = surface submergée pendant 15 jours

Application du modèle UNE

Le modèle a été utilisé pour estimer les superficies inondées au cours de la période 1968-82. Cette période a été extrêmement sèche et a compris un certain nombre d'années au cours desquelles les volumes de crue ont été relativement petits et peut-être comparables à ceux d'une crue artificielle. Elle englobe également les six années pour lesquelles on dispose de données sur les périmètres cultivés. Les résultats complets du modèle UNE concernant ces 6 années sont présentés à l'Annexe A.

Les superficies calculées sont celles qui sont inondées pendant quinze jours (S15) et quarante-cinq jours (S45); on a pris quinze jours comme étant la durée d'inondation minimale nécessaire à la mise en culture mais considéré que si les terrains sont submergés pendant plus de quarante-cinq jours, leur assèchement sera probablement trop tardif pour permettre l'ensemencement. La superficie d'inondation appropriée pour la mise en culture est donc de S15 à S45 environ, comme indiqué sur le diagramme de la Figure 4.3. Ces superficies sont présentées au Tableau 4.4.



4/14

FIGURE 4.3

EXEMPLE - CALCUL DES SUPERFICIES INONDEES S15 A S45

TABLEAU 4.4

SUPERFICIES INONDEES* (HA)

Année	Superficies inondées durant 15 jours S15	Superficies inondées durant 45 jours S45	S15 - S45
1968	164 000	43 000	121 000
1969	396 000	320 000	76 000
1970	336 000	257 000	79 000
1971	385 000	257 000	128 000
1972	41 000	10 000	31 000
1973	180 000	62 000	118 000
1974	414 000	275 000	139 000
1975	313 000	127 000	186 000
1976	77 000	20 000	57 000
1977	86 000	7 000	79 000
1978	112 000	36 000	76 000
1979	46 000	6 000	40 000
1980	147 000	53 000	94 000
1981	149 000	75 000	74 000
1982	70 000	10 000	60 000

* Calculées à partir des niveaux d'eau relevés à cinq stations de jaugeages (Bakel, Matam, Saldé, Podor, Dagana). Ces résultats seront corrigés lors de la réception des relevés à Kaédi, Boghé, Richard Toll et Rosso.

Le Tableau 4.4 suggère que, dans les années de fortes crues telles que 1969, la superficie cultivable n'est pas nécessairement proportionnelle à l'ampleur de la crue, car une grande partie du terrain est exondé trop tard pour l'ensemencement. Il est clair toutefois que la période maximale d'inondation de 45 jours choisie ne constitue qu'une hypothèse grossière qui variera d'année en année selon la date de démarrage de la crue.

Les superficies inondées pendant les années extrêmement sèches (par exemple, S15 = 41 000 ha en 1972) ne représentent que 10% environ des superficies inondées pendant les années de forte crue (S15 = 396 000 ha en 1969). Toutefois, le Tableau suggère que la variation de la superficie cultivable est beaucoup plus faible, de l'ordre de 30 000 à 140 000 ha. (sauf 1975).

Rapport entre les superficies inondées et les superficies cultivées

Le modèle UNE nous donne l'occasion d'explorer ce rapport en fonction d'une nouvelle approche. L'on peut espérer obtenir une meilleure corrélation en raison de l'exclusion des zones extérieures aux UNE qui n'apportent qu'une très faible contribution à la superficie cultivée. Les superficies inondées inscrites au Tableau 4.4 sont comparées,dans le Tableau 4.5, avec les superficies cultivées pendant les six années pour lesquelles un inventaire a été dressé.

TABLEAU 4.5

COMPARAISON ENTRE LES SUPERFICIES INONDEES ET LES SUPERFICIES CULTIVEES

Année	Superficie cultivée ha	Superficie inondée cultivable* ha S15 - S45	Rapport
1970/71	103 100	79 000	1,3
1972/73	13 700	31 000	0,44
1973/74	82 200	118 000	0,69
1976/77	29 400	57 000	0,52
1977/78	15 400	79 000	0,20
1978/79	56 900	76 000	0,74

* Ces chiffres seront corrigés lorsque l'on pourra obtenir des informations supplémentaires.

La comparaison met à jour un certain nombre d'anomalies. Tout d'abord, la superficie cultivée en 1970/71 est supérieure à celle indiquée comme pouvant être cultivée. Ceci est dû aux caractéristiques particulières à cette crue. En effet, elle a eu le taux de montée le plus rapide jamais enregistré, a maintenu une pointe plus ou moins constante de 3000 m^3/s environ pendant 45 jours environ et a baissé très rapidement. Pour cette raison, S15 est très proche de S45 . Deuxièmement, la superficie cultivable est cinq fois plus grande que la superficie cultivée en 1977/78. Ceci pourrait s'expliquer par un facteur spécial tel qu'une concurrence avec les cultures de diéri ce qui aurait entraîné une pénurie de main-d'oeuvre.

En conclusion, bien que cette approche ne révèle pas un rapport défini entre la superficie cultivée et la superficie inondée, ce qui est probablement dû à la simplicité des hypothèses et aux facteurs spéciaux particuliers à chaque année, elle suggère néanmoins l'ordre de grandeur de la superficie cultivable.

4.4 AUTRES CARACTERISTIQUES

Les autres caractéristiques qui ont été identifiées comme étant importantes pour les cultures de décrue sont le taux de montée et de descente de la crue, sa durée et la date de l'amorce de la décrue.

4.4.1 Taux de montée et de descente

La crue artificielle aura probablement un débit de pointe de 2000 à 3000 m^3/s. Le taux de montée et de descente des crues historiques a donc été étudié pour une fourchette de débits allant de 500 m^3/s, point auquel l'on peut vraiment affirmer que la crue a commencé, à 2500 m^3/s. Les temps de montée et de descente de cet éventail de débits sont présentés au Tableau 4.6 pour la période 1960-85.

Il faut que le taux de montée de la crue artificielle soit rapide, mais il faut veiller à ce qu'il ne soit pas plus rapide que celui des crues naturelles. Le temps minimal pour passer de 500 m^3/s à 2 500 m^3/s a été de 11 jours en 1970 comme il est indiqué au

TABLEAU 4.6

TAUX DE MONTEE ET D'ABAISSEMENT DES CRUES A BAKEL 1960-85

(nombre de jours)

Année	Montée de la crue (jours) entre les débits 500-2500 m^3/s	Pointe de la crue si inférieure à 2500 m^3/s	Décrue (jours) 2500 à 1500 m^3/s	Décrue (jours) 1500 à 500 m^3/s
1985	36	1800	-	25
1984	*	*	*	*
1983	*	*	*	*
1982	21	1900	-	40
1981	20	2000	45	25
1980	19	2000	8	21
1979	*	*	*	*
1978	11	2000	12	30
1977	28	1800	-	14
1976	34	2100	-	17
1975	11	2200	10	28
1974	37		18	23
1973	23		29	25
1972	*	*	*	*
1971	22		8	24
1970	11		9	27
1969	47		8	23
1968	48		10	33
1967	21		12	32
1966	35		10	26
1965	24		11	30
1964	38		12	29
1963	39		8	23
1962	39		24	31
1961	19		11	28
1960	31		16	33

* Non analysé (crue trop faible)

Tableau 4.6. Ceci représente en fait le temps de montée de 500 m^3/s à 2500 m^3/s le plus rapide jamais enregistré sur l'ensemble de la période couverte par les relevés.

Le taux de décrue sur la fourchette 2500-500 m^3/s change suivant que l'on se situe entre 2500 et 1500 m^3/s ou 1500 et 500 m^3/s. En effet, il faut en général de 8 à 12 jours pour passer de 2500 à 1500 m^3/s alors que 20 à 40 jours sont nécessaires pour descendre de 1500 à 500 m^3/s.

4.4.2 Durée de la crue

La durée de la crue artificielle sera réduite le plus possible pour économiser l'eau lâchée de Manantali. Les quinze dernières années d'enregistrement sont donc particulièrement intéressantes parce qu'elles comportent un grand nombre d'années sèches caractérisées par de petites crues dont la durée est indiqué au Tableau 4.7.

Il convient d'établir un rapport entre la durée de la crue et la superficie inondée afin de déterminer les caractéristiques des cruesqui, tout en étant de courte durée, inondent une superficie acceptable. La durée de crue minimale qui a été nécessaire pour inonder certaines superficies au cours des 15 dernières années est indiquée au Tableau 4.8.

D'après ce Tableau, il n'est pas utile que la crue de 2000 m^3/s dépasse 15 jours de beaucoup pour produire une superficie inondée S15 de plus de 100 000 ha.

4.4.3 Amorce de la décrue

Le moment ou se produit la pointe de la crue au cours des trente dernières années est illustré, sous forme de graphique, à la Figure 4.4 où le débit de pointe de la crue est marqué en fonction de la date à laquelle il a eu lieu.

TABLEAU 4.7

DUREE DES CRUES A BAKEL 1970-85

Année	Durée maintenue (en jours) aux débits > 1500 m^3/s	> 2000 m^3/s	> 2500 m^3/s	> 3000 m^3/s	> 4000 m^3/s
1985	37	7	-	-	-
1984	-	-	-	-	-
1983	-	-	-	-	-
1982	16	7	-	-	-
1981	52	15	2	-	-
1980	37	16	8	2	-
1979	9	-	-	-	-
1978	55	16	4	-	-
1977	28	5	-	-	-
1976	22	5	-	-	-
1975	57	39	27	13	8
1974	69	48	36	27	19
1973	50	23	7	1	-
1972	5	-	-	-	-
1971	63	57	52	41	10
1970	63	57	51	23	3

TABLEAU 4.8

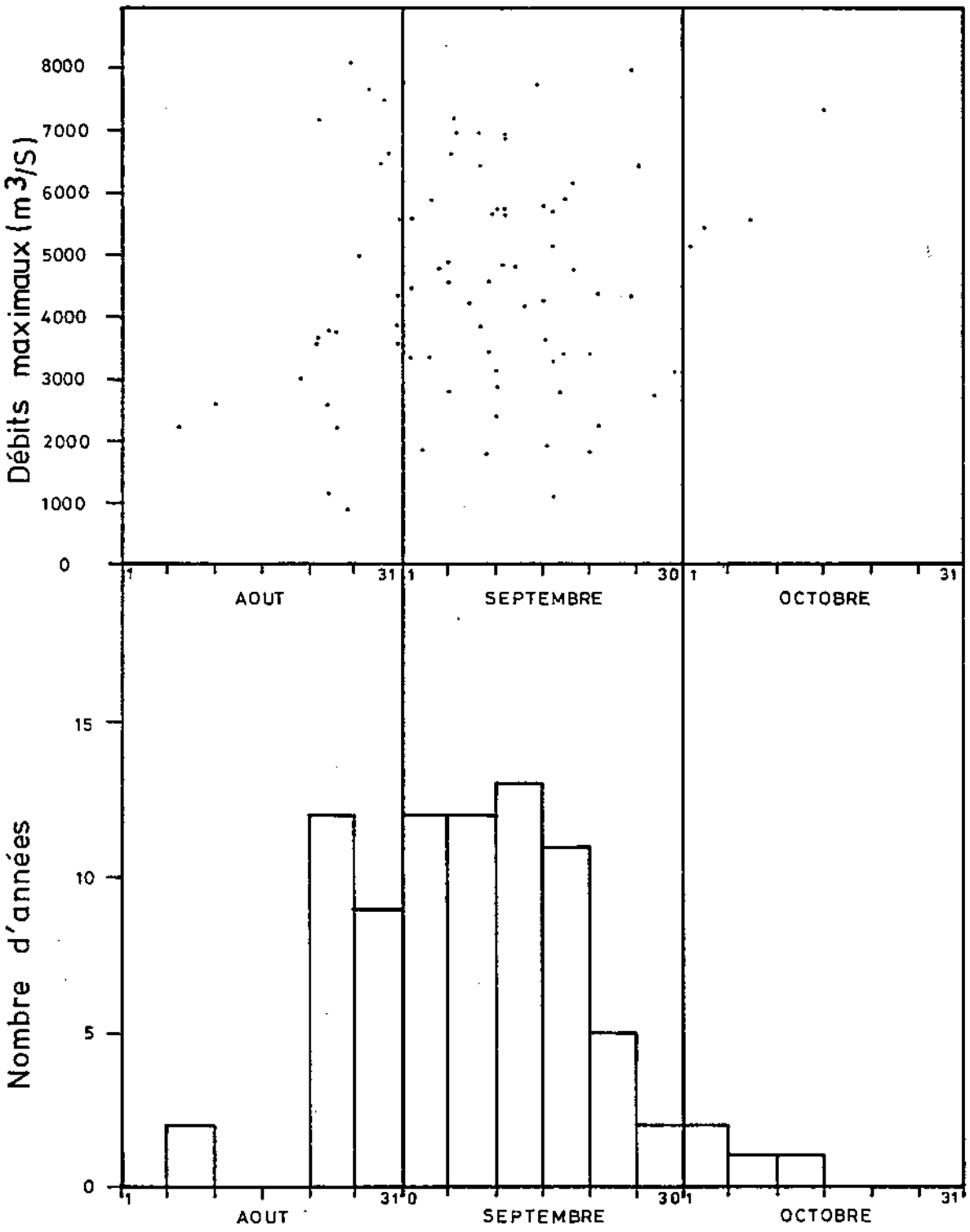
RAPPORT ENTRE LA DUREE DE LA CRUE

ET LA ZONE INONDEE

Superficie inondée pendant 15 jours (ha)	Année	Durée de la crue à Bakel (jours) >1500 m^3/s	>2000 m^3/s	>2500 m^3/s	>4000 m^3/s
41 000	1972	5	-	-	-
70 000	1982	16	7	-	-
147 000	1980	37	16	8	-
180 000	1973	50	23	7	-
313 000	1975	57	39	27	8

DATE D'OCCURENCE DES DEBITS MAXIMAUX A BAKEL

(1904 — 1985)



DATE D'OCCURENCE DU DEBIT MAXIMUM

FIGURE 4.4

On constate une grande variation qui semblerait être indépendante de l'ampleur de la pointe de la crue. D'après l'histogramme, les pointes ont été réparties de manière plus ou moins égale sur la période du 20 août au 20 septembre.

L'autre facteur important en ce qui concerne l'amorce de la crue est sa variation le long de la vallée due au temps nécessaire à la propagation. Les dates des débits de pointe à Bakel (PK 794 et à Podor (PK 267) ont été comparée sur la période d'enregistrement disponible et les temps de propagation sont présentés au Tableau 4.9.

TABLEAU 4.9

TEMPS DE PROPAGATION ENTRE BAKEL ET PODOR

(jours)

	Débit de pointe m^3/s à Bakel					
Temps de propagation	2-3000	3-4000	4-5000	5-6000	6-7000	7-8000
Moyenne	16,6	25,4	34,6	35,0	27,6	33,6
Maximum	40	51	40	40	37	39
Minimum	10	13	24	24	23	26

Quoique les temps de propagation soient généralement plus rapides pour les crues à petites pointes (de 15 à 20 jours contre 30 à 35 jours), on constate de grandes variations, de l'ordre de 10 à 40 jours) pour tous les débits de pointe.

CHAPITRE 5

LA CRUE ARTIFICIELLE

Ce Chapitre vise à définir la forme optimale de l'hydrogramme de la crue artificielle à Bakel, lequel servira à réaliser plusieurs hydrogrammes de crues d'amplitudes différentes, inondant des superficies variables avec des lâchures d'eau minimales. Sont également entrepris, au cours de ce chapitre, la révision des études antérieures qui ont elles aussi tenté de définir des crues artificielles appropriées, ainsi que l'examen des changements susceptibles de se produire au niveau de l'agriculture traditionnelle en raison du régime artificiel.

5.1 ETUDES ANTERIEURES

Les premières études sur la crue artificielle ont été réalisées au début des années 1970 par la SOGREAH. Les conclusions de ces études ont été modifiées par le Groupement Manantali à la lumière d'informations supplémentaires disponibles au cours des études relatives au barrage de Manantali.

5.1.1 Sogreah

Le dimensionnement de la crue artificielle a été effectué une première fois en 1972 par SOGREAH au moyen de son modèle mathématique dans le cadre de 'l'Etude de la crue de 1970, de la crue de 1968 et des trois crues artificielles'. Les crues de 1968 et 1970, qui étaient relativement faibles, ont été utilisées pour comparer les caractéristiques de trois crues artificielles alternatives. L'an 1970 est également intéressant du fait qu'il existe un inventaire des superficies cultivées cette année-là (103.100 ha).

Les caractéristiques des trois crues artificielles testées sont résumées au Tableau 5.1.

TABLEAU 5.1

CARACTERISTIQUES DES CRUES ARTIFICIELLES ETUDIEES PAR SOGREAH

Crue	Débit maximal à Bakel (m^3/s)	Débit dépassé 15 jours à Bakel (m^3/s)	Volumes à Bakel milliards m^3	Surface inondée pendant 15 jours (ha)
N° 1	3 460	3 080	18,6	402 500
N° 2	3 460	3 080	12,75	298 500
N° 3	2 000	2 000	7,45	80 500
1968	3 440	1 980	12,9	153 000
1970	3 930	3 190	18,5	393 000

Les conclusions émanant de cette étude sont les suivantes :

- La crue artificielle N° 1 était équivalente à la crue de 1970, ce qui est normal quand on compare les volumes de ces crues à Bakel.

- La crue artificiel N° 3 était à rejeter car elle inondait une superficie beaucoup plus faible que la crue de 1968, une des plus faibles observées avant 1972, date de l'étude.

- La crue artificielle N° 2 pourrait être satisfaisant, moyennant un aménagement de son limnigramme ou hydrogramme à Bakel afin de soutenir les niveaux en aval de Boghé, parce qu'elle inondait une superficie plus grande que la crue de 1968 bien qu'ayant un volume similaire.

- La forme de l'hydrogramme à Bakel a une importance capitale pour les surfaces inondées dans la vallée. Ceci est bien démontré par la comparaison entre les crues de 1968 et artificielle N° 2 qui, ayant le même volume à Bakel, donnent des résultats très différents car les lois de débit en fonction du temps sont très différentes.

5.1.2 Groupement Manantali

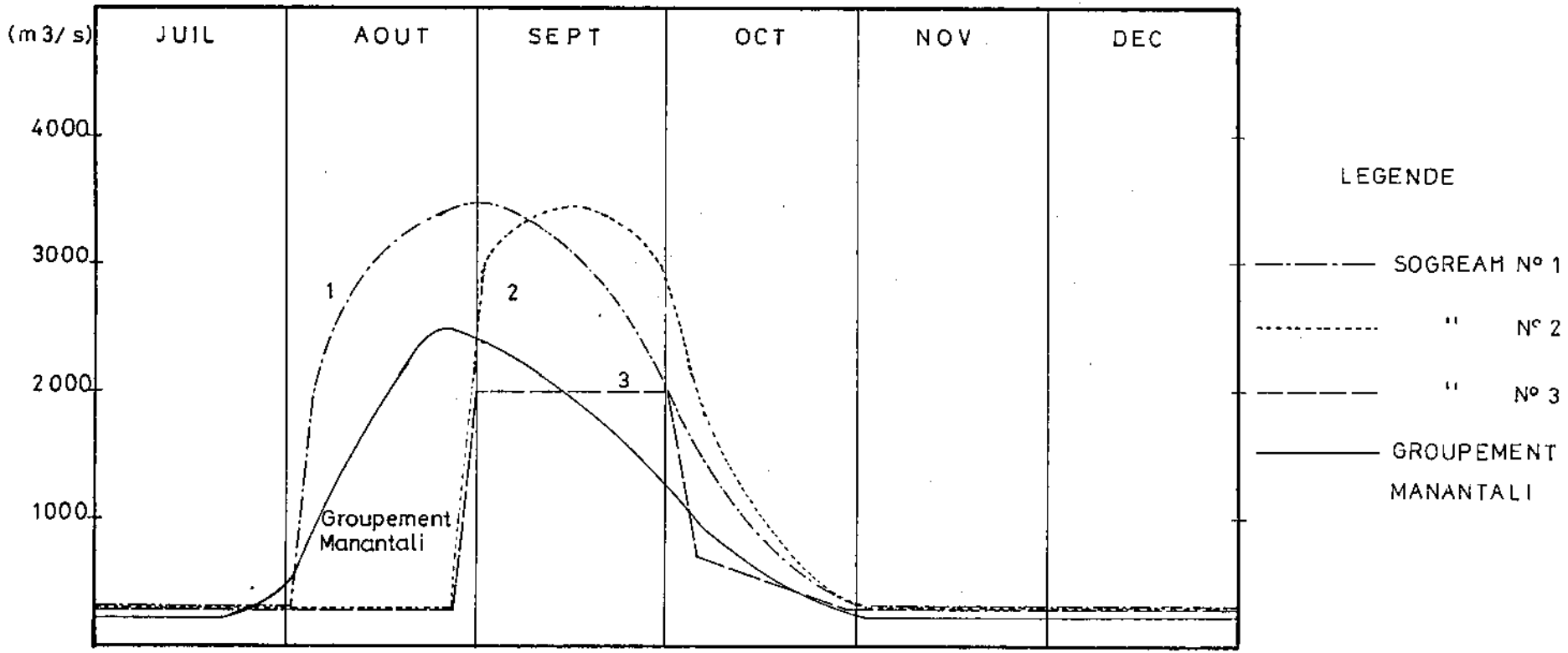
Un deuxième calcul a été fait par le Groupement Manantali dans son rapport final de l'étude d'exécution du barrage de Manantali - Annexe 4 : Agriculture - Mission A.1.4, en date de décembre 1977. A ce moment-là, d'autres inventaires des superficies cultivées avaient déjà été effectués, et tandis que la SOGREAH visait d'une manière générale à recréer la crue de 1970, le Groupement Manantali aboutissait à la conclusion que la crue de 1973, avec un volume légèrement plus faible de 13 milliards de m^3 (juillet-novembre), serait acceptable. Cette crue artificielle s'est définie comme ayant un débit de 1800 m^3/s, soutenu pendant 30 jours (mi-août à mi-septembre), et une pointe située entre 2200 m^3/s et 2500 m^3/s Selon l'inventaire réalisé, l'étendue des cultures de décrue a été estimée à 82 000 ha pendant la crue de 1973, comparée à 103 100 ha en 1970.

Cette crue a depuis été étudiée par GERSAR/SOGREAH* sur le modèle modèle mathématique de la vallée. La crue est désignée, dans cette étude, sous le nom de "crue artificielle optimale".

Les hydrogrammes des crues réalisés par la SOGREAH et le Groupement Manantali sont donnés à la Figure 5.1 pour comparaison.

Les études les plus récentes entreprises par le Groupement Manantali dans son rapport intitulé "Actualisation de l'Etude du marché de l'énergie électrique" de juillet 1985, ont porté sur les impacts de toute une gamme de crues artificielles conçues pour permettre de cultiver entre 25 000 et 100 000 ha de terres.

* Exploitation du modèle SOGREAH dans le cadre des études de développement hydroagricole de la vallée, GERSAR, Déc. 1981.



HYDROGRAMMES (A BAKEL) DES 3 CRUES ARTIFICIELLES

DE SOGREAH ET DE LA CRUE DU GROUPEMENT MANANTALI

FIGURE 5.1

NB Les hydrogrammes n°1 et 2 sont approximatifs car ils étaient définis par SOGREAH selon une loi de niveau en fonction du temps

5.2 CULTURES DE DECRUE SOUS CRUE ARTIFICIELLE

La question de savoir jusqu'à quel point les cultures de décrue risquent d'être modifiées sous crue artificielle fait l'objet de cette section, l'accent étant mis en particulier sur la possibilité d'améliorer les rendements. Il y figure également un résumé des caractéristiques idéales de la crue artificielle du point de vue agricole.

5.2.1 Prévisions des cultures et périodes de végétation

La culture de base sous crue artificielle restera le sorgho, étant donné qu'elle est fort bien adaptée aux conditions du sol et au régime climatique existants. Le sorgho constitue en outre une culture vivrière fort appréciée.

Il est prévu que la période de végétation du sorgho sous crue artificielle sera pratiquement identique à la période actuelle, compte tenu de ce que les semis seront effectués le plus tôt possible, puisque la crue sera sous contrôle. Les raisons pour lesquelles il convient de choisir une période de végétation identique tout en étant améliorée, sont les suivantes :

- les rendements décroissent de manière drastique lorsque les cultures sont semées après la mi-novembre;
- la culture de décrue ne doit pas interférer avec des activités appartenant à un autre domaine de la production agricole, telles :
  . semailles et récolte dans les zones de diéri;
  . semailles/repiquage et récolte de cultures d'hivernage dans les périmètres irrigués;
  . semailles de contre-saison dans les périmètres irriguées;
- le fait de hâter la date des semis pourrait avoir comme conséquence que les jeunes plants soient atteints par les crues des affluents du fleuve Sénégal qui débouchent en aval de Manantali.

Aussi les semis ou l'implantation des cultures sous crue artificielle sont-ils plus ou moins fixés entre la mi-octobre et la fin novembre. Suite à l'utilisation de variétés locales (améliorées), les dates de croissance et de maturation restent en principe pratiquement identiques à celles présentées antérieurement pour la culture de décrue du sorgho.

Maynard (1956/57) a conclu que la culture de décrue était une façon extrêmement économique d'utiliser l'humidité du sol. Ceci doit être attribué à la performance physique du sorgho sur des sols argileux à texture fine ou très fine, tels qu'on les trouve dans les zones de dépression (cuvettes).

5.2.2 Rendement des cultures et intrants associés

Grâce à la crue artificielle, il devrait être possible de garantir à la culture de décrue à la fois une superficie plus grande que celle qu'elle occupait récemment et moins de fluctuations. Cette assurance pourrait encourager le paysan à investir dans cette forme de culture, tant sous forme de main-d'oeuvre que sous forme d'intrants.

Le travail de recherche effectué avant et après 1970 a prouvé que :

- l'amélioration des techniques traditionnelles peut doubler la production et la faire passer de 400 kg/ha à 800 kg/ha;
- l'introduction d'engrais peut tripler ces rendements et les porter à 1200 kg/ha;
- les intrants requis pour l'amélioration progressive de la culture de décrue peuvent être établis de la manière suivante :
  - . semences 10 kg/ha
  - . Furadan 10 kg/ha
  - . engrais 100 kg/ha (urée)
  - . main-d'oeuvre 110 hj/ha

Bien qu'il existe donc de nombreux moyens d'améliorer les rendements, les choses ne seront pas aussi simples dans la pratique. Un chaînon important fait en effet défaut : la vulgarisation. Celle-ci a diminué là où se pratique les cultures de décrue, au cours des années 70, au

moment où la culture irriguée a fait ses débuts. Etant donné que la culture irriguée est destinée à occuper une place de plus en plus importante tandis que la culture sous crue artificielle ne constitue qu'un phénomène temporaire, les travaux de vulgarisation et de recherche ne reprendront vraisemblablement pas dans ce dernier secteur. Par conséquent, l'on peut s'attendre à ce que les rendements de sorgho sous crue artificielle ne manifestent pas de croissance spectaculaire et ne dépassent pas les quelque 600 kg/ha.

L'augmentation de la production devra plutôt résulter d'une extension substantielle de la superficie cultivable, comparée à celle des 15 dernières années, ceci, uniquement pendant la période où la culture de décrue n'aura pas encore été remplacée de manière importante par l'agriculture irriguée.

Compte tenu d'un prix du sorgho de 95 FCFA/kg, l'on peut s'attendre à une valeur de 57 000 FCFA/ha, avec une charge des intrants de 22 600 FCFA/ha.

5.2.3 Résumé des caractéristiques requises pour la crue artificielle

Les caractéristiques des crues nécessaires à la culture de décrue ont été discutées à la section 3.4, tandis que les caractéristiques des crues observées dans le passé ont été analysées au chapitre 4. Un résumé des conclusions de ces études se présente comme suit :

a) La surface maximale cultivable en culture de décrue dans la vallée tenant compte de la main-d'oeuvre disponible, s'élève à environ 100 000 ha. (voir 3.3.4).
b) Il est souhaitable que la montée de la crue soit rapide, ce qui permet de stocker plus d'humidité dans les sols que lors d'une montée lente. Cette montée rapide se produit plus facilement dans la partie amont (Matam par exemple) que dans la partie aval (Podor).

c) La durée minimum de l'inondation doit être de l'ordre de quinze jours afin de permettre aux sols de stocker suffisamment d'eau. Par contre, les sols submergés pendant une période trop longue risquent de ne s'assècher qu'après la meilleure période pour les semis. On estime la durée maximale souhaitable à 30 jours.

d) La descente des eaux pendant la décrue ne doit pas être trop rapide, d'une part pour que les cultivateurs soient à même de suivre ce retrait et d'éviter que les sols ne s'assèchent trop vite, et d'autre part afin de maintenir les hauteurs d'eau dans la partie aval de la vallée.

e) Dans le passé, l'amorce de la décrue a commencé à Bakel, la plupart du temps, au cours de la période du 20 août au 20 septembre La décrue prend normalement au moins un mois pour retomber à un débit inférieur à 500 m^3/s, et lorsque les terres sont finalement exondées, il faut encore attendre de une à deux semaines pour que le sol s'assèche et que les semis puissent commencer.

f) Dans la haute et la moyenne vallées, l'assèchement des sols se termine, dans le meilleur des cas, au bout de la période qui va de la dernière semaine de septembre à la première d'octobre. Les semailles peuvent ainsi commencer aux alentours du 8 octobre, et durer environ un mois. Le même cycle se produit dans la basse vallée, avec toutefois un décalage de 10 à 15 jours dû au temps que met la crue à se propager. Ces temps sont indiqués à la Figure 5.2.

Calendrier des semis/culture de décrue

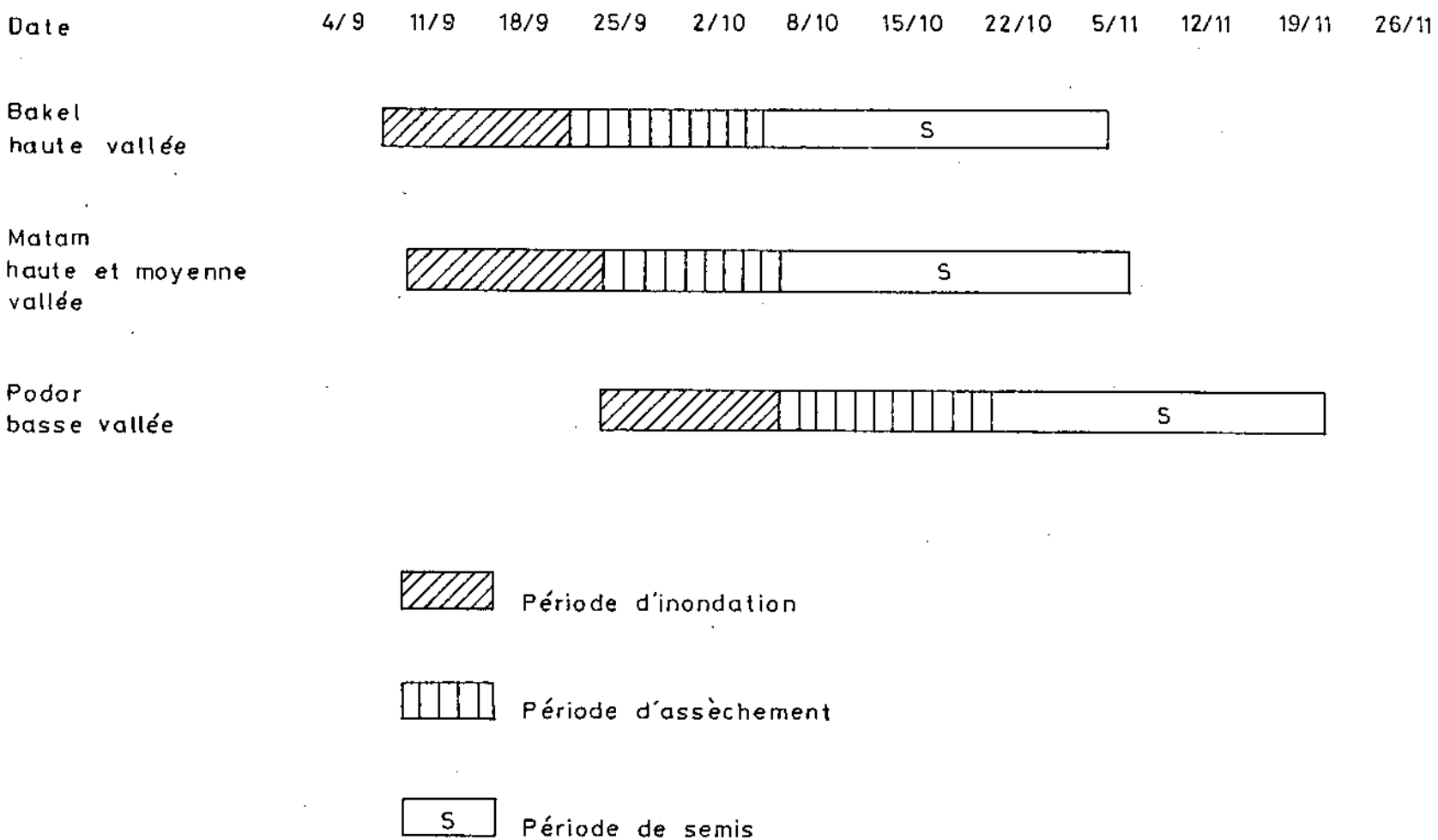


FIGURE 5.2

5.3 DIMENSIONNEMENT DE LA CRUE ARTIFICIELLE

5.3.1 Objectif

Les caractéristiques générales exigées pour la crue artificielle, qui ont été énumérées ci-dessus, vont maintenant être converties en paramètres physiques pour établir la forme d'hydrogramme requis à Bakel. Cet hydrogramme pourra à son tour être agrandi ou réduit afin de pourvoir la zone d'inondation souhaitée.

Toute une variété de facteurs va influencer le volume des lâchures qui auront lieu à partir de Manantali pour une année donnée. Il se peut également que la superficie que l'on désire cultiver change avec le temps. C'est pourquoi nous avons étudié toute une gamme de crues artificielles, aux volumes d'eau variables, conçues pour inonder des superficies elles aussi variables. Cela va également permettre à l'étude d'optimisation de prendre en compte la sensibilité du productible de Manantali par rapport au volume de la crue.

L'étendue de la zone requise pour les cultures de décrue va déterminer les paramètres des différents volumes des crues. On se propose de créer des crues qui permettent de cultiver des superficies se situant entre 50 000 et 100 000 ha. Le chiffre de 100 000 ha ressort comme étant la limite maximale, tandis que si moins de 50 000 ha étaient cultivés, la production de la culture de décrue deviendrait petite par rapport à la production de l'agriculture irriguée.

5.3.2 Forme de l'hydrogramme à Bakel

La forme de l'hydrogramme est déterminée par la vitesse à laquelle se produisent la montée et la descente des eaux, ainsi que par la durée et l'importance du débit de pointe. C'est l'importance de cette pointe qui déterminera, dans une grande mesure, l'étendue de l'inondation, et c'est donc ce qui constituera le paramètre principal pour établir des alternatives. Une fois la forme de l'hydrogramme définie, il convient de fixer le moment de la crue.

Vitesse de la crue et de la décrue

La vitesse à laquelle la crue se produira se doit d'être rapide, quoiqu'elle sera fixée de façon à correspondre aux valeurs réellement enregistrées. En se basant sur la crue de 1970, la valeur adoptée sera de 11 jours, le débit s'élevant de 500 à 2500 m^3 (10 jours pour atteindre 2000 m^3/s).

La décrue se fera, quant à elle, selon deux vitesses : le débit tombera, dans un premier temps, à 1500 m^3/s à raison de 10 jours pour 1000 m^3/s, puis dans un deuxième temps, jusqu'à 500 m^3 sur une durée de 20 jours. Ces chiffres ont été calculés à partir de la vitesse de décrue historique normale, qui sont indiqués au Tableau 4.6.

Durée

La durée de la pointe requise est donnée au Tableau 4.8 comme s'élevant avec la superficie à inonder, associée à l'importance du débit. Pour déterminer cette durée, il convient de mettre en avant une hypothèse sur la relation entre la zone inondée et la zone cultivée. La relation suggérée à la section 4.4 est que la superficie cultivée est une proportion de S15-S45. Pour économiser l'eau, l'hydrogramme sera conçu de telle sorte que S45 = 0. Cela signifie que c'est la zone inondée pendant quinze jours, S15, qui sera utilisée pour cette comparaison.

On présumera que la superficie cultivée sera environ de moitié celle inondée pendant les quinze jours. Ainsi, pour cultiver 50 000 ha le débit devra être maintenu à 2000 m^3/s durant une dizaine de jours, alors que pour cultiver 100 000 ha celui-ci devra être maintenu pendant un tout petit peu plus de vingt jours (voir Tableau 4.8).

Moment de la crue

Le moment de la crue est dicté par la date optimum où l'amorce de la crue pourra être entrepris. Historiquement, cela s'est produit entre le 20 août et le 20 septembre, mais ces dates peuvent être modifiées si l'on se sert de Manantali pour obtenir une pointe au moment propice, en prenant pour base les apports

des affluents, hormis le Bafing. Le moment optimum pour faire intervenir cette décrue se situera lors de la deuxième moitié de la période précitée, de façon à éviter qu'une importante crue causée par les affluents ne vienne s'ajouter à la crue artificielle, et de sorte que le plus grand volume d'eau possible puisse être emmagasiné à Manantali au moment de la montée des eaux.

5.3.3 Ampleur de la crue

Le volume de la crue déterminera pour une grande partie l'étendue à inonder. Il a déjà été démontré que les crues historiques peuvent s'avérer utiles dans cette détermination, aussi un résumé des caractéristiques des crues récentes est-il donné au Tableau 5.2.

TABLEAU 5.2

Année	Volume juillet-novembre milliards m^3	Pointe (arrondie) m^3/s	Durée à 2000 m^3/s jours	Superficie inondée S15 ha (arrondis)
1984	6,6	900	-	n.d.
1983	6,5	1100	-	n.d.
1982	9,3	2200	7	70 000
1981	13,0	2600	15	150 000
1980	11,8	3100	16	150 000
1979	9,0	1800	-	50 000
1978	14,9	2700	16	110 000
1977	9,7	2200	5	90 000
1976	13,6	2200	5	80 000
1975	18,3	4800	39	313 000
1974	24,9	7700	48	410 000
1973	13,3	3000	23	180 000
1972	9,2	1800	-	40 000
1971	22,2	5600	57	380 000
1970	19,7	4200	57	340 000
1969	27,7	4800	76	400 000
1968	14,3	3400	17	160 000

n.d. : non disponible

Il ressort de ce tableau que les crues qui ont inondé les superficies requises pour un volume écoulé minimum sont celles de 1973, 1977, 1980 1981 et 1982, leurs caractéristiques étant les suivantes :

Année	Volume juillet-novembre milliards m^3	Pointe (arrondie)	Durée à 2000 m^3/s	Zone inondée S15
1982	9,3	2200	7	70 000
1977	9,7	2200	5	90 000
1980	11,8	3100	16	150 000
1981	13,0	2600	15	150 000
1973	13,3	3000	23	180 000

Ces chiffres suggèrent que les caractéristiques requises pour inonder des superficies données basés sur les crues historiques sont :

Superficie inondée	Volume crue naturelle	Pointe	Durée à 2000 m^3/s
100 000	10	2200	10
150 000	12	2600	15
200 000	14	3000	20

Ces chiffres peuvent être vérifiés pour les années où des inventaires des zones cultivées ont été entrepris. Ainsi, en 1973, on sait que 82 200 ha ont été cultivés, ce qui suggère que la plus grande des trois crues, qui se base sur cette année, a été correctement dimenssioné. Par contre, les superficies cultivées ne s'élevaient en 1977 qu'à 15 000 ha, ce qui suggère que cela est trop petit. Le modèle UNE semble surestimer la zone inondée pendant les années de faibles crues (il fournit une limite supérieure de la superficie inondée, les résultats de certaines stations de jaugeage ne sont pas

encore disponibles), ce qui sera compensé par un léger élargissement de l'hydrogramme.

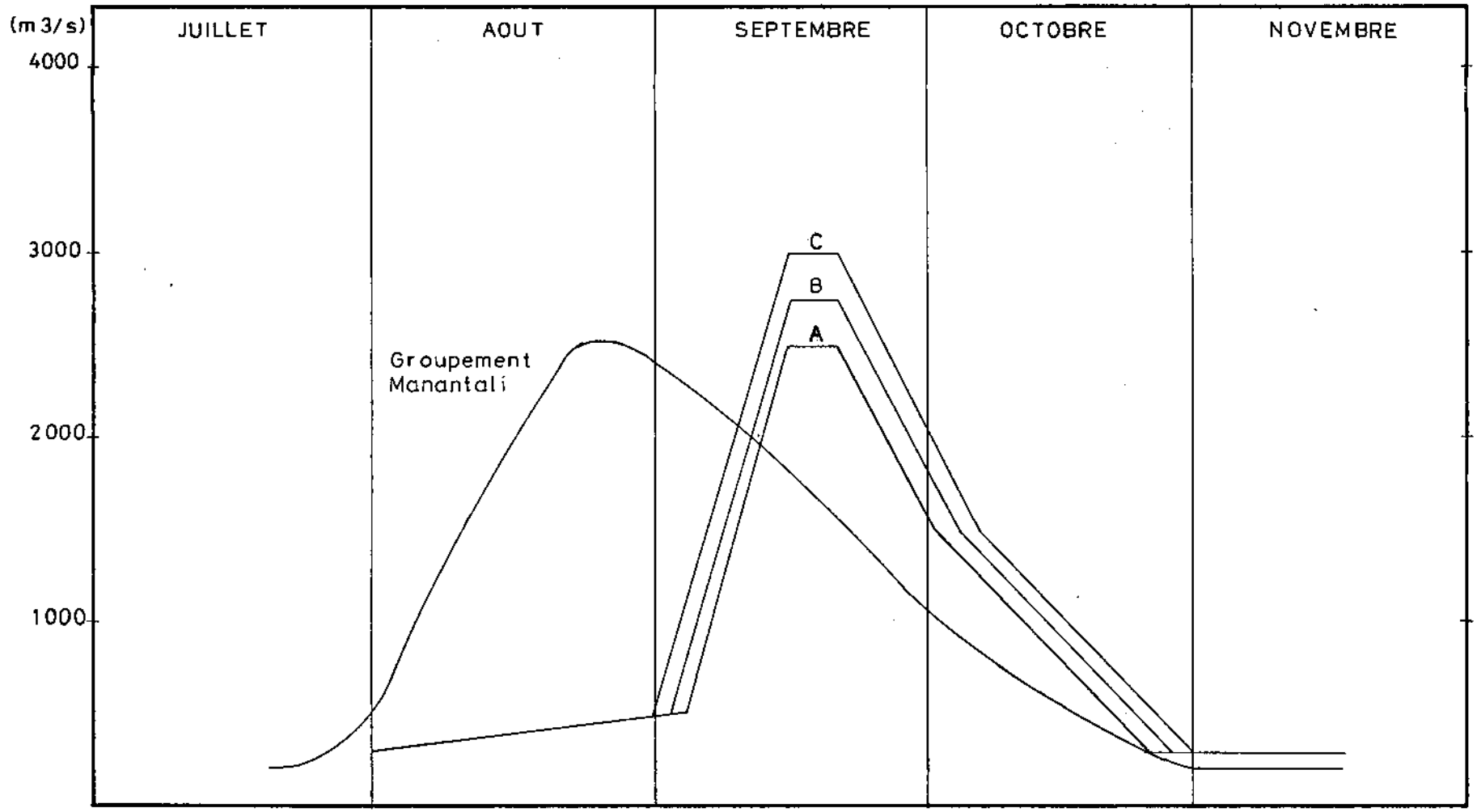
Les hydrogrammes à Bakel, avec les différentes caractéristiques de forme, ampleur, durée et temps requis pour inonder les superficies nécessaires, sont proposés au Tableau 5.3 et mentionnés à la Figure 5.3 (sur laquelle figure également la crue du Groupement Manantali). Les volumes des crues indiqués correspondent aux volumes minimums tels qu'ils ont été calculés d'après les hydrogrammes théroiques, c'est-à-dire qu'ils sont légèrement plus petits que ceux enregistrés lors des crues réelles et portés au Tableau 5.2.

TABLEAU 5.3

CARACTERISTIQUES DES CRUES ARTIFICIELLES PROPOSEES

Crue artificielle	Conçue pour permettre la culture de : (ha)	Volume août-octobre (milliards m^3)	Débit de pointe (m^3/s)	Durée à 2000 m^3/s (jours)
A	50 000	7,5	2500	10
B	75 000	8,5	2750	15
C	100 000	10,0	3000	20

Les répercussions dûes aux lâchures pour ces crues artificielles sur l'exploitation du barrage de Manantali seront étudiées au chapitre 6.



HYDROGRAMMES (A BAKEL) DES 3 CRUES ARTIFICIELLES A, B, C

ET DE LA CRUE DU GROUPEMENT

MANANTALI

FIGURE 5.3

CHAPITRE 6

ETUDES DE SIMULATION DE LA RETENUE

6.1 INTRODUCTION

6.1.1 Objectif

Cette partie de l'étude a pour objectif d'établir l'effet de crues artificielles de caractéristiques différentes sur le productible et l'exploitation du projet Manantali. Nous n'avons toutefois l'intention, au cours de ce chapitre, d'établir ni le mode optimal d'exploitation de la retenue ni le productible énergétique optimal, mais plutôt d'établir les éléments nécessaires à l'optimisation de la crue artificielle.

L'étude se divise en deux parties :

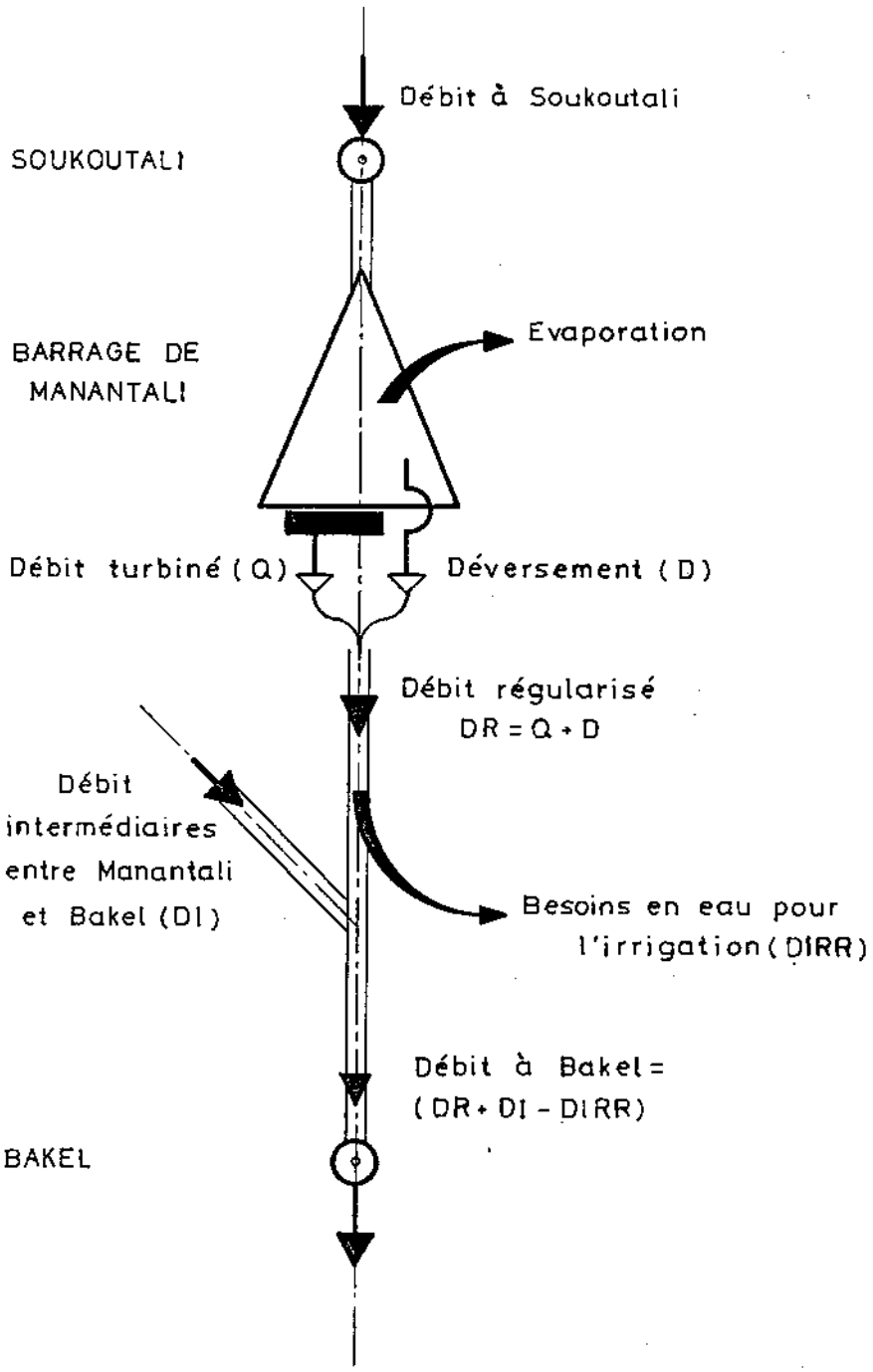
1) évaluation de l'énergie disponible du projet sans la contrainte de besoins d'eau minimums en aval;

2) évaluation de l'énergie disponible du projet en tenant compte de la lâchure d'une crue artificielle ainsi que de sa compatibilité avec les besoins de l'irrigation et de la navigation.

6.1.2 Description du modèle

Le modèle de planification développé simule le réseau fluvial de Soukoutali à Bakel, en englobant le barrage et la retenue de Manantali (Figure 6.1). Le modèle fonctionne par périodes mensuelles pour une série sélectionnée d'entrées hydrologiques et tient compte des éléments suivants :

* Débits fluviaux à Soukoutali et Bakel
* Besoins de l'irrigation
* Exploitation de la retenue de Manantali (apport, évaporation, déversement)
* Potentiel hydro-électrique du barrage de Manantali
* Débits fluviaux minimaux requis à Bakel



MODELE DE SIMULATION

Figure 6.1

Nous avons tenu compte de la contribution nette des affluents et de l'effet des pertes subies par le fleuve entre le barrage de Manantali et Bakel en utilisant la série prolongée des débits fluviaux à Soukoutali et à Bakel présentée au chapitre 2. Pour chaque période mensuelle de 1904 à 1984, la contribution nette à Bakel des affluents en aval de Manantali a été prise comme étant la différence arithmétique entre les débits à Bakel et à Soukoutali :

Débit intermédiaire = (Débit à Bakel) - (Débit à Soukoutali)

Cette équation est exactement correcte si le décalage entre Soukoutali et Bakel est égal à zéro. Pendant la période critique de la saison des crues, les temps de propagation sont de l'ordre de trois jours à une semaine et n'ont pas été pris en compte dans l'exploitation mensuelle.

6.1.3 Exploitation de la retenue

Le modèle peut être exploité en fonction de trois critères :

a. Assurer une énergie garantie
b. Fournir un débit minimal nécessaire à Bakel
c. Fournir une énergie garantie et un débit minimal à Bakel

En outre, on peut établir les cotes de retenue maximale et minimale permises pour tout mois donné.

Le modèle permet de calculer la quantité d'eau à turbiner pour fournir une énergie garantie donnée. Il permet alors de comparer cette valeur avec le débit minimal requis en aval :

(Demande à la retenue) = (besoin minimal à Bakel) - (contribution des affluents) + (tout besoin intermédiaire pour l'irrigation)

Si le débit turbiné est insuffisant pour satisfaire les besoins en eau en aval, une quantité d'eau supplémentaire sera soit lâchée par l'intermédiaire des turbines, si elles en ont la capacité, soit déversée par les vidanges de fond. Le modèle permet de vérifier que les vidanges de fond peuvent en fait laisser passer la quantité d'eau supplémentaire sous la hauteur de chute disponible.

Il est tenu compte des apports dans la retenue et de l'évaporation en réalisant des opérations respectives d'addition et de soustraction au volume de la retenue. Si, après que l'on ait lâché la quantité d'eau requise, le volume de la retenue est supérieur à son maximum, les quantités d'eau superflues sont soit passées dans les turbines pour produire de l'énergie secondaire soit déversées.

Les données suivantes utilisées pour le modèle sont présentées à l'Annexe B du présent rapport :

a. Caractéristiques de la retenue de Manantali
b. Loi hauteur-débit en aval du barrage
c. Capacité d'évacuation de la vidange de fond
d. Evaporation nette
e. Catactéristiques principales de l'usine

Les apports mensuels à Bakel et Soukoutali de 1904 à 1984 utilisés sont ceux présentés aux Tableaux 2.6 et 2.7.

6.2 PRODUCTIBLE DE MANANTALI SANS CONTRAINTES

6.2.1 Potentiel hydro-électrique de Manantali

Le productible du projet a été évalué par le Groupement Manantali dans son rapport "Actualisation de l'étude du marché de l'énergie électrique" de juillet 1985 ainsi que par EDF dans son "Plan Directeur de la production et du transport" également établi en juillet 1985.

Cette section n'a pas pour but de passer en revue les conclusions desdits rapports mais plutôt de déterminer une production énergétique de base, par rapport à laquelle les effets des diverses crues artificielles peuvent être appréciés. Il faut noter, cependant, que les données hydrologiques ont été révisées en vue de la présente étude (voir section 2.2). Les résultats de la présente étude ne sont par conséquent pas directement comparables avec ceux des études précédentes.

Une première gestion de la retenue a été établie de manière à essayer de fournir une puissance garantie donnée au cours de toute la période 1904-1984 sans tenir compte d'autres besoins. A l'encontre des études réalisées par EDF, la production de l'usine n'est pas diminuée afin de conserver l'eau en périodes d'étiage. Ceci aboutit à une puissance garantie plus élevée et à une énergie moyenne inférieure par rapport à celles établies par EDF, mais il faut garder à l'esprit les hypothèses de gestion et interpréter les résultats en conséquence.

Les analyses ont démontré qu'une puissance garantie de 86 MW pourrait être produite sur toute la période 1904-1984, à une probabilité de dépassement de 100%, avec une énergie moyenne annuelle de 973 GWh. Une puissance garantie de 87 MW impliquerait une probabilité de dépassement de 98%, avec un échec total en ce qui concerne la réalisation des objectifs fixés en 1984, année à laquelle la puissance garantie baisserait à 9 MW seulement avec un rabattement de la retenue jusqu'à la cote +187 m. Par ailleurs, il est également noté que, pour ces deux analyses, le niveau de retenue à la fin de la crue au mois de décembre 1984 est plus bas qu'en juillet 1984, avant la crue. Ceci se traduirait vraisemblablement par la non-réalisation des objectifs au cours de la prochaine année d'exploitation, laquelle tombe en dehors de la période d'analyse.

On constate aussi que toutes les années d'échec se concentrent dans quelques périodes isolées (1913-1915, 1941-1945, 1972-1974 et 1980-1984).

Les effets sur la production de puissance et d'énergie de la période actuelle de sécheresse peuvent être illustrés en comparant la puissance garantie de 86 MW des années 1904-1984 avec celle qui est réalisable sur la période 1904-1978, soit à peu près 100 MW avec une énergie moyenne annuelle de 1 050 GWh. Cet écart relativement important est dû à la séquence d'années sèches après 1978 et il démontre la contrainte sur la puissance garantie que représente l'absence d'un stockage inter-annuel pendant des périodes sèches.

Si l'on tient compte d'une probabilité de dépassement de 95% sur toute la période, l'on aboutit là encore à une puissance garantie de 100 MW, mais avec une énergie moyenne annuelle légèrement moins élevée, de 1 015 GWh.

Les résultats de l'analyse précédente sont résumés au Tableau 6.1.

TABLEAU 6.1

GESTION DE LA RETENUE DE MANANTALI

EN VUE SEULEMENT DE LA PRODUCTION D'UNE PUISSANCE GARANTIE

Période	Probabilité de dépassement	Puissance garantie (MW)	Moyenne annuelle			Total (Mm^3) déversement
			Energie garantie (GWh)	Energie secondaire (GWh)	Energie totale (GWh)	
1904-1984	100%	86	753	220	973	3 907
1904-1984	95%	100	876	139	1 015	2 504
1904-1978	100%	100	876	176	1 052	2705

6.2.2 Effets sur les débits en aval

Les débits à Bakel seront partiellement régularisés grâce aux lâchures à partir de la retenue de Manantali. Les niveaux de dépassement en ce qui concerne la réalisation de certains débits en divers mois sur la base des séries historiques 1904-1984 sont donnés aux Tableaux 6.2. La Figure 6.2 illustre les débits mensuels pour les probabilité de dépassement de 90% et 95%. L'on constate que le débit ne descend en-dessous de 200 m^3/s qu'au cours d'une courte période de juin.

Il faut remarquer que durant la période mai à juillet, les données hydrologiques indiquent que la contribution nette des affluents entre Manantali et Bakel est souvent négative; cela veut dire qu'il y a une perte d'eau entre Manantali et Bakel. Ceci est visible sur le modèle de simulation par des valeurs d'apports à Bakel moindres que ceux turbinés à Manantali.

Il n'est pas possible actuellement d'évaluer pleinement dans quelle mesure ces pertes reflètent la réalité ou sont le résultat d'autres causes, telles que des erreurs de lecture aux stations de jaugeage, ou des temps de propagation importants entre Manantali et Bakel durant la saison d'étiage.

TABLEAU 6.2a

FIABILITE DES DEBITS A BAKEL (M^3/S) A PARTIR DE LA SERIE 1904-1984

(REGULARISES PAR LES LACHURES DE MANANTALI,

AVEC PUISSANCE GARANTIE DE 86 MW)

Probabilité de dépassement	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	
100.00%	184.50	188.20	196.20	188.40	178.30	94.70	148.10	257.30	275.80	213.90	165.60	171.70
95.00%	195.02	196.06	200.21	199.53	190.33	112.17	226.57	520.90	670.83	400.13	234.48	198.41
90.00%	200.54	199.64	200.86	201.44	194.08	124.80	239.78	659.28	892.54	558.06	251.06	205.30
85.00%	205.57	202.41	202.14	202.70	196.91	134.37	263.50	771.73	1158.66	730.59	294.97	212.26
80.00%	208.40	204.18	203.96	203.76	199.12	152.18	282.26	826.28	1585.04	933.44	320.00	221.30
75.00%	209.82	205.73	206.07	204.42	199.70	161.17	303.27	935.15	1825.90	988.02	341.25	224.77
70.00%	212.73	207.09	208.50	204.73	200.33	167.46	313.20	1015.03	2108.85	1083.81	371.77	226.86
65.00%	215.41	209.55	209.74	206.20	200.74	175.30	335.47	1051.40	2379.72	1200.98	415.43	237.44
60.00%	217.04	212.46	210.94	207.48	201.60	180.36	343.92	1090.96	2583.76	1239.82	423.78	244.40
55.00%	219.28	213.64	213.83	208.04	201.98	185.70	350.00	1148.68	2941.67	1300.84	443.18	249.68
50.00%	222.90	215.30	214.50	208.40	202.70	197.80	366.65	1198.30	3051.30	1320.30	477.30	257.10
45.00%	225.19	217.18	214.81	209.05	203.55	207.37	404.27	1482.26	3163.33	1368.56	522.82	266.16
40.00%	230.04	219.46	217.04	209.60	204.86	210.44	409.42	1551.88	3369.66	1560.40	571.64	271.80
35.00%	234.24	220.98	219.10	210.67	205.79	212.07	434.16	1774.21	3572.63	1655.44	589.56	288.28
30.00%	237.47	223.54	220.44	211.80	207.13	213.16	455.29	2042.40	3927.29	1845.44	618.75	296.05
25.00%	242.23	225.32	222.20	213.20	208.42	217.08	469.37	2223.70	4198.47	1954.82	679.32	311.25
20.00%	247.26	228.12	224.86	214.40	209.22	230.80	487.56	2332.12	4393.34	2180.92	747.92	319.40
15.00%	258.27	231.24	226.97	216.05	210.29	240.37	529.46	2548.20	4894.63	2448.60	774.62	333.27
10.00%	264.53	237.31	228.49	216.70	212.12	247.59	571.10	3131.43	5327.53	2669.09	853.83	365.60
5.00%	286.16	248.06	230.58	220.50	220.12	272.07	627.54	3806.54	5965.41	3087.25	1012.10	405.48

Débit moyen minimal pour crue sur	50 000 ha	373	1736	747
	75 000 ha	373	1929	933
	100 000 ha	373	2315	1120

TABLEAU 6.2b

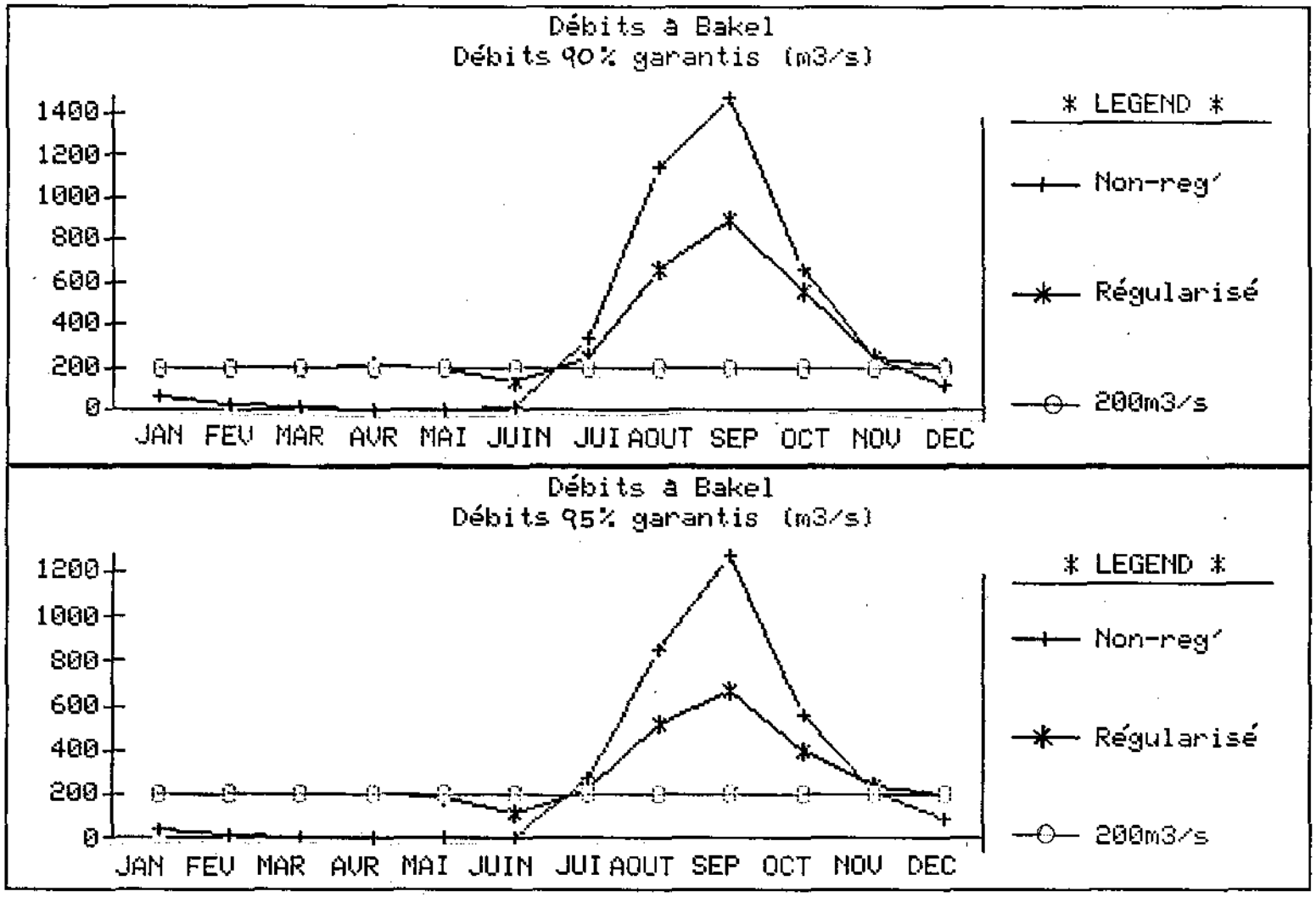
FIABILITE DES DEBITS A BAKEL (M^3/S) A PARTIR DE LA SERIE 1904/1984

(NON REGULARISES)

Nombre de valeurs = 81

Probabilité de dépassement	Jan	Fév	Mars	Avril	May	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
100.00%	23.90	8.17	2.40	1.10	0.05	0.18	212.00	682.00	571.00	434.00	137.00	49.90
95.00%	42.03	17.47	3.84	1.44	0.56	3.05	276.90	849.80	1278.90	559.50	216.00	87.65
90.00%	64.83	30.24	8.66	2.71	1.05	8.19	335.10	1138.10	1478.20	658.90	247.40	121.20
85.00%	73.56	38.60	14.61	3.58	1.57	20.21	350.05	1325.85	1710.15	742.85	271.65	141.50
80.00%	86.48	45.00	20.12	6.80	2.48	25.60	369.20	1471.40	1912.20	954.20	337.40	156.80
75.00%	101.25	55.75	29.00	10.25	4.03	30.25	392.50	1566.50	2133.50	1030.75	358.50	171.00
70.00%	109.30	62.90	34.30	12.00	5.00	40.00	404.50	1725.00	2311.70	1132.40	389.00	195.00
65.00%	115.00	68.49	35.78	13.87	5.00	42.23	413.10	1805.85	2440.05	1227.10	432.70	200.35
60.00%	120.00	70.00	38.00	14.64	6.56	52.84	478.00	1868.60	2755.40	1287.40	440.80	211.60
55.00%	124.45	72.00	38.78	15.00	9.74	79.73	511.15	1935.65	2963.15	1308.45	460.25	219.45
50.00%	128.50	74.50	40.05	16.00	10.00	85.35	537.50	2083.00	3152.00	1327.50	494.50	225.00
45.00%	130.00	75.00	40.95	16.39	10.00	94.95	572.70	2206.00	3297.40	1376.50	539.85	230.55
40.00%	134.20	77.60	42.00	17.06	10.00	114.00	590.00	2329.60	3452.80	1568.20	589.00	244.60
35.00%	139.65	84.04	43.00	18.00	10.00	120.00	621.95	2635.75	3624.45	1663.05	606.60	268.25
30.00%	152.00	88.00	48.49	19.70	10.00	120.00	651.50	2732.00	3942.60	1852.80	635.70	273.40
25.00%	161.50	96.50	51.50	22.00	10.00	120.00	713.00	2991.75	4188.00	1963.25	696.50	290.00
20.00%	182.40	103.00	57.68	23.64	10.00	140.00	809.60	3090.20	4383.00	2188.20	764.60	323.20
15.00%	196.40	111.85	62.42	26.03	10.00	163.20	822.85	3421.80	4885.70	2456.80	791.60	345.95
10.00%	204.90	117.80	65.90	30.00	10.72	175.70	939.90	3621.50	5411.10	2677.00	871.30	379.50
5.00%	214.75	125.00	70.00	32.85	14.95	235.10	1011.00	4165.05	5956.90	3095.15	1028.50	408.40

Debit moyen minimal pour crue sur	50 000 ha	373	1736	747
	75 000 ha	373	1929	933
	100 000 ha	373	2315	1120



Débits garantis à 90% et 95% à Bakel avec :
a) cours d'eau non régularisé
b) régularisation par Manantali avec puissance garantie de 86 MW

FIGURE 6.2

Le niveau de dépassement de 95% en ce qui concerne la réalisation et de la crue et de la puissance garantie est atteint à une puissance garantie de 74 MW. Selon ces critères-là cependant, l'on n'arrive qu'à 90% de probabilité pour la satisfaction des besoins en débit de base en tout mois donné. Le niveau de dépassement du débit de base ne peut être augmenté au-delà de 95%, même si l'on accepte une puissance garantie nulle au cours des mois critiques de juin à août.

Les échecs eu égard à la satisfaction des critères maîtres sont concentrés dans les années suivant 1980; il a néanmoins également été noté que les conditions qui prévalent aux environs de 1914 mènent, elles aussi, à une défaillance de débit de base pendant plusieurs mois.

On arrive donc à la conclusion que, pendant une série d'années sèches comme en 1913/14 et depuis 1980, il ne sera pas possible de fournir un débit de base fiable aux fins de l'irrigation et de la navigation en même temps qu'une crue artificielle.

L'aptitude de l'aménagement à fournir puissance garantie, énergie, débit de base et crue artificielle en une année sèche dépend du volume de stockage résiduel de la retenue grâce à la crue précédente et du nombre d'années au cours desquelles durent les conditions de faible hydraulicité.

Sur la base de toute la série 1904-1984, la perte de productible hydro-électrique conséquente à la fourniture d'une crue adéquate pour 50 000 ha de culture, par rapport au cas d'un débit de base de 200 m^3/s uniquement, est de l'ordre de 20 MW avec une réduction correspondante de l'énergie moyenne annuelle (1904-1984) de 70 GWh.

6.3.3 Fourniture d'une crue artificielle pour 75 000 ha et 100 000 ha de culture de décrue

Si l'on considère des zones de cultures de décrue de 75 000 et 100 000 ha, ce sont des crues de 8,5 milliards de m^3 et 10 milliards de m^3 respectivement qui devront être créées.

Le conflit qui existe entre assurer un débit de base de 200 m^2/s et créer les crues artificielles devient plus aigu. A la limite, si l'on met de côté la nécessité d'avoir une puissance garantie, la certitude d'obtenir un débit de base n'est que de 92% pour la crue de 8,5 milliards de m^3, et de 84% pour celle de 10,0 milliards de m^3. On trouvera, aux Tableaux 6.5 et 6.6, un résumé des résultats des analyses.

TABLEAU 6.5

PROBABILITE DE FOURNIR UN DEBIT DE BASE ET UNE CRUE SI LA PUISSANCE GARANTIE EST IGNOREE

	Crue (milliards de m3)	Probabilité de dépassement		Energie moyenne annuelle (GWh)
		Débit de base de 200 m3/s	Crue artificielle	
	0,0	100%	-	917
A	7,5	95%	97%	886
B	8,5	92%	97%	869
C	10,0	84%	95%	831

(Basé sur la série 1904-1984)

TABLEAU 6.6

PUISSANCE GARANTIE MENSUELLE (PROBABILITE DE DEPASSEMENT DE 95%) UTILISANT LES DEBITS RESTITUES POUR PRODUIRE LA CRUE ET LE DEBIT DE 200 M^3/S A BAKEL - PERIODE 1904-1984 (MW)

Crue (milliards de m3)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
7,5	46	63	66	64	60	43	00	00	197	144	38	50
8,5	45	55	56	00	00	10	00	00	171	136	28	48
10,0	5	00	00	00	00	00	00	00	142	111	11	20

(Basé sur la série 1904-1984)

6.3 IMPACT DE LA CRUE ARTIFICIELLE

Les études antérieures ont indiqué que le débit minimal à Bakel pour répondre aux besoins de la navigation et de l'irrigation au cours de la période transitoire est de l'ordre de 200 m^3/s. La présente section présente l'analyse de l'effet sur la production hydro-électrique de cette exigence ainsi que de la lâchure de crues artificielles alternatives.

6.3.1 Effet de la fourniture d'un débit garanti de 200 m^3/s

Si l'on exige à Bakel un débit minimal de 200 m^3/s, sans crue artificielle, la puissance garantie de l'usine sur la période 1904-1984 passe de 100 MW à 90 MW environ (voir Tableau 6.3) pour une probabilité de dépassement de 95%.

TABLEAU 6.3

EFFET SUR LA PUISSANCE GARANTIE DE LA FOURNITURE D'UN DEBIT MINIMAL DE 200 M^3/S TOUT AU LONG DE L'ANNEE

Puissance garantie (MW)	Probabilité de fourniture du débit de base chaque mois	Probabilité de fourniture de la puissance garantie sur la période 1904-1984	Energie moyenne annuelle (GWh)
90	96%	98%	986
93	93%	97%	994
95	93%	93%	1001
100	92%	92%	1017

Il a été noté que tous les échecs en ce qui concerne la réalisation de la puissance garantie requise se sont produits après 1981.

La perte de puissance garantie que l'on peut attribuer à la fourniture d'un débit de base est donc de l'ordre de 5 à 10 MW alors que la perte d'énergie moyenne est de 30 GWh environ, en fonction des critères de probabilité de dépassement adoptés.

6.3.2 Fourniture d'une crue artificielle pour 50 000 ha de culture de décrue

Afin de déterminer si l'utilisation de l'eau à partir de la retenue pourrait soulever des conflits, une analyse a été effectuée en utilisant la crue artificielle la moins importante des trois crues établies au Chapitre 5 (Crue A).

Le modèle a été exploité pour donner un débit minimal de 200 m^3/s à Bakel, avec une crue de 7,5 milliards de m^3 au cours des mois d'août à octobre. L'exigence en puissance garantie a été variée et l'on a alors noté la probabilité de dépassement du débit de base, de la crue et de la puissance garantie (voir Tableau 6.4).

TABLEAU 6.4

EFFET SUR LA PUISSANCE GARANTIE DE LA FOURNITURE D'UN DEBIT DE BASE DE 200 M^3/S A BAKEL ET D'UNE CRUE ARTIFICIELLE DE 7,5 MILLIARDS DE M^3

Puissance garantie (MW)	% probabilité de dépassement			Energie moyenne annuelle (GWh)
	Débit de base	Crue	Puissance garantie	
95	90%	95%	90%	960
90	90%	95%	91%	945
80	90%	95%	94%	922
75	90%	95%	94%	916
74	90%	95%	95%	915
70	91%	97%	95%	912
65	92%	96%	96%	909
60	92%	96%	96%	907
50	92%	96%	97%	904
40	93%	96%	-	900
35	93%	96%	-	890

Les résultats complets de la série montrent que la gestion de la retenue améliorera la probabilité de satisfaire la demande et rehaussera le productible hydro-électrique ainsi que les débits de base du fleuve pendant la saison sèche.

Le volume de la crue artificielle suceptible d'être libéré dépendra de la quantité d'eau qui sera restée dans la retenue depuis la crue précédente, ainsi que des apports du fleuve à la retenue et de la contribution des affluents.

L'étude a montré qu'il n'était pas possible d'obtenir et une crue artificielle et un débit de base en période de sécheresse telle que nous la connaissons actuellement. Cependant, si l'on assiste à un retour des conditions hydrologiques qui avaient été observées entre 1904 et 1979, la création d'une crue suffisante pour 100 000 ha de cultures de décrue sera possible presque toutes les années.

Lors d'une succession d'années sèches, il sera nécessaire de réduire le volume de la crue artificielle de façon à conserver un débit de base pour les années suivantes. Il faudra, également, avoir recours à des installations thermiques, principalement en juillet et août, pour compenser l'énergie qui n'aura pas été produite par la centrale hydro-électrique.

La perte de capacité et d'énergie attribuable à l'existence d'un débit de base et d'une crue artificielle peut être évaluée en se référant au coût de produire l'énergie par d'autres moyens, à savoir, dans le cas présent, grâce à une variété d'installations thermiques.

Pendant les premières années d'exploitation de Manantali, il y aura un surplus de capacité thermique considérable dans le système. Cette perte n'a donc pas été prise en compte dans les calculs ci-après.

En prenant comme prix moyen du combustible pour la production thermique, 26 FCFA/kWh*, les pertes encourues par les lâchures supplémentaires sont indiquées au Tableau 6.7.

* Ce prix est extrait du rapport final du Groupement Manantali, Actualisation du marché de l'énergie électrique, Juillet 1985. Il est basé sur le prix du fuel lourd de 97 638 FCFA/t (Décembre 1984).

TABLEAU 6.7

PERTES D'ENERGIE DUES AUX CRUES ARTIFICIELLES

	Puissance garantie (probabilité: 95%) (MW)	Energie moyenne (GWh)	Perte d'énergie (GWh)	Coût par 26 FCFA/kWh (milliards de FCFA)	Coût unitaire par ha (FCFA/ha)
Energie prioritaire	100	1015	0	-	-
Débit de base 200 m^3/s	90	986	29	0,75	-
Crue : 7,5 milliards m^3	70	912	103	2,68	53 600
Crue : 8,5 milliards m^3	50	883	132	3,43	45 730
Crue : 10,0 milliards m^3	20	837	178	4,63	46 300

Pour la période 1904-1984

Le bénéfice provenant des cultures de décrue est d'environ 34 000 FCFA/ha, c'est-à-dire légèrement plus faible que les dépenses encourues. Cependant, durant les périodes de sécheresse prolongée, le coût de créer une crue artificielle sera bien supérieur aux bénéfices procurés par la crue sur le plan agricole, si tant est que cette crue peut être effectivement libérée.

Si les faibles prix actuels du pétrole devaient persister, le prix de l'énergie thermique chuterait en-dessous des 26 FCFA/kWh utilisé dans les calculs précédents.

Nous tenons à souligner que les chiffres précités ne le sont que dans le but d'effectuer des comparaisons et ne sont de ce fait donnés qu'à titre indicatif. Ils ne sont nullement le résultat d'une étude d'optimisation approfondie sur la gestion de la retenue.

6.3.4 Moment de la crue

En ce qui concerne la production hydro-électrique et le maintien d'un débit de base, les résultats des analyses indiquent que la puissance garantie pourrait être améliorée si la crue était ravancée.

Cela n'aurait qu'un effet négligeable sur la production d'énergie moyenne. Cette amélioration serait due à une réduction du déversement, étant donné que la crue artificielle précéderait la crue naturelle. Ce fait pourrait être utile quant à la gestion de la retenue pendant des périodes de sécheresse prolongées.

6.4 REMPLISSAGE DE LA RETENUE

Selon le rapport de juillet 1985 du Groupement Manantali, on commencera la mise en eau de la retenue en juillet 1987 avant l'achèvement des travaux de construction du barrage qui est prévu pour avril 1988. En 1987, la cote de retenue devrait être maintenue au-dessous de +195 m car le barrage ne dépassera pas alors une hauteur de +200 m. Le remplissage de la retenue devrait être terminé au cours de 1990, année de la mise en service prévue de la centrale hydro-électrique.

6.4.1 Lâchures en aval et débits fluviaux

Au cours du processus de remplissage, il sera nécessaire de lâcher de l'eau pour faire face aux besoins de l'irrigation en aval ainsi que pour l'alimentation en eau potable. La présente section examine l'impact sur le remplissage de la retenue de la fourniture d'une crue artificielle de 7,5 milliards de m^3, 8,5 milliards de m^3 et 10 milliards de m^3 destinée à la culture de décrue sur des superficies respectives de 50 000 ha, 75 000 ha et 100 000 ha.

Les besoins en eau minimaux en aval de Bakel ont été pris comme étant environ ceux de l'année décennale sèche. Il a été démontré dans notre rapport antérieur sur les mesures urgentes de Diama que les besoins actuels de l'irrigation peuvent encore être satisfaits par ces apports. Il a en outre été supposé que la lâchure minimale de la retenue de Manantali s'élève à 10 m^3/s.

Afin de comparer les effets sur le remplissage de la retenue d'années d'hydraulicité différente, l'étude a été réalisée à l'aide des débits moyens mensuels affectés d'un facteur de 0,4 à 1,2, le même facteur étant appliqué par groupe de trois années consécutives.

Les données relatives aux besoins en eau et aux débits fluviaux sont inscrites au Tableau 6.8.

TABLEAU 6.8

DONNEES RELATIVES AUX BESOINS EN EAU ET AU DEBITS FLUVIAUX

	Apport à Manantali m3/s	Apport inter-médiaire net m3/s	Débit de l'année décennale sèche à Bakel m3/s	Débit requis a Bakel m3/s	Débit pour la culture de décrue : 50 000 ha Mm3	75 000 ha Mm3	100 000 ha Mm3
Mai	11	-3	1.	10	27	27	27
Juin	111	-21	8	10	26	26	26
Juillet	396	177	335	200	536	536	536
Août	1108	1173	1138	(Crue artificielle)	1000	1000	1000
Sept	1295	1920	1478	"	4500	5000	6000
Oct	774	784	659	"	2000	2500	3000
Nov	339	197	247	200	518	518	518
Déc	160	75	121	100	268	268	268
Jan	89	40	65	50	134	134	134
Fév	49	25	30	30	73	73	73
Mars	20	19	8	10	27	27	27
Avril	8	8	3	10	26	26	26
TOTAL	11 515	11 581 Mm3		TOTAL = 9134		10 134	11 134

Au cours de la mise en eau initiale en 1987/88, une certaine quantité d'eau sera perdue par infiltration dans le bassin de la retenue. Nous n'avons trouvé aucune information à ce sujet, aussi aux fins de l'analyse avons-nous adopté une perte de 200 millions de m^3 (ce qui équivant à 0,5 m sur les 400 km^2 du bassin). Cette perte est supposée être subie au cours des huits premiers mois du remplissage.

6.4.2 Résultats

Les courbes de remplissage sont présentées aux Figures 6.3 à 6.5 pour les trois crues artificielles considérées.

Un débit fluvial de 80% des débits moyens et plus, permettra de remplir la retenue à la mi-1990 sans aucun problème et de fournir une crue artificielle suffisante pour alimenter 100 000 ha de culture de décrue.

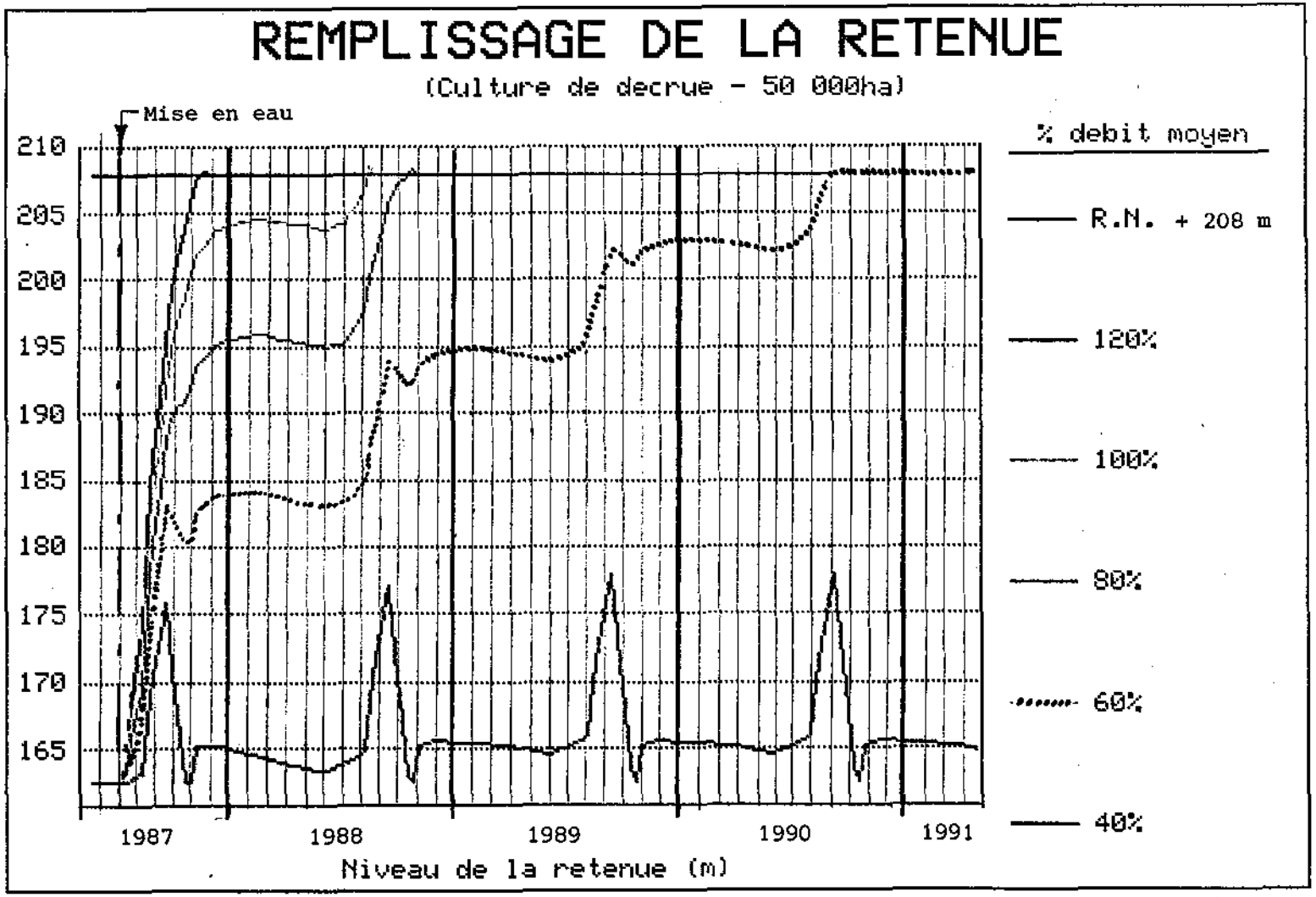

REMPLISSAGE DE LA RETENUE
(Culture de decrue - 50 000ha)
Mise en eau
210
205
200
195
190
185
180
175
170
165
1987
1988
1989
1990
1991
Niveau de la retenue (m)
% debit moyen
R.N. + 208 m
120%
100%
80%
60%
40%

FIGURE 6.3

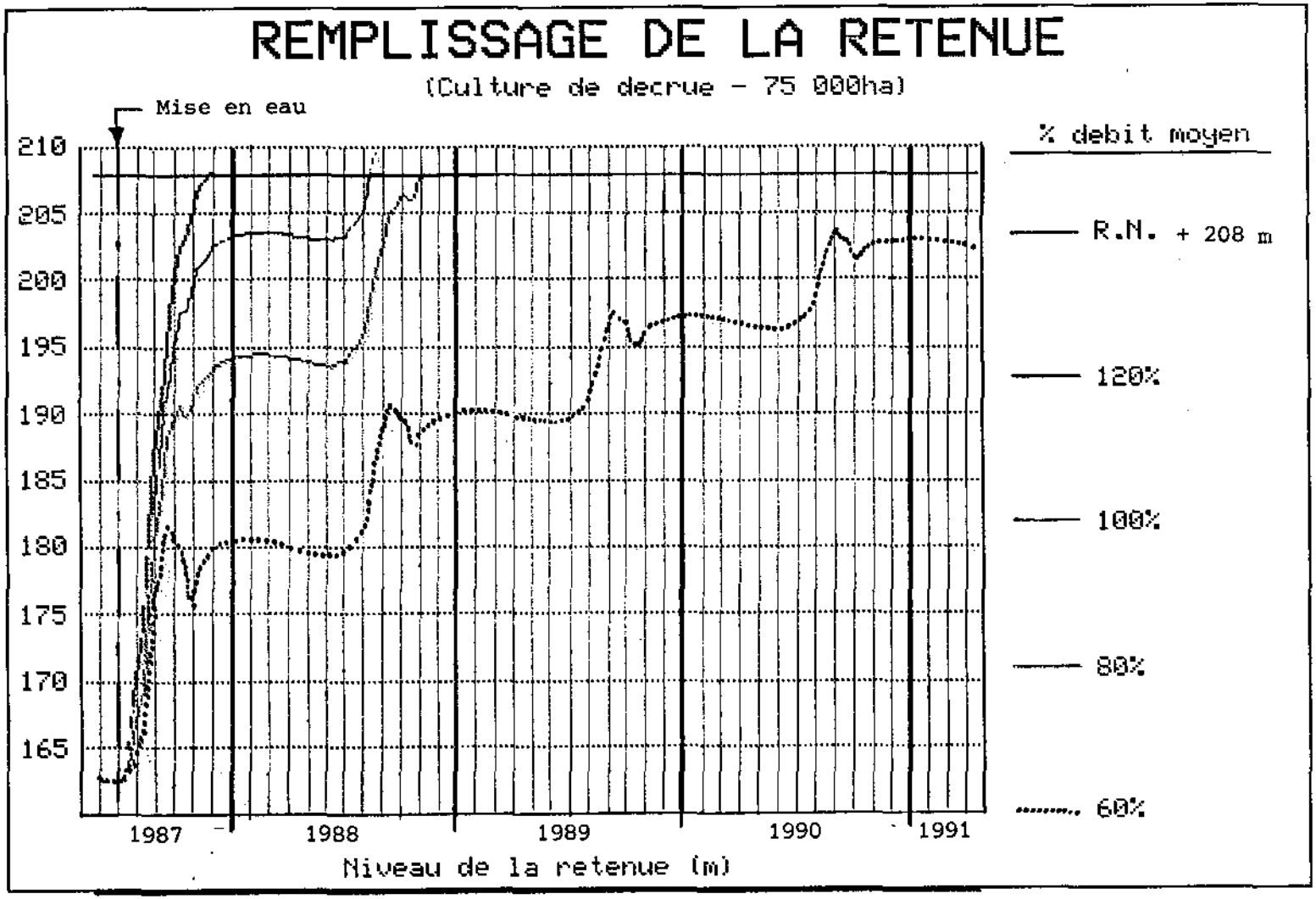

REMPLISSAGE DE LA RETENUE
(Culture de decrue - 75 000ha)
Mise en eau
210
205
200
195
190
185
180
175
170
165
1987
1988
1989
1990
1991
Niveau de la retenue (m)
% debit moyen
R.N. + 208 m
120%
100%
80%
60%

FIGURE 6.4

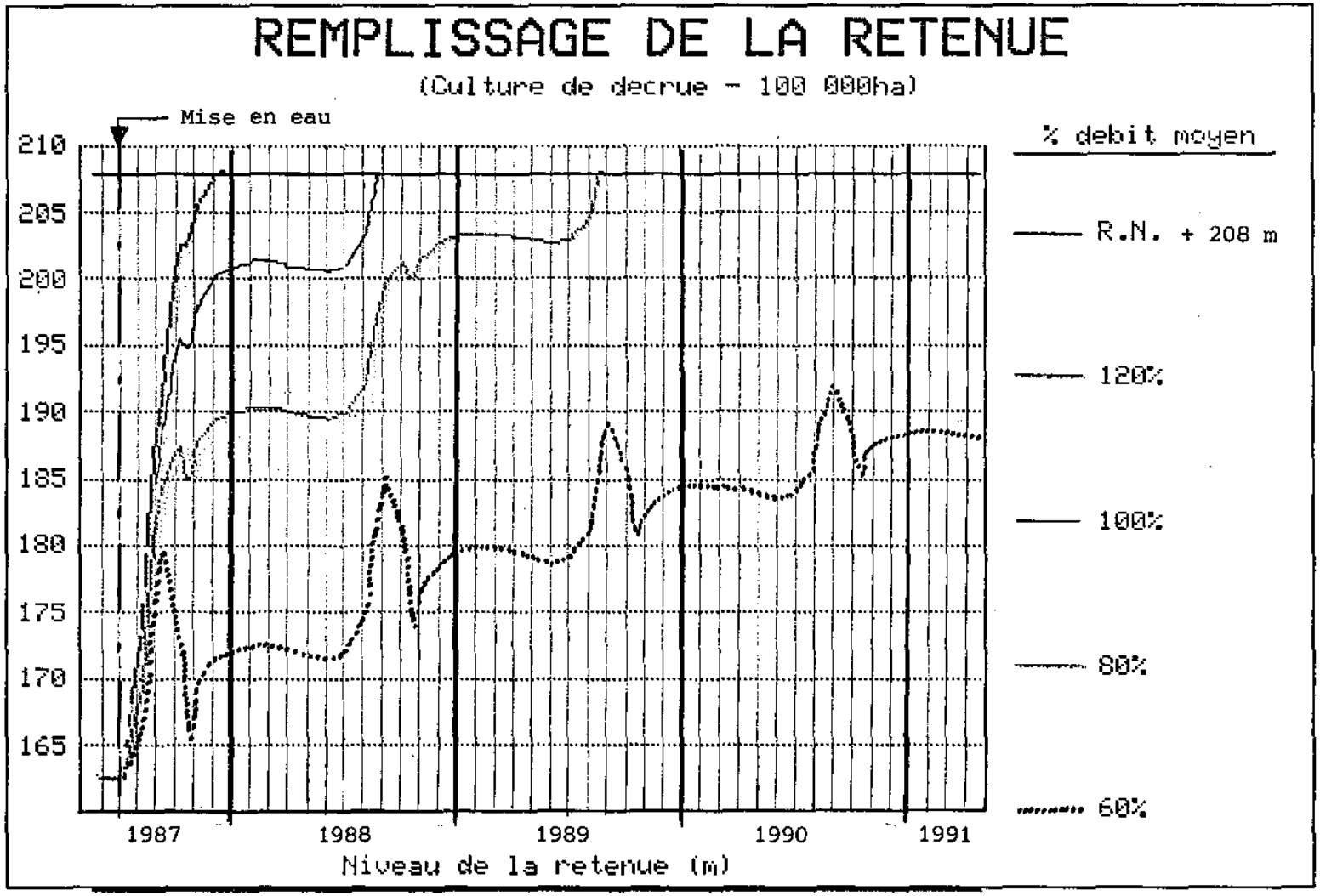

REMPLISSAGE DE LA RETENUE
(Culture de decrue - 100 000ha)
Mise en eau
210
205
200
195
190
185
180
175
170
165
1987
1988
1989
1990
1991
Niveau de la retenue (m)
% debit moyen
R.N. + 208 m
120%
100%
80%
60%

FIGURE 6.5

Pour un débit fluvial d'environ 60% du débit moyen annuel, il faudra réduire la crue artificielle de manière à n'alimenter que 50 000 ha de culture de décrue si l'on veut remplir la retenue à la cote +208 m en 1990.

Si le débit fluvial est inférieur à 60% du débit moyen annuel, le remplissage de la retenue ne pourra alors être terminé en 1990 que si l'on réduit davantage les débits lâchés pour la crue artificielle.

A l'heure actuelle, la région subit une sécheresse prolongée qui se poursuivra peut-être à l'époque du remplissage de la retenue. Si c'est le cas, on peut se faire une idée de la superficie de culture de décrue qui pourrait être développée en examinant les débits fluviaux enregistrés depuis 1979 (Tableau 6.9).

TABLEAU 6.9

APPORTS FLUVIAUX 1979-1984

	Apport à Manantali (Mm3)	% du débit moyen	Apport net des affluents (Mm3)	% du débit moyen
1979	5786	50%	3944	34%
1980	7201	63%	5089	44%
1981	7118	62%	6317	55%
1982	5882	51%	3813	33%
1983	7233	63%	-	-
1984	4529	39%	2366	20%
	Moyenne 1904-1984	11 515 Mm3	Moyenne 1904-1984	11 581 Mm3

On note en premier lieu que la proportion entre les débits d'entrée dans la retenue et la contribution nette des affluents est différente de celle d'une année moyenne (voir Figure 4.1 du Chapitre 4). Il en ressort toutefois que l'on ne pourra vraisemblablement pas lâcher une crue suffisante pour alimenter 50 000 ha de culture de décrue.

A l'Annexe B du présent rapport, nous donnons, à titre d'exemple, les résultats complets d'une analyse de remplissage tenant compte de l'alimentation de 50 000 ha de culture de décrue et basée sur l'hypothèse d'une mise en eau au 1er juillet 1979. Cette analyse révèle que la retenue ne se serait pas en fait remplie dans les trois ans requis. Elle aurait atteint une cote maximale de +196 m en septembre 1982 et aurait généralement satisfait aux besoins en eau requis à Bakel.

CHAPITRE 7

PERIODE DE TRANSITION

7.1 OBJECTIFS

La période de transition a pour objectif de remplacer progressivement les surfaces occupées par la culture de décrue par l'agriculture irriguée. La suppression de la crue artificielle dépendra du développement futur de cette culture irriguée.

L'approche de ce développement est actuellement différente au Sénégal et en Mauritanie. La Mauritanie envisage le développement parallèle de l'agriculture irriguée et d'une culture de décrue améliorée, tel que c'est actuellement le cas dans la région de Gorgol. Le Sénégal par contre ne désire développer que l'agriculture irriguée.

Or, il est évident que ces deux pays doivent disposer d'un programme commun. Si tel n'était pas le cas, la Mauritanie n'aurait investi dans une culture de décrue améliorée qui s'avèrerait à la longue impraticable. Si les développements dans le domaine de la culture de décrue améliorée constituent une étape dans la voie de l'agriculture irriguée, il ne devrait pas se présenter de problème. Un contact ininterrompu entre ces deux pays reste toutefois une absolue nécessité.

Dans le passé, des essais ont été réalisés au Sénégal en vue de retenir l'eau dans les cuvettes puis de la contrôler en clôturant les cuvettes à l'aide de digues et en réglant le passage de l'eau à l'aide d'une vanne. Cette méthode a été abandonnée dans les annnées 1960, la montée de la crue s'avérant par trop incertaine.

En 1985 une zone située aux environs de Nianga fut à nouveau équipée d'une vanne dans la digue entre Nianga et Mbantou en vue de faire pénétrer l'eau dans l'UNE NG-4. Une seconde digue fut également construite à l'intérieur de la cuvette et équipée d'une vanne permettant l'écoulement des eaux excédentaires. L'on a ainsi créé une zone où la crue est régulière et où il est également possible

de contrôler la période de décrue. L'on ne dispose malheureusement pas encore de résultats pour cette expérience.

L'introduction de la crue artificielle devrait permettre de déterminer globalement le moment et la hauteur de crue souhaitable. Les possibilités de développement de la culture de décrue deviennent de ce fait plus importantes.

La méthode consistant à fermer les cuvettes à l'aide d'une digue et d'une vanne ne doit toutefois être considérée que comme une étape, l'objectif à long terme étant de supprimer la crue artificielle et de cultiver la plus grande partie des cuvettes sous irrigation. Leurs parties basses pourraient toutefois continuer à être utilisée pour la culture de décrue à l'aide de la partie de la crue naturelle non contrôlée par le barrage de Manantali.

7.2 DEVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION PAR RAPPORT A LA CULTURE DE DECRUE

Par le passé, l'irrigation a principalement été développée dans les grands périmètres du delta ainsi que dans quelques périmètres entre Rosso et Bakel. De petits périmètres (10 à 80 ha) ont également été aménagés, principalement sur les sols Fondé et Faux Hollaldé, dans l'ensemble de la vallée et du delta.

Grâce surtout à l'introduction de ces petits périmètres, les paysans ont pu se rendre compte à la fois des possibilités offertes par l'irrigation et de ses limites. L'aménagement de ces petits périmètres a été présenté comme une solution intermédiaire et l'on peut s'attendre à ce que d'ici 2 à 5 ans, ce développement prenne fin au Sénégal, faute d'emplacements adéquats. En ce qui concerne la Mauritanie, il n'est pas encore possible de prévoir le moment où ce développement aura atteint sa limite.

Actuellement, les paysans hésitent entre la culture de décrue et la culture irriguée. Ceci s'explique surtout par les conséquences financières qui découlent de l'agriculture irriguée. L'incertitude de disposer d'eau d'irrigation suite à la pénurie de gasoil et de

pièces de rechange, de même que les frais d'entretien élevés, font en sorte que les paysans ont tendance à retourner rapidement à la culture de décrue.

Le développement des grands périmètres a toutefois réduit les surfaces occupées par la culture de décrue entre Rosso et Bakel. Les grands projets actuellement en cours d'exécution sont :

Projet	Pays	Unité naturelle d'équipement		Surface
CSS	Sénégal	Guidakar	UNE-G4	3400 ha (brut)
Dagana	Sénégal	Dagana	DA	4000 ha (brut)
Nianga	Sénégal	N'Galenka	NG-4	950 ha (net)
Guedé	Sénégal	-	-	280 ha (net)
Casier pilote	Mauritanie	Boghé	BO-1	400 ha (net)
Gorgol	Mauritanie	-		600 ha (net)

A l'avenir, il conviendra de ne plus prendre en compte la région de Gorgol étant donné que l'on y pratique actuellement une culture de décrue améliorée - grâce aux eaux du Gorgol Noir - parallèlement à une culture irriguée dans le Casier Pilote.

La régression de la culture de décrue dépend entièrement du développement de l'agriculture irriguée : planning, rythme de l'exécution, capacité d'exécution, type de projets et octroi de crédits.

(a) Au Sénégal - Après le développement très rapide des petits périmètres, l'aménagement de périmètres intermédiaires a également débuté. Son objectif est de créer dans la vallée des surfaces irriguées, de manière régulière et en quantité suffisante que pour assurer l'autosuffisance alimentaire de la population et permettre ainsi le remplacement de la culture de décrue. Ces périmètres sont aménagés sur les parties les plus élevées des cuvettes de manière à ne pas influencer directement les zones de culture de décrue.

Des projets sont également prévus pour l'aménagement de grands périmètres. Si leur aménagement est moins coûteux, leur exploitation, entretien et gestion se sont, par contre, avérés plus difficiles.

(b) En Mauritanie - Le programme actuel de développement prévoit à la fois l'extension de petits et de grands périmètres. Il prévoit également différents projets de culture de décrue, tel celui du lac R. Kiz. Différentes études consacrées à de grands projets sont actuellement achevées ou en cours d'exécution.

(c) Pour l'ensemble de la vallée située entre Bakel et Rosso, la vitesse de développement de l'agriculture irriguée dépend des crédits disponibles et de l'augmentation de la capacité d'exécution. De gros problèmes ont surgi, dus aux énormes distances, mauvaise infrastructure, pénurie d'intrants tels gasoil, engrais chimiques, semences et pièces de rechange et insuffisance de l'encadrement technique.

Les plans relatifs aux grands projets ont certes atteint un stade avancé, mais manquent dans l'ensemble de cohérence.

Les quatre types de développement actuellement en cours sont les suivants :

1. La culture de décrue améliorée, surtout dans les vallées adjacentes du fleuve Sénégal : Brakna-Gorgol et le lac R. Kiz.
2. Les petits périmètres villageois dans l'ensemble de la vallée.
3. Les périmètres intermédiaires qui ont débuté à Matam au Sénégal.
4. Les grands périmètres, dans le delta et dans quelques vallées, la plupart encore au stade de la planification.

Ces différents développements ne devraient pas en principe susciter de conflits étant donné qu'il existe encore suffisamment d'espace disponible dans la vallée. Toutefois, il est indispensable d'établir une planification très sérieuse qui permet la coexistence ou la succession de ces différents types de développement.

Il faut également tenir compte de ce que la crue naturelle ne pourra jamais être complètement éliminée, les crues provenant d'autres bassins que celui du Bafing n'étant pas contrôlées. En outre, même une partie des eaux du bassin du Bafing ne pourront pas être retenues par le barrage de Manantali.

Il s'ensuit qu'il ne sera pas nécessaire de remplacer la totalité de la culture de décrue, mais qu'il conviendra de déterminer les endroits où cette culture devra être maintenue, à savoir les parties basses des cuvettes.

On peut conclure que pendant la période transitoire, la crue artificielle devra être maintenue jusqu'au moment où les populations retireront un rendement suffisant des cultures irriguées et des cultures de décrue qui ne sont pas destinées à être remplacées.

Au cours de cette période, il conviendra d'établir et d'exécuter un programme qui évite une répartition inégale de la production de base dans la vallée.

7.3 ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES

7.3.1 Les données du problème

La garantie d'une crue artificielle optimale aura des conséquences importantes sur le plan socio-économique. Parmi les conséquences positives, on peut citer :

- la garantie d'une surface minimale cultivable en décrue permettant de pérenniser la culture traditionnelle de sorgho et d'accroître le taux de couverture de l'autosuffisance alimentaire;
- la possibilité, grâce à cette sécurité, d'engager des efforts pour améliorer la productivité des terres de oualo, moyennant une vulgarisation suffisante et le recours aux intrants;
- la possibilité de régénération de forêts de gonakiers qui serait à nouveau régulièrement inondées.

En sens contraire on peut prévoir :

- l'augmentation de la pression sur les terres de oualo par afflux de population supplémentaire attirée par la sécurité et la révalorisation de ces terres;
- la concrétisation de meilleurs résultats en culture de décrue n'aura-t-elle pas un effet de démobilisation des paysans vis-à-vis des aménagements hydro-agricoles.

La crue artificielle ne pouvant être pérennisée, au regard des autres utilisations en concurrence (eau potable, navigation, hydro-électricité), le problème qui se pose est de définir une stratégie d'extinction progressive de la crue qui soit compatible avec l'évolution socio-économique.

7.3.2 Les évolutions prévisibles et les contraintes

L'objectif des gouvernements concernés étant l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire des populations de la vallée, puis de celles des pays, une politique volontariste de développement des surfaces irriguées intensives est prévue.

Si ce développement se réalisait à un rythme soutenu, le premier objectif pourrait être atteint globalement en peu d'années. On parviendrait même très rapidement à saturation des capacités de main-d'oeuvre de la population du bassin du fleuve, même si cette dernière augmentait de façon sensible par le retour au pays d'actifs émigrés, ou l'immigration de familles nouvelles.

Au delà des prévisions qui relatent une position officielle des gouvernements, il convient de passer en revue les contraintes qui viendront modérer cette évolution programmée.

(a) Les contraintes extérieures aux pays

La concrétisation des souhaits des Etats en matière de développement des périmètres irrigués est totalement dépendante des financements extérieurs (bailleurs de fonds et ONG) et il peut y avoir divergence entre le rythme d'aménagement prévu et la réalité d'engagement des études nécessaires et de mobilisation des financements. Ainsi constate-t-on par exemple, que le plan d'aménagements prévu par la SAED pour sa deuxième lettre de mission ne sera pas réalisé, en partie pour ces raisons.

En outre, la politique d'indépendance alimentaire, si elle peut se justifier à long terme sur le plan économique, s'inscrit dans un contexte défavorable de rapport de prix, dans la mesure où le prix de revient des produits est supérieur au prix du marché international.

(b) Les contraintes relatives aux pays eux-mêmes

Il faut noter en premier lieu que, tant en ce qui concerne la situation actuelle des aménagements hydro-agricoles que leur rythme de développement dans le futur, on constate une hétérogénéité entre les Etats. Le haut bassin du Sénégal (Mali) bénéficie actuellement de très peu d'amenagements, la plupart sous utilisés de façon chronique, avec un développement prévisible modeste, compte tenu notamment de la grande concurrence qui existe avec les systèmes de cultures traditionnelles.

En particulier, la culture pluviale y est très importante en raison des conditions plus favorables que plus en aval dans la vallée. En ce qui concerne le Sénégal et la Mauritanie, qui bénéficient des mêmes conditions climatiques, édaphiques et hydrologiques, on constate des différences de développement et de prévisions de développement importantes de périmètres irrigués. Ainsi en 1984, la Mauritanie disposait d'une surface nette irrigable de 7664 ha soit 4 fois moins que le Sénégal (31 341 ha). En outre, les rythmes de développement prévus sont différents : 3000 ha/an en Mauritanie, 4000 ha/an au Sénégal. Cet écart pèsera sur les décisions d'échéance de suppression de la crue artificielle.

(c) Les contraintes socio-économiques

Dans un contexte de sécheresse qui devient chronique et qui, pour une grande partie de la Vallée, interdit les cultures pluviales, voire les cultures de décrue, le développement des périmètres irrigués suscite un très grand intérêt de la part des populations paysannes. En effet, malgré le changement social radical qu'elle entraîne, la culture irriguée garantit aux familles un niveau de subsistance appréciable, surtout lorsque la double culture sera effectivement possible.

La restauration - artificielle - d'une crue régulière et garantie va modifier ce comportement, de la même façon que l'occurence d'une crue naturelle, même faible, a des répercussions sur la production des périmètres irrigués. On a pu constater en effet, une faible crue s'étant développée à la fin 1985, un certain absentéisme sur des périmètres pourtant productifs et à forte motivation des paysans.

L'explication en est relativement simple : la culture de décrue, celle du sorgho en particulier, jouit d'un intérêt très important et nécessite des interventions très précises dans le temps pour être réussie. Les agriculteurs ont donc fait le choix d'assurer une récolte en sorgho, sachant qu'en délaissement temporaire des rizières n'altèrerait pas la récolte de paddy.

Ce phénomène risque de s'accentuer par le biais de la crue garantie, à fortiori si des actions concrètes d'amélioration des cultures de oualo sont mises en oeuvre. On note par ailleurs que la Mauritanie, par l'intermédiaire de la Sonader, engage des projets d'amélioration des cultures de décrue. On risque donc de voir se développer une tendance inverse à celle souhaitée, c'est-à-dire un regain d'intérêt pour la culture de oualo aux dépens de la culture irriguée.

Si nous reprenons les exemples chiffrés cités en 3.7.3, dans le cadre d'une culture de décrue améliorée (1000 kg/ha), le résultat net, déduction faite des intrants utilisés, permet de couvrir les besoins

alimentaires de la famille (production supérieure à 1500 kg). Ce résultat est à comparer à une parcelle en rizière de 0,5 ha qui serait attribuée à la même famille et qui permettrait d'obtenir, déduction faite des intrants et charges, de l'ordre de 1800 kg de riz blanc en double culture.

Ce rapprochement, sûrement trop schématique, permet de mettre en relief l'apparente contradiction entre le développement des surfaces irriguées, la culture de décrue garantie pour un temps, et la nécessité de supprimer à terme la crue artificielle.

On ajoutera, pour être exhaustif, qu'il y a également contradiction entre la nécessité de supprimer la crue artificielle et l'intérêt de celle-ci pour préserver les activités sylvicoles et pastorales qui constituent des éléments importants du contexte socio-économique et écologique de la vallée du Fleuve Sénégal.

7.3.3 Modalités de la transition

A notre sens, la crue artificielle ne pourra être supprimée que lorsque l'objectif social prioritaire aura été atteint, à savoir que l'autosuffisance alimentaire de la vallée sera assurée aux populations de la vallée. Cela signifie que chaque famille paysanne sera attributaire d'une parcelle irriguée suffisante et ce, bien évidemment, sur les deux rives du fleuve.

Tout en réalisant cet objectif, il conviendra de développer :

- les moyens de sensibilisation et de vulgarisation techniques des cultures irriguées, et de formation générale et technique de paysans;
- les infrastructures nécessaires à une exploitation normale de tous les périmètres;
- les circuits commerciaux amont et aval garantissant la fourniture d'intrants et la vente des produits excédentaires.

En ce qui concerne les aménagements, deux types de démarches devraient être engagées simultanément :

(a) sur le plan social : nous avons vu en 3.7 la grande importance des sols de oualo qui sont à la base de la structure sociale des populations. L'implantation des périmètres irrigués, qui se fera dorénavant sur ce type de sol, sera directement en concurrence avec les cultures traditionnelles et sera source de conflit dans la mesure où les organismes responsables utiliseront la loi foncière qui souvent s'opposera à la réalité actuelle du droit de propriété. Il nous semble donc utile que très vite, un processus de concertation soit engagé avec les détenteurs du droit d'occupation, les utilisateurs et les organismes d'aménagement pour préparer les schémas d'aménagement global.

(b) sur le plan technique et en liaison avec ce qui précède, il y aurait lieu de concevoir des schémas évolutifs d'aménagement. Cette démarche consisterait par exemple à créer dans un premier temps des endiguements à l'intérieur desquels seraient réalisées des cultures de décrue parfaitement contrôlées. Puis, par le biais notamment de parcelles irriguées de démonstration qui constitueraient le facteur mobilisateur, l'ensemble du périmètre serait peu à peu équipé en irrigation contrôlée.

Ce processus, actuellement mis en oeuvre en Mauritanie, offre les avantages suivants :

- ne pas provoquer de rupture brutale sur le plan social;
- mise en place progressive des aménagements et équipements récurrents facilitant l'organisation du périmètre, et la mise en place des moyens de production et de commercialisation.

Si cette démarche autoritaire d'occupation des terres pour les aménagements peut être envisagée au nom de l'intérêt collectif, il nous semble bien préférable de retenir un processus évolutif qui permettra le respect de toutes les composantes de la vie locale.

Il va sans dire que si le climat s'avérait plus clément que dans les dernières années et qu'une crue naturelle se produisait, la transition s'opèrerait dans les meilleures conditions.

CHAPITRE 8

SOLUTIONS ALTERNATIVES

8.1 INTRODUCTION

8.1.1 Objectif

La crue artificielle demande à ce qu'un volume d'eau très important soit libéré, volume d'eau qui ne peut être utilisé à d'autres fins. Toutes possibilités d'économiser l'eau et de minimiser le volume libéré devront être examinées. Les méthodes alternatives de réaliser les cultures de décrue ont par conséquent été étudiées. Plusieurs de ces méthodes ont été essayées ou discutées dans le passé, et donc cette étude s'appuie largement sur les bénéfices qu'ont été tirés de cette expérience.

8.1.2 Méthodes alternatives

Les méthodes qui peuvent être envisagées pour remplir les cuvettes tout en utilisant moins d'eau sont :

- l'emploi de pompes;
- la construction de déversoirs (ou de barrages mobiles) sur le Sénégal ou ses affluents, pour porter le niveau des eaux de crue au-dessus du niveau d'eau naturel;
- le percement de canaux ou l'amélioration des chenaux existants pour mieux remplir les UNE, et la construction de remblais pour retenir les eaux de crue. Cette méthode est désignée sous le terme général de "submersion contrôlée".

Les deux premières méthodes peuvent être tout de suite écartées : le volume d'eau qui devrait être pompé pour remplir les UNE jusqu'au niveau requis est de l'ordre de 3 milliards de m^3, ou 30 000 m^3/ha, ce qui correspond virtuellement à ce qui devrait être pompé pour les besoins de l'irrigation, mais pour une récolte dix fois plus petite, ce qui serait extrêmement peu économique.

La construction de déversoirs ou de barrages mobiles sur le fleuve Sénégal pourrait effectivement servir à relever le niveau d'eau, mais cette construction représenterait un investissement unitaire tout à fait considérable, assez semblable à celui de Diama. Ces ouvrages feraient également monter le niveau des crues exceptionnelles, ce qui ne sera certainement pas acceptable. Par contre, la mise en place de petits barrages, tels ceux construits sur le Gorgol, sur les affluents du Sénégal sera sûrement bénéfique. La fonction de ces ouvrages est légèrement différente de celle des autres barrages précités, en ce qu'ils serviraient à retenir les eaux à utiliser pendant la décrue, plutôt qu'à relever le niveau des crues, ce qui les apparente davantage à la submersion contrôlée.

Cette technique de la submersion contrôlée a déjà, dans le passé, été mise en application et sera réexaminée dans la section suivante.

8.2 SUBMERSION CONTROLEE

8.2.1 Introduction

Les concepts initiaux développés par la Mission d'Aménagement du Sénégal (MAS) pour l'aménagement du fleuve ont visé à améliorer l'agriculture qui dépend de la submersion. Dans le rapport présenté par cette Mission en 1955, intitulé "Nouvelles propositions pour l'aménagement du fleuve Sénégal", il était recommandé, outre la construction de deux barrages-digues (l'un à Dagana et l'autre entre Saldé et Diorbival), la mise en place de quatorze ouvrages destinés à améliorer la durée de la submersion.

Ce type d'aménagement a été réalisé en Mauritanie, où les ouvrages du Gorgol et du Lac R'Kiz peuvent être cités comme exemples. La construction de deux barrages sur le Gorgol a permis de retenir l'eau et donc d'améliorer la culture de décrue. L'amélioration du canal qui se jette dans le Lac R'Kiz et l'installation des barrages de Gouelit et Sokam, lesquels régularisent désormais l'écoulement de l'eau chacun dans une moitié du lac, ont également été bénéfiques (Voir 7.1).

8.2.2 Alternatives

Il existe quatre méthodes de base qui peuvent tirer parti de la topographie naturelle pour emprisonner la crue et en utiliser l'eau afin d'améliorer l'agriculture traditionnelle.

a. Méthode de la cuvette fermée

Lorsque la crue a lieu dans une cuvette fermée, un remblai érigé à son entrée, avec des pertuis assurant le contrôle des apports et des décharges d'eau, peut permettre un emmagasinage temporaire de cette eau. La taille du pertuis doit être telle que la hauteur d'eau de la cuvette arrive au niveau requis dans les quinze jours suivant la pointe de la crue. Si besoin est, le canal d'entrée peut même être modifié à cette fin. L'eau ainsi emmagasinée doit le rester pendant au moins quinze jours à compter du moment où la cuvette a fini de se remplir, pour être ensuite libérée à une vitesse qui devra convenir au rythme auquel les paysans procèdent à la plantation des cultures de décrue. La cuvette de Boghé est un exemple de ce style de développement, et l'on trouvera un aménagement type à la Figure 8.1.

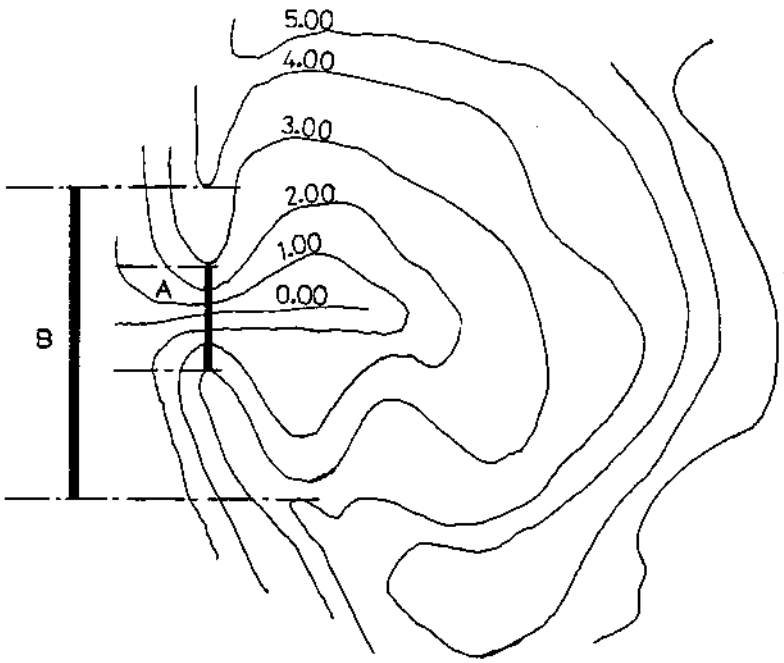
b. Méthode de la cuvette ouverte

Lorsque le canal de drainage reliant le fleuve à une cuvette débouche également dans une cuvette voisine, deux remblais doivent être érigés pour former une retenue provisoire. Le premier de ces remblais sera identique à celui décrit ci-dessus; le second, en revanche, ne devra pas comporter de pertuis, mais être doté d'un évacuateur pour contrôler le niveau maximum. La construction de ce second remblai risque de rendre ce genre d'aménagement moins économique. Un arrangement type est donné à la Figure 8.1. La cuvette de Nianga, qui a été aménagée récemment, est un exemple d'un tel développement.

c. Méthode de l'enseinte en remblai

Une troisième forme de développement possible est la création d'une retenue artificielle au moyen d'un remblai construit tout autour de la zone de culture. L'eau y est admise et libérée selon les besoins grâce à des pertuis situés dans la digue. Cette méthode, qui est

Schéma d'une cuvette fermée



A remblais submersible (longueur A < B)

B remblais insubmersible (hauteur A < B)

Schéma d'une cuvette ouverte

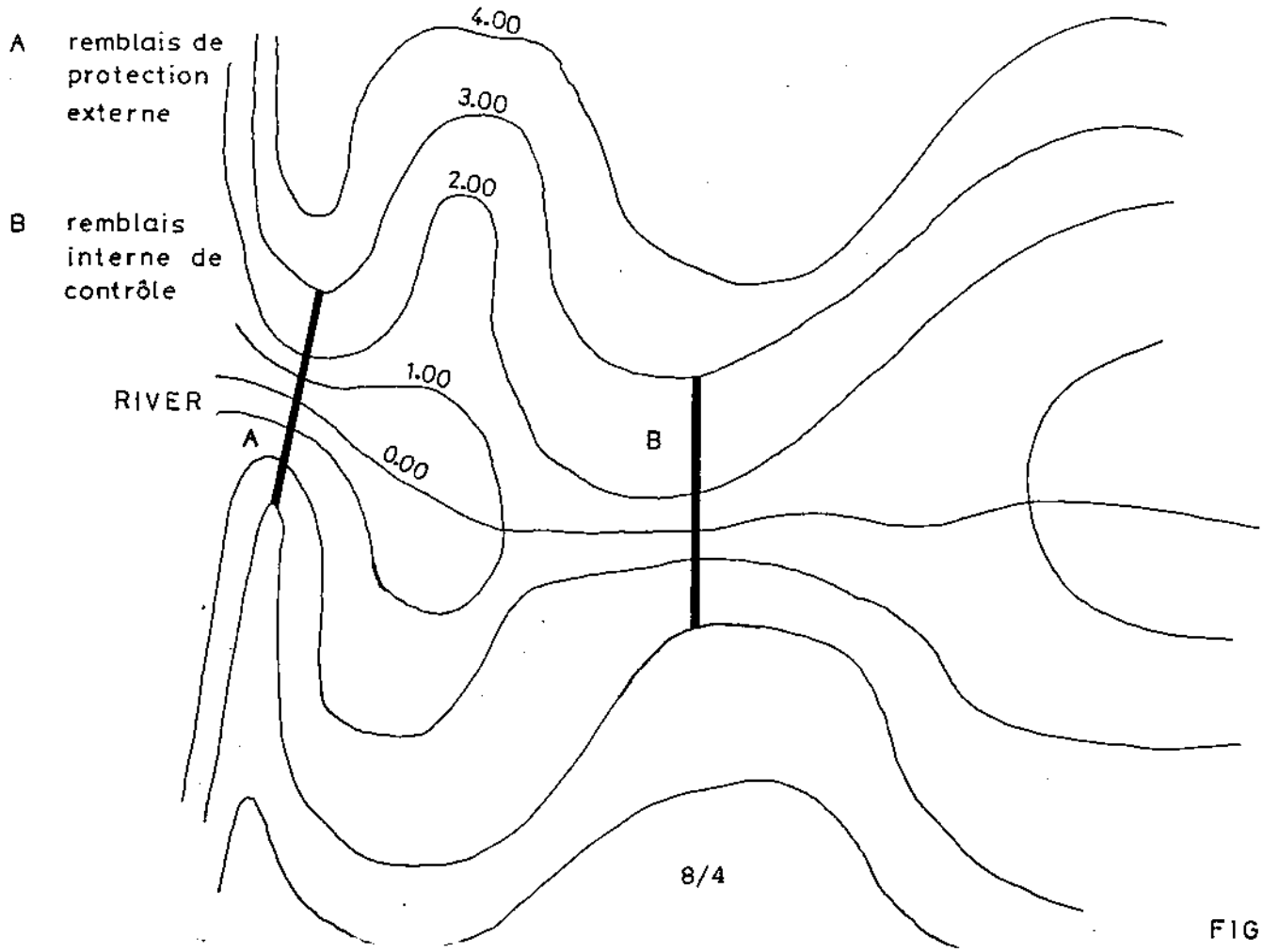


FIGURE 8

plus coûteuse en raison du plus grand nombre de remblais requis, a été appliquée dans les années 1950 et 60 pour la culture du riz. Elle est d'ailleurs mentionnée dans le Rapport de fin de mission rédigé par Monsieur Juton, dans lequel celui-ci fait les remarques suivantes :

"Ce système, simple dans son principe, et apparemment bien adapté à une culture de submersion telle que le riz, présente en fait de graves défauts :

. le cycle végétatif du riz étant supérieur à la durée d'utilisation de la crue, le riz doit être semé sous pluie. Si le régime pluvoimétrique est irrégulier - et c'est le cas dans la vallée -, la réussite du semis est aléatoire. Si de plus les pluies sont précoces et la crue tardive, on risque de ne pas disposer en temps voulu de l'eau de submersion.

. la nécessité de garantir la submersion avec une probabilité suffisante (8 années ou 9 années sur 10) oblige à se cantonner dans la mise en valeur des zones relativement basses. Le coût des endiguements devient alors très important : ou bien on les implante sur les points hauts, et alors ils atteignent un développement hors de proportion avec la superficie cultivée, ou bien on les rapproche du quartier cultivé, et alors c'est leur hauteur et donc leur section qui devient prohibitive."

Une variante de cette méthode, déjà pratiquée, consiste à aménager les zones les plus élevées des cuvettes en vue d'une irrigation contrôlée, tout en retenant une culture de décrue dans les zones plus basses. Cette méthode permet le remplacement progressif de la culture de décrue par l'irrigation.

d. Méthode de stockage sur les affluents

Enfin, une autre méthode qui peut être utilisée consiste à ériger de petits barrages sur les affluents du Sénégal pour emmagasiner l'eau d'une manière similaire à ce qui a été fait sur le Gorgol Noir. Malheureusement, il ne semble pas exister d'autres endroits où un tel aménagement pourrait être facilement poursuivi.

8.3 CONCLUSIONS

La submersion contrôlée est la seule méthode de préservation des cultures de décrue ne demandant pas la lâchure d'une pleine crue artificielle qui paraisse justifier la réalisation d'une étude plus approfondie. Cette méthode elle-même exige la lâchure d'une crue mais permet probablement d'en réduire la durée, la crue se trouvant stockée dans de petites retenues provisoires. Toutefois, les crues artificielles proposées au Chapitre 5 étant d'une durée relativement courte, l'on ne prévoit pas que cette méthode entraîne des économies importantes en matière de la quantité d'eau lâchée.

En ce qui concerne les crues artificielles proposées dans le présent rapport, nous avons démontré au Chapitre 6 que la valeur de l'énergie électrique supplémentaire qui pourrait être produite si l'on ne lâchait pas la crue artificielle n'est pas très supérieure aux bénéfices nets provenant de l'agriculture dans le cas où la crue est lâchée. La technique de submersion contrôlée permettrait de réduire le volume de la crue pour une superficie cultivée donnée et la valeur de la quantité d'eau supplémentaire qui serait alors disponible pour la production d'énergie électrique devrait être comparée aux coûts annualisés de la construction des digues et de toute amélioration qu'il faudra apporter aux chenaux d'entrée.

Si, pour des raisons socio-économiques, l'on jugeait bénéfique ou souhaitable de faire des investissements pour améliorer les cultures de décrue, il serait alors nécessaire d'entreprendre des études détaillées pour identifier les emplacements qui se prêtent le mieux à de tels aménagements. Ces études pourraient bénéficier des travaux réalisés dans les années 1950 et 1960 mais devraient s'insérer dans le cadre général d'un plan directeur de développement de l'irrigation sur les deux rives du fleuve afin d'éviter des investissements superflus et des retards possibles à l'ensemble du développement. En particulier, l'aménagement progressif des cuvettes de la culture de décrue sous submersion contrôlée (méthode de l'enceinte en remblai) vers l'irrigation n'entraînera pas d'économie d'eau à moins que de tels aménagements ne soient minutieusement planifiés par rapport au développement global dans la vallée.

On pense toutefois que les avantages qui pourraient provenir de la concentration des investissements dans ce secteur seraient faibles et les résultats d'expériences antérieures dans la vallée du Sénégal aussi bien que dans d'autres régions du monde ne présagent pas du succès d'un tel exercice. En outre, des investissements de cette nature pourraient détourner l'attention de l'objectif principal de l'aménagement de la vallée du Sénégal, à savoir le développement de l'agriculture irriguée.

CHAPITRE 9

OPTIMISATION ET CONCLUSIONS

9.1 INTRODUCTION

L'optimisation de la crue artificielle a été effectuée en examinant les divers facteurs à prendre en compte dans l'ordre suivant :

a) les paramètres agricoles et météorologiques qui influencent le succès des cultures de décrue, tels que la vitesse de montée de la crue, la durée de l'inondation et la date de l'amorce de la décrue;

b) les caractéristiques des crues historiques et les résultats des études antérieures (exploitation du modèle SOGREAH, Groupement Manantali);

c) la forme optimum de l'hydrogramme en fonction des conclusions de a) et b) ci-dessus;

d) la variation du débit de pointe et du volume des crues artificielles (dénommées crues Gibb) nécessaires à la culture de 100 000 ha, 75 000 ha et 50 000 ha de cultures de décrue;

e) l'impact de ces hydrogrammes sur les autres buts de l'aménagement du fleuve Sénégal;

f) les facteurs sociologiques et autres qui sont susceptibles d'influencer la fourniture d'une crue artificielle.

Les conclusions tirées de ces études en ce qui concerne la conception des hydrogrammes alternatifs sont résumées aux sections suivantes et le choix de l'hydrogramme optimum passé en revue dans le but de faire des recommandations.

9.2 HYDROGRAMMES ALTERNATIFS

9.2.1 Forme de l'hydrogramme

L'hydrogramme à Bakel a été utilisé pour représenter la crue à cause de la localisation de cette station et de sa longue période de relevés. La forme de l'hydrogramme a été fixée, d'une part, en fonction des facteurs influençant la performance des cultures de décrue et, d'autre part, en s'appuyant sur une analyse des caractéristiques des crues historiques. Les conclusions s'établissent comme suit :

a) Vitesse de montée

La montée de la crue doit être rapide afin de maximiser l'humidité stockée dans le sol. Un taux de 180 m^3/s par jour a été adopté en se basant sur 1970, année où la montée était très rapide.

b) Durée d'inondation

Les études agricoles et l'analyse des crues historiques indiquent que la durée d'inondation minimum nécessaire à la culture de décrue est de quinze jours. Des zones exondées trop tôt n'auront pas absorbé l'humidité nécessaire à fournir de bon rendements. Par contre, celles inondées pour une période beaucoup plus longue risquent de s'assécher trop tard pour permettre les semis au moment optimum.

c) Vitesse de la décrue

La descente des eaux au cours de la décrue ne doit pas être trop rapide, pour que les cultivateurs soient à même de suivre ce retrait. La vitesse de la décrue a été divisée en deux étapes afin de refléter le caractère des crues historiques et ralentir la descente après une première exondation. Au cours de la première étape, une réduction de débit au taux de 100 m^3/s par jour jusqu'à 1 500 m^3/s est préconisée, tombant ensuite à raison de 50 m^3/s par jour jusqu'à 500 m^3/s.

d) Amorce de la décrue

La décrue a commencé en général entre le 20 août et le 20 septembre. La dernière partie de cette période est favorisée afin d'éviter tout conflit avec les cultures pluviales et de façon à empêcher qu'une importante crue en provenance des affluents ne vienne s'ajouter à la crue artificielle.

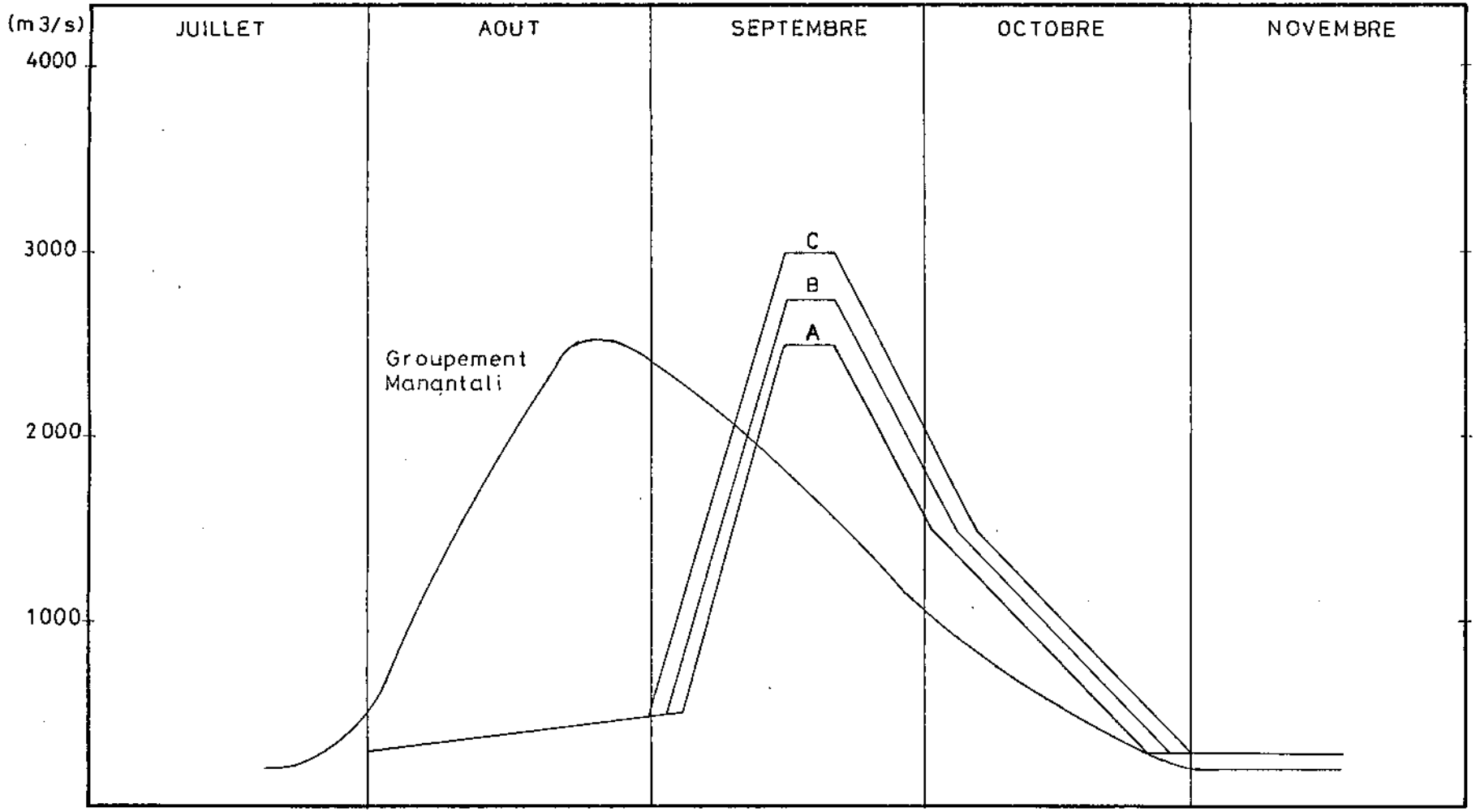
9.2.2 Hydrogrammes proposés

Des hydrogrammes alternatifs permettant la culture de 50 000 à 100 000 ha ont été proposés. L'ampleur et la durée des débits de pointe ont été déterminées par comparaison des superficies inondées par les crues historiques avec celles qui doivent être inondées pour permettre la culture d'une superficie donnée. Celles-ci ont été définies en fixant la superficie inondée pendant quinze jours (S_{15}) comme étant le double de la superficie à cultiver.

Les caractéristiques des crues artificielles Gibb ainsi définies sont les suivantes :

Crue artificielle	Conçue pour permettre la culture de : (ha)	Volume de l'eau août-octobre (milliards m3)	Débit de pointe (m3/s)	Durée à 2000 m3/s (jours)
A	50 000	7,5	2500	10
B	75 000	8,5	2750	15
C	100 000	10,0	3000	20

Les volumes des crues cités ci-dessus sont des volumes théoriques calculés à partir des hydrogrammes indiqués à la Figure 5.3 reproduite ci-après. Cette figure montre également l'hydrogramme proposé par le Groupement Manantali.



HYDROGRAMMES (A BAKEL) DES 3 CRUES ARTIFICIELLES A, B, C

ET DE LA CRUE DU GROUPEMENT

MANANTALI

FIGURE 5.3

9.3 OPTIMISATION

L'impact des diverses crues artificielles sur les objectifs de développement a été évalué et les contraintes imposées par des considérations sociologiques examinées.

9.3.1 Conflits avec les autres objectifs

Irrigation et navigation

Le débit minimal requis pendant la période transitoire a été fixé à 200 m^3/s par le Groupement Manantali (Cas N° 7). Sans crue artificielle et production hydro-électrique, ce débit minimal aurait pu être atteint 100% du temps au cours de la période des données disponibles. Cette fiabilité descend à 95% en tout mois donné si l'on procède à la lâchure d'une crue de 7,5 milliards de m^3 (Crue A) et à 84% pour une crue de 10 milliards de m^3 (Crue C). Plus significatif encore, cependant, est le fait que, dans le cas où la série d'années très sèches qui règne depuis 1980 se poursuive, la fourniture de la crue artificielle deviendrait incompatible avec le stockage d'eau nécessaire à l'entretien d'un débit de base de 200 m^3/s.

Hydro-électricité

Les études préliminaires de gestion de la retenue ont démontré que, pendant la période 1904-1984, la puissance garantie disponible à une probabilité de dépassement de 95% aurait été de 100 MW (875 GWh d'énergie garantie; énergie moyenne d'à peu près 1015 GWh) à condition que la priorité soit accordée à la production hydro-électrique. Cette puissance garantie passe à 70 MW avec une crue de 7,5 milliards de m^3 et à 20 MW avec une crue de 10 milliards de m^3, la perte respective d'énergie moyenne étant d'environ 100 GWh/an et 180 GWh/an. Dans le cas où la séquence actuelle d'années sèches se poursuive, aucune puissance garantie ne pourrait être fournie au cours des mois de février à juin, si l'on continuait à lâcher une crue artificielle. La raison en est que le volume requis des crues artificielles durant ces années aurait été supérieur aux volumes historiques.

Le coût de l'énergie moyenne perdue à cause de la lâchure de la crue artificielle a été évalué, en supposant une valeur de 26 FCFA/kWh*, comme étant d'entre 2,7 (Crue A) et 4,6 (Crue C) milliards de FCFA/an, ce qui représente 54 000 à 46 000 FCFA/ha cultivé en régime de décrue. L'inconstance actuelle du prix du pétrole rend difficile la prévision de cette valeur pour le début des années 1990; l'on peut s'attendre à ce qu'elle soit néanmoins relativement proche du bénéfice net attendu des cultures de décrue (environ 34 000 FCFA/ha).

Conclusion

Le conflit entre la crue artificielle et les autres objectifs dépend dans une grande mesure de l'hydraulicité de l'année. Au cours d'une série d'années sèches, ils s'avèrerent tout à fait incompatibles, tandis que les conséquences de la crue artificielle sont relativement peu importantes en année hydrologique moyenne. Dans le cas où la séquence actuelle d'années sèches continue, il ne sera pas possible de remplir la retenue si l'on procède à la lâchure d'une crue artificielle.

La crue artificielle qui peut être lâchée en une année donnée sera fonction du niveau de retenue à la fin de l'année précédente et de l'hydraulicité de l'année, et variera donc d'une année à l'autre.

9.3.2 Aspects sociologiques et institutionnels

La raison principale de pourvoir une crue artificielle est d'aider la population à mieux satisfaire ses besoins alimentaires pendant la transition progressive entre l'agriculture traditionnelle et irriguée.

Si l'on accepte le fait qu'une crue artificielle doit continuer jusqu'à ce que la population (des deux côtés du fleuve) ne soit autosuffisante au point de vue alimentaire, qu'il s'agisse d'agriculture irriguée ou de culture de décrue résiduelle, la période de transition pourrait durer entre 10 et 20 ans. La durée réelle dépendra du taux de développement des aménagements hydro-agricoles (qui pourra être différent sur les deux rives du fleuve) et particulièrement de l'emplacement de ces aménagements.

* basée sur le prix du pétrole, 1985

Ainsi, la suppression rapide de la crue artificielle dépendra :

- de la préparation rapide d'un schéma directeur définissant la séquence optimum de développement des aménagements hydro-agricoles dans la vallée, afin de déterminer l'emplacement de ces projets;

- de l'incorporation dans le schéma directeur des zones où les cultures de décrue pourront se poursuivre dans les zones les plus basses subissant l'influence des eaux provenant des affluents non régularisés (plus les lâchures de Manantali pendant les années humides);

- des incitations aux paysans à abandonner les cultures de décrue (qui seront moins aléatoires dès l'introduction de la crue artificielle) pour la culture irriguée;

- de l'éducation et de la formation des paysans pour leur permettre d'améliorer leur pratique culturale dans les périmètres et ainsi améliorer les rendements.

Beaucoup de ces facteurs dépendent eux-mêmes de la capacité institutionnelle des autorités chargées du développement de pourvoir la formation et l'aide nécessaires aux fermiers.

9.4 RECOMMANDATIONS

La nature complexe des facteurs à prendre en considération pour l'optimisation de la crue artificielle joue contre la mise en avant de recommandations précises. Il sera inévitablement nécessaire d'adopter une politique provisoire et de modifier la crue en tenant compte des résultats qui seront obtenus lors des premières années et des meilleures informations qui seront alors disponibles.

La politique provisoire qu'il est recommandé d'adopter se définit ainsi :

1. La forme de l'hydrogramme à Bakel ainsi que le moment où il a lieu devraient être comme indiqué à la Figure 5.3 pour les crues Gibb appelées A, B et C, dimensionnées pour la culture de 50 000 ha, 75 000 et 100 000 ha respectivement.

2. Le choix de la crue à être lâchée de Manantali pendant le remplissage de la retenue devrait être effectué chaque année suivant les apports à la retenue et ceux des affluents non régularisés, Falémé et Bakoye. Dans l'idéal, cette décision ne devrait pas être prise avant la fin août au plus tôt mais le moment de cette décision doit prendre en considération le temps nécessaire à la distribution des graines aux agriculteurs.

3. Un schéma directeur pour l'ensemble de la vallée devrait être élaboré afin d'intégrer le développement de l'irrigation ainsi que les cultures de décrue résiduelles.

4. L'inventaire de l'étendue des cultures de décrue chaque année (CEPC-OMVS) devrait être poursuivi et lié aux mesures des superficies inondées à des dates clés et aux apports enregistrés à Bakel.

5. L'examen du succès de la crue artificielle à satisfaire l'objectif d'une superficie cultivée fixée devrait être entrepris chaque année afin de poursuivre le processus d'optimisation.

6. Une priorité devrait être accordée à l'accroissement du taux de développement de l'agriculture irriguée dans les basse et moyenne vallées.

9

BIBLIOGRAPHIE

GERSAR/SONADER, 1980
Plan directeur des aménagements hydro-agricoles de la vallée du Sénégal; rive droite.

GERSAR/SAED, 1983
Plan directeur des aménagements hydro-agricoles de la vallée du Sénégal, rive gauche.

OMVS, 1977/78
Evaluation des effets sur l'environnement d'aménagements prévus dans le bassin du fleuve Sénégal.

OMVS/FAO, 1977
Etude hydro-agricole du Bassin du fleuve Sénégal; rapport de synthèse des études et travaux.

OMVS, 1983
Banque de données.

A. Maynard, ORSTOM, 1956-1957
Etude des facteurs naturels qui influencent la culture de décrue.

P. Sapin et A. Reynard, IRAT, 1968
La culture de décrue du sorgho dans la vallée du fleuve Sénégal; quelques techniques culturales simples pour son amélioration (Publ. dans l'Agronomie tropicale, août).

A. Lericollais et Y. Diallo, ORSTOM, 1980
Sociological studies on population engaged in décrue cultivations; reports on sub-regions and maps.

(Etudes sociologiques sur la population pratiquant la culture de décrue, rapports sur les sous-régions et cartes).

Castiaux J., 1970
La production des céréales dans la vallée: Projet pour le développement de la recherche agricole et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal.

Nguyen Vu, 1971
Principales données sur la culture du sorgho de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal.

M. Juton et M. Mutsaars, juin 1971
Inventaire des superficies cultivées en décrue année agricole 1970/71. Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal.

M. Juton, juin 1972
Rapport technique de fin de mission.
Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal.

N. Ben Soussan et M. Mutsaars, mars 1973
Inventaire de superficies cultivées en décrue année agricole 1972/73. Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal.

A.O. Hamidou, D. Rijks, PNUD, FAO, OMVS
Inventaire des superficies cultivées en décrue année agricole 1973/74. Projet pour le développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal.

SOGREAH, 1972
Etude de la crue de 1970, de la crue 1968 et des trois crues artificielles. Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal.

OMVS haut commissariat, avril 1976
Modèle mathématique de la vallée du Sénégal.

SOGREAH, OMVS, FAC, janvier 1977
Etude d'exécution du Barrage de Diama.
Rapport sur l'exploitation du modème mathématique.

M. Juton, OMVS, août 1979
Relation entre les superficies cultivées en décrue et certaines caractéristiques des crues.
Etude socio-économique.

F. Guerber, OMVS, juillet 1985
Réflexions sur l'optimisation de la crue artificielle.
Direction Infrastructure Régionale et Direction Projet Diama.

J. Chaumeny, juin 1973
Etudes sur les Unités Naturelles d'Equipement

GERSAR, novembre 1982
Etude de réhabilitation de factibilité et d'avant projets détaillés de périmètres d'irrigation sur la rive gauche du fleuve Sénégal. Modèle mathématique du fleuve Sénégal à l'aval de Bakel.

SAED/GERSAR, 1982
Etude socio-économique

OMVS, 1984
Bassin du Fleuve Sénégal : Etude socio-économique

ANNEXE A

RESULTATS COMPLETS DU MODELE UNE
APPLIQUE AUX ANNEES 1970, 72, 73, 76, 77, 78
POUR DES HAUTEURS D'EAU MAINTENUES
PENDANT 15 JOURS (S15) ET 45 JOURS (S45)

Annee 1970 (Z15)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	19.10
Matam	373.00	14.03
Salde	522.00	10.07
Podor	729.00	4.82
Dagana	827.00	3.38

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 1672.62	DE2 = 1725.75	DE1 = 2534.65	MD5 = 1610.08
MD4 = 1921.19	MD3 = 2160.14	MD2 = 5513.67	MD1 = 5151.97
TB3 = 2119.73	TB2 = 3787.99	TB1 = 7714.31	DA0 = 3108.60
GI = 1527.76	MK3 = 2181.29	MK2 = 9363.73	MK1 = 4269.40
DI6 =10995.02	DI5 = 5370.58	DI4 = 2660.63	DI3 = 749.38
DI2 = 859.31	DI1 = 4242.71	OT6 = 7321.35	OT5 = 9514.29
OT4 = 6696.91	OT3 = 3353.70	OT2 =12618.59	OT1 = 9459.90
KI = 9832.08	MB3 = 6674.80	MB2 = 5609.87	MB1 = 2934.29
DO3 = 1522.34	DO2 = 2446.22	DO1 = 7619.95	BO3 = 526.15
BO2 = 1020.75	BO1 = 4634.97	MO18= 1490.18	MO17= 1825.25
MO16= 1687.36	MO15= 3533.35	MO14= 3707.00	MO13= 4068.82
MO12= 5939.90	MO11=11212.85	MO10= 3524.89	MO9 = 8704.28
MO8 = 1818.33	MO7 = 6464.99	MO6 = 1869.68	MO5 = 3062.54
MO4 = 2723.29	MO3 =11865.23	MO2 = 7041.06	MO1 = 2215.40
KO8 = 9944.00	KO7 = 2154.17	KO6 = 7280.56	KO5 = 9117.87
KO4 = 3392.53	KO3 =10160.79	KO2 = 7819.86	KO1 = 5117.43
NG4 =10808.12	NG3 = 4598.04	NG2 = 3321.95	NG1 = 3200.09
DA = 3063.47	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 228546.

Surface inondee Rive droite 107214.

Total surface inondee 335759.

Annee 1970 (Z45)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	18.47
Matam	373.00	13.61
Salde	522.00	9.46
Podor	729.00	4.31
Dagana	827.00	3.04

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 1213.46	DE2 = 1346.00	DE1 = 1869.00	MD5 = 965.92
MD4 = 1160.28	MD3 = 1386.94	MD2 = 4721.53	MD1 = 3779.17
TB3 = 1030.32	TB2 = 2466.71	TB1 = 6348.13	DA0 = 2252.19
GI = 1158.75	MK3 = 1627.90	MK2 = 7961.37	MK1 = 3112.76
DI6 = 7543.54	DI5 = 3618.04	DI4 = 1689.37	DI3 = 458.56
DI2 = 658.83	DI1 = 3012.34	OT6 = 6071.78	OT5 = 7724.44
OT4 = 5045.36	OT3 = 2367.06	OT2 =10640.65	OT1 = 7695.02
KI = 8272.49	MB3 = 4677.38	MB2 = 4820.71	MB1 = 2352.15
DO3 = 1188.56	DO2 = 1915.62	DO1 = 6746.68	BO3 = 346.21
BO2 = 441.42	BO1 = 4007.83	MO18= 1034.98	MO17= 1350.58
MO16= 1134.96	MO15= 2529.26	MO14= 2476.71	MO13= 2862.89
MO12= 4729.20	MO11= 9864.05	MO10= 2855.50	MO9 = 7367.00
MO8 = 1128.83	MO7 = 4546.84	MO6 = 1265.11	MO5 = 2636.40
MO4 = 1892.73	MO3 = 8958.45	MO2 = 5404.65	MO1 = 1890.11
KO8 = 7118.67	KO7 = 1153.01	KO6 = 5128.98	KO5 = 6403.13
KO4 = 2143.20	KO3 = 7550.16	KO2 = 5546.71	KO1 = 4418.23
NG4 = 8114.32	NG3 = 3704.79	NG2 = 2744.98	NG1 = 2659.97
DA = 2672.30	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 177176.

Surface inondee Rive droite 79805.

Total surface inondee 256981.

Annee 1972 (Z15)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	16.32
Matam	373.00	11.55
Salde	522.00	7.63
Podor	729.00	2.71
Dagana	827.00	1.96

Surfaces inondees (ha)

DE3 =	88.49	DE2 =	153.30	DE1 =	69.66	MD5 =	16.16
MD4 =	23.37	MD3 =	35.17	MD2 =	1300.14	MD1 =	170.18
TB3 =	3.91	TB2 =	107.02	TB1 =	446.69	DA0 =	0.00
GI =	27.06	MK3 =	107.89	MK2 =	2435.51	MK1 =	11.60
DI6 =	206.36	DI5 =	87.41	DI4 =	68.17	DI3 =	16.27
DI2 =	27.86	DI1 =	84.88	OT6 =	359.49	OT5 =	675.58
OT4 =	130.23	OT3 =	0.00	OT2 =	2665.79	OT1 =	1133.10
KI =	2918.59	MB3 =	273.20	MB2 =	603.85	MB1 =	488.35
DO3 =	0.00	DO2 =	81.59	DO1 =	2209.03	BO3 =	11.64
BO2 =	2.81	BO1 =	696.06	MO18=	66.17	MO17=	122.91
MO16=	35.31	MO15=	42.75	MO14=	346.02	MO13=	182.53
MO12=	1492.74	MO11=	4063.70	MO10=	758.89	MO9 =	2057.69
MO8 =	0.00	MO7 =	650.14	MO6 =	232.03	MO5 =	652.86
MO4 =	266.34	MO3 =	801.81	MO2 =	465.64	MO1 =	456.53
KO8 =	1092.25	KO7 =	23.87	KO6 =	256.97	KO5 =	554.35
KO4 =	63.79	KO3 =	1194.77	KO2 =	754.14	KO1 =	1501.07
NG4 =	1188.87	NG3 =	1063.14	NG2 =	599.67	NG1 =	712.80
DA =	1237.54	GU =	0.00	GA2 =	0.00	GA1 =	0.00

Surface inondee Rive gauche 28666.

Surface inondee Rive droite 12008.

Total surface inondee 40674.

Annee 1972 (Z45)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	15.39
Matam	373.00	10.69
Salde	522.00	6.66
Podor	729.00	1.95
Dagana	827.00	1.58

Surfaces inondees (ha)

DE3 =	1.87	DE2 =	0.00	DE1 =	2.88	MD5 =	0.00
MD4 =	0.00	MD3 =	0.00	MD2 =	405.16	MD1 =	22.01
TB3 =	0.00	TB2 =	20.21	TB1 =	24.46	DA0 =	0.00
GI =	0.00	MK3 =	0.00	MK2 =	1080.56	MK1 =	0.00
DI6 =	2.36	DI5 =	8.55	DI4 =	12.50	DI3 =	0.00
DI2 =	3.73	DI1 =	0.00	OT6 =	0.00	OT5 =	46.51
OT4 =	0.00	OT3 =	0.00	OT2 =	690.64	OT1 =	138.25
KI =	1322.64	MB3 =	46.42	MB2 =	53.74	MB1 =	0.00
DO3 =	0.00	DO2 =	5.54	DO1 =	4.88	BO3 =	0.00
BO2 =	0.00	BO1 =	107.26	MO18=	0.00	MO17=	0.00
MO16=	0.00	MO15=	2.05	MO14=	63.07	MO13=	12.72
MO12=	557.84	MO11=	1366.74	MO10=	158.89	MO9 =	535.86
MO8 =	0.00	MO7 =	73.42	MO6 =	97.90	MO5 =	161.61
MO4 =	87.02	MO3 =	124.07	MO2 =	0.00	MO1 =	0.00
KO8 =	218.20	KO7 =	0.00	KO6 =	0.00	KO5 =	92.87
KO4 =	0.00	KO3 =	137.02	KO2 =	164.57	KO1 =	563.66
NG4 =	28.39	NG3 =	208.24	NG2 =	93.16	NG1 =	288.00
DA =	817.84	GU =	0.00	GA2 =	0.00	GA1 =	0.00

Surface inondee Rive gauche 6720.

Surface inondee Rive droite 3134.

Total surface inondee 9853.

Annee 1973 (Z15)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	18.14
Matam	373.00	12.93
Salde	522.00	8.95
Podor	729.00	3.92
Dagana	827.00	2.77

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 894.96	DE2 = 917.20	DE1 = 1306.24	MD5 = 476.88
MD4 = 538.69	MD3 = 862.94	MD2 = 3837.94	MD1 = 2271.02
TB3 = 565.68	TB2 = 1197.94	TB1 = 4050.20	DA0 = 1105.85
GI = 541.58	MK3 = 872.57	MK2 = 6131.93	MK1 = 1287.79
DI6 = 3765.42	DI5 = 1961.14	DI4 = 716.12	DI3 = 166.94
DI2 = 338.93	DI1 = 1435.49	OT6 = 4020.19	OT5 = 5386.50
OT4 = 2829.18	OT3 = 925.82	OT2 = 8547.91	OT1 = 5727.81
KI = 6668.66	MB3 = 2886.96	MB2 = 3670.73	MB1 = 1856.08
DO3 = 802.63	DO2 = 1269.34	DO1 = 5817.15	BO3 = 197.48
BO2 = 117.85	BO1 = 3273.85	MO18= 638.77	MO17= 947.99
MO16= 680.70	MO15= 1653.24	MO14= 1361.50	MO13= 1898.85
MO12= 3742.17	MO11= 8361.91	MO10= 2324.99	MO9 = 5642.32
MO8 = 663.33	MO7 = 3116.46	MO6 = 828.41	MO5 = 2076.94
MO4 = 1276.35	MO3 = 6348.93	MO2 = 3984.42	MO1 = 1603.68
KO8 = 5112.57	KO7 = 641.88	KO6 = 3455.91	KO5 = 4268.96
KO4 = 1406.92	KO3 = 5429.56	KO2 = 3766.64	KO1 = 3860.04
NG4 = 6094.17	NG3 = 3032.39	NG2 = 2144.37	NG1 = 2237.01
DA = 2338.30	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 123932.

Surface inondee Rive droite 56249.

Total surface inondee 180181.

Annee 1973 (Z45)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	16.70
Matam	373.00	12.00
Salde	522.00	7.60
Podor	729.00	3.23
Dagana	827.00	2.28

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 203.08	DE2 = 252.67	DE1 = 124.61	MD5 = 30.85
MD4 = 54.08	MD3 = 133.48	MD2 = 1882.16	MD1 = 474.27
TB3 = 50.73	TB2 = 185.43	TB1 = 1138.60	DA0 = 63.30
GI = 110.86	MK3 = 197.21	MK2 = 3509.54	MK1 = 189.81
DI6 = 374.13	DI5 = 442.09	DI4 = 102.07	DI3 = 31.26
DI2 = 74.13	DI1 = 190.94	OT6 = 729.79	OT5 = 883.97
OT4 = 148.55	OT3 = 47.46	OT2 = 2920.89	OT1 = 1237.18
KI = 3071.71	MB3 = 266.01	MB2 = 664.73	MB1 = 547.16
DO3 = 0.00	DO2 = 192.07	DO1 = 2647.58	BO3 = 14.30
BO2 = 3.82	BO1 = 1246.76	MO18= 64.63	MO17= 118.07
MO16= 35.81	MO15= 84.18	MO14= 369.00	MO13= 208.50
MO12= 1643.09	MO11= 4580.56	MO10= 886.34	MO9 = 2680.72
MO8 = 86.11	MO7 = 906.94	MO6 = 283.39	MO5 = 993.88
MO4 = 361.36	MO3 = 2214.16	MO2 = 933.33	MO1 = 881.32
KO8 = 1743.70	KO7 = 70.06	KO6 = 840.50	KO5 = 1826.40
KO4 = 227.37	KO3 = 2490.45	KO2 = 1866.71	KO1 = 2581.62
NG4 = 2750.69	NG3 = 1848.72	NG2 = 1170.67	NG1 = 1346.40
DA = 1677.42	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 41899.

Surface inondee Rive droite 20210.

Total surface inondee 62109.

Annee 1976 (Z15)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	16.72
Matam	373.00	12.09
Salde	522.00	8.10
Podor	729.00	3.19
Dagana	827.00	2.23

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 213.27	DE2 = 266.53	DE1 = 130.95	MD5 = 35.98
MD4 = 57.79	MD3 = 158.96	MD2 = 1967.38	MD1 = 522.77
TB3 = 63.90	TB2 = 197.23	TB1 = 1279.30	DA0 = 128.45
GI = 140.78	MK3 = 230.23	MK2 = 3705.17	MK1 = 258.75
DI6 = 491.73	DI5 = 593.38	DI4 = 125.29	DI3 = 42.11
DI2 = 91.53	DI1 = 218.94	OT6 = 1490.86	OT5 = 1635.15
OT4 = 808.67	OT3 = 137.00	OT2 = 4259.48	OT1 = 2730.32
KI = 3934.73	MB3 = 754.66	MB2 = 1715.45	MB1 = 893.52
DO3 = 157.41	DO2 = 441.21	DO1 = 3562.31	BO3 = 56.23
BO2 = 9.91	BO1 = 1769.50	MO18= 194.59	MO17= 243.94
MO16= 87.08	MO15= 542.28	MO14= 613.26	MO13= 370.49
MO12= 2149.53	MO11= 5659.69	MO10= 1268.85	MO9 = 3221.85
MO8 = 186.11	MO7 = 1262.03	MO6 = 369.66	MO5 = 1131.96
MO4 = 399.83	MO3 = 2643.79	MO2 = 1053.77	MO1 = 839.21
KO8 = 2014.60	KO7 = 85.88	KO6 = 1076.07	KO5 = 1778.16
KO4 = 152.24	KO3 = 2350.63	KO2 = 1727.64	KO1 = 2460.74
NG4 = 2555.79	NG3 = 1774.48	NG2 = 1110.78	NG1 = 1267.20
DA = 1613.61	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 53691.

Surface inondee Rive droite 23792.

Total surface inondee 77482.

Annee 1976 (Z45)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	15.44
Matam	373.00	10.77
Salde	522.00	6.88
Podor	729.00	2.62
Dagana	827.00	1.77

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 2.15	DE2 = 0.00	DE1 = 3.19	MD5 = 0.00
MD4 = 0.00	MD3 = 0.00	MD2 = 444.54	MD1 = 32.61
TB3 = 0.00	TB2 = 23.30	TB1 = 58.82	DA0 = 0.00
GI = 0.00	MK3 = 0.00	MK2 = 1176.05	MK1 = 0.00
DI6 = 2.98	DI5 = 17.61	DI4 = 15.53	DI3 = 0.78
DI2 = 6.20	DI1 = 0.00	OT6 = 41.14	OT5 = 56.17
OT4 = 12.55	OT3 = 0.00	OT2 = 826.79	OT1 = 275.71
KI = 1565.76	MB3 = 60.59	MB2 = 132.11	MB1 = 26.99
DO3 = 0.00	DO2 = 18.26	DO1 = 908.47	BO3 = 4.12
BO2 = 0.45	BO1 = 222.68	MO18= 0.00	MO17= 0.00
MO16= 0.00	MO15= 10.35	MO14= 123.70	MO13= 19.08
MO12= 804.29	MO11= 2483.26	MO10= 390.61	MO9 = 1300.77
MO8 = 0.00	MO7 = 351.41	MO6 = 172.28	MO5 = 344.52
MO4 = 180.44	MO3 = 374.27	MO2 = 301.35	MO1 = 397.36
KO8 = 492.40	KO7 = 0.00	KO6 = 178.67	KO5 = 483.13
KO4 = 51.98	KO3 = 757.61	KO2 = 277.93	KO1 = 1113.84
NG4 = 1038.69	NG3 = 853.93	NG2 = 416.17	NG1 = 441.60
DA = 1049.58	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 14499.

Surface inondee Rive droite 5845.

Total surface inondee 20345.

Annee 1977 (Z15)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	17.28
Matam	373.00	12.33
Salde	522.00	8.14
Podor	729.00	3.20
Dagana	827.00	2.18

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 418.28	DE2 = 411.60	DE1 = 513.17	MD5 = 87.46
MD4 = 170.94	MD3 = 332.38	MD2 = 2601.17	MD1 = 763.59
TB3 = 153.53	TB2 = 430.89	TB1 = 1938.95	DA0 = 403.87
GI = 228.74	MK3 = 434.92	MK2 = 4407.04	MK1 = 461.46
DI6 = 839.72	DI5 = 804.90	DI4 = 206.37	DI3 = 55.27
DI2 = 117.11	DI1 = 423.83	OT6 = 1931.57	OT5 = 2265.68
OT4 = 1009.11	OT3 = 189.85	OT2 = 4713.17	OT1 = 2948.77
KI = 4155.96	MB3 = 861.58	MB2 = 1802.66	MB1 = 933.20
BO3 = 191.89	BO2 = 464.34	BO1 = 3649.55	B03 = 60.96
BO2 = 13.61	BO1 = 1826.17	MO18= 217.50	MO17= 276.78
MO16= 91.27	MO15= 580.69	MO14= 639.86	MO13= 432.59
MO12= 2194.66	MO11= 5761.19	MO10= 1307.21	MO9 = 3281.86
MO8 = 197.78	MO7 = 1314.23	MO6 = 382.58	MO5 = 1151.92
MO4 = 405.38	MO3 = 2714.84	MO2 = 1113.68	MO1 = 849.07
KO8 = 2053.30	KO7 = 88.35	KO6 = 1127.65	KO5 = 1811.17
KO4 = 151.51	KO3 = 2286.73	KO2 = 1630.71	KO1 = 2398.01
NG4 = 2601.41	NG3 = 1759.04	NG2 = 1086.44	NG1 = 1212.00
DA = 1555.77	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 60109.

Surface inondee Rive droite 25790.

Total surface inondee 85898.

Annee 1977 (Z45)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	15.12
Matam	373.00	10.45
Salde	522.00	6.48
Podor	729.00	1.82
Dagana	827.00	1.35

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 0.55	DE2 = 0.00	DE1 = 1.59	MD5 = 0.00
MD4 = 0.00	MD3 = 0.00	MD2 = 258.94	MD1 = 0.00
TB3 = 0.00	TB2 = 8.90	TB1 = 15.22	DA0 = 0.00
GI = 0.00	MK3 = 0.00	MK2 = 772.85	MK1 = 0.00
DI6 = 1.26	DI5 = 0.00	DI4 = 6.94	DI3 = 0.00
DI2 = 0.00	DI1 = 0.00	OT6 = 0.00	OT5 = 32.82
OT4 = 0.00	OT3 = 0.00	OT2 = 547.39	OT1 = 19.72
KI = 1075.75	MB3 = 34.66	MB2 = 2.14	MB1 = 0.00
BO3 = 0.00	BO2 = 0.00	BO1 = 4.07	B03 = 0.00
BO2 = 0.00	BO1 = 66.93	MO18= 0.00	MO17= 0.00
MO16= 0.00	MO15= 0.00	MO14= 50.22	MO13= 9.34
MO12= 433.94	MO11= 1069.63	MO10= 130.65	MO9 = 275.34
MO8 = 0.00	MO7 = 59.94	MO6 = 79.92	MO5 = 114.02
MO4 = 61.39	MO3 = 57.82	MO2 = 0.00	MO1 = 0.00
KO8 = 158.07	KO7 = 0.00	KO6 = 0.00	KO5 = 13.57
KO4 = 0.00	KO3 = 104.44	KO2 = 116.23	KO1 = 439.89
NG4 = 24.46	NG3 = 167.83	NG2 = 71.93	NG1 = 203.40
DA = 599.23	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 4820.

Surface inondee Rive droite 2271.

Total surface inondee 7091.

Annee 1978 (Z15)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	17.18
Matam	373.00	12.29
Salde	522.00	8.40
Podor	729.00	3.57
Dagana	827.00	2.49

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 366.94	DE2 = 386.00	DE1 = 435.56	MD5 = 78.38
MD4 = 134.32	MD3 = 302.09	MD2 = 2488.16	MD1 = 721.99
TB3 = 137.88	TB2 = 362.19	TB1 = 1825.26	DA0 = 356.63
GI = 213.98	MK3 = 399.89	MK2 = 4282.21	MK1 = 427.42
DI6 = 1062.89	DI5 = 809.22	DI4 = 243.78	DI3 = 56.33
DI2 = 117.14	DI1 = 384.29	OT6 = 2185.71	OT5 = 2740.68
OT4 = 1338.85	OT3 = 219.38	OT2 = 5651.83	OT1 = 3688.29
KI = 4798.41	MB3 = 1502.80	MB2 = 2442.60	MB1 = 1261.48
DO3 = 383.37	DO2 = 688.60	DO1 = 4541.53	BO3 = 110.70
BO2 = 54.95	BO1 = 2537.47	MO18= 344.74	MO17= 493.90
MO16= 197.00	MO15= 870.93	MO14= 853.40	MO13= 959.25
MO12= 2717.67	MO11= 6771.67	MO10= 1707.43	MO9 = 4058.17
MO8 = 358.33	MO7 = 2092.75	MO6 = 575.17	MO5 = 1534.45
MO4 = 679.82	MO3 = 4024.07	MO2 = 2480.00	MO1 = 1236.93
KO8 = 3183.40	KO7 = 150.00	KO6 = 2219.50	KO5 = 2877.60
KO4 = 798.78	KO3 = 3402.42	KO2 = 2595.79	KO1 = 3289.27
NG4 = 4396.64	NG3 = 2406.18	NG2 = 1573.51	NG1 = 1761.60
DA = 1965.94	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 76795.

Surface inondee Rive droite 35521.

Total surface inondee 112315.

Annee 1978 (Z45)

	Distances (km)	Niveaux (m)
Bakel	202.00	15.94
Matam	373.00	11.37
Salde	522.00	7.00
Podor	729.00	3.03
Dagana	827.00	2.12

Surfaces inondees (ha)

DE3 = 4.76	DE2 = 87.50	DE1 = 28.78	MD5 = 8.41
MD4 = 1.18	MD3 = 22.86	MD2 = 940.37	MD1 = 117.97
TB3 = 2.54	TB2 = 59.88	TB1 = 333.35	DA0 = 0.00
GI = 20.43	MK3 = 62.60	MK2 = 1927.83	MK1 = 8.76
DI6 = 32.61	DI5 = 65.23	DI4 = 33.75	DI3 = 10.98
DI2 = 19.59	DI1 = 33.84	OT6 = 204.58	OT5 = 287.12
OT4 = 54.11	OT3 = 0.00	OT2 = 1183.58	OT1 = 398.93
KI = 1851.31	MB3 = 82.89	MB2 = 176.19	MB1 = 159.19
DO3 = 0.00	DO2 = 25.70	DO1 = 1474.36	BO3 = 7.56
BO2 = 1.66	BO1 = 340.57	MO18= 10.56	MO17= 0.00
MO16= 0.00	MO15= 15.04	MO14= 183.35	MO13= 59.72
MO12= 948.76	MO11= 3137.46	MO10= 556.96	MO9 = 1756.91
MO8 = 0.00	MO7 = 602.26	MO6 = 222.45	MO5 = 660.83
MO4 = 268.56	MO3 = 1009.54	MO2 = 584.30	MO1 = 671.75
KO8 = 1098.70	KO7 = 28.48	KO6 = 297.11	KO5 = 1191.62
KO4 = 95.94	KO3 = 1933.71	KO2 = 1361.00	KO1 = 2111.11
NG4 = 1780.67	NG3 = 1526.49	NG2 = 927.83	NG1 = 1058.40
DA = 1464.64	GU = 0.00	GA2 = 0.00	GA1 = 0.00

Surface inondee Rive gauche 23787.

Surface inondee Rive droite 11848.

Total surface inondee 35635.

ANNEXE B

ETUDES DE GESTION DE LA RETENUE

	Page
a) DONNEES DE BASE RELATIVES AU MODELE DE SIMULATION	B/1
b) ETUDES DE GESTION	B/5
c) REMPLISSAGE DE LA RETENUE	B/19

a) DONNEES DE BASE RELATIVES AU MODELE DE SIMULATION

		Page
Tableau B.1a	Caractéristiques de la retenue de Manantali	B/2
Tableau B.1b	Loi hauteur-débit en aval du barrage	B/2
Tableau B.1c	Capacité d'évacuation de la vidange de fond	B/3
Tableau B.1d	Evaporation nette	B/3
Tableau B.1e	Caractéristiques principales de l'usine	B/4

a) DONNEES DE BASE RELATIVES AU MODELE DE SIMULATION

TABLEAU B.1a

CARACTERISTIQUES DE LA RETENUE DE MANANTALI

Cote (m)	Capacité (Mm3)	Superficie (km2)
170,0	750	80
175,0	1 400	140
180,0	2 150	240
187,5	3 700	280
200,0	7 700	410
208,0	11 270	477
213,0	14 350	535
220,0	17 650	605

Source : Plan Directeur de la Production et du Transport, 1985, EDF. Tome 1, Moyens de production

TABLEAU B.1b

LOI HAUTEUR-DEBIT EN AVAL DU BARRAGE

Cote (m)	Débit (m3/s)
153,7	0
155,5	555
157,0	1 100
158,2	1 665
159,0	2 070
159,7	2 500
160,2	2 800
160,5	3 110
161,0	3 645
161,5	4 325
162,0	4 480

Source : Plan Directeur de la Production et du Transport, 1985, EDF. Tome 1, Moyens de production

TABLEAU B.1c

CAPACITE D'EVACUATION DE LA VIDANGE DE FOND

Cote de la retenue (m)	Débit (m3/s)
187	2 562
190	2 688
195	2 898
200	3 115
205	3 332
211	3 556

Source : Etude d'exécution du Barrage de Manantali, Mission A.2.2, Volume 1, Janvier 1979.

TABLEAU B.1d

EVAPORATION NETTE

Mois	Evaporation (mm)	Mois	Evaporation (mm)
Janvier	156	Juillet	- 92
Février	184	Août	- 181
Mars	234	Septembre	- 60
Avril	234	Octobre	48
Mai	204	Novembre	96
Juin	98	Décembre	99

Total annuel 1 020 mm/an

TABLEAU B.1e

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE L'USINE

(Puissance installée = 200 MW)

Chute nette (m)	Puissance unitaire (MW)	Rendement (%)
26	20,0	83
28	22,4	84
30	25,2	85
32	28,0	86
34	31,2	87
36	34,4	88
38	37,2	89
40	40,0	90
45	40,0	90
50	40,0	90

Débit maximal ≈ 115 m3/s pour une hauteur de chute de 40 m

Les caractéristiques choisies sont typiques d'une turbine Kaplan.

HYDROLOGIE

Apports mensuels à Bakel, 1904-84 - Voir Tableau 2.6

Apports mensuels à Soukoutali, 1904-84 - Voir Tableau 2.7

b) ETUDES DE GESTION

RESULTATS TYPES DES ETUDES DE GESTION

Page

- Opération du Manantali sans contraintes.
  Puissance garantie : 86 MW.

Tableau B.2a	Synthèse 1904-1984	B/6
Tableau B.2b	Puissance garantie	B/7
Tableau B.2c	Débits à Bakel	B/8
Tableau B.2d	Niveau de la retenue	B/9

- Opération du Manantali avec débit minimal de 200 m3/s et crue permettant 50 000 ha de culture de décrue.
  Puissance garantie : 74 MW.

Tableau B.3a	Synthèse 1904-1984	B/10
Tableau B.3b	Puissance garantie	B/11
Tableau B.3c	Débits à Bakel	B/12
Tableau B.3d	Niveau de la retenue	B/13

- Opération du Manantali avec débit minimal de 200 m3/s et crue permettant 100 000 ha de culture de décrue.
  Puissance garantie : 60 MW.

Tableau B.4a	Synthèse 1904-1984	B/14
Tableau B.4b	Puissance garantie	B/15

- Opération du Manantali avec débit minimal de 200 m3/s et crue permettant 100 000 ha de culture de décrue.
  Puissance garantie : 20 MW

Tableau B.5a	Synthèse 1904-1984	B/16
Tableau B.5b	Puissance garantie	B/17
Tableau B.5c	Niveau de la retenue	B/18

OPERATION DU MANANTALI

Annee	Apport Total (MCM)	Deverse Total (MCM)	Cote P.R. (m)	Puissance Garantie (MW)	Energie (GWh)	Capacite Minimum (MW)
1904	11371.3	2610.0	201.2	86.0	1034.2	200.0
1905	14073.4	4495.1	201.6	86.0	1090.2	200.0
1906	16223.8	7053.4	202.1	86.0	1069.7	200.0
1907	9240.6	930.7	201.7	86.0	966.4	200.0
1908	13788.2	4540.5	201.4	86.0	1059.7	200.0
1909	15833.6	6415.9	202.5	86.0	1092.4	200.0
1910	12040.2	3274.6	202.2	86.0	1035.6	200.0
1911	9853.5	1671.3	201.3	86.0	946.9	200.0
1912	9878.7	1761.8	200.9	86.0	937.5	200.0
1913	6240.9	0.0	200.7	86.0	753.4	200.0
1914	8967.1	567.1	199.1	86.0	888.4	200.0
1915	11103.6	2590.4	200.7	86.0	960.5	200.0
1916	12566.7	3601.9	201.6	86.0	1040.6	200.0
1917	10940.4	2863.1	201.5	86.0	936.8	200.0
1918	14897.5	5381.4	201.5	86.0	1081.4	200.0
1919	9855.2	1909.6	202.4	86.0	939.2	200.0
1920	11977.3	3693.3	201.3	86.0	953.7	200.0
1921	8908.2	841.8	201.2	86.0	931.4	200.0
1922	16405.0	6774.5	200.9	86.0	1087.2	200.0
1923	12332.8	3578.9	201.8	86.0	1009.7	200.0
1924	17879.9	8470.2	202.4	86.0	1092.6	200.0
1925	14423.6	5063.5	202.2	86.0	1088.0	200.0
1926	10067.6	1802.8	202.1	86.0	974.9	200.0
1927	15514.1	5918.1	201.5	86.0	1096.8	200.0
1928	14464.4	5086.6	202.3	86.0	1089.1	200.0
1929	14136.4	5069.4	202.7	86.0	1061.4	200.0
1930	12463.1	3561.1	201.8	86.0	1036.5	200.0
1931	12178.6	3741.1	201.7	86.0	973.3	200.0
1932	14290.1	5090.6	201.8	86.0	1062.3	200.0
1933	14174.2	5322.0	202.4	86.0	1031.7	200.0
1934	11559.5	3237.3	201.4	86.0	960.5	200.0
1935	16903.2	7563.8	201.3	86.0	1063.7	200.0
1936	17039.7	7657.0	201.7	86.0	1071.5	200.0
1937	10659.6	2576.9	202.0	86.0	951.9	200.0
1938	12772.7	4024.0	201.2	86.0	997.3	200.0
1939	9844.3	1817.3	201.7	86.0	942.2	200.0
1940	8181.1	479.0	200.9	86.0	871.9	200.0
1941	8034.9	135.7	201.3	86.0	920.6	200.0
1942	8557.9	430.9	200.6	86.0	927.6	200.0
1943	10866.7	2590.4	200.9	86.0	941.2	200.0
1944	7399.9	32.3	201.2	86.0	848.2	200.0
1945	13740.9	4599.4	200.9	86.0	1025.3	200.0
1946	12544.1	3524.0	202.0	86.0	1056.2	200.0
1947	9651.4	1573.7	201.5	86.0	937.9	200.0
1948	10847.9	2436.1	201.1	86.0	959.3	200.0
1949	9504.6	1512.3	201.2	86.0	934.4	200.0
1950	15459.8	6375.6	200.7	86.0	1024.5	200.0
1951	13669.1	4769.9	201.5	86.0	1020.0	200.0
1952	11416.0	3408.5	202.2	86.0	950.9	200.0
1953	11680.8	2890.2	201.9	86.0	1014.9	200.0
1954	15788.6	5901.1	202.3	86.0	1139.1	200.0
1955	15110.4	5622.5	203.3	86.0	1113.4	200.0
1956	13185.2	4129.3	201.9	86.0	1059.4	200.0
1957	16861.4	7223.8	202.0	86.0	1107.3	200.0
1958	14466.0	4941.8	202.6	86.0	1112.9	200.0
1959	12425.9	3611.8	203.4	86.0	1050.1	200.0
1960	10704.9	2291.5	201.2	86.0	972.2	200.0
1961	13468.0	4388.7	201.2	86.0	1045.1	200.0
1962	12003.1	3285.0	201.0	86.0	997.4	200.0
1963	11600.8	3211.5	200.9	86.0	980.2	200.0
1964	13382.4	4331.9	201.0	86.0	1028.9	200.0
1965	12232.3	3782.7	201.0	86.0	977.3	200.0
1966	11559.8	2903.6	201.1	86.0	999.5	200.0
1967	16413.2	6768.2	201.7	86.0	1096.7	200.0
1968	8158.7	392.6	202.3	86.0	926.5	200.0
1969	13281.3	4245.7	200.3	86.0	1007.2	200.0
1970	10016.4	2262.4	201.5	86.0	924.8	200.0
1971	9155.3	1199.4	200.0	86.0	920.3	200.0
1972	7746.9	152.2	200.1	86.0	842.4	200.0
1973	7576.0	27.9	200.5	86.0	886.2	200.0
1974	10608.4	2230.2	199.3	86.0	931.6	200.0
1975	9225.5	914.6	199.9	86.0	944.3	200.0
1976	9796.4	1191.9	200.2	86.0	954.5	200.0
1977	5862.4	0.0	200.8	86.0	753.4	200.0
1978	7886.3	0.0	197.6	86.0	796.3	200.0
1979	5785.6	0.0	200.2	86.0	753.4	200.0
1980	7201.3	0.0	195.9	86.0	753.4	200.0
1981	7118.2	0.0	196.4	86.0	753.4	200.0
1982	5881.5	0.0	196.3	86.0	753.4	200.0
1983	7233.4	0.0	192.0	86.0	753.4	179.2
1984	4529.3	0.0	188.4	86.0	753.4	153.9
Moyen	11514.6	3091.0			973.2	

TABLEAU B.2b
PUISSANCE GARANTIE

GUARANTEED POWER (MW)

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	185.2	200.0	200.0	141.7	86.0
1905	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	90.1
1906	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	175.7	86.0
1907	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	150.0	86.0
1908	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	161.9	86.0
1909	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.0
1910	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	185.6	200.0	200.0	143.3	86.0
1911	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	123.0	86.0
1912	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	109.9	86.0
1913	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1914	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	150.1	200.0	91.6	86.0
1915	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	92.7	200.0	200.0	134.9	86.0
1916	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	135.3	86.0
1917	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	109.0	86.0
1918	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	181.8	95.9
1919	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	112.3	86.0
1920	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	104.3	200.0	200.0	113.5	86.0
1921	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	101.4	86.0
1922	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	86.0
1923	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	95.9
1924	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.3
1925	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	87.1
1926	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	101.3	200.0	200.0	146.1	86.0
1927	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	99.0
1928	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	88.6
1929	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	164.2	86.0
1930	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	167.2	200.0	200.0	163.5	86.0
1931	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	100.5	200.0	200.0	144.6	86.0
1932	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	165.5	86.0
1933	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	123.0	86.0
1934	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	90.9	200.0	200.0	136.8	86.0
1935	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	167.4	86.0
1936	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	178.2	86.0
1937	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	129.9	86.0
1938	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	193.0	86.0
1939	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	116.5	86.0
1940	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	132.8	86.0
1941	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	86.4	86.0
1942	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	198.0	98.4	86.0
1943	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	115.1	86.0
1944	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	87.5	200.0	98.4	86.0
1945	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	157.3	200.0	200.0	158.2	86.0
1946	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	157.0	86.0
1947	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	110.4	86.0
1948	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	140.2	86.0
1949	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	105.9	86.0
1950	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	115.8	200.0	200.0	200.0	86.0
1951	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	109.7
1952	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	89.6	200.0	200.0	124.9	86.0
1953	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	170.0	200.0	200.0	130.6	86.0
1954	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	155.8
1955	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	121.3
1956	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	161.4	86.0
1957	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	113.1
1958	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	170.3	149.4
1959	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	148.5	86.0
1960	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	158.2	86.0
1961	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	141.6	86.0
1962	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	193.2	86.0
1963	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	169.3	86.0
1964	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	149.8	200.0	200.0	170.9	86.0
1965	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	165.2	86.0
1966	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	196.0	86.0
1967	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	200.0	98.8
1968	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	94.7	86.0
1969	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	200.0	92.5
1970	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	92.3	86.0
1971	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	86.0	86.0
1972	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.4	200.0	91.4	86.0
1973	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	152.7	200.0	86.0	86.0
1974	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	101.7	86.0
1975	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	200.0	200.0	119.4	86.0
1976	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	133.5	200.0	200.0	86.0
1977	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1978	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	110.7	120.1	86.0
1979	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1980	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1981	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1982	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1983	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0
1984	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0	86.0

TABLEAU B.2c
DEBITS A BAKEL

FOWS AT BAKEL (m3/s)

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	237.2	226.7	222.2	209.1	208.2	162.6	504.9	1776.1	3175.7	1119.3	568.7	319.5
1905	246.0	230.9	228.3	215.8	198.3	254.8	590.2	2106.8	2313.3	2333.6	1055.0	357.9
1906	260.3	228.4	226.8	216.3	204.9	231.4	678.3	5308.3	4228.8	1610.7	820.8	473.4
1907	290.5	271.6	249.7	229.6	201.6	210.2	337.8	532.3	1657.3	1302.3	601.8	365.9
1908	283.6	250.9	237.0	220.6	202.9	165.9	458.3	1590.6	3729.5	1382.6	482.9	228.4
1909	208.1	202.3	209.2	206.4	195.4	181.2	565.7	2726.8	4211.4	1300.8	573.6	237.9
1910	200.2	197.2	206.6	205.5	199.6	208.0	404.9	1493.8	2951.4	1223.5	454.8	247.5
1911	223.0	214.3	214.7	209.0	203.3	212.0	453.4	823.2	2181.3	930.9	414.7	265.5
1912	235.4	221.4	217.8	210.6	206.0	247.6	484.6	800.6	2054.4	1289.7	418.9	295.0
1913	258.6	237.5	227.6	215.1	207.4	227.3	322.1	435.6	485.9	426.2	239.8	206.2
1914	201.2	200.0	201.9	207.6	210.4	210.6	400.1	689.7	896.5	1027.0	342.9	271.5
1915	240.7	231.3	225.4	213.4	212.2	184.8	421.3	1013.8	2427.5	1217.1	332.8	203.0
1916	194.1	197.7	205.9	202.4	197.0	94.7	368.4	1161.0	3310.5	1595.4	383.0	226.2
1917	212.8	207.4	210.8	207.1	202.3	110.9	259.8	1229.8	3409.1	1137.5	312.8	223.9
1918	206.0	205.6	210.2	204.7	203.7	233.2	571.7	2913.0	5331.6	2548.3	630.2	317.7
1919	258.6	233.0	224.9	214.9	199.4	204.7	311.3	1045.4	2183.8	1021.1	338.7	243.1
1920	219.5	214.3	214.1	208.0	203.4	212.1	431.3	1723.5	4323.9	1279.7	586.9	328.9
1921	266.0	242.6	230.2	216.7	209.3	212.6	336.9	652.3	1652.4	731.7	252.7	205.2
1922	208.4	204.5	208.2	205.6	211.3	133.8	239.2	2448.6	6577.5	2716.8	760.4	317.8
1923	239.1	224.0	221.1	211.8	201.2	179.8	492.8	1083.0	3805.7	1429.6	733.6	254.8
1924	194.6	191.0	203.9	203.4	199.4	206.6	747.7	3948.1	5540.5	2395.7	787.1	366.8
1925	269.5	237.6	230.6	217.4	203.5	191.0	193.3	1624.8	3302.5	2449.7	751.5	307.8
1926	252.3	229.0	228.4	216.7	200.0	228.4	306.8	922.2	1794.9	977.0	710.6	289.4
1927	222.8	212.0	216.4	209.6	202.4	211.0	575.3	2155.0	4893.1	2678.1	868.3	362.9
1928	258.1	227.0	228.5	216.2	199.1	137.6	262.6	2332.3	4702.2	1675.6	681.9	223.8
1929	197.3	196.0	201.8	201.3	200.0	246.3	607.5	2550.2	4521.7	1319.7	416.8	220.2
1930	208.4	202.5	207.6	204.5	201.5	240.6	488.3	1871.0	3454.5	1896.1	591.0	306.2
1931	258.3	234.4	230.0	216.1	202.2	237.8	677.1	1062.0	2786.3	2071.9	535.2	279.7
1932	242.7	224.1	220.5	212.2	201.8	193.8	361.6	2331.4	3148.2	1363.5	427.8	223.7
1933	209.6	202.4	210.9	207.6	201.0	140.1	533.8	3155.7	3574.8	1068.6	368.8	225.9
1934	213.6	208.9	210.0	204.6	208.5	111.7	239.2	1475.0	3512.2	1303.4	422.9	252.5
1935	230.2	219.2	216.5	212.2	208.7	211.3	545.4	3765.6	5072.2	2442.4	614.3	271.4
1936	237.5	219.6	220.3	209.6	201.6	175.2	439.3	3887.6	5975.6	2202.9	691.2	321.9
1937	244.3	225.4	226.1	212.6	200.4	208.9	334.7	1005.4	2996.8	1340.2	486.8	268.9
1938	237.4	222.7	219.2	210.8	209.3	212.6	351.1	1005.0	4014.8	1842.5	776.9	276.4
1939	235.5	219.6	218.3	210.6	193.9	118.2	311.4	1138.6	1981.6	1353.7	417.9	272.0
1940	253.8	225.1	221.7	211.8	211.4	144.0	208.2	832.2	781.5	1238.3	507.7	232.5
1941	223.7	212.3	214.7	208.4	208.9	117.2	280.4	722.6	1568.2	730.4	229.6	204.7
1942	204.3	207.0	205.2	204.4	206.5	124.4	289.7	1138.4	1424.8	533.7	248.5	198.4
1943	199.2	201.2	207.9	204.3	206.5	214.0	317.4	1072.1	2680.4	1760.6	425.1	237.2
1944	218.9	213.6	214.0	208.4	209.5	111.9	208.3	440.9	816.6	658.1	321.6	225.0
1945	218.6	213.7	209.4	188.4	206.3	133.8	345.3	2374.1	4894.9	1846.7	446.1	185.1
1946	184.5	188.2	201.4	201.8	200.6	128.4	245.0	1770.7	2998.7	1793.0	563.1	259.4
1947	224.2	213.3	214.5	208.7	202.5	131.1	308.1	1190.4	3103.9	1507.9	378.7	225.5
1948	216.1	210.2	211.8	206.6	199.2	123.2	403.5	1034.5	2563.8	959.2	380.7	180.0
1949	194.9	195.8	203.9	202.9	201.7	165.0	252.3	1109.2	1908.1	786.0	198.6	171.7
1950	185.6	193.1	200.6	204.8	205.1	160.7	408.1	2067.4	5971.5	3033.1	761.7	303.6
1951	240.8	226.3	214.7	204.7	200.0	175.5	296.8	782.1	2077.8	3633.6	1420.3	406.2
1952	229.8	214.8	214.0	208.1	200.3	182.5	343.0	705.6	2528.3	3090.1	579.1	295.7
1953	223.9	218.7	209.6	208.8	178.3	105.9	351.5	1102.9	2933.7	1242.1	446.9	247.4
1954	210.5	215.8	211.0	204.4	190.3	201.8	501.7	3808.7	4404.7	1616.5	671.6	379.7
1955	226.0	213.4	220.2	216.7	195.7	152.1	148.1	3473.6	4159.7	2588.0	759.9	329.7
1956	232.0	212.7	219.2	214.5	201.6	247.5	346.6	1488.2	5431.3	2093.0	618.9	293.1
1957	222.7	217.5	222.3	210.6	203.6	306.8	395.6	1989.2	4347.9	2892.0	926.7	333.9
1958	227.9	216.8	222.2	213.9	194.8	256.4	292.0	3528.8	3979.4	1879.3	778.8	428.5
1959	246.3	223.9	227.0	218.7	187.5	164.1	410.3	2065.2	4096.5	1234.7	471.7	263.0
1960	213.8	216.4	214.9	209.2	196.9	217.2	535.0	1072.4	2427.7	1300.9	486.8	249.9
1961	215.2	216.1	214.5	209.6	204.8	213.4	475.3	2256.5	5258.3	1320.9	440.8	233.1
1962	216.3	219.4	215.4	207.4	190.3	240.9	345.5	1492.8	3568.6	1618.0	580.9	261.0
1963	231.5	222.4	213.7	207.8	214.4	219.7	462.2	958.4	2354.0	1964.1	618.4	286.2
1964	232.1	220.2	212.7	208.1	209.7	272.9	405.1	1171.7	5849.7	1927.0	563.8	296.2
1965	247.5	235.6	224.7	214.0	214.9	284.7	268.6	2765.5	5290.9	1985.4	634.9	312.4
1966	293.4	248.3	217.4	203.7	194.0	251.9	436.4	1045.7	3125.0	5019.4	1016.6	415.4
1967	386.3	243.6	218.9	202.7	192.8	184.0	472.2	2281.6	6772.1	3418.5	902.4	391.8
1968	313.8	263.3	229.6	206.1	189.0	171.1	462.7	839.0	1798.5	1029.4	340.7	266.7
1969	229.6	211.7	200.4	199.2	205.3	204.0	628.6	1383.5	3575.3	2540.5	1114.2	347.9
1970	265.0	229.8	209.6	199.5	200.6	179.4	333.9	1822.6	2989.1	943.6	319.6	249.9
1971	221.6	207.3	200.5	199.5	204.6	192.4	471.6	2246.6	3117.6	965.1	315.1	249.5
1972	219.1	209.2	200.8	202.7	208.5	160.5	228.0	520.3	606.5	581.0	241.7	198.7
1973	200.9	199.6	196.9	200.9	191.0	239.1	349.1	1488.3	1164.1	579.3	234.2	207.0
1974	200.5	198.7	198.7	204.0	210.8	156.0	456.1	2536.9	3291.9	1372.7	350.0	243.4
1975	217.4	205.9	202.1	202.0	207.8	174.1	435.7	1017.9	2613.7	1192.3	362.8	245.9
1976	211.6	205.0	200.2	200.1	205.4	152.5	343.0	824.8	665.0	1135.8	857.5	210.9
1977	212.7	205.8	198.7	196.7	200.6	186.8	274.1	495.3	1105.8	555.7	255.1	211.6
1978	205.5	202.8	202.4	208.2	216.8	179.2	364.9	1206.2	1132.2	864.7	433.2	240.9
1979	212.2	205.7	196.2	201.4	207.6	175.1	276.6	655.9	892.1	377.2	295.4	220.7
1980	208.6	207.0	205.6	213.8	224.0	213.7	302.1	927.4	1157.7	356.9	231.2	216.0
1981	207.7	203.3	204.2	211.7	197.1	216.7	407.3	1183.1	1210.4	399.3	250.9	217.5
1982	208.7	204.1	203.4	210.7	220.3	212.5	234.5	769.9	882.0	391.9	252.5	224.7
1983	215.8	219.5	222.4	234.1	251.4	210.1	226.5	257.3	275.8	213.9	165.6	181.3
1984	216.8	222.5	231.8	246.8	268.8	284.3	411.0	633.8	550.8	415.9	294.9	319.0

TABLEAU B.2d

NIVEAU DE LA RETENUE

RESERVOIR LEVEL (m) - End of period

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	207.2	206.1	204.8	203.4	202.0	201.2	202.6	208.0	208.0	208.0	208.0	207.6
1905	206.8	205.8	204.5	203.2	201.8	201.6	204.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1906	207.4	206.6	205.4	204.1	202.7	202.1	205.2	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1907	207.2	206.3	205.0	203.7	202.3	201.7	202.2	204.9	208.0	208.0	208.0	207.7
1908	207.0	206.0	204.7	203.4	202.0	201.4	203.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1909	207.3	206.4	205.2	203.8	202.5	203.0	205.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1910	207.5	206.7	205.5	204.1	202.8	202.2	203.4	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1911	206.9	205.9	204.6	203.3	201.9	201.3	202.2	206.7	208.0	208.0	208.0	207.6
1912	206.8	205.8	204.5	203.1	201.7	200.9	202.0	206.2	208.0	208.0	208.0	207.5
1913	206.6	205.5	204.2	202.8	201.4	200.7	200.9	202.8	205.5	207.0	206.9	206.3
1914	205.3	204.2	202.8	201.4	200.0	199.1	200.6	204.6	208.0	208.0	208.0	207.5
1915	206.5	205.5	204.1	202.7	201.3	200.7	202.2	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1916	207.1	206.2	204.9	203.6	202.2	201.6	203.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1917	207.1	206.1	204.9	203.5	202.2	201.5	201.8	207.7	208.0	208.0	208.0	207.7
1918	206.9	205.9	204.6	203.2	201.8	201.5	203.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1919	207.5	206.7	205.5	204.2	202.8	202.4	203.1	207.7	208.0	208.0	208.0	207.7
1920	206.9	205.9	204.6	203.3	201.9	201.3	202.0	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1921	206.9	205.9	204.6	203.2	201.8	201.2	201.6	205.4	208.0	208.0	208.0	207.6
1922	206.7	205.7	204.3	203.0	201.5	200.9	202.0	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1923	207.2	206.3	205.1	203.8	202.4	201.8	202.8	207.9	208.0	208.0	208.0	208.0
1924	207.5	206.7	205.5	204.2	202.8	202.4	206.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1925	207.5	206.7	205.5	204.1	202.8	202.2	203.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1926	207.4	206.6	205.4	204.0	202.7	202.1	203.5	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1927	207.1	206.1	204.8	203.5	202.1	201.5	203.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1928	207.5	206.7	205.5	204.2	202.9	202.3	202.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1929	207.4	206.6	205.4	204.0	202.7	202.9	204.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1930	207.2	206.3	205.0	203.7	202.3	201.8	203.0	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1931	207.1	206.1	204.9	203.5	202.2	201.7	203.6	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1932	207.1	206.2	205.0	203.6	202.3	201.8	204.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1933	207.3	206.4	205.1	203.8	202.5	202.4	206.2	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1934	207.0	206.0	204.7	203.4	202.0	201.4	201.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1935	206.9	206.0	204.7	203.3	201.9	201.3	203.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1936	207.2	206.3	205.0	203.7	202.3	201.7	202.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1937	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	202.0	202.5	207.4	208.0	208.0	208.0	207.7
1938	206.9	205.9	204.5	203.2	201.8	201.2	202.1	207.7	208.0	208.0	208.0	207.9
1939	207.2	206.3	205.0	203.7	202.3	201.7	202.1	207.4	208.0	208.0	208.0	207.6
1940	206.6	205.6	204.3	202.9	201.5	200.9	201.0	204.2	207.8	208.0	208.0	207.7
1941	206.9	205.9	204.6	203.3	201.9	201.3	201.7	204.7	208.0	208.0	208.0	207.4
1942	206.5	205.4	204.1	202.7	201.3	200.6	201.3	206.5	208.0	208.0	208.0	207.5
1943	206.7	205.6	204.3	202.9	201.5	200.9	201.3	206.5	208.0	208.0	208.0	207.6
1944	206.8	205.8	204.5	203.1	201.8	201.2	201.4	204.0	208.0	208.0	208.0	207.5
1945	206.6	205.5	204.2	202.9	201.5	200.9	201.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1946	207.3	206.5	205.2	203.9	202.6	202.0	202.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1947	207.0	206.1	204.8	203.5	202.1	201.5	201.8	206.1	208.0	208.0	208.0	207.6
1948	206.8	205.8	204.5	203.1	201.7	201.1	202.4	207.6	208.0	208.0	208.0	207.8
1949	207.1	206.2	204.9	203.6	202.2	201.2	201.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.6
1950	206.8	205.7	204.4	203.1	201.7	200.7	201.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1951	207.2	206.2	205.0	203.6	202.3	201.5	202.1	206.5	208.0	208.0	208.0	208.0
1952	207.7	207.1	205.9	204.6	203.2	202.2	203.5	208.0	208.0	208.0	208.0	207.6
1953	206.9	205.9	204.6	203.3	202.0	201.9	204.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1954	207.1	206.2	204.9	203.6	202.3	202.5	205.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1955	207.7	206.9	205.8	204.5	203.3	203.5	206.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1956	207.7	207.0	205.8	204.5	203.2	201.9	202.9	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1957	207.3	206.5	205.3	203.9	202.6	202.0	203.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1958	207.6	206.9	205.7	204.4	203.2	202.6	204.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1959	207.8	207.1	206.0	204.7	203.5	203.4	204.6	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1960	207.0	206.0	204.7	203.4	202.0	201.2	202.9	207.6	208.0	208.0	208.0	207.7
1961	206.9	206.0	204.7	203.3	201.9	201.2	203.4	208.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1962	207.0	206.0	204.7	203.3	202.0	201.0	202.3	207.4	208.0	208.0	208.0	207.9
1963	207.2	206.2	205.0	203.6	202.2	200.9	201.2	205.7	208.0	208.0	208.0	207.6
1964	206.8	205.8	204.5	203.1	201.7	201.0	202.5	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1965	207.2	206.3	205.0	203.7	202.3	201.0	202.6	207.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1966	207.1	206.1	204.9	203.6	202.2	201.1	201.2	205.6	208.0	208.0	208.0	207.7
1967	207.1	206.2	204.9	203.6	202.3	201.7	203.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1968	207.5	206.7	205.5	204.2	202.9	202.3	202.7	205.4	208.0	208.0	208.0	207.5
1969	206.5	205.4	204.1	202.7	201.3	200.3	201.7	206.2	208.0	208.0	208.0	208.0
1970	207.4	206.4	205.2	203.9	202.5	201.5	201.7	207.6	208.0	208.0	208.0	207.4
1971	206.4	205.3	204.0	202.6	201.2	200.0	200.8	207.0	208.0	208.0	207.9	207.2
1972	206.1	205.0	203.6	202.2	200.8	200.1	200.9	203.8	208.0	208.0	208.0	207.5
1973	206.5	205.4	204.0	202.6	201.3	200.5	200.9	204.8	208.0	208.0	207.8	207.0
1974	205.9	204.7	203.3	201.9	200.4	199.3	201.3	207.4	208.0	208.0	208.0	207.4
1975	206.3	205.2	203.9	202.5	201.1	199.9	200.8	204.1	208.0	208.0	208.0	207.4
1976	206.4	205.3	204.0	202.6	201.2	200.2	201.2	205.1	208.0	208.0	208.0	208.0
1977	207.2	206.2	204.9	203.5	202.1	200.9	200.8	203.0	206.2	207.3	207.0	206.1
1978	204.9	203.7	202.2	200.8	199.1	197.6	197.7	201.6	205.5	208.0	208.0	207.4
1979	206.4	205.3	203.9	202.5	201.1	200.2	200.5	202.6	204.9	206.0	205.9	205.1
1980	203.9	202.7	201.3	199.7	197.6	195.9	196.2	201.1	205.7	206.4	206.1	205.2
1981	204.1	202.9	201.4	200.0	198.1	196.4	196.9	202.0	205.0	206.5	206.2	205.4
1982	204.2	203.0	201.6	200.1	198.1	196.3	196.4	199.6	202.6	203.6	203.3	202.4
1983	201.1	199.8	197.7	195.5	193.2	192.0	193.4	197.1	201.1	202.4	202.2	201.3
1984	200.0	198.1	195.9	193.7	191.2	189.1	189.7	190.9	191.1	192.1	190.7	188.4

OPERATION DU MANANTALI

Annee	Apport Total (Mm3)	Deverse Total	Cote P.B. (m)	Puissance Garantie (MW)	Energie (GWh)	Capacite Minimum (MW)
1904	11371.3	2743.4	201.5	74.0	1011.2	200.0
1905	14073.4	4990.2	202.6	74.0	1044.6	200.0
1906	16223.8	7486.0	202.9	74.0	1013.6	200.0
1907	9240.6	1494.7	202.6	74.0	903.9	200.0
1908	13788.2	4885.7	202.0	74.0	1026.8	200.0
1909	15833.6	6528.7	202.7	74.0	1083.2	200.0
1910	12040.2	3311.0	202.3	74.0	1023.4	200.0
1911	9853.5	2110.4	201.9	74.0	899.1	200.0
1912	9878.7	2308.1	201.7	74.0	878.4	200.0
1913	6240.9	2392.7	197.9	74.0	842.6	200.0
1914	8967.1	1645.5	187.1	74.0	743.7	141.5
1915	11103.6	0.0	186.6	0.0	599.6	138.9
1916	12566.7	2845.4	197.4	74.0	935.3	200.0
1917	10940.4	2960.3	201.4	74.0	925.8	200.0
1918	14897.5	5688.9	202.0	74.0	1055.8	200.0
1919	9855.2	2031.9	202.9	74.0	919.3	200.0
1920	11977.3	3693.5	201.9	74.0	957.7	200.0
1921	8908.2	1449.6	202.0	74.0	871.8	200.0
1922	16405.0	6794.6	200.8	74.0	1079.7	200.0
1923	12332.8	3627.0	202.3	74.0	1013.9	200.0
1924	17879.9	8545.2	202.4	74.0	1083.9	200.0
1925	14423.6	5287.3	202.7	74.0	1063.1	200.0
1926	10067.6	1803.6	202.8	74.0	970.6	200.0
1927	15514.1	6266.7	202.1	74.0	1067.4	200.0
1928	14464.4	5255.4	202.5	74.0	1069.9	200.0
1929	14136.4	5214.4	202.7	74.0	1038.2	200.0
1930	12463.1	3640.4	202.3	74.0	1027.8	200.0
1931	12178.6	3741.8	202.6	74.0	979.6	200.0
1932	14290.1	5450.3	202.4	74.0	1026.6	200.0
1933	14174.2	5411.1	202.4	74.0	1022.8	200.0
1934	11559.5	3236.8	201.3	74.0	960.2	200.0
1935	16903.2	7969.6	202.0	74.0	1020.3	200.0
1936	17039.7	7943.1	202.1	74.0	1046.6	200.0
1937	10659.6	2829.3	202.6	74.0	918.4	200.0
1938	12772.7	4178.8	201.9	74.0	985.3	200.0
1939	9844.3	2003.3	201.8	74.0	919.9	200.0
1940	8181.1	1689.1	201.3	74.0	787.3	200.0
1941	8034.9	509.8	199.8	74.0	883.5	200.0
1942	8557.9	1571.0	197.7	74.0	884.3	200.0
1943	10866.7	1119.0	194.6	74.0	789.9	196.3
1944	7399.9	1727.8	201.3	74.0	899.0	200.0
1945	13740.9	2526.4	193.5	74.0	926.1	188.7
1946	12544.1	3487.3	201.3	74.0	1043.6	200.0
1947	9651.4	1789.5	201.6	74.0	914.0	200.0
1948	10847.9	2574.4	201.1	74.0	958.4	200.0
1949	9504.6	1518.7	200.9	74.0	935.9	200.0
1950	15459.8	6375.5	200.2	74.0	1007.1	200.0
1951	13669.1	5099.1	201.8	74.0	988.9	200.0
1952	11416.0	3408.7	202.5	74.0	944.1	200.0
1953	11680.8	2890.0	201.7	74.0	1013.9	200.0
1954	15788.6	6137.6	202.7	74.0	1121.7	200.0
1955	15110.4	5543.2	203.7	74.0	1123.1	200.0
1956	13185.2	4489.7	202.5	74.0	1011.2	200.0
1957	16841.4	7654.2	202.7	74.0	1067.6	200.0
1958	14466.0	5299.0	203.2	74.0	1072.9	200.0
1959	12425.9	3811.8	203.7	74.0	1018.3	200.0
1960	10704.9	2454.8	201.7	74.0	957.1	200.0
1961	13468.0	4734.9	201.8	74.0	1007.1	200.0
1962	12003.1	3540.3	201.6	74.0	975.6	200.0
1963	11600.8	3700.8	201.6	74.0	923.6	200.0
1964	13382.4	4467.5	201.8	74.0	1017.6	200.0
1965	12232.3	4229.7	202.0	74.0	930.8	200.0
1966	11559.8	3412.9	201.9	74.0	944.3	200.0
1967	16413.2	7058.3	202.1	74.0	1073.5	200.0
1968	8158.7	677.5	202.6	74.0	885.6	200.0
1969	13281.3	4611.8	200.7	74.0	976.7	200.0
1970	10016.4	2451.2	201.7	74.0	895.6	200.0
1971	9155.3	1504.8	200.3	74.0	879.9	200.0
1972	7746.9	2534.3	200.4	74.0	889.0	200.0
1973	7576.0	1044.1	191.1	74.0	823.4	169.8
1974	10608.4	0.0	186.5	0.0	486.8	140.0
1975	9225.5	865.5	199.3	74.0	910.7	200.0
1976	9796.4	2248.9	200.2	74.0	863.3	200.0
1977	5862.4	835.2	199.9	74.0	842.3	200.0
1978	7886.3	641.4	190.0	74.0	727.7	159.9
1979	5785.6	1048.9	187.0	19.5	646.7	132.3
1980	7201.3	662.7	186.2	0.0	466.3	135.4
1981	7118.2	457.0	186.5	0.0	519.7	136.2
1982	5881.5	1446.9	186.3	0.0	364.0	130.5
1983	7233.4	1978.0	186.1	0.0	370.8	131.3
1984	4529.3	38.6	186.1	0.0	311.6	133.1
Moyen	11514.6	3378.2			914.9	

ETUDE DE GESTION - OMVS - DEBIT PERMANENT DE 200 m3/s + 50000 ha
GUARANTEED POWER (MW)

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	74.0	74.4	76.9	82.8	83.5	101.9	74.0	200.0	200.0	200.0	141.8	74.0
1905	74.0	74.0	74.6	80.4	88.1	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	90.1
1906	74.0	74.0	74.8	79.7	85.0	74.1	74.0	200.0	200.0	200.0	175.8	75.2
1907	74.0	74.0	74.0	74.3	86.8	83.3	74.0	74.0	200.0	200.0	150.0	74.0
1908	74.0	74.0	74.0	78.3	86.2	101.1	74.0	200.0	200.0	200.0	162.0	81.1
1909	82.5	85.2	82.2	83.5	88.3	93.9	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.1
1910	86.0	87.3	83.1	83.6	86.3	82.8	74.0	200.0	200.0	200.0	143.3	74.0
1911	75.9	80.2	80.3	82.9	85.6	82.1	74.0	74.0	200.0	200.0	122.8	74.0
1912	74.0	77.1	79.1	82.4	84.7	74.0	74.0	74.0	200.0	200.0	109.9	74.0
1913	74.0	74.0	75.0	80.7	84.4	76.4	74.0	74.0	200.0	193.1	74.0	74.0
1914	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	159.5	119.5	74.0	74.0
1915	74.0	74.0	68.2	0.0	0.0	19.8	74.0	74.0	187.9	96.3	74.0	80.1
1916	83.8	82.1	78.7	80.0	81.9	118.2	74.0	74.0	200.0	200.0	135.4	74.1
1917	80.5	83.1	81.8	83.5	85.8	122.1	74.0	74.0	200.0	200.0	109.1	75.2
1918	83.6	83.8	82.0	84.4	85.1	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	181.8	95.9
1919	74.0	74.0	75.6	80.3	87.3	85.0	74.0	121.9	200.0	200.0	112.2	74.0
1920	77.5	80.1	80.5	83.3	85.5	82.0	74.0	159.8	200.0	200.0	113.6	74.0
1921	74.0	74.0	74.0	80.0	83.6	82.3	74.0	74.0	200.0	200.0	94.0	83.7
1922	82.3	84.2	82.7	83.9	81.8	112.4	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	77.4
1923	74.0	75.7	77.5	81.8	86.6	95.2	74.0	128.0	200.0	200.0	200.0	96.0
1924	88.5	90.0	84.2	84.4	86.2	83.2	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.3
1925	74.0	74.0	74.0	79.2	85.6	90.7	89.8	200.0	200.0	200.0	200.0	87.1
1926	74.0	74.0	74.1	79.6	87.1	75.3	74.0	169.8	200.0	200.0	146.1	74.0
1927	76.0	81.2	79.5	82.6	86.0	82.5	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	99.0
1928	74.0	74.1	74.0	79.8	87.4	112.4	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	88.6
1929	87.3	87.8	85.2	85.3	86.0	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	164.4	76.9
1930	82.5	85.2	83.0	84.4	85.9	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	163.5	74.0
1931	74.0	74.0	74.0	80.2	86.5	74.0	74.0	184.5	200.0	200.0	144.7	74.0
1932	74.0	75.8	77.8	81.7	86.4	89.7	74.0	200.0	200.0	200.0	165.5	79.6
1933	81.9	85.2	81.5	83.1	86.1	110.6	74.0	200.0	200.0	200.0	123.0	74.3
1934	80.2	82.5	82.2	84.6	83.2	121.7	74.0	96.8	200.0	200.0	136.9	74.0
1935	74.0	78.0	79.6	81.7	83.5	82.6	74.0	200.0	200.0	200.0	167.5	75.2
1936	74.0	77.8	77.8	82.8	86.4	97.1	74.0	200.0	200.0	200.0	178.3	84.1
1937	74.0	75.0	75.1	81.4	86.9	83.3	74.0	104.1	200.0	200.0	129.9	74.0
1938	74.0	76.5	78.5	82.4	83.3	82.1	74.0	130.6	200.0	200.0	193.1	75.3
1939	74.0	77.8	78.7	82.3	89.6	119.7	74.0	74.0	200.0	200.0	116.5	74.0
1940	74.0	75.5	77.5	82.0	82.6	109.5	83.5	74.0	200.0	74.0	74.0	74.0
1941	74.0	78.7	77.9	80.6	80.7	115.8	74.0	74.0	200.0	200.0	74.0	80.6
1942	80.8	79.6	80.5	80.7	79.8	109.3	74.0	74.0	200.0	200.0	74.0	78.6
1943	78.2	77.2	74.3	74.9	74.0	74.0	74.0	74.0	90.9	200.0	115.2	74.0
1944	77.8	80.5	80.6	83.1	83.0	121.8	82.8	74.0	200.0	200.0	74.0	74.0
1945	74.0	74.0	74.0	79.8	74.0	94.2	74.0	74.0	200.0	200.0	158.2	92.8
1946	92.9	91.0	85.0	84.8	85.4	114.0	74.0	171.4	200.0	200.0	157.0	74.0
1947	75.3	80.6	80.4	83.0	85.9	114.4	74.0	74.0	200.0	200.0	110.5	74.5
1948	79.1	81.9	81.5	83.8	87.1	117.0	74.0	74.0	200.0	200.0	140.1	95.1
1949	88.2	87.6	84.1	84.4	85.1	99.5	74.0	74.0	200.0	200.0	106.5	98.8
1950	92.2	88.6	85.3	83.4	83.5	100.7	74.0	94.5	200.0	200.0	200.0	78.8
1951	74.0	74.7	80.3	84.8	87.0	96.7	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	109.7
1952	74.0	79.6	80.2	83.0	86.6	93.8	74.0	122.7	200.0	200.0	124.9	74.0
1953	75.6	78.2	82.6	83.0	95.9	124.1	74.0	169.8	200.0	200.0	130.7	74.0
1954	81.6	79.3	81.8	84.7	90.7	85.8	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	155.8
1955	74.2	80.3	77.5	79.3	88.6	106.5	108.5	200.0	200.0	200.0	200.0	121.3
1956	74.0	80.6	77.9	80.2	86.1	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	161.4	75.3
1957	76.0	78.6	76.9	82.2	85.6	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	113.1
1958	74.0	78.7	76.6	80.6	89.1	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	170.3	149.4
1959	74.0	75.5	74.5	78.6	92.3	101.7	74.0	200.0	200.0	200.0	148.5	74.0
1960	80.1	79.2	80.1	82.8	88.2	79.9	74.0	114.4	200.0	200.0	158.3	74.0
1961	79.5	79.3	80.3	82.6	84.9	81.5	74.0	200.0	200.0	200.0	141.6	74.0
1962	78.9	77.8	80.0	83.6	90.9	74.0	74.0	105.1	200.0	200.0	193.2	79.1
1963	74.0	76.4	80.7	83.4	81.0	79.1	74.0	74.0	200.0	200.0	169.3	74.0
1964	74.0	77.6	81.3	83.4	83.1	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	170.9	74.0
1965	74.0	74.0	76.0	81.0	81.1	74.0	74.0	101.7	200.0	200.0	165.2	74.0
1966	74.0	74.0	79.3	85.4	89.6	74.0	74.0	74.0	200.0	200.0	196.0	74.0
1967	74.0	74.0	78.6	85.8	90.1	93.4	74.0	200.0	200.0	200.0	200.0	98.8
1968	74.0	74.0	74.0	84.1	91.6	98.6	74.0	74.0	200.0	200.0	94.7	74.0
1969	74.0	81.4	86.6	87.0	84.6	85.1	74.0	74.0	200.0	200.0	200.0	92.5
1970	74.0	74.0	82.4	86.8	86.5	94.9	74.0	87.4	200.0	200.0	92.3	74.0
1971	76.7	83.3	86.4	86.7	84.8	89.6	74.0	74.0	200.0	200.0	75.8	74.0
1972	78.0	82.7	86.5	85.7	83.5	102.3	75.7	74.0	200.0	200.0	74.0	75.4
1973	74.3	74.1	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	193.2	193.7	74.0	74.0
1974	74.0	74.0	69.7	0.0	0.0	4.7	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0
1975	77.5	82.8	84.5	84.5	82.3	95.1	74.0	74.0	200.0	200.0	119.5	74.0
1976	81.1	84.2	86.4	86.3	84.3	104.9	74.0	74.0	200.0	154.8	74.0	79.4
1977	78.7	81.9	85.0	85.6	84.1	89.3	74.0	74.0	200.0	154.0	74.0	74.0
1978	74.5	74.8	74.0	74.0	74.0	75.3	74.0	74.0	181.8	74.0	74.0	74.0
1979	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	74.0	132.3	99.3	43.7	19.5
1980	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.6	74.0	172.0	174.0	74.0	74.0
1981	73.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.0	74.0	170.2	167.1	74.0	74.0
1982	74.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.2	74.0	130.5	96.6	42.2	15.1
1983	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	74.0	104.8	131.3	110.2	45.6	19.5
1984	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	74.0	74.0	137.0	102.9	29.7	4.9

D.

TABLEAU B.3c

DEBITS A BAKEL

ETUDE DE GESTION - OMVS - DEBIT PERMANENT DE 200 m3/s à 50 000 ha

REGULATED FLOWS AT BAKEL (m3/s)

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	210.7	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	473.7	1860.1	3175.7	1119.4	568.7	293.1
1905	218.8	202.7	200.1	199.8	200.1	222.0	557.6	2290.9	2314.0	2333.2	1055.1	357.9
1906	233.8	201.1	200.1	199.8	200.1	199.8	646.8	5468.0	4229.0	1610.8	820.9	449.8
1907	263.5	243.7	220.6	199.8	200.1	199.8	304.6	499.6	1874.9	1301.9	601.8	339.5
1908	256.5	222.8	207.7	199.8	200.1	199.8	426.7	1719.0	3729.6	1382.6	483.0	217.7
1909	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	537.1	2768.4	4211.4	1300.6	573.8	237.9
1910	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	375.2	1540.3	2951.0	1223.8	455.0	221.1
1911	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	421.0	792.2	2350.0	931.3	414.4	239.1
1912	208.2	200.1	200.1	199.8	200.1	214.7	451.1	768.5	2265.0	1289.7	418.9	268.6
1913	231.3	209.2	200.1	199.8	200.1	199.8	287.7	401.2	1736.1	746.7	244.1	211.5
1914	208.8	211.0	219.6	234.8	249.8	262.1	493.2	725.1	1736.1	746.7	365.5	309.7
1915	286.3	287.4	274.9	10.8	3.5	45.1	481.2	1031.3	1736.1	746.7	210.2	200.1
1916	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	354.8	869.0	3031.7	1395.0	383.0	200.1
1917	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	230.2	1201.5	3446.2	1137.5	312.9	200.1
1918	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	201.9	540.3	3027.3	5331.7	2548.3	630.2	317.7
1919	232.2	205.8	200.1	199.8	200.1	199.8	279.8	1125.1	2231.1	1020.9	338.6	216.7
1920	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	399.0	1850.5	4324.0	1279.7	587.0	302.6
1921	238.8	214.4	200.8	199.8	200.1	199.8	303.2	619.6	1872.0	746.7	236.7	200.1
1922	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	209.5	2456.0	6577.4	2716.9	760.5	298.9
1923	212.2	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	461.3	1177.5	3824.0	1429.7	733.7	254.8
1924	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	719.5	3975.7	5540.5	2395.7	787.2	366.8
1925	243.0	210.3	202.2	199.8	200.1	199.8	200.1	1708.2	3302.5	2449.7	751.5	307.9
1926	225.8	201.7	200.1	199.8	200.1	199.8	274.7	1076.8	1796.2	976.1	710.4	263.1
1927	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	543.3	2284.7	4893.3	2678.2	868.3	362.9
1928	231.7	200.1	200.2	199.8	200.1	199.8	232.4	2395.0	4702.3	1675.7	681.9	223.9
1929	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	217.1	578.2	2604.2	4521.7	1319.6	417.1	200.1
1930	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	209.8	457.0	1975.6	3454.6	1896.1	591.1	279.9
1931	231.3	206.4	200.8	199.8	200.1	205.0	644.2	1251.3	2786.3	2072.2	535.3	253.4
1932	215.6	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	330.3	2464.8	3148.4	1363.5	427.9	209.7
1933	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	505.7	3170.0	3574.8	1068.7	368.7	200.1
1934	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	209.3	1488.7	3512.1	1303.2	423.1	226.1
1935	203.0	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	513.2	3915.5	5072.4	2442.5	614.4	247.8
1936	210.5	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	408.0	3793.3	5975.8	2203.0	691.2	317.8
1937	217.8	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	302.7	1044.1	3093.3	1340.3	486.9	242.6
1938	210.2	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	318.1	1105.1	4073.9	1842.6	776.9	252.8
1939	208.5	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	281.3	1109.7	2053.7	1353.2	417.9	245.6
1940	226.6	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	200.1	801.1	1736.1	787.8	385.1	210.8
1941	201.5	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	256.3	698.5	1736.1	746.7	209.5	200.1
1942	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	271.4	1118.8	1736.1	746.7	212.6	200.1
1943	200.1	200.1	200.1	199.8	202.7	213.2	317.0	1065.7	1864.1	1759.5	425.2	210.8
1944	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	200.1	411.3	1736.1	746.7	287.4	217.3
1945	210.8	206.0	202.5	199.8	205.4	199.8	352.7	2202.0	4101.7	1845.5	446.1	200.1
1946	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	217.9	1691.1	2998.5	1793.1	563.1	233.1
1947	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	277.5	1160.8	3186.9	1508.0	378.8	200.1
1948	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	373.7	1006.1	2616.3	959.7	380.4	200.1
1949	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	223.4	1081.7	1911.0	785.7	199.8	200.1
1950	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	379.6	2018.3	5971.3	3033.2	761.7	287.9
1951	214.0	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	265.4	751.8	2204.8	3633.3	1420.3	406.3
1952	203.5	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	312.7	780.2	2528.6	3089.9	579.1	269.3
1953	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	323.1	1102.3	2933.6	1242.1	447.0	221.1
1954	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	472.0	3996.0	4404.8	1616.5	671.6	379.7
1955	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	200.1	3444.2	4159.7	2588.1	760.0	329.7
1956	205.7	200.1	200.1	199.8	200.1	216.3	314.7	1622.2	5431.5	2093.1	619.0	269.7
1957	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	274.9	363.3	2149.2	4348.1	2892.0	926.7	333.9
1958	201.5	200.1	200.1	199.8	200.1	225.5	260.9	3660.9	3979.6	1879.4	778.8	428.5
1959	219.9	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	380.8	2139.6	4096.5	1234.8	471.7	236.6
1960	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	503.0	1134.9	2490.6	1300.8	487.1	223.6
1961	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	443.4	2385.3	5258.4	1321.0	440.8	206.7
1962	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	209.1	313.0	1533.8	3666.2	1618.2	580.9	245.8
1963	204.7	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	428.9	926.3	2541.8	1964.4	618.5	259.8
1964	204.9	200.1	200.1	199.8	200.1	240.1	372.0	1337.5	5849.9	1927.1	563.8	269.9
1965	220.5	207.6	200.1	199.8	200.1	251.6	234.9	2796.8	5461.7	1985.8	634.9	286.0
1966	266.3	220.2	200.1	199.8	200.1	219.6	403.0	1013.4	3321.0	5019.7	1016.7	389.0
1967	259.2	215.6	200.1	199.8	200.1	199.8	440.8	2389.4	6772.2	3418.6	902.4	391.8
1968	287.3	236.1	201.2	199.8	200.1	199.8	432.1	808.9	1908.6	1029.2	340.7	240.3
1969	202.3	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	596.3	1352.7	3715.2	2540.7	1114.3	347.9
1970	238.5	202.5	200.1	199.8	200.1	199.8	302.8	1824.2	3061.2	943.8	319.6	223.5
1971	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	439.3	2216.2	3235.1	965.3	292.7	222.6
1972	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	200.1	488.9	1736.1	746.7	227.8	200.1
1973	200.1	200.1	200.2	208.5	206.1	261.5	374.3	1502.2	1736.1	746.7	262.2	239.5
1974	241.5	250.8	250.0	-2.2	-2.0	-45.7	507.6	2561.7	2489.7	780.7	292.3	219.0
1975	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	407.0	989.4	2594.9	1192.1	363.0	219.5
1976	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	312.2	795.0	1736.1	746.7	448.1	200.1
1977	200.1	200.1	200.1	199.8	200.1	199.8	247.9	468.9	1736.1	746.7	248.0	204.5
1978	200.1	200.1	200.4	210.7	226.3	199.8	384.8	1218.7	1736.1	822.3	365.8	247.5
1979	221.1	218.2	214.6	226.9	246.9	227.1	336.5	709.6	1606.5	564.0	266.1	98.4
1980	28.9	3.9	-3.4	-2.2	-1.3	-22.1	295.8	956.0	1736.1	746.7	279.2	272.1
1981	275.4	0.8	-4.1	-3.3	-26.3	-16.3	450.8	1212.9	1736.1	746.7	297.6	271.9
1982	276.4	35.0	-4.2	-3.6	-2.6	-20.9	201.6	805.5	1736.1	557.8	207.4	75.2
1983	20.9	3.4	-2.5	-2.7	-1.2	-1.0	232.5	373.4	1325.8	429.0	128.7	43.3
1984	7.8	-0.6	-2.4	-2.0	0.0	-6.7	391.9	611.3	799.0	535.0	126.7	39.8

ETUDE DE GESTION - OMVS - DEBIT PERMANENT DE 200 m3/s + 50 000 ha
RESERVOIR LEVEL (m) - End of period

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	207.3	206.4	205.2	203.9	202.6	201.5	203.1	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1905	207.2	206.3	205.2	203.9	202.6	202.6	205.2	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1906	207.6	206.9	205.8	204.6	203.3	202.9	206.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1907	207.5	206.7	205.6	204.5	203.1	202.6	203.2	206.2	208.0	208.0	208.0	207.9
1908	207.3	206.5	205.4	204.1	202.8	202.0	204.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1909	207.4	206.5	205.3	204.1	202.7	203.1	205.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1910	207.5	206.6	205.5	204.2	202.8	202.3	203.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1911	207.2	206.3	205.1	203.8	202.5	201.9	203.0	207.6	208.0	208.0	208.0	207.8
1912	207.1	206.2	205.0	203.7	202.4	201.7	203.0	207.4	208.0	208.0	208.0	207.7
1913	206.9	206.0	204.8	203.5	202.2	201.6	202.0	204.1	199.4	198.8	198.7	197.9
1914	196.5	194.9	192.9	190.7	188.5	187.1	188.5	193.6	191.6	194.0	193.8	192.8
1915	191.2	189.4	187.0	186.8	186.6	187.0	188.7	196.6	201.6	204.4	205.1	205.0
1916	204.2	203.3	202.1	200.8	199.1	197.4	200.5	206.4	208.0	208.0	208.0	208.0
1917	207.3	206.4	205.2	203.9	202.5	201.4	201.9	207.9	208.0	208.0	208.0	207.8
1918	207.0	206.1	204.8	203.5	202.1	202.0	204.2	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1919	207.7	207.0	205.9	204.7	203.4	202.9	203.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1920	207.2	206.3	205.1	203.8	202.4	201.9	202.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1921	207.2	206.3	205.2	203.9	202.6	202.0	202.7	206.7	208.0	207.9	208.0	207.6
1922	206.8	205.8	204.5	203.1	201.8	200.8	202.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1923	207.5	206.7	205.6	204.4	203.0	202.3	203.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1924	207.5	206.6	205.4	204.1	202.8	202.4	206.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1925	207.6	207.0	205.9	204.7	203.4	202.7	204.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1926	207.6	206.9	205.8	204.6	203.3	202.8	204.4	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1927	207.4	206.5	205.3	204.0	202.7	202.1	203.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1928	207.7	207.0	206.0	204.8	203.5	202.5	203.3	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1929	207.4	206.6	205.3	204.0	202.7	203.1	205.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1930	207.4	206.5	205.3	203.9	202.6	202.3	203.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1931	207.4	206.6	205.5	204.3	202.9	202.6	204.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1932	207.5	206.7	205.5	204.3	202.9	202.4	205.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1933	207.4	206.5	205.4	204.1	202.7	202.4	206.3	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1934	207.2	206.3	205.1	203.7	202.4	201.3	201.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1935	207.3	206.4	205.2	203.9	202.6	202.0	204.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1936	207.5	206.7	205.5	204.3	202.9	202.1	203.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1937	207.6	206.8	205.8	204.5	203.2	202.6	203.3	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1938	207.2	206.3	205.1	203.8	202.5	201.9	203.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1939	207.5	206.7	205.5	204.2	202.9	201.8	202.4	207.8	208.0	208.0	208.0	207.7
1940	207.0	206.1	204.9	203.6	202.2	201.3	201.4	204.8	202.8	205.8	206.5	206.3
1941	205.7	204.8	203.6	202.3	200.9	199.8	200.5	203.6	205.9	205.8	205.9	205.4
1942	204.5	203.4	202.1	200.8	199.2	197.7	198.8	204.4	204.1	202.8	203.0	202.6
1943	201.7	200.7	199.2	197.4	195.5	194.6	195.1	201.8	208.0	208.0	208.0	207.8
1944	207.1	206.2	204.9	203.6	202.3	201.3	201.5	204.3	202.9	202.4	202.6	202.1
1945	201.3	200.3	198.7	196.8	194.9	193.5	194.1	203.4	208.0	208.0	208.0	207.9
1946	207.2	206.2	205.0	203.7	202.3	201.3	202.4	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1947	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	201.6	202.1	206.6	208.0	208.0	208.0	207.8
1948	207.0	206.1	204.8	203.5	202.1	201.1	202.5	207.9	208.0	208.0	208.0	207.7
1949	207.0	206.0	204.8	203.4	202.1	200.9	201.6	208.0	208.0	208.0	208.0	207.4
1950	206.5	205.4	204.1	202.8	201.4	200.2	201.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1951	207.5	206.6	205.4	204.1	202.8	201.8	202.7	207.2	208.0	208.0	208.0	208.0
1952	207.9	207.3	206.2	205.0	203.6	202.5	203.9	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1953	207.2	206.3	205.1	203.8	202.4	201.7	204.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1954	207.4	206.5	205.3	204.0	202.7	202.9	206.2	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1955	207.8	207.2	206.1	204.9	203.7	203.7	206.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1956	207.8	207.2	206.1	204.9	203.6	202.5	203.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1957	207.6	206.9	205.8	204.5	203.1	202.7	204.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1958	207.8	207.2	206.1	204.9	203.6	203.2	205.2	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1959	207.9	207.4	206.5	205.3	204.0	203.7	205.1	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1960	207.2	206.3	205.1	203.8	202.5	201.7	203.7	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1961	207.2	206.3	205.1	203.8	202.4	201.8	204.1	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1962	207.3	206.4	205.2	203.8	202.5	201.6	203.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1963	207.4	206.6	205.4	204.1	202.8	201.6	202.1	206.8	208.0	208.0	208.0	207.7
1964	207.1	206.2	205.0	203.7	202.3	201.8	203.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1965	207.5	206.7	205.6	204.4	203.0	202.0	203.8	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1966	207.4	206.6	205.5	204.1	202.8	201.9	202.2	206.7	208.0	208.0	208.0	207.8
1967	207.4	206.6	205.5	204.2	202.8	202.1	203.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1968	207.6	207.0	206.0	204.7	203.4	202.6	203.2	206.0	208.0	208.0	208.0	207.7
1969	206.9	205.8	204.5	203.1	201.7	200.7	202.3	207.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1970	207.5	206.8	205.5	204.2	202.8	201.7	202.1	208.0	208.0	208.0	208.0	207.6
1971	206.7	205.7	204.3	202.9	201.5	200.3	201.3	207.7	208.0	208.0	208.0	207.5
1972	206.5	205.4	204.1	202.7	201.3	200.4	201.4	204.5	202.1	201.1	201.2	200.7
1973	199.6	198.0	196.2	194.2	192.3	191.1	191.3	196.6	196.5	195.1	194.6	193.2
1974	191.4	189.4	187.0	186.7	186.5	187.0	189.2	197.4	203.5	207.0	207.3	206.9
1975	205.9	204.9	203.5	202.1	200.7	199.3	200.5	204.0	208.0	208.0	208.0	207.6
1976	206.6	205.6	204.2	202.8	201.5	200.2	201.4	205.5	202.2	204.5	206.9	206.9
1977	206.2	205.2	203.9	202.5	201.2	199.9	199.9	202.3	201.8	201.8	201.5	200.6
1978	199.3	197.7	195.7	193.8	191.7	190.0	190.0	194.3	194.8	198.7	199.3	198.4
1979	197.0	195.4	193.4	191.3	189.0	187.5	187.3	189.8	187.0	187.0	187.1	187.0
1980	187.0	186.9	186.7	186.4	186.2	186.6	187.0	192.3	194.0	191.7	190.9	189.3
1981	187.0	186.9	186.7	186.5	186.5	187.0	187.1	192.8	192.7	191.9	191.2	189.6
1982	187.4	187.0	186.8	186.5	186.3	186.4	187.0	190.1	187.0	187.0	187.1	187.0
1983	187.0	186.9	186.6	186.4	186.1	187.0	188.5	191.2	187.0	187.0	187.0	187.0
1984	187.0	186.9	186.6	186.3	186.1	186.5	187.6	189.0	187.0	187.0	187.0	187.0

TABLEAU B.4a

OPERATION DU MANANTALI — SYNTHESE 1904-1984

Annee	Apport Total (MCM)	Deverse Total (MCM)	Cote P.S. (m)	Puissance Garantie (MW)	Energie (GWh)	Capacite Minimum (MW)
1904	11371.3	2866.0	201.6	60.0	986.9	200.0
1905	14073.4	5277.4	202.9	60.0	1022.5	200.0
1906	16223.8	7661.0	203.1	60.0	993.5	200.0
1907	9240.6	2097.2	203.0	60.0	820.5	200.0
1908	13788.2	5183.0	202.5	60.0	998.9	200.0
1909	15833.6	6617.3	202.7	60.0	1072.8	200.0
1910	12040.2	3403.4	202.3	60.0	1005.6	200.0
1911	9853.5	2751.6	202.0	60.0	833.2	200.0
1912	9878.7	2473.5	201.7	60.0	839.1	200.0
1913	6240.9	4689.3	191.3	60.0	780.1	174.6
1914	8967.1	3791.0	186.6	0.0	472.5	128.8
1915	11103.6	1496.6	186.4	0.0	503.5	138.6
1916	12566.7	740.1	190.8	60.0	862.4	171.3
1917	10940.4	3016.8	201.4	60.0	920.0	200.0
1918	14897.5	5785.3	202.1	60.0	1044.8	200.0
1919	9855.2	2479.7	203.1	60.0	877.3	200.0
1920	11977.3	3695.0	201.5	60.0	927.8	200.0
1921	8908.2	3465.8	202.5	60.0	817.8	200.0
1922	16405.0	6044.4	196.0	60.0	936.6	200.0
1923	12332.8	3627.1	202.3	60.0	1015.0	200.0
1924	17879.9	8633.8	202.4	60.0	1073.5	200.0
1925	14423.6	5398.7	203.0	60.0	1050.6	200.0
1926	10067.6	3372.5	203.0	60.0	899.5	200.0
1927	15514.1	5688.5	199.3	60.0	974.1	200.0
1928	14464.4	5423.5	202.7	60.0	1050.9	200.0
1929	14136.4	5351.1	202.7	60.0	1022.4	200.0
1930	12463.1	3757.8	202.3	60.0	1012.0	200.0
1931	12178.6	3870.1	202.9	60.0	967.8	200.0
1932	14290.1	5585.3	202.5	60.0	1011.4	200.0
1933	14174.2	5629.7	202.4	60.0	994.9	200.0
1934	11559.5	3238.9	201.3	60.0	952.2	200.0
1935	16703.2	8131.8	202.2	60.0	1010.0	200.0
1936	17039.7	8063.3	202.2	60.0	1033.1	200.0
1937	10659.6	2830.5	202.7	60.0	909.3	200.0
1938	12772.7	4178.9	202.1	60.0	997.4	200.0
1939	9844.3	2042.6	201.8	60.0	901.8	200.0
1940	8181.1	3119.5	200.0	60.0	843.3	200.0
1941	8034.9	2484.8	193.5	60.0	787.9	188.9
1942	8557.9	3236.6	186.8	0.0	558.2	136.0
1943	10866.7	262.6	186.4	0.0	418.7	138.7
1944	7399.9	3903.0	190.3	60.0	802.2	166.7
1945	13740.9	1219.4	186.8	0.0	587.6	139.3
1946	12544.1	3487.0	201.3	60.0	1040.6	200.0
1947	9651.4	2001.1	201.7	60.0	893.6	200.0
1948	10847.9	3044.6	201.1	60.0	897.1	200.0
1949	9504.6	3304.6	200.9	60.0	922.7	200.0
1950	15459.8	4681.6	194.4	60.0	933.3	198.1
1951	13649.1	5315.2	201.9	60.0	943.9	200.0
1952	11416.0	3408.5	202.5	60.0	934.5	200.0
1953	11680.8	2892.1	201.9	60.0	1019.4	200.0
1954	15788.6	6278.8	202.8	60.0	1112.1	200.0
1955	15110.4	5543.3	203.7	60.0	1123.1	200.0
1956	13185.2	4639.5	202.6	60.0	994.3	200.0
1957	16861.4	7834.4	202.9	60.0	1047.1	200.0
1958	14466.0	5460.8	203.4	60.0	1054.4	200.0
1959	12425.9	3924.5	203.7	60.0	995.0	200.0
1960	10704.9	2456.7	201.9	60.0	960.8	200.0
1961	13488.0	4870.5	201.9	60.0	995.3	200.0
1962	12003.1	3540.9	201.7	60.0	979.2	200.0
1963	11600.8	3897.3	201.6	60.0	891.0	200.0
1964	13382.4	4747.6	202.2	60.0	996.4	200.0
1965	12232.9	4230.0	202.4	60.0	929.4	200.0
1966	11559.8	3820.3	202.3	60.0	894.6	200.0
1967	16413.2	7339.1	202.6	60.0	1050.5	200.0
1968	8158.7	1886.8	202.9	60.0	811.1	200.0
1969	13281.3	4085.0	198.9	60.0	943.7	200.0
1970	10016.4	2900.1	201.9	60.0	865.6	200.0
1971	9155.3	1843.9	199.7	60.0	835.4	200.0
1972	7746.9	4775.8	192.6	60.0	840.1	183.1
1973	7576.0	2671.9	187.0	0.0	489.1	133.3
1974	10608.4	111.4	186.2	0.0	375.4	142.0
1975	9225.5	631.8	198.0	60.0	870.7	200.0
1976	9796.4	4224.2	199.1	60.0	861.3	200.0
1977	5862.4	2842.6	187.0	18.5	695.6	142.0
1978	7686.3	2262.7	186.1	0.0	373.9	133.3
1979	5785.6	1239.1	186.3	0.0	346.5	133.0
1980	7201.3	2452.3	186.2	0.0	339.6	135.9
1981	7118.2	2397.9	186.5	0.0	338.3	134.3
1982	5881.5	1597.9	186.3	0.0	294.2	130.9
1983	7233.4	2063.8	186.1	0.0	365.8	131.7
1984	4529.3	343.1	186.1	0.0	291.4	133.1
Moyen	11514.6	3798.3			853.8	

PUISSANCE GARANTIE

ETUDE DE GESTION - OMVS - DEBIT PERMANENT DE 200 m3/s + 100 000 ha FLOOD
GUARANTEED POWER (MW)

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	69.2	74.5	77.0	82.9	83.7	102.0	60.0	200.0	200.0	200.0	141.4	60.0
1905	65.7	73.2	75.0	80.9	88.6	65.4	60.0	200.0	200.0	200.0	200.0	90.1
1906	60.0	73.8	75.0	80.0	85.3	74.4	60.0	200.0	200.0	200.0	175.7	75.2
1907	60.0	60.0	65.4	75.0	87.7	84.1	60.0	60.0	200.0	200.0	105.2	66.2
1908	60.0	64.1	71.2	79.0	87.0	102.1	60.0	200.0	200.0	200.0	161.7	81.1
1909	82.5	85.2	82.2	83.5	88.3	93.9	60.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.1
1910	86.0	87.3	83.1	83.6	86.3	82.8	60.0	200.0	200.0	200.0	143.0	64.4
1911	76.1	80.4	80.5	83.2	85.8	82.3	60.0	73.1	200.0	200.0	60.0	60.0
1912	70.1	76.9	78.9	82.2	84.5	67.8	60.0	60.0	200.0	200.0	109.7	60.0
1913	60.1	70.5	75.6	81.4	85.1	77.1	60.0	63.3	200.0	175.8	60.0	60.0
1914	60.0	60.0	35.9	0.0	0.0	22.6	60.0	60.0	138.0	128.8	51.8	30.7
1915	12.6	2.7	0.0	0.0	0.0	16.2	60.0	60.0	199.9	200.0	62.4	72.2
1916	75.3	73.1	69.2	69.2	69.1	97.5	60.0	60.0	199.6	200.0	135.2	74.1
1917	80.5	83.1	81.8	83.5	85.8	122.1	61.9	78.6	200.0	200.0	108.7	75.2
1918	83.6	83.8	82.0	84.4	85.1	73.2	60.0	200.0	200.0	200.0	181.8	95.9
1919	60.0	71.7	75.9	80.6	87.6	85.3	60.0	152.7	200.0	200.0	60.0	65.9
1920	77.1	79.6	80.0	82.8	85.0	81.4	60.0	150.8	200.0	200.0	113.3	60.3
1921	60.0	68.0	74.4	80.7	84.4	83.1	60.0	60.0	200.0	200.0	71.5	77.8
1922	76.5	78.1	76.6	77.3	74.7	101.1	63.4	60.0	200.0	200.0	200.0	77.4
1923	68.5	75.8	77.6	81.9	86.7	95.4	60.0	148.4	200.0	200.0	200.0	96.0
1924	88.5	90.0	84.2	84.4	86.2	83.2	60.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.3
1925	60.0	69.6	73.4	79.6	86.0	91.2	90.3	200.0	200.0	200.0	200.0	87.1
1926	62.3	73.5	74.3	79.8	87.4	75.6	60.0	196.7	200.0	200.0	60.0	60.0
1927	72.1	77.0	75.3	78.2	81.3	77.7	60.0	114.0	200.0	200.0	200.0	99.0
1928	60.0	74.4	74.2	80.1	87.7	112.8	60.9	200.0	200.0	200.0	200.0	88.6
1929	87.3	87.8	85.2	85.3	86.0	66.9	60.0	200.0	200.0	200.0	164.0	76.9
1930	82.5	85.2	83.0	84.4	85.9	69.9	60.0	200.0	200.0	200.0	163.5	70.8
1931	60.0	71.5	74.1	80.6	86.9	72.3	60.0	200.0	200.0	200.0	144.7	73.7
1932	66.9	75.9	78.0	81.9	86.6	89.8	60.0	200.0	200.0	200.0	165.2	79.7
1933	81.9	85.2	81.5	83.1	86.1	110.6	60.0	200.0	200.0	200.0	98.7	74.3
1934	80.2	82.5	82.2	84.6	83.2	121.7	70.3	100.8	200.0	200.0	136.5	63.3
1935	72.9	78.3	79.9	81.9	83.8	82.8	60.0	200.0	200.0	200.0	167.5	75.2
1936	69.3	77.9	77.9	82.9	86.5	97.2	60.0	200.0	200.0	200.0	178.3	84.1
1937	66.0	75.1	75.3	81.5	87.1	83.5	60.0	127.0	200.0	200.0	129.7	60.3
1938	69.7	76.8	78.8	82.8	83.8	82.5	60.0	163.3	200.0	200.0	193.1	75.3
1939	70.2	77.9	78.8	82.4	89.7	119.8	60.0	81.5	200.0	200.0	116.1	60.0
1940	62.2	76.0	78.0	82.6	83.2	110.3	84.2	60.0	200.0	196.2	60.0	62.9
1941	66.7	71.4	70.3	71.8	70.8	99.2	60.0	60.0	199.3	188.9	60.0	61.3
1942	60.5	60.0	60.0	59.7	0.0	25.2	60.0	60.0	154.6	136.0	57.8	31.9
1943	14.3	3.9	0.0	0.0	0.0	16.9	60.0	60.0	200.0	92.5	60.0	64.5
1944	72.6	75.0	75.0	77.3	76.6	111.0	75.2	60.0	190.2	166.7	60.0	60.0
1945	60.0	60.0	6.7	0.0	0.0	24.7	60.0	60.0	81.6	200.0	158.3	92.8
1946	92.9	91.0	85.0	84.8	85.4	114.0	66.8	179.1	200.0	200.0	157.1	69.3
1947	75.4	80.7	80.5	83.1	86.1	114.6	60.0	60.0	200.0	200.0	110.5	74.5
1948	79.1	81.9	81.5	83.8	87.1	117.0	60.0	79.8	200.0	200.0	63.4	95.1
1949	88.2	87.6	84.1	84.4	88.1	99.5	64.8	82.2	200.0	200.0	97.7	90.7
1950	84.5	81.1	77.9	75.5	74.5	88.2	60.0	60.0	200.0	200.0	200.0	78.9
1951	67.7	74.8	80.4	84.9	87.1	96.9	60.0	60.0	200.0	200.0	200.0	109.7
1952	72.5	79.6	80.3	83.0	86.6	93.8	60.0	139.2	200.0	200.0	124.9	60.0
1953	75.8	78.5	82.9	83.3	96.2	124.6	60.0	198.3	200.0	200.0	130.3	65.1
1954	81.7	79.5	82.0	84.9	91.0	86.0	60.0	200.0	200.0	200.0	200.0	155.8
1955	74.2	80.3	77.5	79.3	88.6	106.5	108.5	200.0	200.0	200.0	200.0	121.3
1956	71.5	80.6	78.0	80.3	86.2	67.2	60.0	200.0	200.0	200.0	161.5	75.3
1957	76.0	78.6	76.9	82.2	85.6	60.0	60.0	200.0	200.0	200.0	200.0	113.2
1958	73.4	78.7	76.6	80.6	89.1	63.3	60.0	200.0	200.0	200.0	170.3	149.4
1959	70.1	75.5	74.6	78.6	92.4	101.8	60.0	200.0	200.0	200.0	148.3	60.3
1960	80.4	79.4	80.4	83.1	88.5	80.2	60.0	142.8	200.0	200.0	157.9	63.3
1961	79.7	79.5	80.5	82.8	85.2	81.7	60.0	200.0	200.0	200.0	141.3	71.0
1962	79.0	77.9	80.0	83.7	91.0	70.3	60.0	127.2	200.0	200.0	193.1	79.1
1963	71.9	76.5	80.7	83.4	81.0	79.1	60.0	60.0	200.0	200.0	169.3	60.0
1964	72.1	77.9	81.6	83.8	83.5	60.0	60.0	200.0	200.0	200.0	170.9	73.5
1965	64.7	70.8	76.3	81.3	81.4	60.0	60.1	144.6	200.0	200.0	165.3	67.9
1966	60.0	65.3	79.8	86.0	90.3	66.5	60.0	60.0	200.0	200.0	196.1	62.5
1967	60.0	67.5	79.2	86.5	90.9	94.2	60.0	200.0	200.0	200.0	200.0	98.8
1968	60.0	60.0	74.0	84.7	92.2	99.3	60.0	60.0	200.0	200.0	60.0	60.0
1969	70.9	79.0	83.9	84.2	81.9	82.0	60.0	60.0	200.0	200.0	200.0	92.5
1970	60.0	73.2	82.7	87.1	86.8	95.3	60.0	117.1	200.0	200.0	60.0	62.5
1971	73.9	82.5	89.5	85.8	83.9	88.5	60.0	60.0	200.0	200.0	60.0	62.8
1972	77.1	81.7	85.5	84.6	82.5	100.9	74.6	60.0	200.0	183.1	60.0	61.4
1973	60.0	60.0	60.0	17.7	0.0	23.7	60.0	60.0	138.0	133.3	40.8	16.8
1974	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	60.0	60.0	200.0	60.0	64.2
1975	76.1	81.2	82.9	82.8	80.6	92.6	60.0	60.0	197.7	200.0	119.1	65.2
1976	81.3	84.4	86.6	86.5	84.5	105.2	60.0	60.0	200.0	200.0	60.0	71.8
1977	71.1	73.9	76.2	75.7	73.1	75.8	60.0	60.0	165.5	144.5	60.0	18.5
1978	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.4	60.0	133.3	134.7	60.0	60.0
1979	50.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	60.0	60.0	133.0	99.3	43.7	19.5
1980	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	60.0	145.7	137.9	38.5	15.1
1981	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	60.0	147.2	134.3	40.2	15.9
1982	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.1	60.0	130.9	95.6	42.2	15.1
1983	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	65.8	105.8	131.7	110.2	45.6	19.5
1984	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	60.0	137.9	102.9	29.6	4.9

TABLEAU B.5a

SYNTHESE 1904-1984

OPERATION DU MANANTALI

Annee	Apport Total (MCM)	Deverse Total (MCM)	Cote P.B. (m)	Puissance Garantie (MW)	Energie (GWh)	Capacite Minimum (MW)
1904	11371.3	3125.8	201.6	20.0	959.1	200.0
1905	14073.4	5542.9	202.9	20.0	993.0	200.0
1906	16223.8	7919.1	203.1	20.0	962.7	200.0
1907	9240.6	2292.6	203.3	20.0	804.4	200.0
1908	13788.2	5503.5	202.6	20.0	961.4	200.0
1909	15833.6	6866.7	202.7	20.0	1043.1	200.0
1910	12040.2	3659.1	202.3	20.0	975.8	200.0
1911	9853.5	2752.5	202.0	20.0	813.2	200.0
1912	9878.7	2563.1	202.1	20.0	846.0	200.0
1913	6240.9	4702.6	192.3	38.9	761.0	180.3
1914	8967.1	3747.0	186.8	0.0	446.9	139.1
1915	11103.6	1636.9	186.6	0.0	528.2	138.9
1916	12566.7	2108.5	193.0	20.0	822.2	184.9
1917	10940.4	3017.2	201.4	20.0	920.0	200.0
1918	14897.5	6040.1	202.1	20.0	1015.2	200.0
1919	9855.2	2479.8	203.2	20.0	869.2	200.0
1920	11977.3	3724.5	201.7	20.0	935.8	200.0
1921	8908.2	3488.4	202.5	20.0	796.6	200.0
1922	16405.0	6501.7	196.6	20.0	911.5	200.0
1923	12332.8	3627.7	202.3	20.0	1016.7	200.0
1924	17879.9	8883.2	202.4	20.0	1043.7	200.0
1925	14423.6	5431.4	203.1	20.0	1047.0	200.0
1926	10067.6	3461.3	203.0	20.0	847.7	200.0
1927	15514.1	5770.3	200.2	20.0	1013.9	200.0
1928	14464.4	5426.2	202.7	20.0	1050.7	200.0
1929	14136.4	5601.4	202.7	20.0	992.7	200.0
1930	12463.1	4013.0	202.3	20.0	982.4	200.0
1931	12178.6	4120.5	202.9	20.0	938.1	200.0
1932	14290.1	5837.7	202.5	20.0	981.6	200.0
1933	14174.2	5880.4	202.4	20.0	965.1	200.0
1934	11559.5	3239.4	201.3	20.0	952.2	200.0
1935	16903.2	8386.1	202.2	20.0	980.4	200.0
1936	17039.7	8321.1	202.2	20.0	1003.4	200.0
1937	10659.6	2831.4	202.7	20.0	910.5	200.0
1938	12772.7	4179.5	202.1	20.0	998.8	200.0
1939	9844.3	2048.3	201.8	20.0	898.6	200.0
1940	8181.1	3139.1	200.7	20.0	788.7	200.0
1941	8034.9	2610.5	195.1	20.0	771.8	200.0
1942	8557.9	3806.5	187.0	20.0	617.1	138.3
1943	10968.7	3268.8	186.4	0.0	339.8	138.7
1944	7399.9	3900.4	193.9	31.3	821.0	188.6
1945	13740.9	1242.4	187.0	20.0	731.5	139.7
1946	12544.1	3487.6	201.3	20.0	1040.6	200.0
1947	9651.4	2364.7	201.7	20.0	850.9	200.0
1948	10847.9	3045.6	201.1	20.0	899.5	200.0
1949	9504.6	3304.6	200.9	20.0	922.7	200.0
1950	15459.8	5268.9	194.4	20.0	873.8	198.1
1951	13669.1	5455.5	201.9	20.0	948.2	200.0
1952	11416.0	3408.6	202.5	20.0	932.9	200.0
1953	11680.8	3144.4	202.0	20.0	993.0	200.0
1954	15788..6	6527.3	202.8	20.0	1082.4	200.0
1955	15110.4	5543.0	203.7	20.0	1123.1	200.0
1956	13185.2	4956.0	202.6	20.0	969.1	200.0
1957	16861.4	8194.4	203.1	20.0	1005.0	200.0
1958	14466.0	5534.5	203.4	20.0	1045.7	200.0
1959	12425.9	4173.2	203.7	20.0	965.3	200.0
1960	10704.9	2457.7	201.9	20.0	962.4	200.0
1961	13468.0	5146.9	201.9	20.0	965.5	200.0
1962	12003.1	3541.9	201.7	20.0	980.8	200.0
1963	11600.8	4245.2	201.6	20.0	846.4	200.0
1964	13382.4	5057.2	202.3	20.0	965.8	200.0
1965	12232.3	4229.9	202.5	20.0	929.9	200.0
1966	11559.8	3990.9	202.6	20.0	876.8	200.0
1967	16413.2	7668.0	202.7	20.0	1012.2	200.0
1968	8158.7	1944.7	203.1	20.0	722.5	200.0
1969	13281.3	5068.3	200.9	20.0	934.2	200.0
1970	10016.4	2901.0	201.9	20.0	850.4	200.0
1971	9155.3	2018.1	200.1	20.0	816.6	200.0
1972	7746.9	4800.2	194.0	25.6	821.4	191.5
1973	7576.0	3386.9	187.0	11.7	485.5	136.2
1974	10608.4	165.3	186.2	0.0	316.6	142.0
1975	9225.5	1939.5	200.3	20.0	829.5	200.0
1976	9796.4	4302.3	200.3	20.0	781.9	200.0
1977	5862.4	2729.8	190.2	33.0	733.1	167.9
1978	7886.3	2203.3	186.3	0.0	374.5	144.3
1979	5789.6	1844.3	186.8	0.0	416.9	133.5
1980	7201.3	3014.6	186.2	0.0	305.9	138.8
1981	7118.2	3027.5	186.5	0.0	302.7	139.1
1982	5881.5	1977.8	186.3	0.0	266.0	132.9
1983	7233.4	2064.3	186.1	0.0	365.8	131.7
1984	4529.3	1089.7	186.1	0.0	237.2	133.1
Moyen	11514.6	4010.9			837.1	

TABLEAU B.5b

PUISSANCE GARANTIE

ETUDE DE GESTION - OMVS - DEBIT PERMANENT DE 200 m3/s + 100 000 ha FLOOD
GUARANTEED POWER (MW)

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	69.2	74.5	77.0	82.9	83.7	102.0	20.0	200.0	200.0	200.0	141.3	57.4
1905	65.8	73.3	75.1	80.9	88.7	65.4	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	90.2
1906	58.6	73.8	75.1	80.1	85.4	74.4	20.0	200.0	200.0	200.0	175.6	75.3
1907	45.0	54.7	65.7	75.4	88.1	84.5	31.0	42.6	200.0	200.0	149.6	66.3
1908	48.3	64.3	71.4	79.3	87.3	102.4	20.0	200.0	200.0	200.0	161.6	81.2
1909	82.5	85.2	82.2	83.5	88.3	93.9	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.2
1910	86.0	87.3	83.1	83.6	86.3	82.8	20.0	200.0	200.0	200.0	142.9	64.4
1911	76.1	80.4	80.5	83.2	85.8	82.3	20.0	115.8	200.0	200.0	32.3	57.2
1912	70.6	77.5	79.5	82.9	85.1	68.4	20.0	117.5	200.0	200.0	109.6	48.4
1913	60.3	70.7	75.8	81.7	85.4	77.4	38.9	63.9	200.0	180.3	48.9	59.8
1914	60.3	59.0	56.7	12.7	0.0	28.1	20.0	20.0	156.5	145.5	20.0	34.8
1915	44.0	46.2	34.0	0.0	0.0	19.7	20.0	20.0	200.0	200.0	64.9	74.8
1916	78.3	76.6	72.9	73.1	73.9	104.8	20.0	20.0	200.0	200.0	135.3	74.1
1917	80.5	83.1	81.8	83.5	85.8	122.1	61.9	78.5	200.0	200.0	108.7	75.2
1918	83.6	83.8	82.0	84.4	85.1	73.2	20.0	200.0	200.0	200.0	181.9	96.0
1919	59.3	71.7	75.9	80.7	87.7	85.4	40.8	173.5	200.0	200.0	47.7	66.1
1920	77.3	79.9	80.3	83.0	85.2	81.7	20.0	200.0	200.0	200.0	113.2	60.3
1921	56.6	68.1	74.4	80.8	84.4	83.2	31.9	61.4	200.0	200.0	72.1	78.5
1922	77.2	78.8	77.3	78.2	79.7	102.6	64.3	20.0	200.0	200.0	200.0	77.4
1923	68.5	75.8	77.6	81.9	86.7	95.4	20.0	190.4	200.0	200.0	200.0	96.1
1924	88.5	90.0	84.2	84.4	86.2	83.2	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	93.3
1925	54.3	69.7	73.5	79.8	86.2	91.3	90.4	200.0	200.0	200.0	200.0	87.2
1926	62.3	73.5	74.3	79.8	87.4	75.6	42.7	200.0	200.0	200.0	20.0	43.1
1927	73.2	78.2	76.5	79.5	82.6	79.2	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	99.0
1928	59.6	74.4	74.2	80.1	87.8	112.8	60.9	200.0	200.0	200.0	200.0	88.7
1929	87.3	87.8	85.2	85.3	86.0	66.9	20.0	200.0	200.0	200.0	164.0	76.9
1930	82.5	85.2	83.0	84.4	85.9	69.9	20.0	200.0	200.0	200.0	163.6	70.8
1931	59.8	71.5	74.1	80.6	86.9	72.3	20.0	200.0	200.0	200.0	144.8	73.7
1932	66.9	75.9	78.0	81.9	86.6	89.8	20.0	200.0	200.0	200.0	165.2	79.7
1933	81.9	85.2	81.5	83.1	86.1	110.6	20.0	200.0	200.0	200.0	98.7	74.3
1934	80.2	82.5	82.2	84.6	83.2	121.7	70.3	100.8	200.0	200.0	136.5	63.4
1935	72.9	78.3	79.9	81.9	83.8	82.8	20.0	200.0	200.0	200.0	167.6	75.3
1936	69.3	77.9	77.9	82.9	86.5	97.2	20.0	200.0	200.0	200.0	178.4	84.2
1937	66.0	75.1	75.3	81.5	87.1	83.5	31.3	157.2	200.0	200.0	129.6	60.4
1938	69.7	76.8	78.8	82.8	83.8	82.5	25.4	199.7	200.0	200.0	193.1	75.4
1939	70.2	77.9	78.8	82.4	89.7	119.8	41.0	101.9	200.0	200.0	116.0	54.4
1940	62.3	76.1	78.1	82.7	83.3	110.5	84.3	20.0	200.0	199.0	20.0	64.6
1941	68.5	73.3	72.5	74.6	73.7	104.3	47.0	20.0	200.0	200.0	57.9	66.8
1942	66.4	64.4	63.4	61.7	59.2	78.7	34.5	20.0	170.0	138.3	44.2	46.2
1943	14.3	3.9	0.0	0.0	0.0	16.9	26.7	20.0	200.0	95.6	20.0	67.2
1944	75.8	78.3	78.4	80.8	80.7	118.2	80.3	56.7	200.0	188.6	31.3	55.9
1945	57.7	58.3	58.2	62.4	46.5	29.2	20.0	20.0	200.0	200.0	158.2	92.8
1946	92.9	91.0	85.0	84.8	85.4	114.0	66.8	179.1	200.0	200.0	157.0	69.4
1947	75.4	80.7	80.5	83.1	86.1	114.6	42.7	20.0	200.0	200.0	110.4	74.5
1948	79.1	81.9	81.5	83.8	87.1	117.0	20.0	123.0	200.0	200.0	63.4	95.1
1949	88.2	87.6	84.1	84.4	85.1	99.5	64.8	82.1	200.0	200.0	97.7	90.7
1950	84.5	81.1	77.9	75.5	74.5	88.2	20.0	20.0	200.0	200.0	200.0	78.9
1951	67.7	74.8	80.4	84.9	87.1	96.9	47.4	51.4	200.0	200.0	200.0	109.8
1952	72.5	79.6	80.3	83.0	86.6	93.8	26.7	174.3	200.0	200.0	125.0	55.9
1953	75.9	78.6	83.0	83.4	96.3	124.7	22.3	200.0	200.0	200.0	130.2	65.2
1954	81.7	79.5	82.0	84.9	91.0	86.0	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	155.9
1955	74.2	80.3	77.5	79.3	88.6	106.5	108.5	200.0	200.0	200.0	200.0	121.4
1956	71.5	80.6	78.0	80.3	86.2	67.2	26.0	200.0	200.0	200.0	161.5	75.4
1957	76.0	78.6	76.9	82.2	85.6	42.8	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	113.2
1958	73.4	78.7	76.6	80.6	89.1	63.3	48.3	200.0	200.0	200.0	170.4	149.4
1959	70.2	75.5	74.6	78.6	92.4	101.8	20.0	200.0	200.0	200.0	148.2	60.4
1960	80.4	79.4	80.4	83.1	88.5	80.2	20.0	195.0	200.0	200.0	157.8	63.3
1961	79.7	79.5	80.5	82.8	85.2	81.7	20.0	200.0	200.0	200.0	141.3	71.0
1962	79.0	77.9	80.0	83.7	91.0	70.3	27.6	161.8	200.0	200.0	193.0	79.2
1963	71.9	76.5	80.7	83.4	81.0	79.1	20.0	47.1	200.0	200.0	169.3	53.0
1964	72.2	78.1	81.8	83.9	83.6	58.0	20.0	200.0	200.0	200.0	171.0	73.6
1965	64.7	70.8	76.3	81.3	81.4	53.0	60.2	151.9	200.0	200.0	165.3	68.0
1966	43.8	65.5	80.2	86.4	90.7	66.8	20.0	90.6	200.0	200.0	196.2	62.5
1967	47.2	67.7	79.5	86.8	91.2	94.6	20.0	200.0	200.0	200.0	200.0	98.9
1968	46.1	58.1	74.3	85.1	92.6	99.7	20.0	29.5	200.0	200.0	29.2	55.5
1969	73.2	81.6	86.8	87.2	84.9	85.4	20.0	70.3	200.0	200.0	200.0	92.5
1970	56.4	73.2	82.7	87.2	86.9	95.4	32.3	150.0	200.0	200.0	36.4	62.9
1971	76.3	83.0	86.0	86.3	84.4	89.1	20.0	97.9	200.0	200.0	32.3	63.3
1972	77.7	82.3	86.1	85.2	83.1	101.7	75.3	25.6	200.0	191.5	53.6	64.2
1973	62.4	61.2	60.2	56.8	11.7	24.1	20.0	20.0	157.2	136.2	40.5	17.1
1974	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	20.0	200.0	98.6	66.3
1975	78.7	84.1	85.9	85.8	83.7	96.9	20.0	20.0	200.0	200.0	119.1	65.2
1976	81.3	84.4	86.6	86.5	84.5	105.2	29.5	20.0	200.0	200.0	20.0	74.3
1977	73.6	76.5	79.3	79.5	77.1	80.7	50.0	33.0	189.1	170.5	41.5	54.6
1978	55.0	50.7	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	152.7	147.6	20.0	47.8
1979	56.4	57.1	58.0	28.7	0.0	15.3	38.4	20.0	135.7	99.3	26.5	36.9
1980	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.5	20.0	161.1	140.2	38.5	15.2
1981	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	166.5	139.1	38.2	26.5
1982	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.1	20.0	132.9	95.6	40.3	17.1
1983	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.1	65.8	105.8	131.7	110.2	45.6	19.5
1984	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.6	20.0	140.6	102.9	29.7	4.9

1

ETUDE DE GESTION - OMVS - DEBIT PERMANENT DE 200 m3/s + 100 000 ha FLOOD
RESERVOIR LEVEL (m) - End of period

Year	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
1904	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	201.6	203.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1905	207.5	206.7	205.5	204.2	202.9	203.0	206.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1906	207.8	207.1	206.1	204.8	203.5	203.1	207.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1907	207.9	207.3	206.4	205.2	203.9	203.3	204.6	208.0	207.3	208.0	208.0	208.0
1908	207.7	207.1	206.0	204.7	203.4	202.6	205.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1909	207.4	206.5	205.3	204.1	202.7	203.1	206.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1910	207.5	206.6	205.5	204.2	202.8	202.3	204.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1911	207.3	206.4	205.2	203.9	202.6	202.0	203.9	208.0	208.0	206.9	208.0	208.0
1912	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	202.1	204.2	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1913	207.4	206.6	205.4	204.1	202.8	202.2	203.1	205.4	196.4	192.7	193.1	192.3
1914	191.0	189.5	187.7	187.0	186.8	187.0	190.1	196.8	190.1	189.3	190.4	190.3
1915	189.5	188.3	187.0	186.8	186.6	187.0	190.4	199.7	200.5	201.1	201.8	201.7
1916	201.0	200.0	198.4	196.6	194.7	193.0	197.3	204.7	208.0	208.0	208.0	208.0
1917	207.3	206.4	205.2	203.9	202.5	201.4	202.1	208.0	208.0	208.0	208.0	207.8
1918	207.0	206.1	204.8	203.5	202.2	202.1	205.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1919	207.8	207.2	206.2	204.9	203.6	203.2	204.5	208.0	207.5	206.9	207.7	207.7
1920	207.0	206.1	204.9	203.6	202.2	201.7	203.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1921	207.6	206.8	205.7	204.4	203.1	202.5	203.8	208.0	206.7	204.4	204.7	204.3
1922	203.5	202.5	201.2	199.9	198.0	196.6	198.5	207.9	208.0	208.0	208.0	208.0
1923	207.6	206.8	205.7	204.4	203.1	202.3	204.3	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1924	207.5	206.6	205.4	204.1	202.8	202.4	207.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1925	207.9	207.3	206.3	205.0	203.7	203.1	204.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1926	207.7	207.1	206.0	204.8	203.4	203.0	205.0	208.0	205.0	204.1	205.7	206.0
1927	205.4	204.6	203.4	202.1	200.8	200.2	202.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1928	207.9	207.2	206.2	205.0	203.6	202.7	203.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1929	207.4	206.6	205.3	204.0	202.7	203.2	205.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1930	207.4	206.5	205.3	203.9	202.6	202.3	204.4	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1931	207.6	206.9	205.8	204.5	203.2	202.9	205.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1932	207.6	206.8	205.6	204.4	203.0	202.5	206.3	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1933	207.4	206.5	205.4	204.1	202.7	202.4	207.1	208.0	208.0	207.7	208.0	207.9
1934	207.2	206.3	205.1	203.7	202.4	201.3	201.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1935	207.4	206.5	205.4	204.1	202.7	202.2	205.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1936	207.5	206.7	205.6	204.3	203.0	202.2	204.3	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1937	207.7	206.9	205.9	204.6	203.3	202.7	204.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1938	207.4	206.5	205.3	204.0	202.7	202.1	204.0	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1939	207.5	206.7	205.6	204.3	202.9	201.8	202.9	208.0	206.6	208.0	208.0	208.0
1940	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	201.7	201.8	206.0	200.7	201.6	203.0	202.9
1941	202.3	201.4	200.2	198.5	196.7	195.1	196.5	201.4	200.3	197.1	197.4	196.7
1942	195.9	194.1	192.3	190.5	188.7	187.0	188.9	197.2	192.1	187.0	187.6	187.0
1943	187.0	187.0	186.9	186.6	186.4	187.0	188.7	197.1	201.5	205.4	206.6	206.4
1944	205.7	204.8	203.6	202.3	200.9	199.9	200.2	203.1	197.8	193.9	195.0	194.5
1945	193.5	192.2	190.5	188.7	187.0	187.0	189.0	200.5	208.0	208.0	208.0	207.9
1946	207.2	206.2	205.0	203.7	202.3	201.3	202.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1947	207.4	206.5	205.3	204.0	202.7	201.7	202.7	207.9	208.0	208.0	208.0	207.8
1948	207.0	206.1	204.8	203.5	202.1	201.1	203.3	208.0	208.0	207.0	208.0	207.7
1949	207.0	206.0	204.8	203.4	202.1	200.9	201.8	208.0	205.7	203.7	203.7	203.1
1950	202.2	201.2	199.8	198.0	196.1	194.4	197.1	205.5	208.0	208.0	208.0	208.0
1951	207.5	206.7	205.5	204.2	202.8	201.9	203.2	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1952	207.9	207.3	206.2	205.0	203.6	202.5	204.6	208.0	209.0	208.0	208.0	208.0
1953	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	202.0	205.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1954	207.5	206.6	205.4	204.1	202.8	203.0	207.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1955	207.8	207.2	206.1	204.9	203.7	203.7	206.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1956	207.9	207.2	206.2	205.0	203.6	202.6	204.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1957	207.6	206.9	205.8	204.5	203.1	203.2	205.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1958	207.8	207.2	206.1	204.9	203.6	203.4	205.7	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1959	208.0	207.5	206.5	205.3	204.0	203.7	205.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1960	207.4	206.5	205.3	204.0	202.7	201.9	204.6	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1961	207.3	206.4	205.2	203.9	202.6	201.9	205.1	208.0	208.0	208.0	208.0	207.9
1962	207.3	206.4	205.2	203.9	202.5	201.7	203.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1963	207.5	206.6	205.4	204.1	202.8	201.6	202.9	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1964	207.4	206.5	205.3	204.0	202.6	202.3	204.8	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1965	207.6	206.9	205.8	204.5	203.2	202.5	204.5	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1966	207.9	207.2	206.0	204.7	203.3	202.6	203.7	208.0	208.0	208.0	209.0	209.0
1967	207.9	207.2	206.1	204.8	203.4	202.7	205.1	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1968	208.0	207.6	206.6	205.3	203.9	203.1	204.5	208.0	207.6	207.1	207.9	207.8
1969	207.0	206.0	204.6	203.2	201.8	200.9	203.3	208.0	208.0	208.0	208.0	208.0
1970	207.8	207.0	205.8	204.5	203.1	201.9	203.0	208.0	208.0	206.9	207.6	207.3
1971	206.5	205.4	204.1	202.7	201.3	200.1	201.9	208.0	208.0	207.1	207.6	207.2
1972	206.3	205.2	203.8	202.5	201.1	200.1	201.1	204.9	198.8	194.3	194.7	194.0
1973	192.7	191.2	189.4	187.6	187.0	187.0	188.8	195.4	190.6	187.0	187.1	187.0
1974	187.0	186.9	186.7	186.5	186.2	186.9	190.9	200.3	206.5	208.0	208.0	207.6
1975	206.7	205.6	204.3	202.9	201.5	200.3	202.1	206.4	208.0	208.0	208.0	207.7
1976	206.8	205.7	204.3	203.0	201.6	200.3	202.2	207.1	200.4	200.5	203.5	203.6
1977	202.9	201.9	200.6	199.0	197.1	195.3	195.8	199.8	194.4	191.3	191.3	190.2
1978	188.7	187.0	186.8	186.5	186.3	186.8	188.5	194.3	190.1	191.5	193.2	192.7
1979	191.5	190.0	188.2	187.0	186.8	187.0	188.2	192.3	187.0	187.0	187.8	187.0
1980	187.0	186.9	186.7	186.4	186.2	186.6	188.0	194.7	191.7	187.0	187.0	187.0
1981	187.0	186.9	186.7	186.5	186.5	187.0	189.0	196.2	191.3	187.4	187.5	187.0
1982	187.0	186.9	186.7	186.5	186.3	186.4	187.0	191.7	187.0	187.0	187.1	187.0
1983	187.0	186.9	186.6	186.4	186.1	187.0	188.8	191.5	187.0	187.0	187.0	187.0
1984	187.0	186.9	186.6	186.3	186.1	186.5	189.2	192.3	187.0	187.0	187.0	187.0

c) REMPLISSAGE DE LA RETENUE

Exemple de l'analyse du remplissage de la retenue, avec une crue permettant la culture de décrue sur 50 000 ha, utilisant les débits historiques et supposant la mise en eau au 1er juillet 1979.

		Page
Tableau B.6a	Gestion de la retenue 1979/80	B/20
Tableau B.6b	Gestion de la retenue 1980/81	B/21
Tableau B.6c	Gestion de la retenue 1981/82	B/22
Tableau B.6d	Gestion de la retenue 1982/83	B/23
Tableau B.7a	Bilan hydraulique 1979/80	B/24
Tableau B.7b	Bilan hydraulique 1980/81	B/25
Tableau B.7c	Bilan hydraulique 1981/82	B/26
Tableau B.7d	Bilan hydraulique 1982/83	B/27

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1979/80
Initial water level.... 162.5
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow	Loss	Reservoir Vol	Reservoir Level	Evap	Reservoir Demand	Reservoir Supply	Diversion Demand	Diversion Supply
		Mm3	Mm3	Mm3	m	Mm3	Mm3		Mm3	
Mai	1	3.5	0.0	-0.	162.5	1.78	10.7	0.0	0.0	0.0
Mai	2	3.5	0.0	-0.	162.5	1.78	10.7	0.0	0.0	0.0
Mai	3	3.8	0.0	-0.	162.5	1.96	10.8	0.0	0.0	0.0
Juin	1	73.4	0.0	0.	162.5	0.88	43.2	0.0	0.0	0.0
Juin	2	73.4	0.0	0.	162.5	0.88	43.2	0.0	0.0	0.0
Juin	3	73.4	0.0	0.	162.5	0.88	43.2	0.0	0.0	0.0
Juill	1	216.9	0.0	91.	163.4	-0.93	126.7	126.7	0.0	0.0
Juill	2	216.9	0.0	182.	164.3	-1.12	126.7	126.7	0.0	0.0
Juill	3	238.6	0.0	301.	165.5	-1.48	121.5	121.5	0.0	0.0
Aout	1	464.8	8.3	752.	170.0	-3.84	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	2	464.8	8.3	1206.	173.5	-6.03	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	3	511.3	8.3	1710.	177.1	-9.75	0.0	9.5	0.0	0.0
Sept	1	506.3	8.3	2009.	179.1	-4.08	203.0	203.0	0.0	0.0
Sept	2	506.3	8.3	1307.	174.3	-3.68	1203.0	1203.0	0.0	0.0
Sept	3	506.3	8.3	643.	168.9	-2.10	1303.0	1164.7	0.0	0.0
Oct	1	333.5	8.3	180.	164.3	0.91	841.9	787.4	0.0	0.0
Oct	2	333.5	8.3	0.	162.5	0.53	591.9	504.3	0.0	0.0
Oct	3	366.9	8.3	282.	165.3	0.65	76.1	76.1	0.0	0.0
Nov	1	153.8	8.3	342.	165.9	1.61	83.8	83.8	0.0	0.0
Nov	2	153.8	8.3	402.	166.5	1.74	83.8	83.8	0.0	0.0
Nov	3	153.8	8.3	461.	167.1	1.88	83.8	83.8	0.0	0.0
Dec	1	67.4	8.3	452.	167.0	1.90	66.8	66.8	0.0	0.0
Dec	2	67.4	8.3	442.	166.9	1.88	66.8	66.8	0.0	0.0
Dec	3	74.1	8.3	441.	166.9	2.05	64.6	64.6	0.0	0.0
Jan	1	30.2	8.3	424.	166.7	2.91	36.0	36.0	0.0	0.0
Jan	2	30.2	8.3	407.	166.6	2.85	36.0	36.0	0.0	0.0
Jan	3	33.3	8.3	394.	166.4	3.08	35.1	35.1	0.0	0.0
Fev	1	11.2	8.3	373.	166.2	3.55	20.7	20.7	0.0	0.0
Fev	2	11.2	8.3	351.	166.0	3.45	20.7	20.7	0.0	0.0
Fev	3	9.0	8.3	328.	165.8	2.68	21.4	21.4	0.0	0.0
Mars	1	6.0	8.3	311.	165.6	3.74	11.5	11.5	0.0	0.0
Mars	2	6.0	8.3	293.	165.4	3.64	11.5	11.5	0.0	0.0
Mars	3	6.7	8.3	276.	165.3	3.91	11.8	11.8	0.0	0.0
Avr	1	3.5	0.0	265.	165.2	3.60	10.4	10.4	0.0	0.0
Avr	2	3.5	0.0	255.	165.0	3.54	10.4	10.4	0.0	0.0
Avr	3	3.8	0.0	245.	164.9	3.48	10.5	10.5	0.0	0.0
TOTALS	Mm3	5722.	200.			28.69	5441.	5026.	0.	0.

Total downstream water demand = 9133.8 Mm3

TABLEAU B.6b

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1980/81
Initial water level.... 164.9
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow	Loss	Reservoir Vol	Reservoir Level	Evap	Reservoir Demand	Reservoir Supply	Diversion Demand	Diversion Supply
		Mm3	Mm3	Mm3	m	Mm3	Mm3		Mm3	
Mai	1	1.7	0.0	234.	164.8	2.89	9.8	9.8	0.0	0.0
Mai	2	1.7	0.0	223.	164.7	2.84	9.8	9.8	0.0	0.0
Mai	3	1.9	0.0	212.	164.6	3.07	9.9	9.9	0.0	0.0
Juin	1	38.0	0.0	221.	164.7	1.38	27.6	27.6	0.0	0.0
Juin	2	38.0	0.0	230.	164.8	1.40	27.6	27.6	0.0	0.0
Juin	3	38.0	0.0	238.	164.9	1.43	27.6	27.6	0.0	0.0
Juill	1	220.3	0.0	335.	165.9	-1.44	125.0	125.0	0.0	0.0
Juill	2	220.3	0.0	432.	166.8	-1.64	125.0	125.0	0.0	0.0
Juill	3	242.4	0.0	557.	168.1	-2.06	119.6	119.6	0.0	0.0
Aout	1	728.4	0.0	1283.	174.1	-5.80	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	2	728.4	0.0	2013.	179.1	-10.39	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	3	801.2	0.0	2820.	183.2	-15.87	0.0	9.5	0.0	0.0
Sept	1	851.9	0.0	3669.	187.3	-5.33	0.0	8.6	0.0	0.0
Sept	2	851.9	0.0	3551.	186.8	-5.55	974.9	974.9	0.0	0.0
Sept	3	851.9	0.0	3334.	185.7	-5.46	1074.9	1074.9	0.0	0.0
Oct	1	275.6	0.0	2748.	182.9	4.10	857.4	857.4	0.0	0.0
Oct	2	275.6	0.0	2412.	181.3	3.91	607.4	607.4	0.0	0.0
Oct	3	303.2	0.0	2618.	182.3	4.25	93.2	93.2	0.0	0.0
Nov	1	133.1	0.0	2605.	182.2	8.12	138.2	138.2	0.0	0.0
Nov	2	133.1	0.0	2591.	182.1	8.11	138.2	138.2	0.0	0.0
Nov	3	133.1	0.0	2578.	182.1	8.10	138.2	138.2	0.0	0.0
Dec	1	57.0	0.0	2558.	182.0	7.98	69.4	69.4	0.0	0.0
Dec	2	57.0	0.0	2537.	181.9	7.96	69.4	69.4	0.0	0.0
Dec	3	62.7	0.0	2524.	181.8	8.72	67.4	67.4	0.0	0.0
Jan	1	23.3	0.0	2499.	181.7	12.56	36.0	36.0	0.0	0.0
Jan	2	23.3	0.0	2473.	181.6	12.53	36.0	36.0	0.0	0.0
Jan	3	25.7	0.0	2450.	181.5	13.75	35.1	35.1	0.0	0.0
Fev	1	12.1	0.0	2423.	181.3	16.21	23.3	23.3	0.0	0.0
Fev	2	12.1	0.0	2395.	181.2	16.16	23.3	23.3	0.0	0.0
Fev	3	9.7	0.0	2369.	181.1	12.89	23.5	23.5	0.0	0.0
Mars	1	6.9	0.0	2345.	180.9	18.48	12.4	12.4	0.0	0.0
Mars	2	6.9	0.0	2321.	180.8	18.43	12.4	12.4	0.0	0.0
Mars	3	7.6	0.0	2295.	180.7	20.24	12.7	12.7	0.0	0.0
Avr	1	4.3	0.0	2269.	180.6	18.97	11.2	11.2	0.0	0.0
Avr	2	4.3	0.0	2244.	180.5	18.91	11.2	11.2	0.0	0.0
Avr	3	4.8	0.0	2218.	180.3	18.84	11.5	11.5	0.0	0.0
TOTALS	Mm3	7187.	0.			218.68	4960.	4995.	0.	0.

Total downstream water demand = 9133.8 Mm3

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1981/82
Initial water level.... 180.3
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow	Loss	Reservoir Vol	Reservoir Level	Evap	Reservoir Demand	Reservoir Supply	Diversion Demand	Diversion Supply
		Mm3	Mm3	Mm3	m	Mm3	Mm3		Mm3	
Mai	1	22.5	0.0	2193.	180.2	15.89	31.4	31.4	0.0	0.0
Mai	2	22.5	0.0	2168.	180.1	15.85	31.4	31.4	0.0	0.0
Mai	3	24.7	0.0	2142.	179.9	17.41	33.6	33.6	0.0	0.0
Juin	1	39.7	0.0	2152.	180.0	7.80	22.5	22.5	0.0	0.0
Juin	2	39.7	0.0	2161.	180.1	7.81	22.5	22.5	0.0	0.0
Juin	3	39.7	0.0	2170.	180.1	7.84	22.5	22.5	0.0	0.0
Juill	1	244.5	0.0	2391.	181.2	-7.24	30.8	30.8	0.0	0.0
Juill	2	244.5	0.0	2613.	182.2	-7.41	30.8	30.8	0.0	0.0
Juill	3	269.0	0.0	2874.	183.5	-8.36	16.0	16.0	0.0	0.0
Aout	1	774.1	0.0	3655.	187.3	-15.75	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	2	774.1	0.0	4438.	189.8	-17.08	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	3	851.6	0.0	5300.	192.5	-20.49	0.0	9.5	0.0	0.0
Sept	1	606.5	0.0	5905.	194.4	-6.79	0.0	8.6	0.0	0.0
Sept	2	606.5	0.0	5589.	193.4	-6.91	929.1	929.1	0.0	0.0
Sept	3	606.5	0.0	5173.	192.1	-6.68	1029.1	1029.1	0.0	0.0
Oct	1	390.5	0.0	4737.	190.7	5.00	822.0	822.0	0.0	0.0
Oct	2	390.5	0.0	4550.	190.2	4.84	572.0	572.0	0.0	0.0
Oct	3	429.6	0.0	4920.	191.3	5.34	54.2	54.2	0.0	0.0
Nov	1	141.7	0.0	4931.	191.3	10.31	121.0	121.0	0.0	0.0
Nov	2	141.7	0.0	4941.	191.4	10.32	121.0	121.0	0.0	0.0
Nov	3	141.7	0.0	4952.	191.4	10.33	121.0	121.0	0.0	0.0
Dec	1	56.2	0.0	4929.	191.3	10.19	68.5	68.5	0.0	0.0
Dec	2	56.2	0.0	4907.	191.3	10.17	68.5	68.5	0.0	0.0
Dec	3	61.8	0.0	4891.	191.2	11.14	66.5	66.5	0.0	0.0
Jan	1	26.8	0.0	4867.	191.1	16.03	34.3	34.3	0.0	0.0
Jan	2	26.8	0.0	4844.	191.1	15.99	34.3	34.3	0.0	0.0
Jan	3	29.5	0.0	4822.	191.0	17.56	33.2	33.2	0.0	0.0
Fev	1	13.8	0.0	4793.	190.9	20.70	22.5	22.5	0.0	0.0
Fev	2	13.8	0.0	4764.	190.8	20.64	22.5	22.5	0.0	0.0
Fev	3	11.1	0.0	4735.	190.7	16.46	22.8	22.8	0.0	0.0
Mars	1	6.9	0.0	4706.	190.6	23.59	12.4	12.4	0.0	0.0
Mars	2	6.9	0.0	4677.	190.6	23.52	12.4	12.4	0.0	0.0
Mars	3	7.6	0.0	4646.	190.5	25.81	12.7	12.7	0.0	0.0
Avr	1	4.3	0.0	4614.	190.4	24.17	12.1	12.1	0.0	0.0
Avr	2	4.3	0.0	4583.	190.3	24.09	12.1	12.1	0.0	0.0
Avr	3	4.8	0.0	4551.	190.2	23.98	12.4	12.4	0.0	0.0
TOTALS	Mm3	7133.	0.			306.10	4458.	4493.	0.	0.

Total downstream water demand = 9133.8 Mm3

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1982/83
Initial water level.... 190.2
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow	Loss	Reservoir Vol	Reservoir Level	Evap	Reservoir Demand	Reservoir Supply	Diversion Demand	Diversion Supply
		Mm3	Mm3	Mm3	m	Mm3	Mm3		Mm3	
Mai	1	2.6	0.0	4522.	190.1	20.22	11.5	11.5	0.0	0.0
Mai	2	2.6	0.0	4493.	190.0	20.15	11.5	11.5	0.0	0.0
Mai	3	2.9	0.0	4462.	189.9	22.13	11.8	11.8	0.0	0.0
Juin	1	18.1	0.0	4443.	189.8	9.90	26.8	26.8	0.0	0.0
Juin	2	18.1	0.0	4424.	189.8	9.88	26.8	26.8	0.0	0.0
Juin	3	18.1	0.0	4406.	189.7	9.89	26.8	26.8	0.0	0.0
Juill	1	206.5	0.0	4439.	189.8	-9.03	182.0	182.0	0.0	0.0
Juill	2	206.5	0.0	4473.	189.9	-9.06	182.0	182.0	0.0	0.0
Juill	3	227.1	0.0	4528.	190.1	-10.03	182.4	182.4	0.0	0.0
Aout	1	510.6	0.0	5048.	191.7	-18.46	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	2	510.6	0.0	5570.	193.3	-19.45	0.0	8.6	0.0	0.0
Aout	3	561.7	0.0	6144.	195.1	-22.53	0.0	9.5	0.0	0.0
Sept	1	610.8	0.0	6540.	196.4	-7.27	222.0	222.0	0.0	0.0
Sept	2	610.8	0.0	5937.	194.5	-7.24	1222.0	1222.0	0.0	0.0
Sept	3	610.8	0.0	5232.	192.3	-6.82	1322.0	1322.0	0.0	0.0
Oct	1	320.5	0.0	4710.	190.7	5.01	837.6	837.6	0.0	0.0
Oct	2	320.5	0.0	4438.	189.8	4.80	587.6	587.6	0.0	0.0
Oct	3	352.6	0.0	4714.	190.7	5.25	71.3	71.3	0.0	0.0
Nov	1	148.6	0.0	4723.	190.7	10.10	129.6	129.6	0.0	0.0
Nov	2	148.6	0.0	4732.	190.7	10.11	129.6	129.6	0.0	0.0
Nov	3	148.6	0.0	4741.	190.8	10.12	129.6	129.6	0.0	0.0
Dec	1	53.6	0.0	4713.	190.7	9.97	72.0	72.0	0.0	0.0
Dec	2	53.6	0.0	4684.	190.6	9.94	72.0	72.0	0.0	0.0
Dec	3	58.9	0.0	4662.	190.5	10.88	70.3	70.3	0.0	0.0
Jan	1	26.8	0.0	4634.	190.4	15.66	39.5	39.5	0.0	0.0
Jan	2	26.8	0.0	4605.	190.3	15.61	39.5	39.5	0.0	0.0
Jan	3	29.5	0.0	4579.	190.2	17.13	38.9	38.9	0.0	0.0
Fev	1	8.6	0.0	4546.	190.1	20.18	21.6	21.6	0.0	0.0
Fev	2	8.6	0.0	4513.	190.0	20.11	21.6	21.6	0.0	0.0
Fev	3	6.9	0.0	4481.	189.9	16.03	22.1	22.1	0.0	0.0
Mars	1	5.2	0.0	4452.	189.8	22.96	11.5	11.5	0.0	0.0
Mars	2	5.2	0.0	4423.	189.8	22.89	11.5	11.5	0.0	0.0
Mars	3	5.7	0.0	4391.	189.7	25.12	11.8	11.8	0.0	0.0
Avr	1	3.5	0.0	4360.	189.6	23.53	11.2	11.2	0.0	0.0
Avr	2	3.5	0.0	4329.	189.5	23.45	11.2	11.2	0.0	0.0
Avr	3	3.8	0.0	4298.	189.4	23.34	11.5	11.5	0.0	0.0
TOTALS	Mm3	5858.	0.			304.47	5779.	5806.	0.	0.

Total downstream water demand = 9133.8 Mm3

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1979/80
Initial water level.... 162.5
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow to Reservoir	Outflow from	Inflow from tributary	Flow at Bakel	D/s Water Demand	% met
		<---------- Mm3 ---------->					
Mai	1	3.5	3.5	-1.7	1.7	8.9	19.4
Mai	2	3.5	3.5	-1.7	1.7	8.9	19.4
Mai	3	3.8	3.8	-1.9	1.9	8.9	21.3
Juin	1	73.4	73.4	-34.6	38.9	8.6	100.0
Juin	2	73.4	73.4	-34.6	38.9	8.6	100.0
Juin	3	73.4	73.4	-34.6	38.9	8.6	100.0
Juill	1	216.9	126.7	51.8	178.6	178.6	100.0
Juill	2	216.9	126.7	51.8	178.6	178.6	100.0
Juill	3	238.6	121.5	57.0	178.6	178.6	100.0
Aout	1	464.8	8.6	384.5	393.1	290.0	100.0
Aout	2	464.8	8.6	384.5	393.1	350.0	100.0
Aout	3	511.3	9.5	422.9	432.4	360.0	100.0
Sept	1	506.3	203.0	597.0	800.0	800.0	100.0
Sept	2	506.3	1203.0	597.0	1800.0	1800.0	100.0
Sept	3	506.3	1164.7	597.0	1761.8	1900.0	92.7
Oct	1	333.5	787.4	158.1	945.5	1000.0	94.5
Oct	2	333.5	504.3	158.1	662.4	750.0	88.3
Oct	3	366.9	76.1	173.9	250.0	250.0	100.0
Nov	1	153.8	83.8	89.0	172.8	172.8	100.0
Nov	2	153.8	83.8	89.0	172.8	172.8	100.0
Nov	3	153.8	83.8	89.0	172.8	172.8	100.0
Dec	1	67.4	66.8	22.5	89.3	89.3	100.0
Dec	2	67.4	66.8	22.5	89.3	89.3	100.0
Dec	3	74.1	64.6	24.7	89.3	89.3	100.0
Jan	1	30.2	36.0	8.6	44.6	44.6	100.0
Jan	2	30.2	36.0	8.6	44.6	44.6	100.0
Jan	3	33.3	35.1	9.5	44.6	44.6	100.0
Fev	1	11.2	20.7	3.5	24.2	24.2	100.0
Fev	2	11.2	20.7	3.5	24.2	24.2	100.0
Fev	3	9.0	21.4	2.8	24.2	24.2	100.0
Mars	1	6.0	11.5	-2.6	8.9	8.9	100.0
Mars	2	6.0	11.5	-2.6	8.9	8.9	100.0
Mars	3	6.7	11.8	-2.9	8.9	8.9	100.0
Avr	1	3.5	10.4	-1.7	8.6	8.6	100.0
Avr	2	3.5	10.4	-1.7	8.6	8.6	100.0
Avr	3	3.8	10.5	-1.9	8.6	8.6	100.0
		5722.	5257.	3884.	9141.	9134.	

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1980/81
Initial water level.... 164.9
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow to Reservoir	Outflow from Reservoir	Inflow from tributary	Flow at Bakel	D/s Water Demand	% met
		<---------- Mm3 ---------->					
Mai	1	1.7	9.8	-0.9	8.9	8.9	100.0
Mai	2	1.7	9.8	-0.9	8.9	8.9	100.0
Mai	3	1.9	9.9	-1.0	8.9	8.9	100.0
Juin	1	38.0	27.6	-19.0	8.6	8.6	100.0
Juin	2	38.0	27.6	-19.0	8.6	8.6	100.0
Juin	3	38.0	27.6	-19.0	8.6	8.6	100.0
Juill	1	220.3	125.0	53.6	178.6	178.6	100.0
Juill	2	220.3	125.0	53.6	178.6	178.6	100.0
Juill	3	242.4	119.6	58.9	178.6	178.6	100.0
Aout	1	728.4	8.6	606.5	615.2	290.0	100.0
Aout	2	728.4	8.6	606.5	615.2	350.0	100.0
Aout	3	801.2	9.5	667.2	676.7	360.0	100.0
Sept	1	851.9	8.6	825.1	833.8	800.0	100.0
Sept	2	851.9	974.9	825.1	1800.0	1800.0	100.0
Sept	3	851.9	1074.9	825.1	1900.0	1900.0	100.0
Oct	1	275.6	857.4	142.6	1000.0	1000.0	100.0
Oct	2	275.6	607.4	142.6	750.0	750.0	100.0
Oct	3	303.2	93.2	156.8	250.0	250.0	100.0
Nov	1	133.1	138.2	34.6	172.8	172.8	100.0
Nov	2	133.1	138.2	34.6	172.8	172.8	100.0
Nov	3	133.1	138.2	34.6	172.8	172.8	100.0
Dec	1	57.0	69.4	19.9	89.3	89.3	100.0
Dec	2	57.0	69.4	19.9	89.3	89.3	100.0
Dec	3	62.7	67.4	21.9	89.3	89.3	100.0
Jan	1	23.3	36.0	8.6	44.6	44.6	100.0
Jan	2	23.3	36.0	8.6	44.6	44.6	100.0
Jan	3	25.7	35.1	9.5	44.6	44.6	100.0
Fev	1	12.1	23.3	0.9	24.2	24.2	100.0
Fev	2	12.1	23.3	0.9	24.2	24.2	100.0
Fev	3	9.7	23.5	0.7	24.2	24.2	100.0
Mars	1	6.9	12.4	-3.5	8.9	8.9	100.0
Mars	2	6.9	12.4	-3.5	8.9	8.9	100.0
Mars	3	7.6	12.7	-3.8	8.9	8.9	100.0
Avr	1	4.3	11.2	-2.6	8.6	8.6	100.0
Avr	2	4.3	11.2	-2.6	8.6	8.6	100.0
Avr	3	4.8	11.5	-2.9	8.6	8.6	100.0
		7187.	4995.	5080.	10075.	9134.	

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1981/82
Initial water level.... 180.3
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow to Reservoir	Outflow from	Inflow from tributary	Flow at Bakel	D/s Water Demand	% met
		<---------- Mm3 ---------->					
Mai	1	22.5	31.4	-22.5	8.9	8.9	100.0
Mai	2	22.5	31.4	-22.5	8.9	8.9	100.0
Mai	3	24.7	33.6	-24.7	8.9	8.9	100.0
Juin	1	39.7	22.5	-13.8	8.6	8.6	100.0
Juin	2	39.7	22.5	-13.8	8.6	8.6	100.0
Juin	3	39.7	22.5	-13.8	8.6	8.6	100.0
Juill	1	244.5	30.8	147.7	178.6	178.6	100.0
Juill	2	244.5	30.8	147.7	178.6	178.6	100.0
Juill	3	269.0	16.0	162.5	178.6	178.6	100.0
Aout	1	774.1	8.6	831.2	839.8	290.0	100.0
Aout	2	774.1	8.6	831.2	839.8	350.0	100.0
Aout	3	851.6	9.5	914.3	923.8	360.0	100.0
Sept	1	606.5	8.6	870.9	879.6	800.0	100.0
Sept	2	606.5	929.1	870.9	1800.0	1800.0	100.0
Sept	3	606.5	1029.1	870.9	1900.0	1900.0	100.0
Oct	1	390.5	822.0	178.0	1000.0	1000.0	100.0
Oct	2	390.5	572.0	178.0	750.0	750.0	100.0
Oct	3	429.6	54.2	195.8	250.0	250.0	100.0
Nov	1	141.7	121.0	51.8	172.8	172.8	100.0
Nov	2	141.7	121.0	51.8	172.8	172.8	100.0
Nov	3	141.7	121.0	51.8	172.8	172.8	100.0
Dec	1	56.2	68.5	20.7	89.3	89.3	100.0
Dec	2	56.2	68.5	20.7	89.3	89.3	100.0
Dec	3	61.8	66.5	22.8	89.3	89.3	100.0
Jan	1	26.8	34.3	10.4	44.6	44.6	100.0
Jan	2	26.8	34.3	10.4	44.6	44.6	100.0
Jan	3	29.5	33.2	11.4	44.6	44.6	100.0
Fev	1	13.8	22.5	1.7	24.2	24.2	100.0
Fev	2	13.8	22.5	1.7	24.2	24.2	100.0
Fev	3	11.1	22.8	1.4	24.2	24.2	100.0
Mars	1	6.9	12.4	-3.5	8.9	8.9	100.0
Mars	2	6.9	12.4	-3.5	8.9	8.9	100.0
Mars	3	7.6	12.7	-3.8	8.9	8.9	100.0
Avr	1	4.3	12.1	-3.5	8.6	8.6	100.0
Avr	2	4.3	12.1	-3.5	8.6	8.6	100.0
Avr	3	4.8	12.4	-3.8	8.6	8.6	100.0
		7133.	4493.	6323.	10817.	9134.	

REMPLISSAGE DE LA RETENUE (50 000 HA)

Year 1982/83
Initial water level.... 190.2
Inflow factor applied.. 1.000
Step used (days)..... 1.000
Base river flow (m3/s).10.000
Impound at start of....Juill 1

Period		Inflow to Reservoir	Outflow from	Inflow from tributary	Flow at Bakel	D/s Water Demand	% met
		<---------- Mm3 ---------->					
Mai	1	2.6	11.5	-2.6	8.9	8.9	100.0
Mai	2	2.6	11.5	-2.6	8.9	8.9	100.0
Mai	3	2.9	11.8	-2.9	8.9	8.9	100.0
Juin	1	18.1	26.8	-18.1	8.6	8.6	100.0
Juin	2	18.1	26.8	-18.1	8.6	8.6	100.0
Juin	3	18.1	26.8	-18.1	8.6	8.6	100.0
Juill	1	206.5	182.0	-3.5	178.6	178.6	100.0
Juill	2	206.5	182.0	-3.5	178.6	178.6	100.0
Juill	3	227.1	182.4	-3.8	178.6	178.6	100.0
Aout	1	510.6	8.6	467.4	476.1	290.0	100.0
Aout	2	510.6	8.6	467.4	476.1	350.0	100.0
Aout	3	561.7	9.5	514.2	523.7	360.0	100.0
Sept	1	610.8	222.0	578.0	800.0	800.0	100.0
Sept	2	610.8	1222.0	578.0	1800.0	1800.0	100.0
Sept	3	610.8	1322.0	578.0	1900.0	1900.0	100.0
Oct	1	320.5	837.6	162.4	1000.0	1000.0	100.0
Oct	2	320.5	587.6	162.4	750.0	750.0	100.0
Oct	3	352.6	71.3	178.7	250.0	250.0	100.0
Nov	1	148.6	129.6	43.2	172.8	172.8	100.0
Nov	2	148.6	129.6	43.2	172.8	172.8	100.0
Nov	3	148.6	129.6	43.2	172.8	172.8	100.0
Dec	1	53.6	72.0	17.3	89.3	89.3	100.0
Dec	2	53.6	72.0	17.3	89.3	89.3	100.0
Dec	3	58.9	70.3	19.0	89.3	89.3	100.0
Jan	1	26.8	39.5	5.2	44.6	44.6	100.0
Jan	2	26.8	39.5	5.2	44.6	44.6	100.0
Jan	3	29.5	38.9	5.7	44.6	44.6	100.0
Fev	1	8.6	21.6	2.6	24.2	24.2	100.0
Fev	2	8.6	21.6	2.6	24.2	24.2	100.0
Fev	3	6.9	22.1	2.1	24.2	24.2	100.0
Mars	1	5.2	11.5	-2.6	8.9	8.9	100.0
Mars	2	5.2	11.5	-2.6	8.9	8.9	100.0
Mars	3	5.7	11.8	-2.9	8.9	8.9	100.0
Avr	1	3.5	11.2	-2.6	8.6	8.6	100.0
Avr	2	3.5	11.2	-2.6	8.6	8.6	100.0
Avr	3	3.8	11.5	-2.9	8.6	8.6	100.0
		5858.	5806.	3804.	9610.	9134.	