



ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL
(O . M . V . S .)

PROVISoire

PROGRAMME D'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

PHASE III

SYNTHESE

Jun 2001

AUTEURS : JP LAMAGAT, M BONNEAU, JC BADER

TABLE DES MATIERES

CONCLUSION et recommandations	1
-------------------------------------	---

OPTIMISATION DE LA CRUE ARTIFICIELLE

1. CRITERES	4
2. MOYENS ET ANALYSES	6
3. DESCRIPTION DES MODULES ANALYTIQUES	7
3.1. Observations limnimétriques et modèles de fonctionnement du lit majeur	7
3.2. Etudes des surfaces inondées – Analyse et interprétation de l'imagerie satellitaire ..	11
3.3. Modèles de propagation du lit mineur	20
4. OPTIMISATION DU LIMNIGRAMME DE BAKEL	26
4.1. EVALUATION DES SURFACES CULTIVEES EN DECRUE	26
4.2. Répartition des cultures de décrues.....	31
4.3. Limnigramme optimisé à BAKEL.....	33
4.4. Optimisation finale du limnigramme	40
4.3.1 Limnigramme garantissant un potentiel de 50 000 ha durant 25 et 30 jours.....	40
4.5. Hydrogrammes optimisés pour 50 000 ha garantis 30 jours.....	48
5. CHOIX DES HYDROGRAMMES.....	51
5.1 Cas d'une Submersion garantie 30 jours	51
5.2 Cas d'une Submersion garantie 25 jours	56
5.3 Vérification des potentiels avec le transfert des limnigrammes à PODOR.....	61
6. STATISTIQUES DES INONDATIONS.....	62

ANNEXE 1

CULTURES DE DECRUE

ANNEXE 2

ETALONNAGE DE LA STATION DE BAKEL

ANNEXE 3

LOGICIEL DE GESTION « TEMPS REEL » DU BARRAGE DE MANANTALI : « PROGEMAN 3 »

SYNTHESE

Après quatre années de travaux et d'études dans le domaine de l'analyse hydrologique du fleuve, la gestion des barrages a atteint l'objectif des termes de références initiaux : gérer la retenue de Manantali suivant un scénario annuel choisi, dont une crue « crue artificielle », avec une minimisation optimale des impacts négatifs.

Le présent document contient deux séries de limnigrammes à la station de BAKEL qui correspondent aux objectifs fixés. Ils correspondent aux scénarios à assurer à cette station pour obtenir des potentiels de surfaces cultivables en décrue variant de 45000 à 70000 ha.

L'optimisation des scénarios a été réalisées à partir des critères suivants :

1. imagerie satellitaire pour les surfaces inondées
2. observations du lit majeur sur dix sites représentatifs
3. modélisation de la mise en eau du lit majeur
4. relation entre sites observés et inondation maximale
5. constitution d'un échantillon d'inondation du lit majeur : 1904 – 2000
6. enquêtes sur les surfaces cultivées en décrue de 1946 à 2000
7. relation surfaces cultivées – inondation maximale
8. échantillon de surfaces cultivées 1946 – 2000
9. relation intensité/forme du limnigramme à BAKEL avec surfaces cultivées
10. établissement de limnigrammes garantissant une submersion utile de 25 et 30 jours pour un potentiel cultivable allant de 45 000 ha à 70 000 ha sur le bief MATAM – DAGANA.

Le schéma des études est resté prudent, il a écarté en rive droite les cultures de BOGHE et KAEDI, déjà aménagées, ainsi que la partie de la vallée située à l'amont de MATAM, partie représentant environ 19% de celle située à l'aval.

La forme des limnigrammes et hydrogrammes de BAKEL est optimisée pour obtenir un maximum d'inondation avec un minimum de ressource en eaux. **Un choix est nécessaire le 21 août**, la veille du début des éventuels lâchés, afin de choisir un objectif de surface cultivable en fonction du potentiel ressource en eau disponible – état de la retenue – Hydraulicité des affluents non contrôlés.

En fonction du potentiel ressource, le choix évoluera entre le plus faible potentiel de surface cultivable et une garantie de 25 jours, et à l'opposé : une surface maximale et une submersion de 30 jours ou plus.

Les limnigrammes objectifs permettent de réaliser d'importantes économies d'eau (2,9 et 1,6 milliards de m³ par rapport à ceux utilisés jusqu'à présent (du type « ORSTOM1 » ou « GIBB ») avec une efficacité plus importante sur le plan de la submersion.

S1

Surface cultivable		45 000 ha	50 000 ha	55 000 ha	60 000 ha	65 000 ha	70 000 ha
Submersion 30 jours	V(10 ⁹ m ³)	4.68	5.03	5.40	5.78	6.18	6.61
Submersion 25 jours	V(10 ⁹ m ³)	4.02	4.33	4.63	4.95	5.28	5.63
Economie	V(10 ⁹ m ³)	0.66	0.70	0.77	0.83	0.90	0.98
Gibb	V(10 ⁹ m ³)		6.61				
CPE 2000	V(10 ⁹ m ³)		7.91				

La durée de submersion contient une imprécision importante ; dans certaines enquêtes, les cultivateurs auraient annoncé jusqu'à 7 semaines de submersion nécessaires pour assurer la maturation. Ces chiffres correspondent à une hétérogénéité des sols quant la capacité à se recharger en eau jusqu'à la saturation.

La submersion de 30 jours garantie paraît raisonnable, 80 à 90% de la surface correspondant à une submersion de 7 semaines. Une garantie de 7 semaines conduirait à un volume de crue de 6,1 milliards de m³, alors que la plus grande partie des sols ne nécessite pas une période de submersion aussi importante.

Les tableaux n°16 et 18 contiennent les limnigrammes optimisés correspondant aux garanties de 25 et 30 jours pour des potentiels de surfaces cultivable allant de 45000 ha à 70 000 ha de culture de décrue, avec un pas de 5000 ha.

Les tableaux n°17 et 19 contiennent les hydrogrammes optimisés correspondant aux limnigrammes ci-dessus.

Les études d'accompagnement du POGR, incluses dans le P.A.S.I.E., n'ont pas été menées préalablement à ce dernier, comme elles auraient dues l'être. Les résultats obtenus ne sont donc pas optimisés pour les contraintes autres que les cultures de décrue.

La vallée du Sénégal, à l'aval de BAKEL présente un cadre géomorphologique dont les paramètres ont été calibrés par les crues du passé, quelques centaines de milliers ou de millions d'années. Il est raisonnable de penser que les contraintes non étudiées à ce jour ont des caractéristiques statistiques liées à celles des crues et des surfaces inondées. L'étude statistique de l'inondation du lit majeur, présentée dans le dernier chapitre montre que la crue optimisée (l'objectif « optimisation » a été évalué durant la sécheresse, il s'agit donc d'un minimum de survie pour les agriculteurs de la vallée), correspond à une période de retour proche de 1 année sur 6 ou 7, soit une fréquence au dépassement de 85%. L'objectif est donc minimal, et il est à espérer que la gestion conduise à des choix beaucoup plus optimistes.

Les études ne sont pas terminées et l'optimisation sera améliorée au cours des années à venir.

Lors des sessions de formation qui doivent avoir lieu durant la prolongation du projet, en octobre , les gestionnaires seront familiarisés avec les techniques qui permettent d'élaborer les tableaux d'optimisation tels que l'exemple ci-dessus. Ceci afin de conduire, non pas à un objectif rigide et fixe, mais au meilleur objectif possible qui sera à établir pour chaque crue. Un cd-rom contenant toutes les bases de données et les tableaux dynamiques d'analyses seront remis au cours de cette formation.

Le tableau n°16 contient les limnigrammes qu'il conviendrait de prendre comme base de l'optimisation. Le logiciel « temps réel » PROGEMAN 3 qui travaille en « boucle » peut très bien ajuster les lâchés de Manantali à ces limnigrammes optimisés si d'éventuels détarages intervenaient à la station de Bakel.

Les analyses ont été menées à partir de la moyenne des surfaces cultivées en décrue, en fait il serait plus logique de prendre comme base des analyses la courbe enveloppe de 90% des surfaces cultivées. En utilisant la moyenne il est probable que des paramètres indépendants de la ressource, c'est-à-dire de l'hydraulicité de la crue, interviennent et faussent la notion de potentiel cultivable. Le tableau ci dessous montre l'écart existant entre les volumes de crue issue des deux bases d'analyse, moyenne et 90% des surfaces cultivées (base 50 000 ha – 30 jours de submersion).

Comparaison des volumes « crue artificielle » entre le 22/08 et le 17/10

(en milliards de m³)

enveloppe 90%	moyenne	IRD1 tarage 87	CPE2000 tarage 87	IRD1 tarage 2001	CPE2000 tarage 2001
V 10 ⁹ m ³					
4.510	5.033	6.588	7.906	5.305	6.227

Recommandations

L'analyse des limnigrammes et des hydrogrammes est terminée, la précision de la connaissance du régime à BAKEL, en fonction des surfaces inondées et des potentiels cultivables en décrue, est maintenant suffisante pour gérer les lâchés du barrage de MANANTALI en fonction des diverses contraintes que l'OMVS voudra prendre en compte.

La crue minimale à assurer correspond aux objectifs fixés, soit 50 000 ha de potentiel cultivable avec une garantie de 30 jours de submersion de ce potentiel.

Cet objectif doit être revu chaque année, à une date le plus proche possible du 22 août, date de début des éventuels lâchés du barrage, ceci afin d'effectuer en connaissance de cause le meilleur choix possible, choix dépendant de l'état de la ressource au moment du début des lâchés (niveau de la retenue – apports des affluents non contrôlés – volume à réserver pour le soutien d'étiage).

La crue sera donc variable chaque année, l'option de base étant l'objectif décrit au §1 ci-dessus.

Le tableau S1 permet d'évaluer la meilleure crue à prévoir en fonction du potentiel ressource au 22 août.

La formation des décisionnaires devra inclure une compréhension totale du schéma d'analyse utilisé dans le présent rapport, afin d'élaborer le 20 ou le 21 août de l'année en cours, le « meilleur » limnigramme possible, « meilleur » au sens du P.A.S.I.E. et de l'économie des ressources en eau du bassin.

Une très importante économie en volume est réalisée en utilisant les formes de limnigrammes fixés à BAKEL, elles permettent de réaliser les objectifs de cultures de décrue avec une solide garantie et de diminuer les risques de défaillance des autres objectifs : navigation, irrigation aménagée...

Le présent rapport fera l'objet d'une édition finale contenant les tests de gestion effectués sur la période historique à l'aide de la dernière version de SIMULSEN, probablement en octobre 2001.

OPTIMISATION DE LA CRUE ARTIFICIELLE

Le Programme d'Optimisation de la Gestion des Réservoirs de l'OMVS a débuté en juin 1997 et arrive à son terme. Le présent rapport fait état des résultats obtenus dans le domaine de l'optimisation de la crue artificielle.

L'organigramme présenté à la page suivante (Fig. 1) montre le cheminement logique suivi pour obtenir une liaison directe entre le limnigramme à la station de BAKEL et la surface potentiellement cultivable en décrue dans des conditions optimales.

Les critères contenus dans les termes de référence de l'étude sont contenus dans le §1, ces critères feront l'objet de critique et de proposition de changement afin de mieux répondre aux souhaits des Etats riverains.

1. CRITERES

Le critère retenu est celui de l'origine des études GIBB des années 80, soit assurer un potentiel de surface cultivable en décrue de 50 000 ha dans la vallée, de BAKEL à Saint Louis.

Le critère ci-dessus est un objectif initial, qui, il le sera démontré dans ce qui suit, n'est pas véritablement satisfaisant en régime naturel. D'autres critères seront proposés et conseillés dans le cadre de l'optimisation, d'une part, par souci de satisfaction des populations paysannes de la vallée, d'autre part, dans un but d'économie de la ressource.

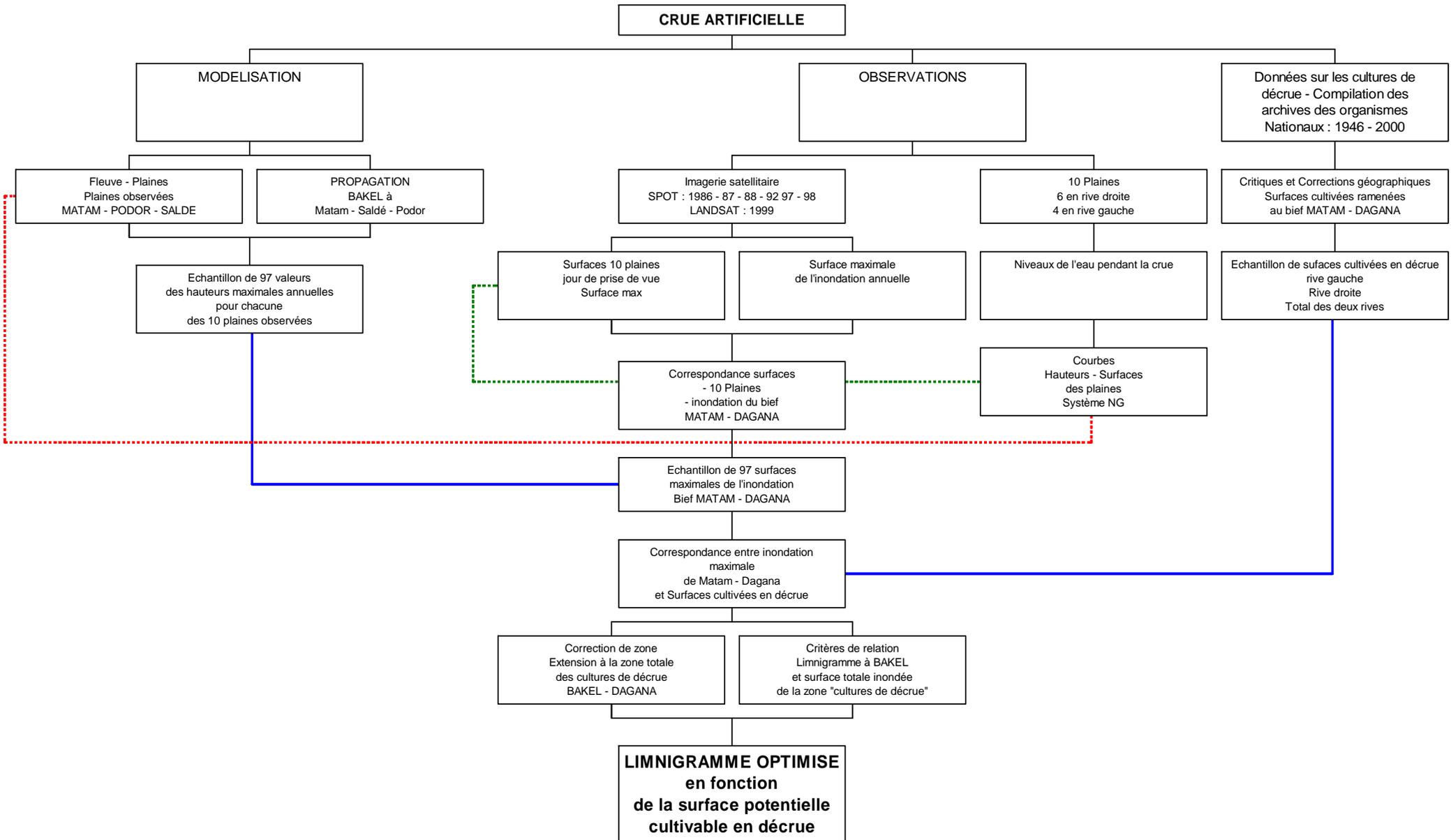
La zone réelle correspondant aux cultures traditionnelles de décrue est circonscrite au bief BAKEL – DAGANA.

Les coûts et disponibilités de moyens d'observation et de mesure ont imposé de limiter l'étude à la zone MATAM – DAGANA. L'extension des résultats vers l'amont devant être réalisée à partir des analyses de l'imagerie SPOT.

La réalisation des objectifs exprimés ci-dessus passe par la connaissance de la correspondance entre le limnigramme de crue à BAKEL, station d'entrée de la vallée, et l'aire submergée par la crue durant une période pouvant varier de 25 à 30 jours pour la partie potentiellement cultivable. Cette période est variable en raison de l'hétérogénéité des sols, le critère de satisfaction pour les cultures de décrue étant la recharge suffisante en eau des sols qui permette la maturation des récoltes avec des rendements optimaux.

OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESERVOIRS

Figure n°1



2. MOYENS ET ANALYSES

La méthode retenue à partir du début de la deuxième phase du projet, avril 1998, a eu pour objectif l'établissement d'une fonction de transfert entre le limnigramme à BAKEL et la surface potentiellement cultivable. Pour cela, plusieurs modules ont été mis en œuvre :

- Observation du remplissage et de la vidange de 6 plaines représentatives du lit majeur (nombre étendu à 10 afin de mieux représenter la diversité amont – aval et rive droite – rive gauche). Echelles de crue à lecture quotidienne.
- Etablissement de fonctions de transferts entre les plaines et le lit mineur du fleuve et les plaines – Modèles « MODPLAINES » - Ces modèles permettent de connaître le niveau moyen journalier dans chaque plaine observée en fonction du niveau à la station principale du lit mineur.
- Etablissement d'un modèle de propagation de la crue dans la vallée entre BAKEL et PODOR, dernière station liée aux plaines observées.
- Utilisation de l'imagerie satellitaire de la vallée pendant la période de crue pour les années suivantes :

1986 – 1987 – 1988 – 1992 – 1997 – 1998 et 1999

Soit 7 crues observées avec ou sans lacunes (dues à l'absence d'archive ou à une nébulosité trop forte). Ceci pour la zone MATAM – DAGANA et pour deux années BAKEL – MATAM (1998 et 99)

- Analyse de l'imagerie débouchant sur des images en format « bitmap » avec corrections radiométriques et géométriques (projection UTM – Clarke 1880).
- Traitement vectoriel sous ARCVIEW 3.2 avec obtention des surfaces inondées du lit majeur le jour de l'enregistrement et éventuellement le jour de l'extension maximale de la crue si l'image a été réalisée après la date du maximum. Pour chaque année surface maximale des dix plaines et de la zone inondées par mesure directe ou par extrapolation.
- Utilisation de MODPLAINES pour la connaissance du niveau dans chaque plaine le jour de la prise de vue et le jour du maximum. Ceci débouchant sur des courbes hauteurs – surfaces pour chacune des plaines. Ces courbes sont utilisées par la suite pour l'évaluation de la surface maximale inondée chaque année depuis le début de l'installation du réseau hydrologique (1904).
- Analyse de la documentation existante dans les archives des organismes de tutelle de l'agriculture de décrue (Ministères et Sociétés d'Etat). Un échantillon a été constitué sur la période 1946 – 2000 avec une correction de zone pour ramener les résultats au bief MATAM – DAGANA. Connaissance des surfaces cultivées en décrue chaque année depuis 1946 (avec des lacunes).
- Etablissement de la liaison surfaces observées maximales (10 plaines) et surface maximale inondée du bief MATAM – DAGANA pour les années correspondantes. Echantillon de 97 années de surfaces inondées maximales.
- Analyse de la liaison entre surface maximale inondée et surface cultivée – Potentiel cultivable.
- Analyse statistique des critères de représentation de l'hydrogramme à BAKEL et correspondance avec la surface maximale inondée.

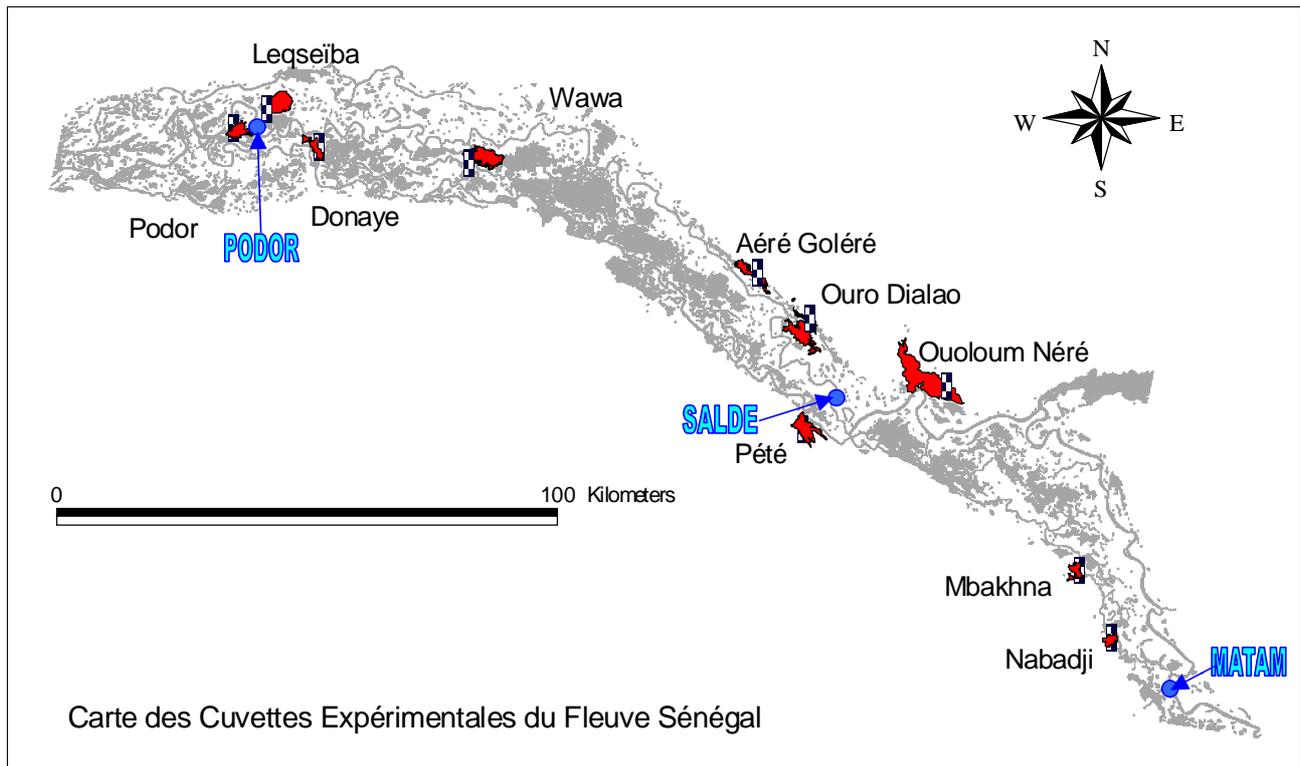
3. DESCRIPTION DES MODULES ANALYTIQUES

3.1. Observations limnimétriques et modèles de fonctionnement du lit majeur

Dix plaines du lit majeur, dont les positions géographiques sont reportées sur la carte n°1, ont été observées durant 2 ou 3 années suivant la date d'installation des échelles de crue correspondantes.

Les observations obtenues durant la crue, généralement d'août à décembre, ont été utilisées pour le calibrage de modèles de propagation entre le fleuve et les différentes plaines.

CARTE N°1



La modélisation a été présentée dans le rapport de phase 3 (Annexe F) – Dix modèles de propagation permettent de connaître la hauteur d'eau dans chaque plaine en fonction des niveaux aux stations principales du fleuve, MATAM, SALDE et PODOR :

PODOR : Plaine Podor – Leqseïba – Donaye et WAWA.

SALDE : Aéré Goléré – Ouro Diallo – Ouloum Néré et Pété N'Goui

MATAM : M'Bakhna et Nabadji.

Les différents modèles ont été mis en œuvre pour reconstituer les remplissages et vidanges des cuvettes pour les années 1986 à 92. Les années 97,98, 99 et 2000 ont été directement observées au moyen des échelles de crue.

Les crues reconstituées ont permis de tracer les courbes hauteur – surface de chacune des dix cuvettes en associant les résultats des vectorisations des zones inondées sur les images satellites.

Deux exemples sont présentées dans ce qui suit : les modèles et les tests sur l'année 1999 pour deux plaines : PODOR – Plaine PODOR en rive gauche et SALDE - Aéré Goléré en rive droite.

La qualité des résultats est remarquable, les écarts « observés – calculés » étant très faibles, de l'ordre du cm (cf. figures n°6 et 7).

MODELE DE PROPAGATION PODOR – Plaine PODOR

Figure n°2

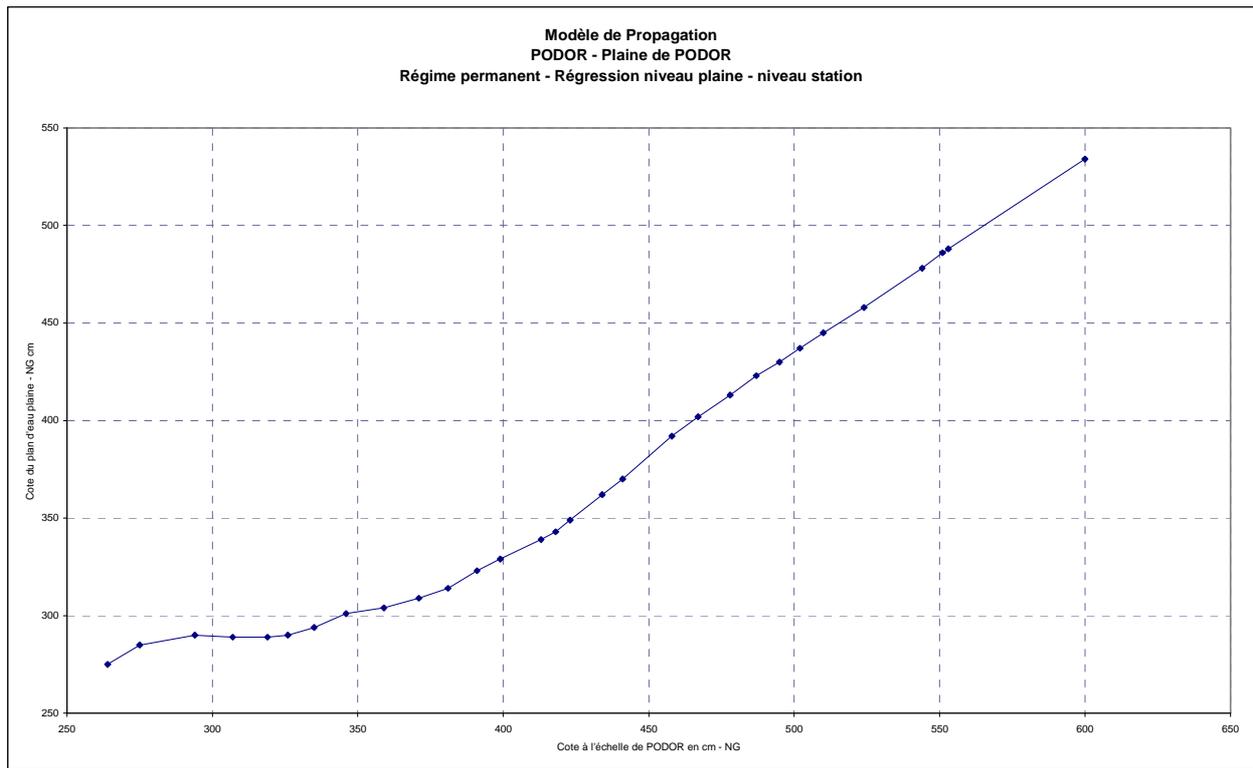
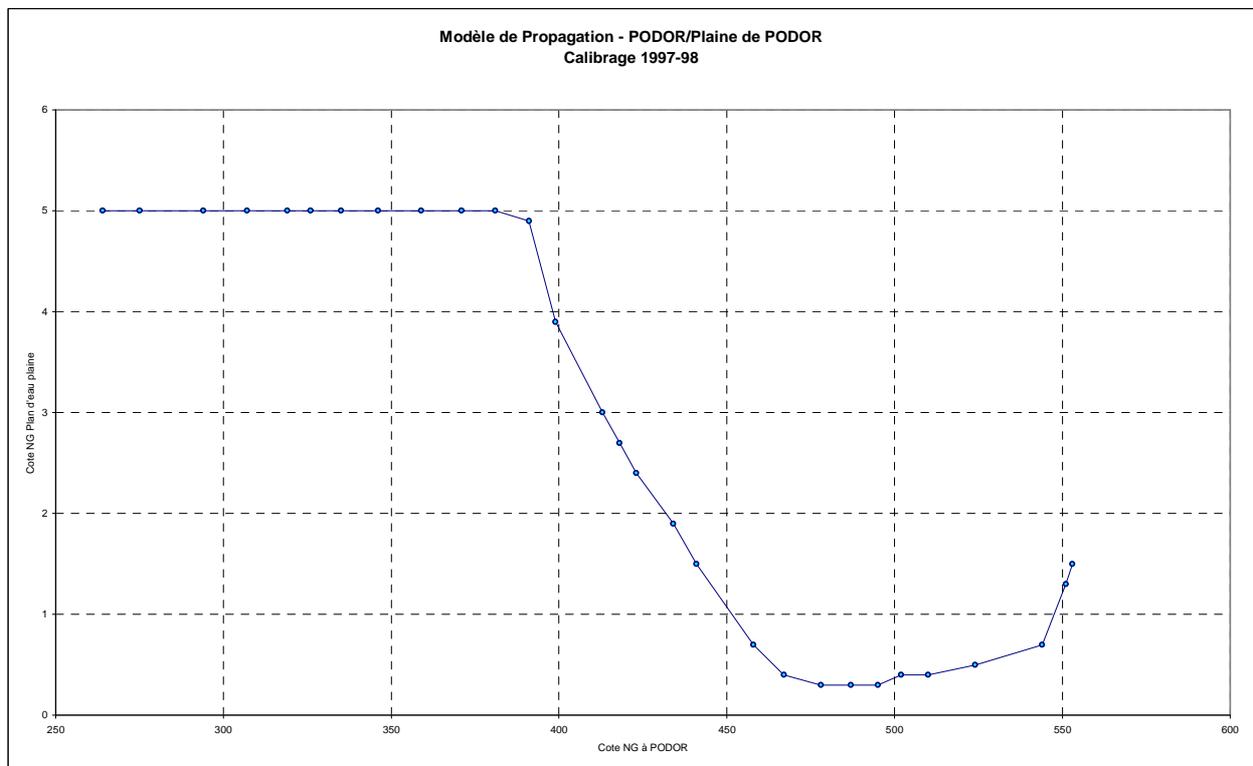


Figure n°3



MODELE DE PROPAGATION SALDE – AERE GOLERE

Figure n°4

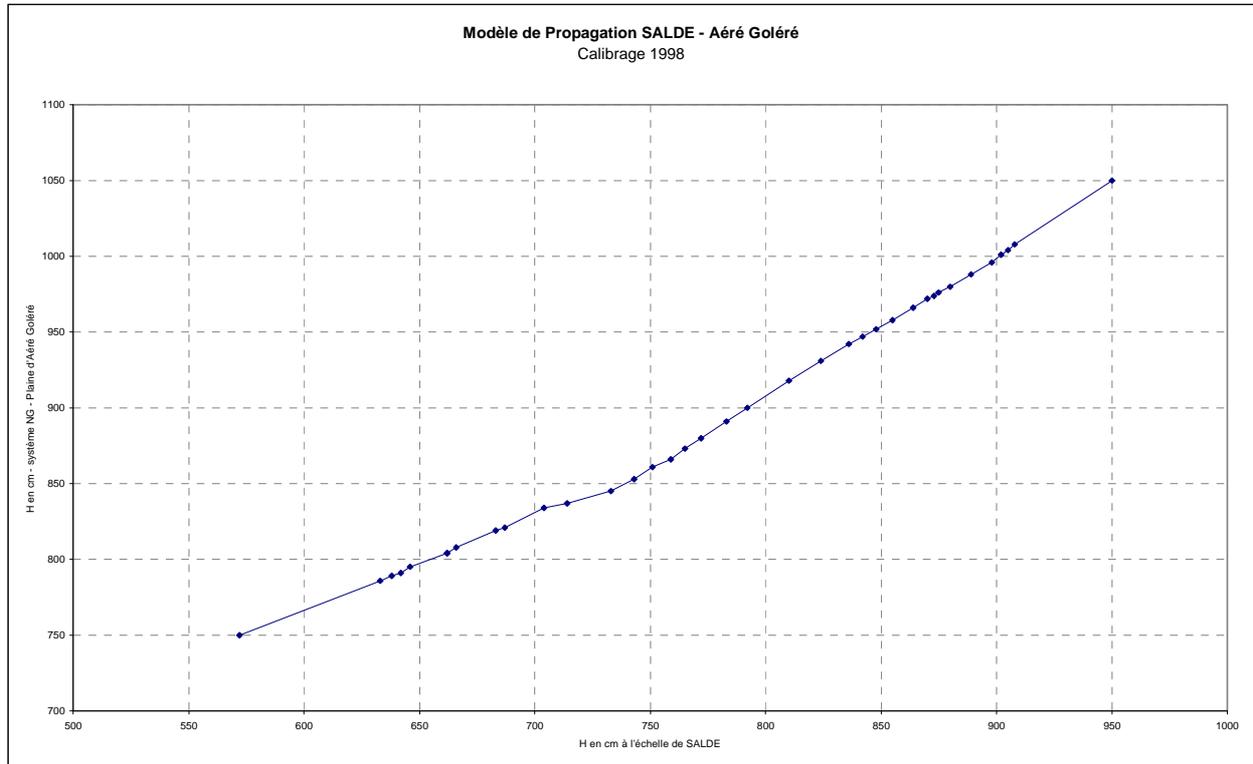
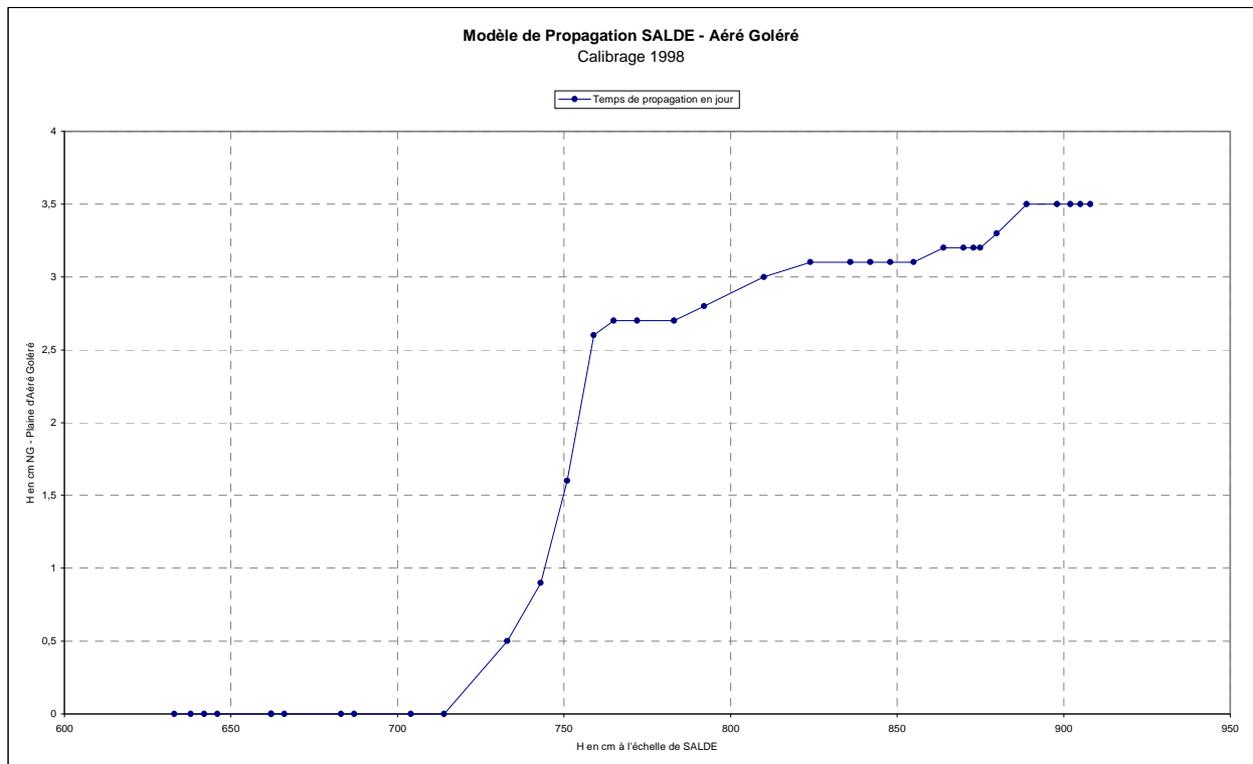


Figure n°5



Validation des modèles (1998 a servi au calibrage – 99 à la validation)

Figure n°6

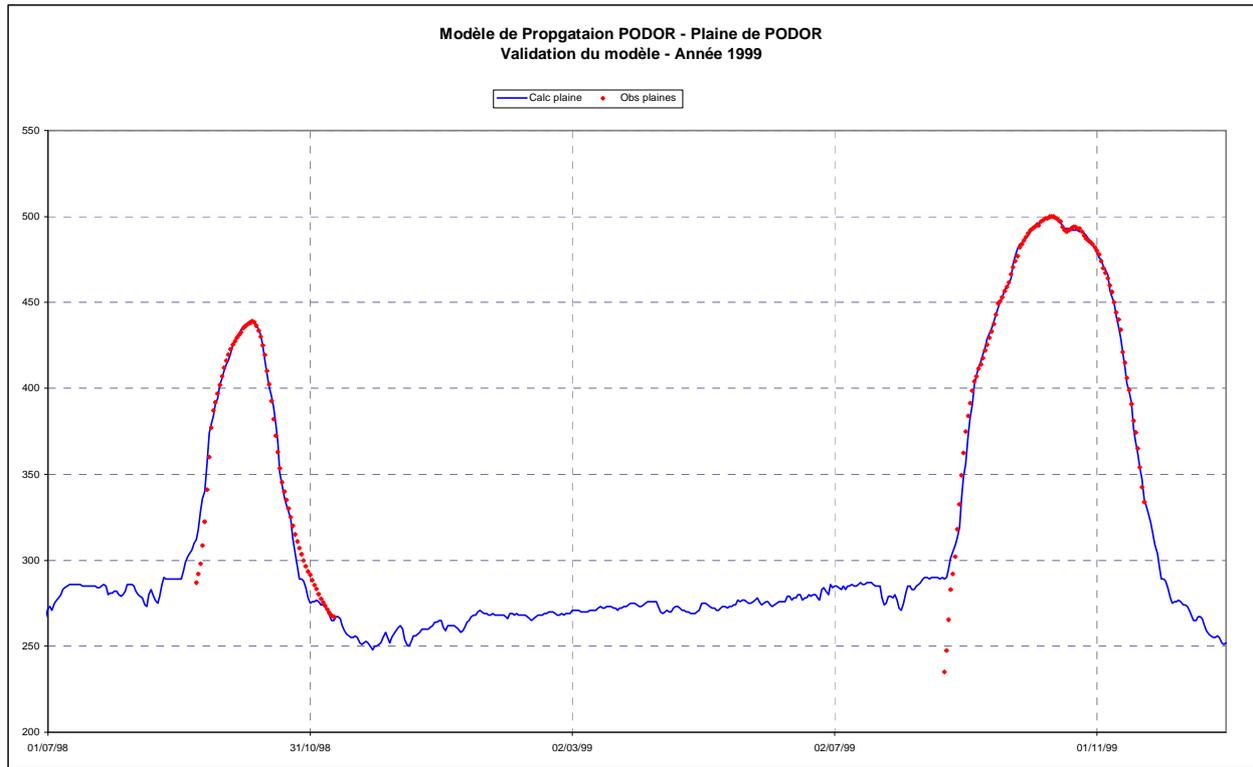
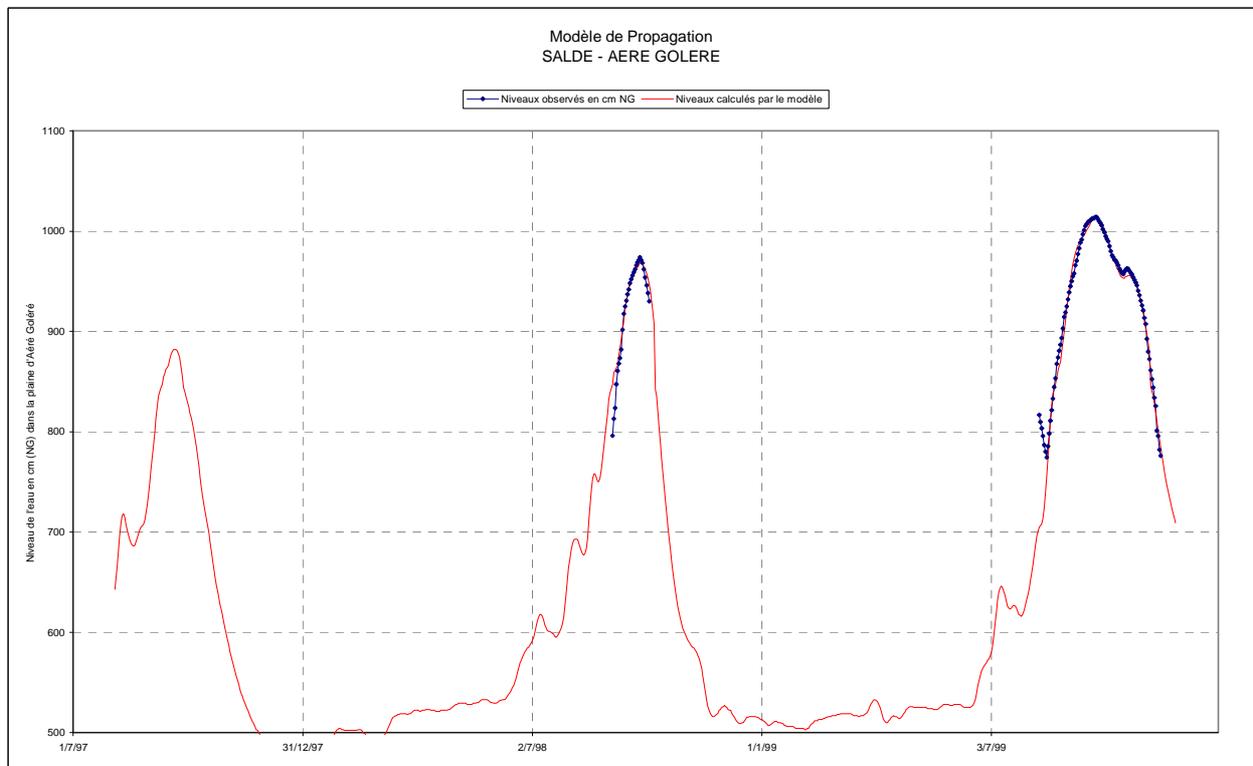


Figure n°7



3.2. Etudes des surfaces inondées – Analyse et interprétation de l'imagerie satellitaire

L'imagerie des années 1997 et 1998 a fait l'objet d'un marché entre l'OMVS et un bureau d'étude qui a fourni les images en format « bitmap » avec une vectorisation automatique des plans d'eau libres. Seules, les images utilisables par le logiciel ARCVIEW ont été utilisées.

Les autres années ont fait l'objet d'une fourniture par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales de TOULOUSE), partenaire de l'IRD dans ses travaux de recherche. Les cd roms de données fournis ont été analysés par l'IRD et traités de manière à être interprétables au moyen d'ARCVIEW.

Pour chaque image (Spot XSI ou LANDSAT), la date de prise de vue a été fournie. A l'aide des modèles de transfert des crues dans les plaines, nous avons pu établir manuellement une surface de chaque plaine correspondant à un niveau calculé le jour de la prise de vue. Les tableaux n° 1 et 2 montrent les résultats obtenus pour deux années : 1986 et 1998 :

Tableau n°1

Année	n°scène	J	PLAINES		Podor		Leqseiba		Donaye		Wawa		Aéré Goléré		Ouro Diallo		Ouloum Néré		Pété		Mbakhna		Nabadji		
			Date	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)
1986	23-317	J	21-sept	11:29																					
		Max																							
1986	25-317	J	22-sept	11:30					389	156	515	1791													
		Max							390		515														
1986	26-317	J	17-sept	11:48										855	2144										
		Max												855											
1986	27-317	J	16-sept	11:25												934	4259	832	340						
		Max														937		861	929						
1986	28-318	J	16-sept	11:45																	1168,0	113	1236	178	
		Max																					1238		

Tableau n°2

Année	podor	j	PLAINES		Podor		Leqseiba		Donaye		Wawa		Aéré Goléré		Ouro Diallo		Ouloum Néré		Pété		Mbakhna		Nabadji	
			Date	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)	S(ha)	H(ng)
1999	podor	j	26-sept		482	1959	474	4278	567	1357	684	3882	1012	2729	1009	5740								
1999	matam		21-oct										961	2189	955,5	4768	1044	6333	957	1650	1225	361,4	1276	281,4

Pour certaines images, il a été possible de vectoriser les traces des maxima atteints par la crue (trace d'humidification).

Le tableau n°3 contient toutes les surfaces et cotes correspondantes pour les 10 plaines qui ont été observées.

Pour chaque plaine nous avons établi une courbe hauteur – surface. Les figures ci-dessous montrent deux exemples des courbes tracées (figures 8 et 9). Le tableau n°4 contient toutes les courbes digitalisées.

L'utilisation des modèles de remplissage fourni la cote max. atteinte pour chaque plaine, annuellement.

Le tracé manuel des zones inondées a été réalisé pour chaque année disponible, dans le bief MATAM – DAGANA. Il n'a pas été tenu compte des lits mineurs. La date des images ne correspondant qu'assez rarement à la date du maximum local de la crue, des corrections linéaires de surfaces maximales ont été effectuées en tenant compte des

écarts constatés sur chaque plaine. Ces dernières étant représentatives des images correspondantes.

Figure n°8

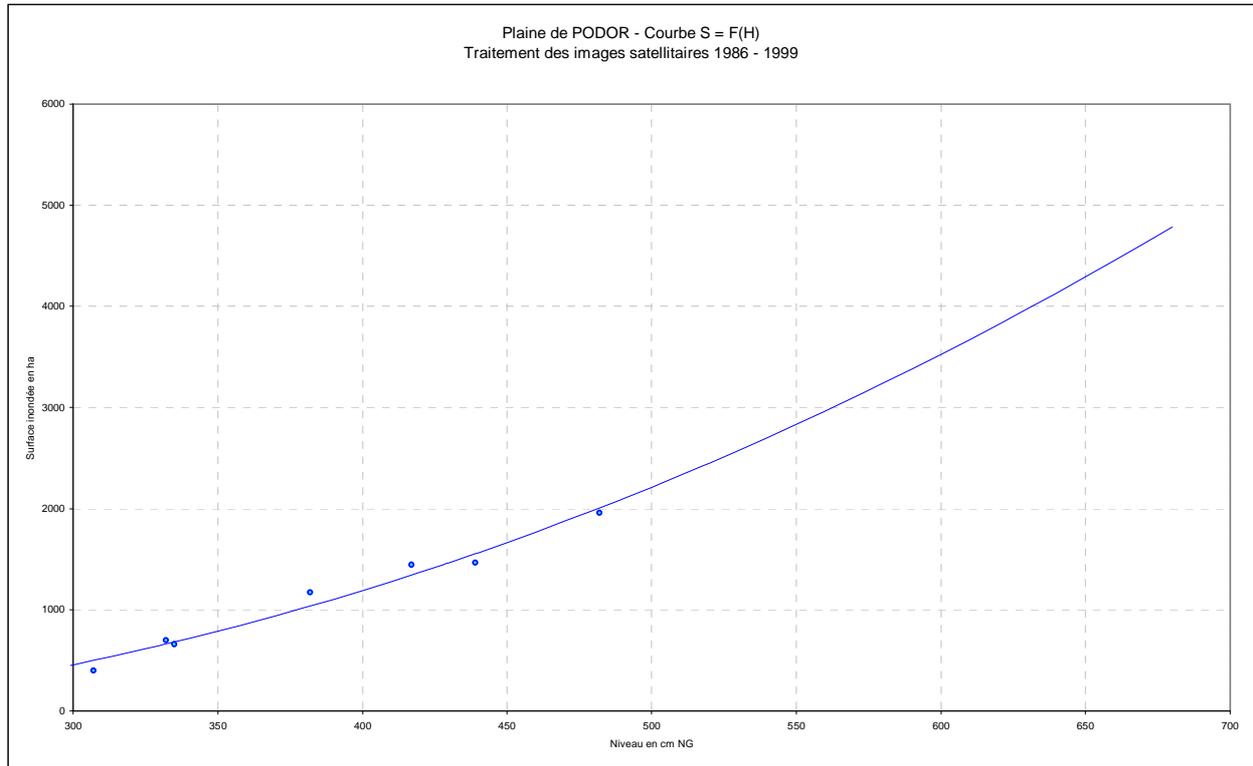


Figure n°9

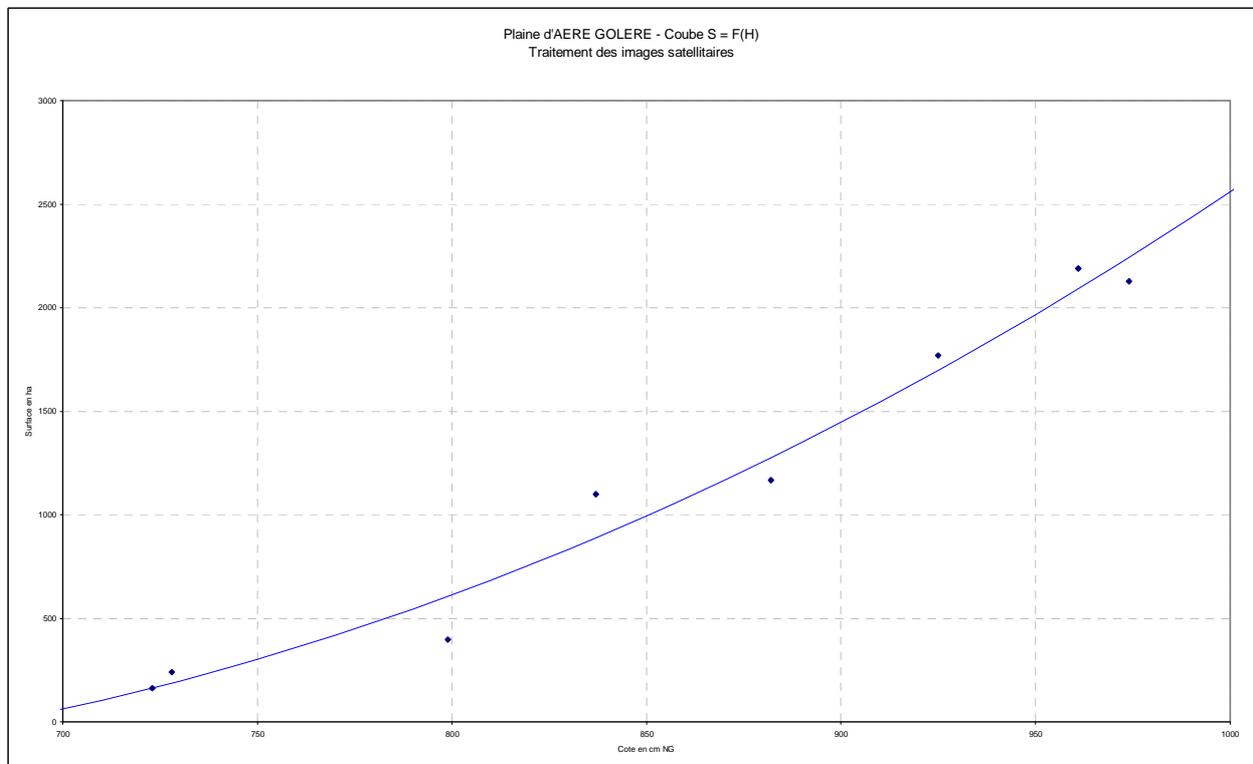


Tableau synthétique des surfaces inondées en fonction du niveau (cm NG)

Tableau n°3

H syst. NG S en ha	PODOR		DONAYE		WAWA		PETE N'GOUI		M'BAKHNA		NABADJI		LEQSEIBA		AERE GOLERE		OURO DIALLO		OULOUM NERE	
	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S
1986			389	156	515	1791	832	340	1168	113	1236	178					855	2144	934	4259
1987	205	1,5			267	1224	825	293			1092	33			723	164	713	106		
1988	417	1444	489	610	585	2548	921	1154	1228	270	1256	250	386	2311	925	1769	918	3674	1047	6197
1992	307	398	357	57	445	1523			1150	60	1179	119	306	111	799	397	827	1152	891	3273
1997	332	699	424	210	554	1903											855	2094		
1998	382	1171	444	415			906	848					395	2512	882	1167	877	2690		
1999	482	1959	567	1357	684	3882	957	1650	1225	270	1276	281	474	4278	961	2189	956	4768	1044	6333

Tableau n°4

PLAINES OBSERVEES DU LIT MAJEUR DU SENEGAL - Bief MATAM - DAGANA

Surface inondée en fonction de la cote en cm - nivellement général

DONAYE		PODOR		OULOUM NERE		AERE GOLERE		WAWA		PETE N'GOUI		M'BAKHNA		NABADJI		LEQSEIBA		OURO DIALLO		
Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	Hng	Sha	
340	5	204	0	600	37	690	21	200	1254	800	186	1140	33	1080	32	300	65	700	41	
357	52	300	457	620	182	710	104	220	1237	810	206	1150	60	1100	47	305	189	713	128	
358	55	307	499	640	339	730	197	240	1227	820	235	1160	88	1115	59	306	213	715	143	
360	60	313	536	660	509	743	264	260	1223	830	274	1168	110	1120	64	320	561	720	181	
370	88	325	613	680	691	750	302	280	1227	832	283	1180	143	1140	83	324	660	740	356	
380	118	330	647	700	886	770	418	290	1232	839	318	1184	154	1160	105	340	1057	760	567	
390	148	331	653	720	1095	790	545	300	1238	840	323	1200	197	1179	128	341	1081	780	812	
400	180	340	715	740	1315	799	606	320	1256	850	381	1220	252	1180	129	349	1280	800	1093	
410	215	358	847	760	1549	810	684	340	1280	860	450	1240	307	1200	155	360	1553	820	1410	
420	252	360	862	768	1646	830	833	360	1312	861	457	1260	362	1220	183	380	2049	827	1529	
428	284	370	940	780	1796	837	888	380	1350	866	495	1268	384	1240	213	391	2322	836	1688	
430	292	380	1020	800	2055	850	994	400	1396	870	527	1278	411	1250	229	400	2545	840	1761	
440	336	390	1103	820	2327	857	1053	420	1448	880	615	1280	417	1256	239	418	2991	857	2088	
450	383	400	1190	840	2612	870	1166	440	1507	890	712	1300	472	1260	246	420	3041	860	2148	
460	434	410	1279	860	2909	882	1275	455	1556	900	819	1316	516	1280	281	440	3537	880	2571	
470	490	417	1343	880	3219	890	1350	460	1573	910	936	1320	527	1300	318	460	4033	882	2615	
480	551	420	1371	891	3396	910	1544	480	1646	920	1062			1322	361	480	4529	900	3028	
489	611	428	1447	900	3542	925	1697	481	1650	921	1075			1320	357	494	4876	918	3470	
490	618	429	1456	902	3575	930	1750	500	1726	930	1198			1340	398	500	5025	920	3521	
500	690	430	1466	920	3878	950	1967	515	1791	932	1227			1348	416	520	5025	940	4049	
510	768	439	1554	937	4174	953	2000	520	1813	940	1344			1352	424	520	5521	946	4214	
518	836	440	1564	940	4227	970	2195	540	1935	950	1500			1360	442			955	4468	
520	853	450	1665	960	4588	974	2242	557	2063	952	1532			1380	488			960	4612	
530	945	460	1768	966	4699	990	2434	560	2088	953	1548			1400	536			961	4641	
540	1044	470	1875	980	4963	1010	2685	580	2273	960	1665			1405	548			980	5211	
550	1151	480	1985	1000	5350	1013	2723	585	2325	970	1840			1420	586			1000	5845	
560	1267	489	2086	1020	5749	1030	2946	600	2494	980	2024							1014	6310	
570	1390	490	2097	1040	6162	1050	3219	602	2518	990	2219							1020	6514	
573	1429	500	2212	1048	6330	1070	3503	620	2755	1000	2423							1040	7219	
580	1523	504	2259	1060	6587	1090	3799	630	2901	1009	2615							1060	7959	
590	1665	510	2330	1065	6695			640	3058	1010	2636							1080	8734	
600	1817	518	2427	1080	7025			660	3409	1020	2860							1100	9544	
610	1979	520	2452	1100	7476			680	3809	1030	3093							1120	10390	
620	2152	530	2576	1111	7729			694	4121	1040	3336							1140	11271	
630	2335	540	2702	1120	7940			700	4263									1160	12188	
640	2530	550	2832	1140	8416			720	4775											
650	2737	560	2965	1160	8905			740	5347											
660	2956	565	3032	1180	9407			760	5984											
670	3187	570	3101	1200	9922			780	6689											
680	3431	573	3142					800	7466											
		580	3239																	
		590	3380																	
		600	3525																	
		610	3672																	
		620	3822																	
		630	3975																	
		640	4131																	
		650	4290																	
		660	4451																	
		670	4616																	
		680	4784																	

Ce travail étant réalisé, nous disposons de 7 échantillons de la somme des 10 plaines observées et des 7 valeurs de la surface maximale inondée pour les années correspondantes.

Le tableau n°5 contient les résultats pour chaque plaine et pour le bief total.

Tableau synthétique de l'inondation du lit majeur – Période 1986 - 1999

Tableau n°5

Plaines/Années	1986		1987		1988		1992		1997		1998		1999	
	Hmax	Smax	Hmax	Smax	Hmax	Smax	Hmax	Smax	Hmax	Smax	Hmax	Smax	Hmax	Smax
PODOR	331	653	289	2	417	1343	313	536	429	1456	439	1554	565	3032
DONAYE	390	148	252	0	489	749	358	33	428	284	518	836	573	1429
WAWA	515	1791	290	1232	602	2714	481	1650	557	2063	630	2901	694	4121
PETE NGOUI	861	457	832	283	932	1344	850	381	866	495	953	1548	1009	2615
M'BAKHNA	1168	110	1150	60	1268	485	1150	60	1184	154	1278	411	1316	516
NABADJI	1250	229	1115	59	1348	416	1200	155	1256	239	1352	424	1405	548
LEQSEIBA	341	1081	305	189	391	4377	324	660	349	1280	418	2991	494	4876
OURO DIALLO	857	2088	715	143	946	4214	836	1688	882	2615	961	4641	1014	6310
AERE GOLERE	857	1053	743	264	953	2000	837	888	882	1275	974	2242	1013	2723
OULOUM NERE	937	4174	768	1646	1048	7959	902	3575	966	4699	1065	6695	1111	7729
SOMME 10 plaines		11784		3878		22520		9626		14560		24243		33899
TOTAL ZONE INOND.		82520		37000		148700		60725		92000		146000		221000

La figure n°10 représente la régression entre la somme des 10 plaines et la surface de l'inondation maximale correspondante.

Figure n°10

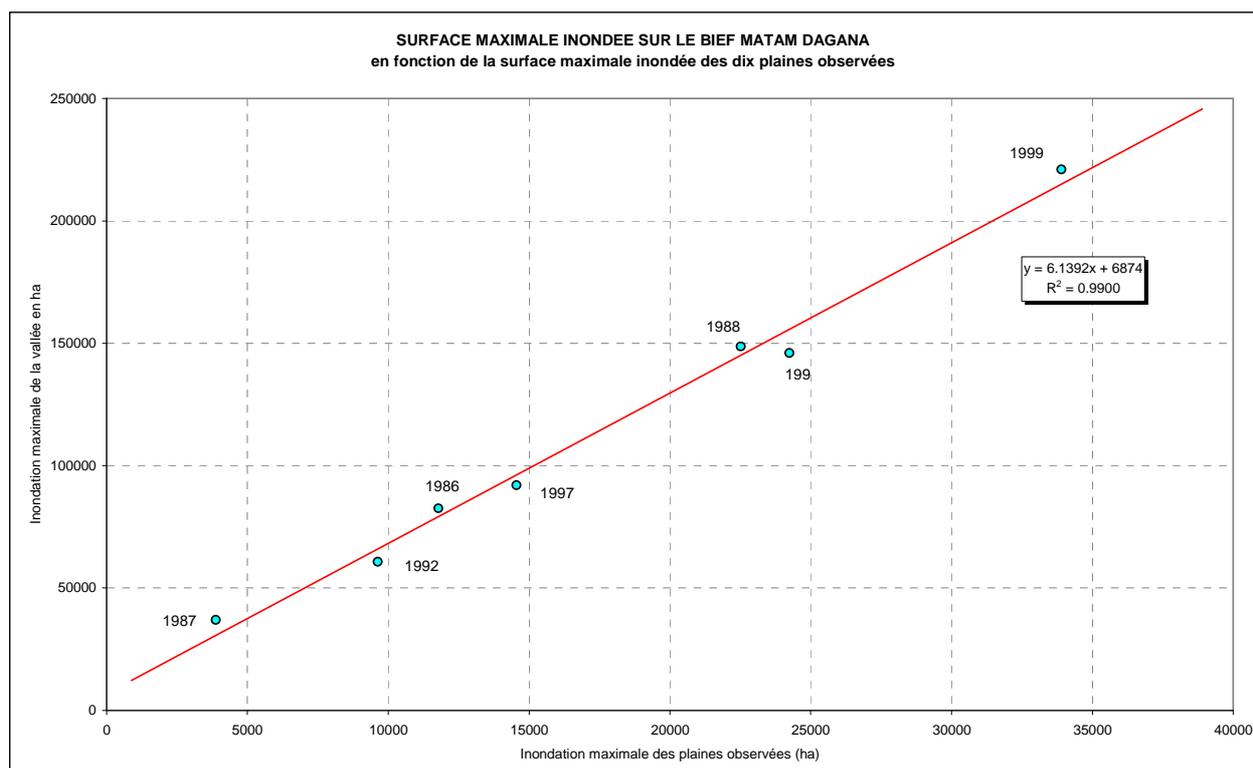


Tableau n°6

H max aux échelles en cm			H max aux échelles en cm				
Année	MATAM	SALDE	PODOR	Année	MATAM	SALDE	PODOR
	cm	cm	cm		cm	cm	cm
1946	870	926	573	1973	730	785	442
1947	860	906	545	1974	903	941	589
1948	828	882	530	1975	813	853	515
1949	815	868	515	1976	656	692	346
1950	1000	1039	668	1977	657	711	381
1951	896	945	585	1978	702	759	413
1952	900	930	580	1979	596	660	341
1953	831	880	533	1980	744	776	438
1954	970	1000	640	1981	679	784	442
1955	910	986	639	1982	633	706	371
1956	950	1013	650	1983	466	533	233
1957	930	980	627	1984	399	477	202
1958	986	1019	647	1985	667	729	397
1959	928	978	604	1986	685	748	402
1960	810	870	527	1987	487	559	289
1961	965	1008	640	1988	799	851	482
1962	879	933	580	1989	705	757	400
1963	821	860	537	1990	404	485	248
1964	962	1017	654	1991	660	711	373
1965	986	1031	663	1992	627	717	380
1966	927	967	608	1993	667	716	393
1967	943	1011	647	1994	784	851	498
1968	747	786	438	1995	802	870	519
1969	849	927	558	1996	673	701	370
1970	801	879	532	1997	696	776	429
1971	846	917	558	1998	805	867	504
1972	582	655	320	1999	850	914	565
				2000	738	802	455

La liaison entre les deux variables est serrée et peut-être utilisée pour obtenir la surface maximale annuelle d'inondation du lit majeur en fonction des niveaux maxima atteints par la crue aux stations de MATAM, SALDE et PODOR.

Les maxima à ces trois stations pour la période 1946 – 2000 sont portés dans le tableau n°6 ci-dessus. Les valeurs manquantes à la station de SALDE (1946 – 1950) ont été reconstituées à l'aide celles de PODOR. La figure n°11 montre ces relations.

Les modèles de propagation lit mineur – lit majeur permettent d'établir un échantillon de valeur de la somme des aires de submersion des dix plaines (maxima annuel).

La régression de la figure 10 permet d'obtenir un échantillon de même taille. Cet échantillon de 55 valeurs correspond sensiblement à la période d'observation quasi permanente des surfaces cultivées en décrue (traité au chapitre « cultures de décrue »).

Les tableau n°7 et 7bis des pages suivantes contiennent les détails des calculs permettant d'obtenir la relation entre la cote maximale à PODOR et la surface inondée maximale correspondante (bief MATAM – DAGANA). La figure n°11 représente les régression entre cette cote maximale et les surfaces inondées des 10 plaines et du bief.

Il faut noter l'excellente relation qui existe entre la cote maximale annuelle à PODOR et les surfaces inondées. Cela n'est pas réellement étonnant car l'amortissement de la crue est quasiment totalement réalisé au niveau de cette station, et il s'ensuit que la cote maximale est un critère remarquable de représentation de la crue.

La relation mise en évidence conduit à l'étude de la relation qui existe entre le limnigramme à BAKEL et le maximum à PODOR.

Figure n°1

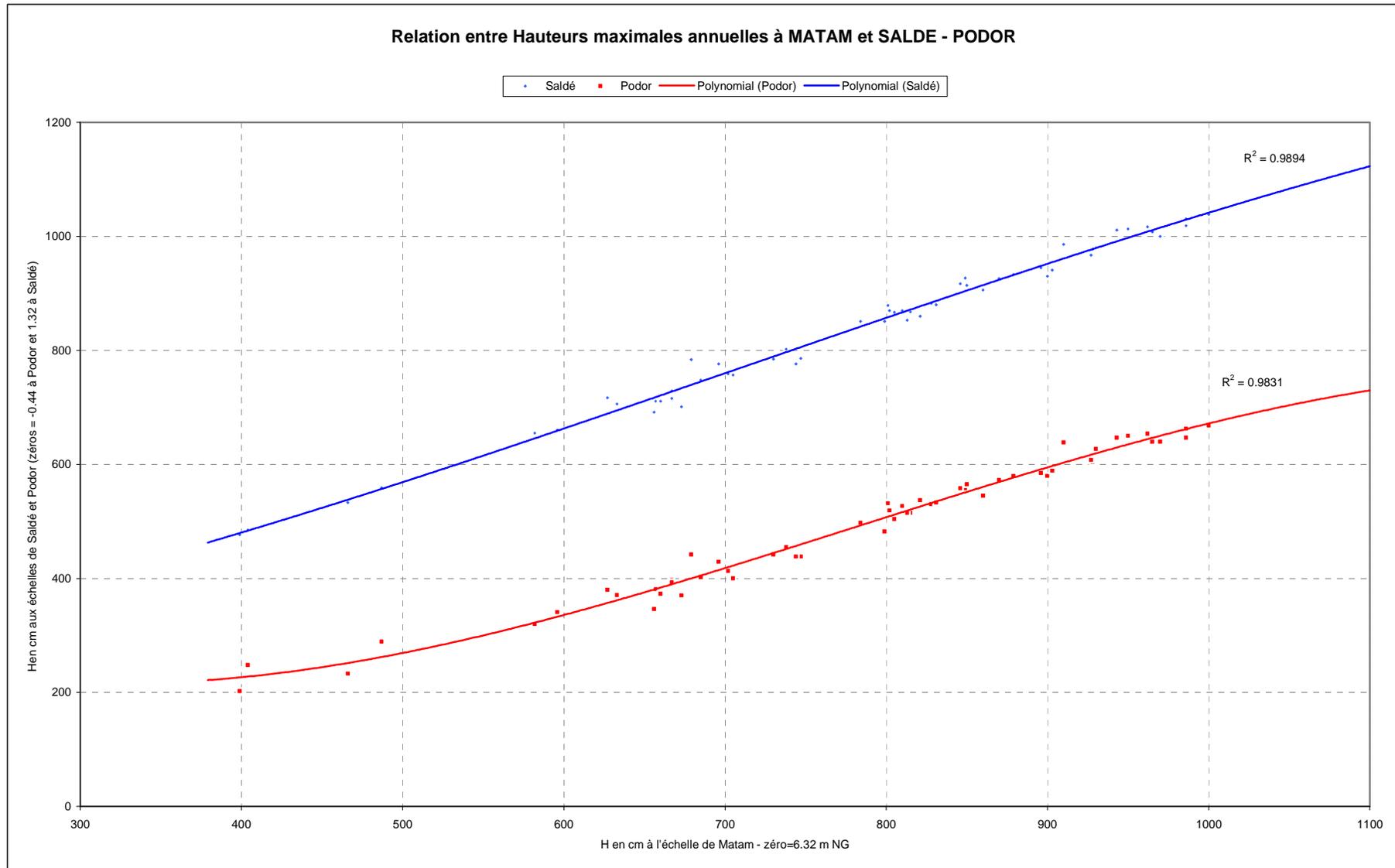


Tableau n°7

MODELES DE PROPAGATION STATIONS PRINCIPALES - PLAINES

Niveaux maxima annuels dans les plaines calculés à l'aide des modèles "MODPLAINES"

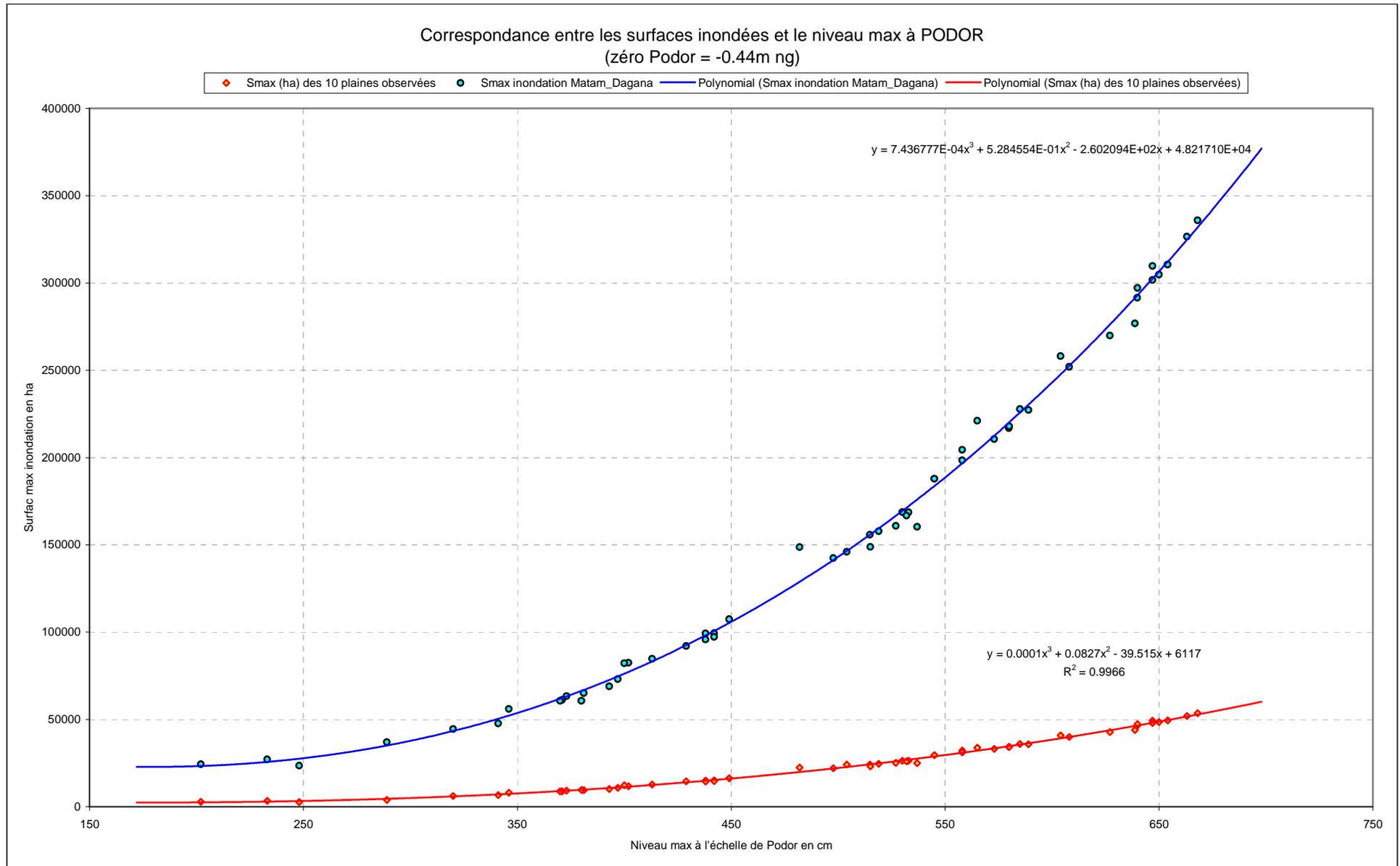
An	PODOR éch.	pl pod	Donaye	wawa	leqseiba	Matam éch.	Nabadji	Mbakhna		Saldé	Pété ng	aéréG NG	OuroD NG	OuloumN
1944	403	332	391	515	342	625	1 197	1 135		736	858	847	848	923
1945	625	559	632	742	574	955	1 513	1 458		995	1 077	1 089	1 095	1 200
1946	573	508	581	690	504	870	1 423	1 353		926	1 011	1 024	1 023	1 124
1947	545	479	554	667	467	860	1 413	1 342		906	991	1 006	1 001	1 104
1948	530	464	539	650	448	828	1 380	1 307		882	968	984	976	1 080
1949	515	450	524	634	428	815	1 368	1 293		868	953	970	962	1 065
1950	668	602	674	786	630	1 000	1 564	1 520		1 039	1 120	1 130	1 141	1 255
1951	585	519	593	702	521	896	1 450	1 383		945	1 029	1 042	1 042	1 144
1952	580	514	588	697	514	900	1 454	1 388		930	1 014	1 028	1 027	1 128
1953	533	467	542	650	452	831	1 383	1 310		880	966	981	974	1 077
1954	640	574	647	757	593	970	1 530	1 478		1 000	1 083	1 094	1 100	1 207
1955	639	573	646	756	580	910	1 465	1 401		986	1 069	1 080	1 085	1 190
1956	650	584	657	768	606	950	1 508	1 451		1 013	1 095	1 106	1 113	1 223
1957	627	561	634	744	576	930	1 486	1 426		980	1 063	1 075	1 079	1 183
1958	647	581	654	765	602	986	1 548	1 500		1 019	1 101	1 111	1 120	1 230
1959	604	534	612	721	546	928	1 484	1 423		978	1 061	1 073	1 077	1 181
1960	527	461	536	644	444	810	1 363	1 288		870	956	972	964	1 067
1961	640	574	647	757	593	965	1 525	1 471		1 008	1 090	1 101	1 108	1 217
1962	580	514	588	697	514	879	1 432	1 363		933	1 017	1 031	1 030	1 132
1963	537	471	546	654	457	821	1 373	1 299		860	946	963	955	1 057
1964	654	588	661	772	612	962	1 521	1 467		1 017	1 099	1 109	1 118	1 228
1965	663	597	669	781	624	986	1 548	1 500		1 031	1 113	1 122	1 132	1 246
1966	608	534	615	725	551	927	1 483	1 422		967	1 050	1 063	1 065	1 168
1967	647	581	654	765	602	943	1 500	1 442		1 011	1 093	1 104	1 111	1 220
1968	438	367	437	556	355	747	1 303	1 228		786	886	894	890	979
1969	558	493	566	675	484	849	1 401	1 329		927	1 011	1 025	1 024	1 125
1970	532	466	541	649	450	801	1 354	1 279		879	965	980	973	1 076
1971	558	493	566	675	484	846	1 398	1 326		917	1 002	1 016	1 013	1 115
1972	320	289	287	367	305	582	1 163	1 110		655	839	800	776	838
1973	442	371	442	561	357	730	1 287	1 213		785	886	893	890	978
1974	589	523	597	706	526	903	1 457	1 392		941	1 025	1 038	1 038	1 140
1975	515	450	524	632	428	813	1 366	1 291		853	939	956	948	1 050
1976	346	301	317	424	306	656	1 223	1 156		692	846	823	819	875
1977	381	314	361	484	325	657	1 223	1 157		711	851	823	832	896
1978	413	339	404	528	345	702	1 262	1 190		759	867	868	867	949
1979	341	298	311	414	306	596	1 174	1 118		660	839	804	782	843
1980	438	367	437	556	355	744	1 300	1 225		776	878	884	882	968
1981	442	371	442	561	357	647	1 215	1 150		784	885	892	889	976
1982	371	309	348	469	316	633	1 203	1 140		706	850	819	828	890
1983	233			159		466	1 113	1 061		533	831	725	712	744
1984	202			87		399	1 092	1 046		477	827	690	709	705
1985	397	328	383	507	339	667	1 232	1 164		729	856	840	843	916
1986	402	331	389	514	341	685	1 247	1 177		748	862	858	857	937
1987	289			291		487	1 114	1 068		559	832	741	714	762
1988	482	417	488	601	391	799	1 352	1 277		851	937	954	946	1 048
1989	400	330	387	511	340	705	1 265	1 193		757	866	866	865	947
1990	248			194		404	1 092	1 047		485	828	695	709	711
1991	373	310	350	472	318	660	1 226	1 159		711	851	823	832	896
1992	380	314	360	483	324	627	1 199	1 137		717	852	829	836	902
1993	393	325	377	502	335	667	1 232	1 164		716	851	828	835	901
1994	505	433	518	624	409	784	1 338	1 262		851	937	954	946	1 048
1995	519	453	528	636	434	802	1 355	1 280		870	956	972	964	1 067
1996	370	309	346	467	315	673	1 237	1 168		701	848	814	825	885
1997	429	356	425	546	351	696	1 257	1 185		776	878	884	882	968
1998	504	439	513	621	416	805	1 358	1 283		867	953	969	961	1 064
1999	565	500	573	682	493	850	1 402	1 330		914	999	1 013	1 010	1 112
2000	449	388	450	568	365	738	1 295	1 220		802	889	908	903	996

Echantillon 1944 – 2000 de l'inondation du lit majeur

Tableau n°7bis

Année	pl podor		Donaye		wawa		leqseiba		Nabadji		Mbakhna		Pété		aéréG		OuroD		Ouloum N		Hmax Podor échelle - cm	S 10 plaines ha	S total ha ha
	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha	ng	S ha			
1944	332	660	391	151	515	1792	342	1106	1197	151	1135	20	858	435	847	968	848	1912	923	3935	403	11129	75195
1945	559	2951	632	2376	742	3248	574	6861	1513	849	1458	905	1077	4333	1089	3777	1095	9338	1200	9935	625	44572	280510
1946	508	2307	581	1538	690	2833	504	5125	1423	593	1353	617	1011	2650	1024	2873	1023	6618	1124	8042	573	33195	210663
1947	479	1973	554	1192	667	2667	467	4207	1413	567	1342	586	991	2237	1006	2629	1001	5878	1104	7558	545	29494	187944
1948	464	1811	539	1033	650	2550	448	3735	1380	489	1307	490	968	1802	984	2356	976	5088	1080	7015	530	26368	168752
1949	450	1665	524	889	634	2442	428	3239	1368	459	1293	453	953	1556	970	2192	962	4671	1065	6686	515	24251	155757
1950	602	3549	674	3292	786	3626	630	8256	1564	1012	1520	1074	1120	5639	1130	4416	1141	11316	1255	11417	668	53597	335911
1951	519	2439	593	1708	702	2924	521	5546	1450	665	1383	701	1029	3072	1042	3111	1042	7291	1144	8522	585	35979	227755
1952	514	2379	588	1633	697	2885	514	5373	1454	676	1388	714	1014	2733	1028	2921	1027	6757	1128	8137	580	34206	216871
1953	467	1843	542	1062	650	2546	452	3835	1383	496	1310	499	966	1761	981	2329	974	5028	1077	6962	533	26360	168700
1954	574	3151	647	2667	757	3374	593	7332	1530	901	1478	960	1083	4482	1094	3852	1100	9544	1207	10103	640	46365	291519
1955	573	3137	646	2646	756	3365	580	7010	1465	706	1401	747	1069	4096	1080	3656	1085	8933	1190	9668	639	43965	276783
1956	584	3293	657	2882	768	3464	606	7666	1508	832	1451	887	1095	4857	1106	4038	1113	10090	1223	10527	650	48534	304834
1957	561	2978	634	2414	744	3264	576	6910	1486	767	1426	816	1063	3936	1075	3573	1079	8694	1183	9489	627	42843	269892
1958	581	3251	654	2817	765	3437	602	7568	1548	959	1500	1020	1101	5035	1111	4125	1120	10390	1230	10729	647	49331	309726
1959	534	2626	612	2005	721	3074	546	6166	1484	761	1423	809	1061	3883	1073	3546	1077	8615	1181	9430	604	40917	258067
1960	461	1779	536	1003	644	2506	444	3636	1363	448	1288	439	956	1594	972	2218	964	4729	1067	6739	527	25092	160914
1961	574	3154	647	2671	757	3376	593	7338	1525	884	1471	941	1090	4711	1101	3966	1108	9878	1217	10361	640	47280	297133
1962	514	2379	588	1636	697	2886	514	5373	1432	617	1363	645	1017	2798	1031	2958	1030	6862	1132	8212	580	34367	217855
1963	471	1886	546	1105	654	2574	457	3959	1373	472	1299	470	946	1437	963	2110	955	4468	1057	6518	537	24999	160345
1964	588	3349	661	2970	772	3499	612	7797	1521	873	1467	930	1099	4975	1109	4096	1118	10304	1228	10661	654	49455	310483
1965	597	3477	669	3174	781	3580	624	8092	1548	959	1500	1020	1113	5401	1122	4302	1132	10915	1246	11146	663	52067	326522
1966	534	2626	615	2072	725	3107	551	6290	1483	758	1422	805	1050	3601	1063	3398	1065	8149	1168	9114	608	39921	251953
1967	581	3251	654	2817	765	3437	602	7568	1500	809	1442	862	1093	4798	1104	4009	1111	10005	1220	10460	647	48016	301650
1968	367	916	437	321	556	1989	355	1429	1303	323	1228	274	886	672	894	1383	890	2795	979	4936	438	15038	99196
1969	493	2131	566	1344	675	2722	484	4628	1401	539	1329	552	1011	2668	1025	2884	1024	6652	1125	8063	558	32185	204459
1970	466	1832	541	1053	649	2540	450	3785	1354	428	1279	414	965	1744	980	2318	973	4997	1076	6939	532	26051	166805
1971	493	2131	566	1344	675	2722	484	4628	1398	532	1326	543	1002	2458	1016	2761	1013	6276	1115	7819	558	31215	198510
1972	289	394	287	-152	367	1325	305	189	1163	108	1110		839	318	800	616	776	760	838	2586	320	6145	44597
1973	371	947	442	343	561	2011	357	1478	1287	294	1213	234	886	672	893	1374	890	2795	978	4915	442	15064	99356
1974	523	2488	597	1767	706	2956	566	5670	1457	685	1392	724	1025	2978	1038	3059	1038	7147	1140	8416	589	35890	227206
1975	450	1665	524	891	632	2427	428	3239	1366	455	1291	447	939	1332	956	2035	948	4270	1050	6365	515	23125	148844
1976	301	463	317	-61	424	1459	306	213	1223	187	1156	76	846	357	823	781	819	1393	875	3143	346	8013	56069
1977	314	542	361	62.6	484	1663	325	685	1223	188	1157	78	851	388	823	783	832	1617	896	3474	381	9481	65076
1978	339	708	404	195	528	1849	345	1181	1262	250	1190	170	867	503	868	1151	867	2292	949	4385	413	12684	84745
1979	298	446	311		414	1432	306	213	1174	121	1118		839	318	804	638	782	839	843	2657	341	6663	47779
1980	367	916	437	321	556	1989	355	1429	1300	318	1225	267	878	597	884	1295	882	2615	968	4729	438	14476	95742
1981	371	947	442	343	561	2011	357	1478	1215	176	1150	59	885	662	892	1365	889	2772	976	4894	442	14710	97180
1982	309	511	348	26.1	469	1604	316	461	1203	160	1140	34	850	381	819	748	828	1546	890	3386	371	8858	61255
1983					159	1310			1113	58	1061		831	279	725	171	712	121	744	1363	233	3301	27142
1984					87	1481			1092	41	1046		827	262	690	20	709	100	705	937	202	2841	24314
1985	328	633	383	125	507	1757	339	1032	1232	201	1164	98	856	421	840	915	843	1817	916	3802	397	10801	73183
1986	331	653	389	146	514	1786	341	1081	1247	225	1177	134	862	464	858	1062	857	2088	937	4167	402	11784	82520
1987					291	1232			1114	59	1068		832	283	741	252	714	135	762	1575	289	3878	37000
1988	417	1343	488	604	601	2237	391	2322	1352	424	1277	408	937	1303	954	2014	946	4214	1048	6321	482	22520	148700
1989	330	647	387	138	511	1774	340	1057	1265	254	1193	177	866	495	866	1135	865	2251	947	4345	400	12272	82213
1990					194	1260			1092	41	1047		828	266	695	40	709	100	711	999	248	2705	23479
1991	310	517	350	33.2	472	1616	318	511	1226	192	1159	84	851	388	823	783	832	1617	896	3474	373	9215	63446
1992	314	542	360	58.9	483	1658	324	660	1199	153	1137	23	852	394	829	826	836	1688	902	3581	380	9626	60725
1993	325	613	377	109	502	1734	335	933	1232	201	1164	98	851	388	828	819	835	1670	901	3563	393	10127	69047
1994	433	1495	518	836	624	2377	409	2768	1338	393	1262	368	937	1303	954	2014	946	4214	1048	6321	498	22090	142489
1995	453	1696	528	927	636	2453	434	3388	1355	431	1280	417	956	1594	972	2218	964	4729	1067	6739	519	24591	157843
1996	309	511	346	22.5	467	1599	315	437	1237	209	1168	110	848	369	814	714	825	1494	885	3299	370	8764	60675
1997	356	832	425	273	546	1939	351	1330	1257	241	1185	157	878	597	884	1295	882	2615	968	4729	429	14560	92000
1998	439	1554	513	796	621	2356	416	2942	1358	437	1283	425	953	1546	969	2186	961	4641	1064	6672	504	24261	146000
1999	500	2212	573	1432	682	2773	493	4852	1402	542	1330	555	999	2397	1013	2725	1010	6175	1112	7747	565	33899	221000
2000	388	1087	450	383	568	2050	365	1677	1295	308	1220	252	889	706	908	15							

Figure n°12



3.3. Modèles de propagation du lit mineur

Trois modèles de propagation ont été calibrés sur le bief BAKEL – PODOR :

- BAKAL - MATAM
- BAKEL – SALDE
- BAKEL – PODOR

La crue étant parfaitement contenue, quant à son extension, à partir des niveaux max. de PODOR, seul le troisième modèle est présenté et utilisé dans le cadre de la présente étude.

Le calibrage du modèle a été réalisé en travaillant par analogie (1997-2000), l'amortissement de la crue est représenté par un échantillon des valeurs issues d'une moyenne mobile dont la période est de 15j, c'est-à-dire que la valeur de l'échantillon du jour j est remplacée par la moyenne de j-15 à j+15. Le tableau n°8 contient les paramètres du modèle :

Modèle de propagation BAKEL - PODOR

Tableau n°8

Hbkl	Tjour	Hbkl	Hpodor
0	8.8	0	224
171	8.9	171	224
178	9	178	224
188	9.1	188	224
201	9.2	201	228
217	9.3	217	233
229	9.4	229	233
236	9.5	236	234
405	11.2	405	274
428	11.5	428	285
447	11.8	447	298
478	12.2	478	319
500	12.5	500	332
517	12.7	517	345
528	12.9	528	353
540	13.1	540	359
558	13.5	558	370
579	14	579	380
607	14.8	607	395
687	17.2	687	430
772	21	772	470
868	26	868	520
937	30	917	546
1100	35	1100	615
1300	35	1300	675

Les hauteurs sont exprimées en cm à l'échelle de crue, le temps de propagation en jour et la hauteur à PODOR en cm à l'échelle de crue.

Les figures 13 et 14 montrent les relations ci-dessus.

La validation du modèle a été réalisée sur la période 1994 – 2000, une partie de la validation contient la période de calibrage.

Figure n°13

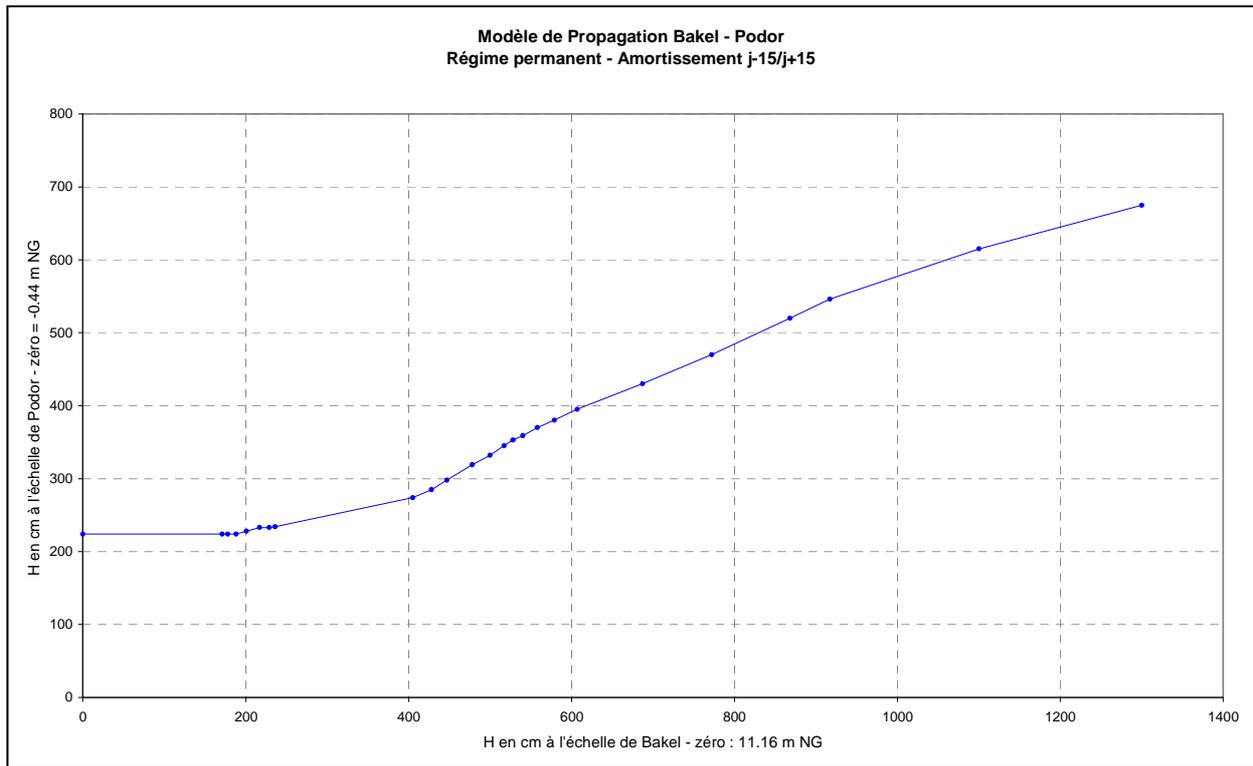


Figure n°14

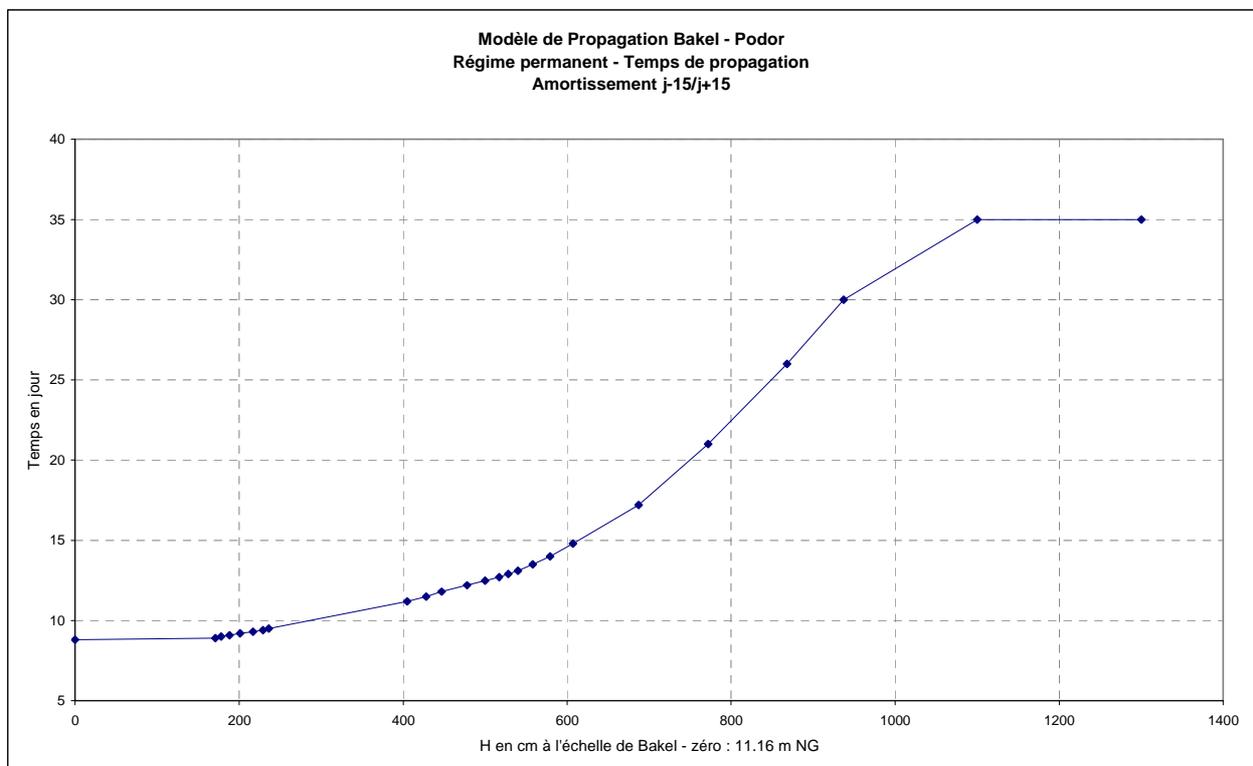
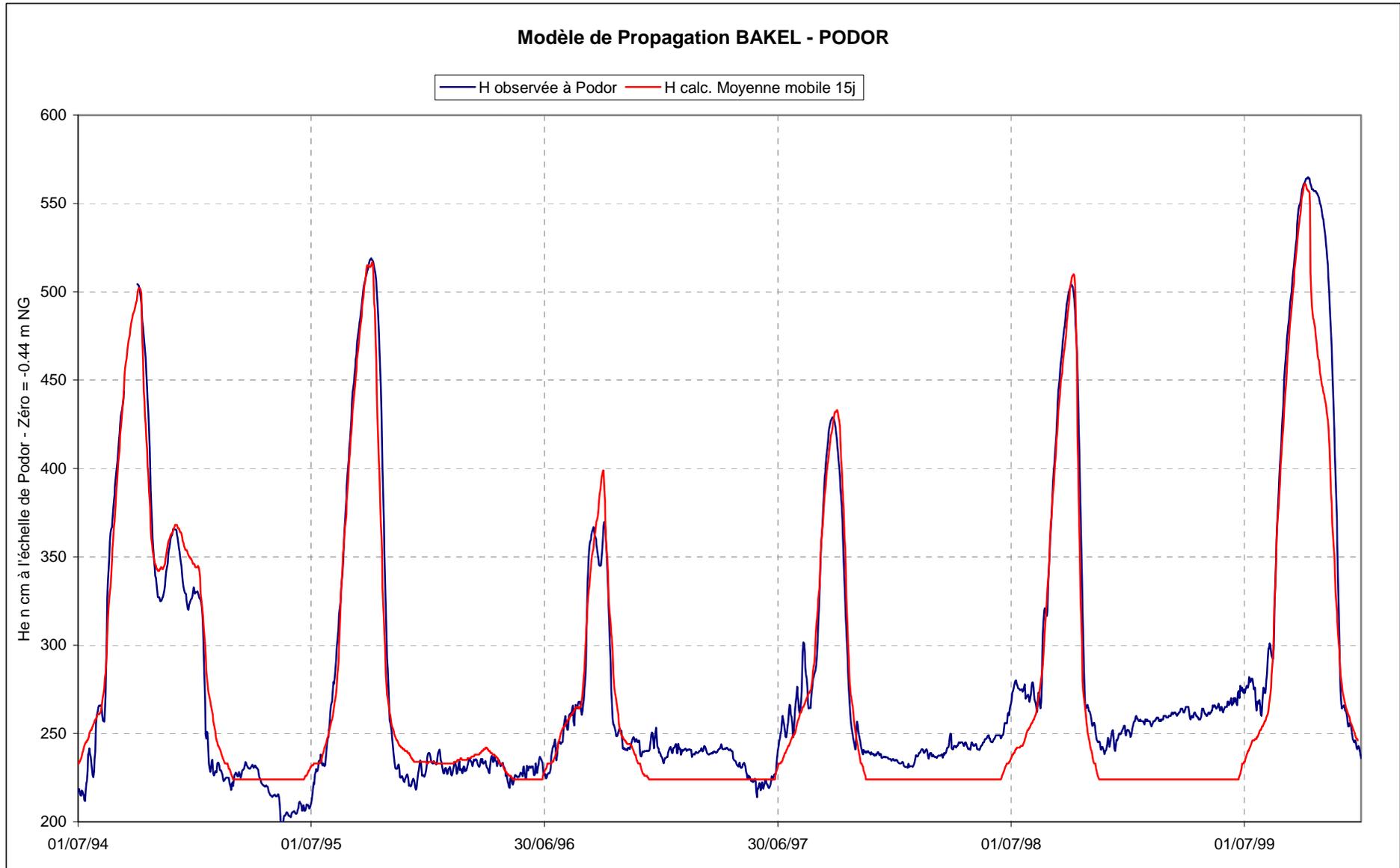


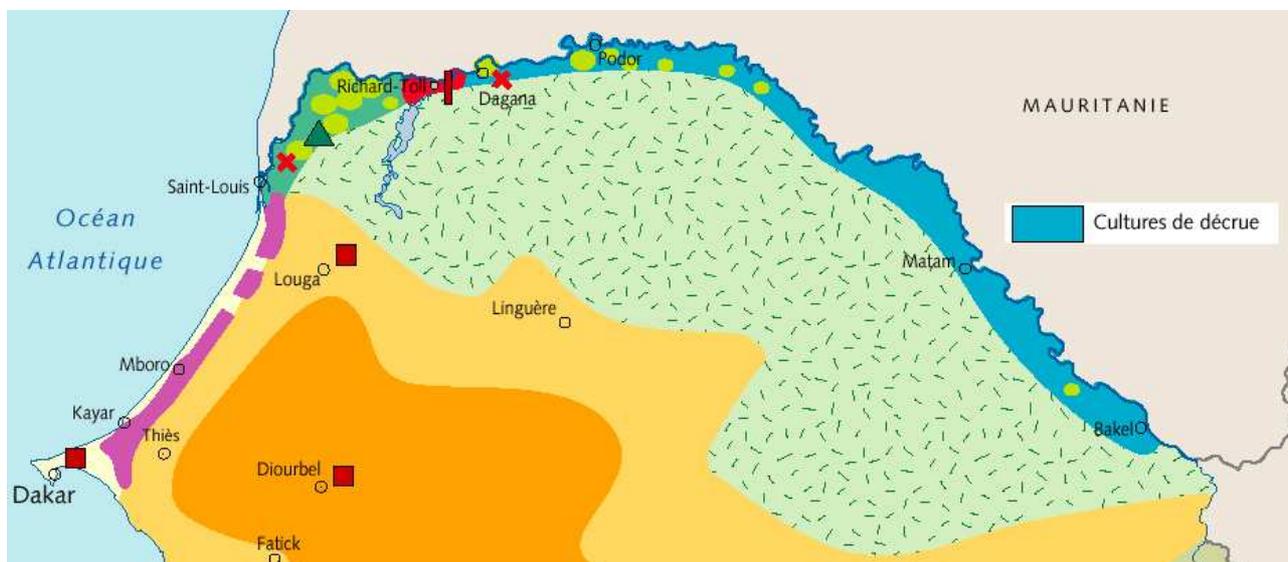
Figure n°15



Le modèle va permettre d'établir limnigramme à BAKEL dont les paramètres seront optimisés en fonction de l'aire de la zone potentiellement cultivable en décrue.

Les études ont été menées jusque là sur l'inondation du lit majeur du bief MATAM – DAGANA. Diverses études ont montré qu'elle correspond à la zone portée sur la carte n°2.

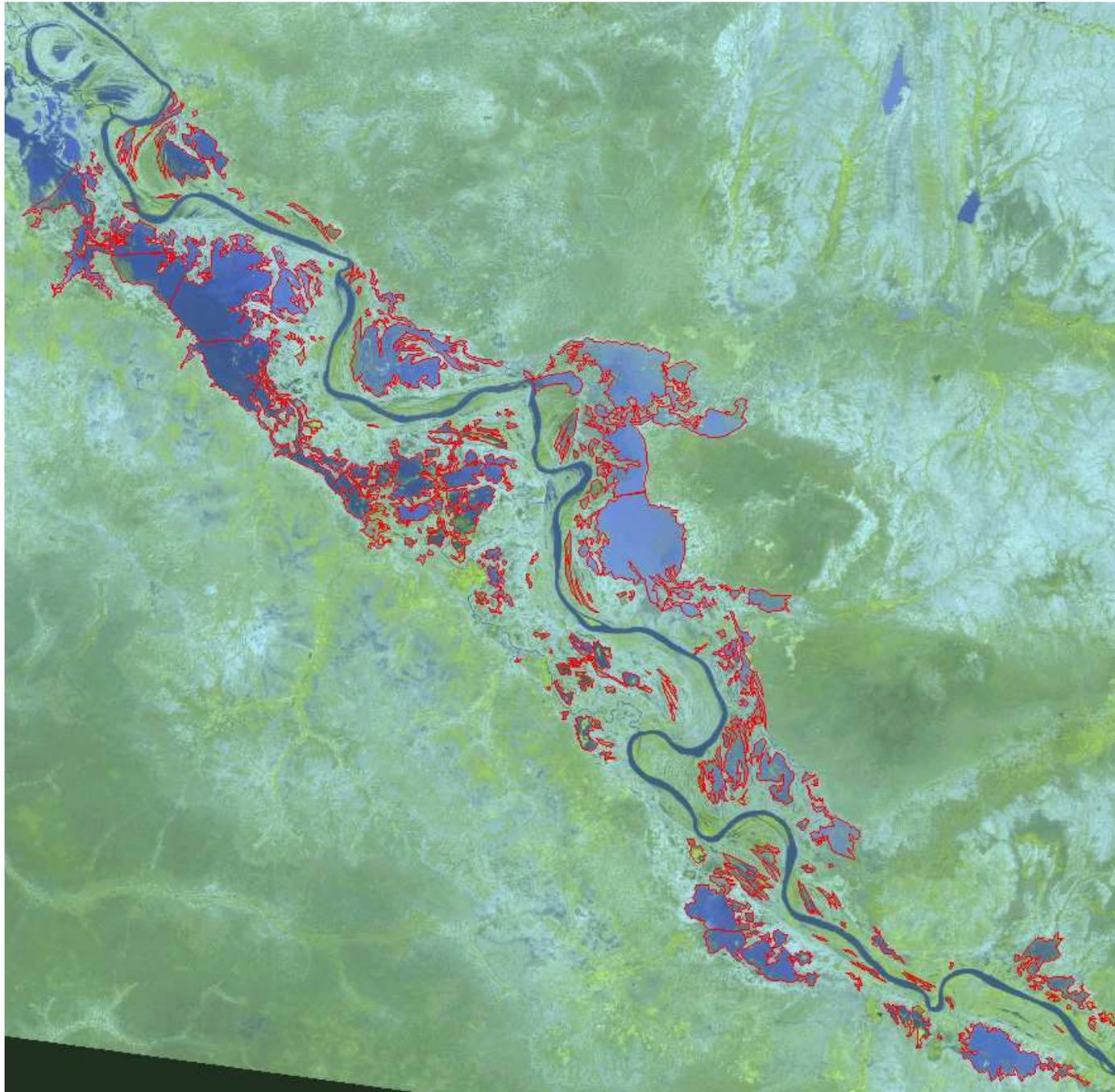
Carte n°2



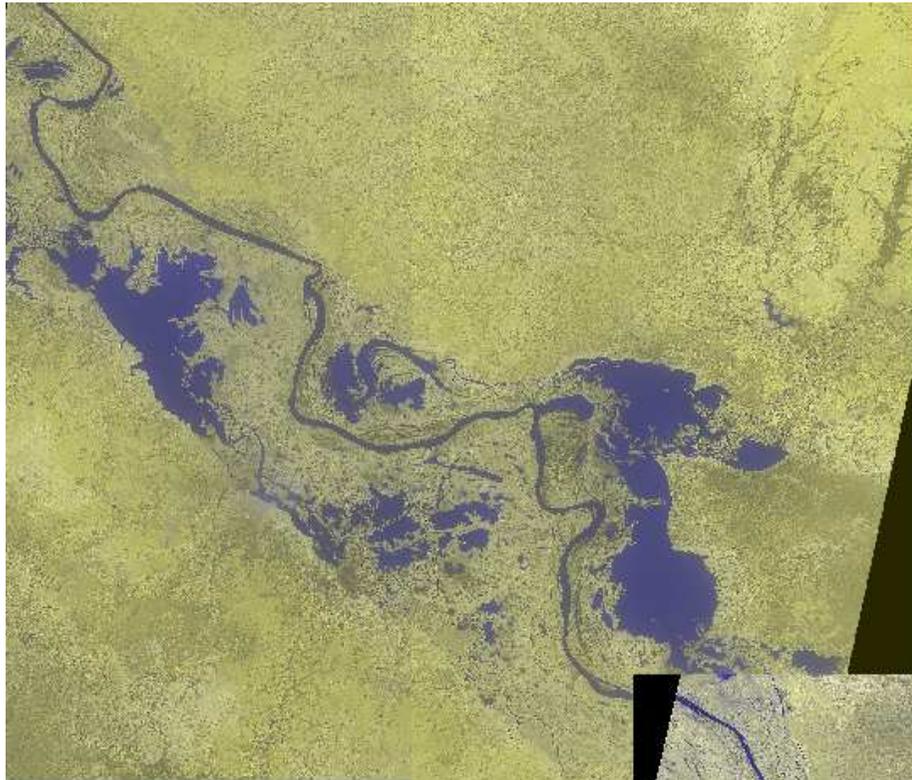
Les couvertures LANDSAT de 1999 et SPOT de 1998 – cartes 3 et 4 -, montrent que les surfaces inondées des parties situées à l'amont du bief MATAM – DAGANA correspondent à 19% (18,7% et 19,5%) de l'aire inondée de celui-ci.

Une partie beaucoup moins importante est située à l'aval des confluences du Ngalenka et du Koundi, la correction à apporter pour cette zone supplémentaire est de l'ordre de 1%, le total des corrections atteint 20%.

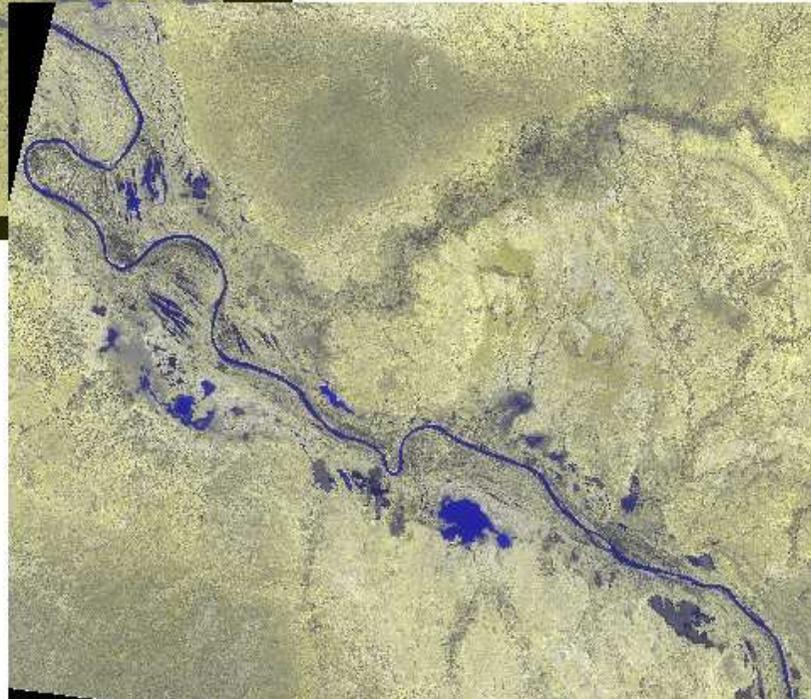
L'analyse de l'imagerie satellitaire a déjà fait l'objet de rapports de campagnes pour les crues 1997 à 1999, une annexe consacrée aux outils ayant servi à la rédaction de la synthèse sera publiée prochainement (imagerie satellitaire – propagation – base de données – etc.). Dans le présent rapport nous n'utilisons que les résultats de ces études.



CARTE N°3
CRUE 1999 – AMONT MATAM
Image LANDSAT du 21 octobre
Surface inondée 42 076 ha



Carte n°4
Crue 1998 - Zone amont MATAM
Images SPOT des 8 et 13 octobre
Surface inondée = 27 302 ha



4. OPTIMISATION DU LIMNIGRAMME DE BAKEL

L'objectif d'optimisation de la gestion utilise un paramètre dit de la crue artificielle qui est fixé depuis les études « GIBB » à un potentiel cultivable de 50 000 ha en cultures traditionnelles de décrue.

Les développements de l'étude actuelle montrent qu'il faut scinder en deux possibilités l'optimisation :

1. Optimisation en considérant les paramètres physiques des lit en l'état actuel, c'est-à-dire sans amélioration du remplissage (accélération) et de la vidange (ralentissement) du lit majeur du fleuve,
2. Evaluation d'une optimisation future en réalisant des travaux minima garantissant une économie substantielle de la ressource en eau, économie en volume annuel pouvant atteindre ou dépasser un milliard de m³ sur la réalisation de la crue artificielle.

4.1. EVALUATION DES SURFACES CULTIVEES EN DECRUE

Au cours des années 1999 et 2000, une compilation des données « Cultures de décrue » a été réalisée dans le cadre du projet par deux agronomes, l'une de l'IRD. l'autre de la Coopération Française.

Les résultats de ces recherches dans le domaine des cultures traditionnelles de décrue sont contenues dans le CDROM joint : « EAU et AGRICULTURE dans la vallée du FLEUVE SENEGAL – Etat de l'art en l'an 2000 »

La période 1946 – 2000 a fait l'objet, en rive droite comme en rive gauche, d'observations et d'enregistrements des surfaces cultivées en décrue.

Les données afférentes à cette période ont été enregistrées puis critiquées, afin de cerner les zones de cultures prises en compte. Ce travail a permis de dresser un tableau d'aires mises en cultures pour 1946 – 2000. Un certain nombre d'années présentant des lacunes trop importantes ont été écartées.

Le tableau n°9 contient les résultats des analyses effectuées à la fin des compilations d'archives.

Les résultats de rive gauche et de rive droite ont été comparés aux surfaces inondées du bief MATAM – DAGANA. Les deux régressions établies ont permis de compléter les années avec lacunes. Les figures n°16 et 17 montrent les liaisons qui existent entre surfaces inondées et cultures de décrues.

Le tableau n°10 contient les données complétées grâce aux deux régressions. Une série de surfaces cultivées, dans la partie du lit majeur compris entre MATAM et DAGANA, est ainsi obtenue pour la période 1946 – 2000.

Le report des valeurs observées totales en fonction des surfaces inondées (Figure n°17), montre une relation de bonne qualité et il apparaît la notion de potentiel de surface cultivable en décrue.

Les cultures de décrues ne dépendent pas uniquement de l'étendue maximale de l'inondation, mais aussi de la durée de submersion, ainsi que de multiples facteurs humains.

Dans le cas présent où l'objectif est l'économie de la ressource en eau, il faut considérer que nous ne pouvons prendre en compte que l'extension de la submersion durant une période supérieure à 20 jours, la plupart du temps et de 25 jours quelquefois. Cette durée de submersion doit permettre la saturation totale ou quasi totale des sols afin de permettre la maturation des récoltes sans apport d'irrigation complémentaire.

La durée de submersion de 25 jours est retenue, elle semble couvrir la quasi totalité des types de sols.

Tableau n°9

SUPERFICIES CULTIVEES EN DECRUE

Décrue	Rive droite			Rive gauche			Vallée			Source
	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	
1946				22500	39900	62400				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1947				23000	42000	65000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1948										
1949										
1950				27000	47100	74100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1951				33000	36100	69100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1952				25100	34100	59200				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1953				21000	33100	54100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1954				30000	50900	80900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1955				22500	40100	62600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1956				35100	51600	86700				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1957	32650	16800	49450	31950	43600	75500	64600	60400	125000	Enquête MISOES. La moyenne vallée du Sénégal, 1962, Presses Universitaires de France (Cité par JUTON, 1970) (5)
1958										
1959										
1960										
1961				14200	35800	50000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1962										
1963				20100	38800	58900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1964				20500	48500	69000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1965				21000	58000	79000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1966				33100	36500	69600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1967				34500	51100	85600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1968				26100	24400	50500				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1969				30000	25300	55300				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1970	14700	26200	40900	27900	34300	62200	42600	60500	103100	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1971										
1972	1500	1500	3000	4900	5800	10700	6400	7300	13700	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1973	8600	17700	26300	27100	28800	55900	35700	46500	82200	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1974				17618	42491	60109				Services de l'agriculture Sénégal (1999)
1975									30000	Groupeement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1976	4000	6500	10500	7300	11600	18900	11300	18100	29400	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1977	800	2900	3700	6000	5700	11700	6800	8600	15400	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1978	8700	9600	18300	19800	19800	38600	28500	28400	56900	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1979									14000	Groupeement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1980						30035			30000	IRA (15) / Groupeement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1981						34306			66000	IRA de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14) / Groupeement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1982						16066				IRA (15)
1983						5810			17000	IRA (15) / Groupeement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1984						0			16000	IRA (15) / Groupeement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1985			24500			21040			45540	Sonader (1999) (1) / IRA (15)
1986			38700			76949			115649	Sonader (1999) (1) / IRA (15)
1987			24080							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1988			24088			32387			56475	Sonader (1999) (1) / Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1989			22217			37507			59724	Sonader (1999) (1) / IRA (15)
1990			7365							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1991			14337			9090			23427	Sonader (1999) (1) / IRA (15)
1992			11612							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1993			15595			44200			59795	Sonader (1999) (1) / PDRG 1994
1994			24720			41264			65984	Sonader (1999) (1) / Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1995			34405							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1996			15940	22789	8585	31374			47314	Sonader (1999) (1) / IRA (15)
1997							17015	20857	37872	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, 1999 (11)
1998										
1999	9166	18691	27857	23450	35135	58585			86442	EME/DPSE, enquête auprès des ménages, céréales (16) / SAED juillet 2000 (17)

10015	12486	21878	23241	34412	48826	26614	31332	52040	Moyenne 1946-1999
5461	9482	19290	16120	19739	31726	17619	21626	46134	Moyenne 1972-1999
23675	21500	45175	26239	40589	66826	53600	60450	114050	Moyenne 1946-1971

(1) superficies cultivées en céréales en Walo

(2) Le walo du Gorgol est exclu des chiffres.

La limite amont – aval est fixée à Mbagne en rive droite et à la défluence du Doué en rive gauche. Le périmètre de Dagana et le périmètre de Nianga sont exclus des chiffres

(3) Evaluation par excès, qui ne dépasse pas 10% (survol aérien)

(4) Superficies de Oualo en basse et moyenne vallée (RG: Statistiques annuelles/RD: estimations basées sur l'enquête MISOES)

(5) La limite entre les zones "aval" et "amont" passe approximativement par, OREFONDE et DIORBIVOL sur la rive gauche, OUOLOUM NERE sur la rive droite

(6) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM

(7) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL (1000 ha)

(8) aval total= 1.4RG ; amont total= 2RG

(9) la zone amont comprend les 1500 ha du GORGOL

(10) Il n'est tenu compte que des cultures oualo et non falo

(11) Aval: de Fanaye à Mbagne ; Amont: de Mbagne à Kanel

(12) Aval: de Rosso à Kaedi; Amont: de Kaedi à Bakel

(13) Superficies de sorgho, maïs, niébé, patates

(14) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL

(15) Données pour la région de Saint-Louis, le département de Bakel n'est pas pris en compte

(16) Le département de Guidimaka n'est pas pris en compte, Aval = TRARZA + BRAKNA, Amont = GORGOL

(17) Les départements de Dagana et Bakel ne sont pas pris en compte, Aval = PODOR, Amont = MATAM.

Figure n°15

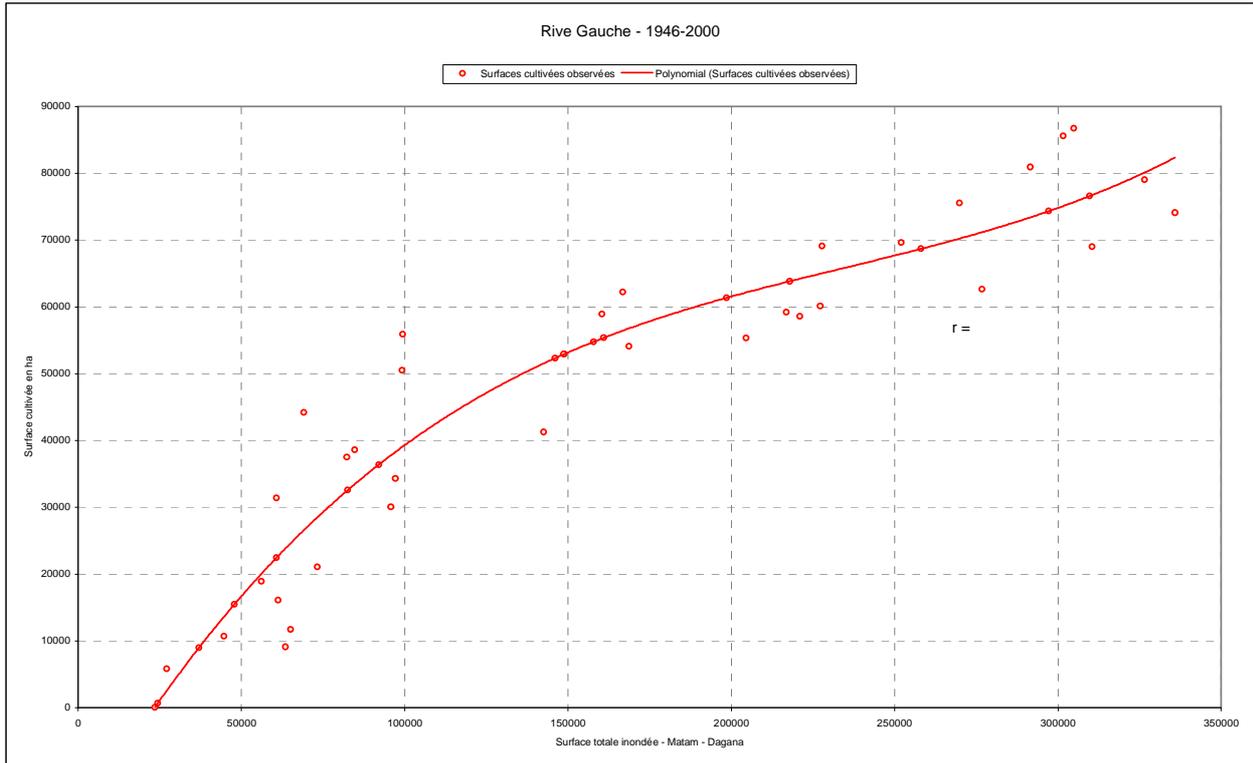


Figure n°16

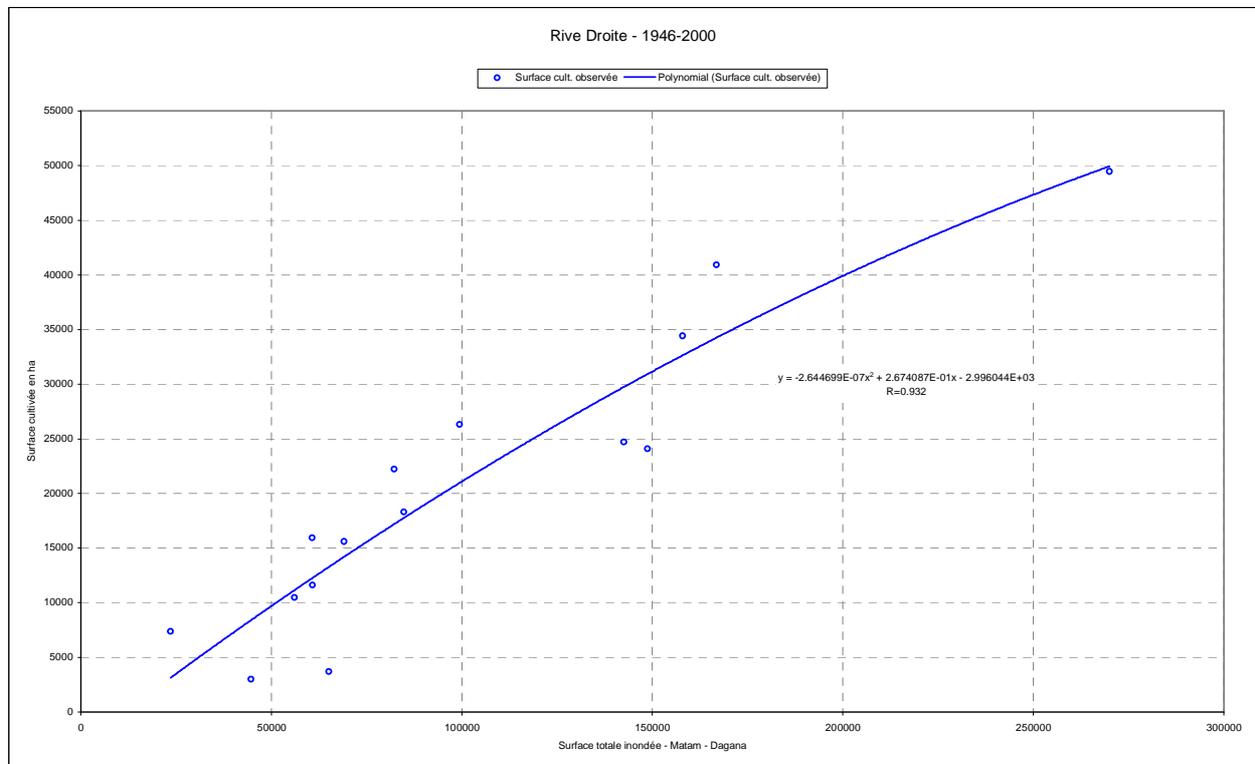


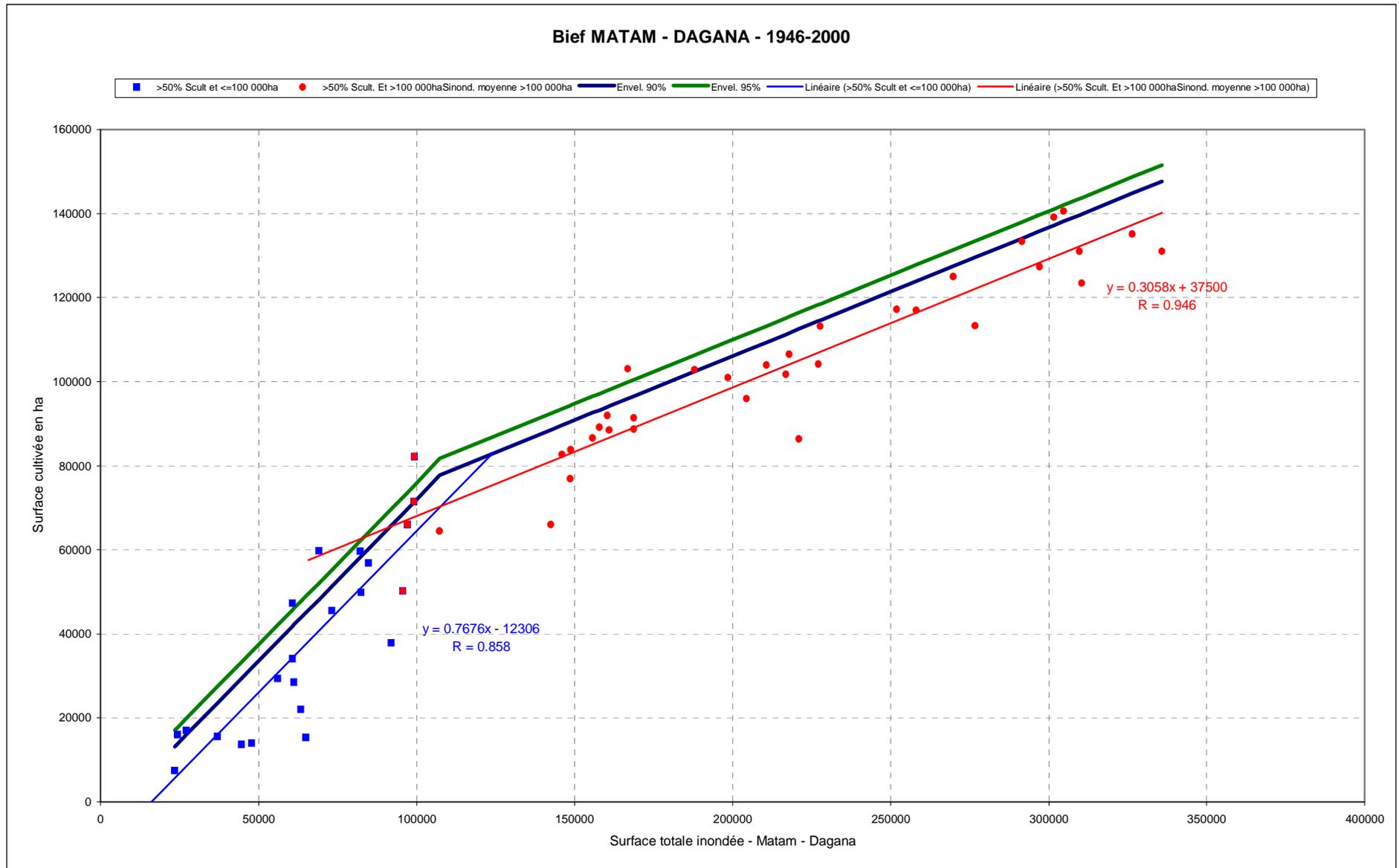
Tableau n°10

Année	CULTURES Mat-Dag				Régr. Droites	Ecart	Potentiels	
	Sinodé IRD	RG	RD	Total			95%	90%
1946	210663	62400	41600	104000	101921	-2080	115626	109374
1947	187944	65000	37920	102920	94973	-7947	108610	102426
1948	168752	56778	34598	91377	89105	-2272	102080	96558
1949	155757	54351	32239	86589	85130	-1459	97265	92583
1950	335911	74100	56988	131088	140222	9134	149927	147675
1951	227755	69100	44189	113289	107148	-6141	120532	114601
1952	216871	59200	42558	101758	103819	2061	117439	111272
1953	168700	54100	34589	88689	89088	399	102062	96541
1954	291519	80900	52483	133383	126646	-6737	137606	134099
1955	276783	62600	50757	113357	122140	8783	133699	129593
1956	304834	86700	53944	140644	130718	-9925	141189	138171
1957	269892	75500	49450	125000	120033	-4967	131880	127486
1958	309726	76577	54457	131033	132214	1181	142524	139667
1959	258067	68669	48400	117069	116417	-653	128753	123870
1960	160914	55352	33186	88538	86708	-1831	99218	94161
1961	297133	74307	53110	127417	128363	946	139108	135816
1962	217855	63821	42708	106529	104120	-2409	117723	111573
1963	160345	58900	33082	91982	86533	-5449	99005	93986
1964	310483	69000	54535	123535	132446	8911	142732	139899
1965	326522	79000	56122	135122	137350	2229	147216	144803
1966	251953	69600	47590	117190	114547	-2643	127126	122000
1967	301650	85600	53603	139203	129745	-9458	140326	137198
1968	99196	50500	20927	71427	63837	-7591	71254	71290
1969	204459	55300	40622	95922	100024	4101	113775	107477
1970	166805	62200	40900	103100	88509	-14591	101381	95962
1971	198510	61342	39665	101007	98204	-2803	111956	105657
1972	44597	10700	3000	13700	21927	8227	35154	29380
1973	99356	55900	26300	82200	63960	-18240	71342	71413
1974	227206	60109	44108	104217	106980	2762	120378	114433
1975	148844	52922	30947	83869	83017	-853	94554	90470
1976	56069	18900	10500	29400	30733	1333	43859	38186
1977	65076	11700	3700	15400	37647	22247	50246	45100
1978	84745	38600	18300	56900	52744	-4156	62934	60197
1979	47779	15452	9177	14000	24369	10369	37635	31822
1980	95742	30035	20182	50217	61186	10969	69337	68639
1981	97180	34306	20493	66000	62289	-3711	70140	69742
1982	61255	16066	12392	28458	34714	6256	47583	42167
1983	27142	5810	4067	17000	8528	-8472	20587	15981
1984	24314	650	3349	16000	6358	-9642	18068	13811
1985	73183	21040	15157	45540	43870	-1670	55678	51323
1986	82520	32564	17270	49834	51036	1202	61580	58489
1987	37000	9004	6536	15540	16095	555	29017	23548
1988	148700	52892	24088	76980	82972	5993	94496	90425
1989	82213	37507	22217	59724	50801	-8923	61392	58254
1990	23479	70	7365	7435	5716	-1719	17315	13169
1991	63446	9090	12905	21995	36396	14400	49119	43849
1992	60725	22455	11612	34067	34307	240	47208	41760
1993	69047	44200	15595	59795	40694	-19101	52943	48147
1994	142489	41264	24720	65984	81073	15089	91961	88526
1995	157843	54762	34405	89167	85768	-3399	98062	93221
1996	60675	31374	15940	47314	34268	-13046	47173	41721
1997	92000	36361	19367	37872	58313	20441	67210	65766
1998	146000	52304	30408	82713	82147	-566	93406	89600
1999	221000	58585	43184	86442	105082	18640	118624	112535
2000	107323	41804	22657	64461	70319	5859	75595	77772
Ecart type						8857		

Enveloppe 90%(F=0.8): variable réduite = 0.8415

Enveloppe 95 % (F=0.9) : variable réduite = 1.2817

Figure n°17



Les surfaces cultivées observées sont retenues car elles correspondent, normalement, à une optimisation de l'inondation, les agriculteurs étant très bien adaptés par tradition à ce genre de culture.

Afin d'établir des enveloppes potentielles de surfaces cultivables deux droites de régression représentent la valeur moyenne des surfaces cultivables en fonction de l'inondation.

La crue correspond à une surface inondée donnée qui submerge durant un temps nécessaire à une humectation optimale des sols. Cette optimisation doit sensiblement correspondre à 25 jours de submersion de la surface qui devient alors potentiellement cultivable, dans le sens de la possibilité correspondant au facteur eau.

Afin d'établir des enveloppes potentielles de surfaces cultivables deux droites de régression représentent la valeur moyenne des surfaces cultivables en fonction de l'inondation (cf. figure 17).

Ces droites correspondent aux possibilités des populations. Lorsque l'inondation est très importante, il semble que le « manque de bras », ou que les difficultés de déplacement dues à l'éloignement de certains territoires, réduisent le facteur de mise en culture. La borne de basculement se situe vers 100 000 ha d'inondation maximale. Avant cette borne, l'intensité culturelle progresse comme l'inondation, au-delà elle se réduit sensiblement.

Les écarts par rapport à la courbe moyenne sont la somme d'erreurs humaines, lors de l'évaluation des surfaces cultivées, et de variations provenant d'autres facteurs, tels que problèmes fonciers, forme de la crue, calendrier de cette dernière, etc.

Seule la première cause peut être retenue dans l'évaluation du potentiel cultivable. Les autres facteurs sont indépendants de la forme et de l'extension de la crue artificielle.

S'il n'existait pas d'autre facteur que l'erreur humaine, il serait possible de caler à 95% des droites enveloppes de la fonction $S \text{ culture} = F(S \text{ inondation})$. En considérant que ces erreurs sont aléatoires, la correspondance serait obtenue en ajoutant à la valeur moyenne une constante égale à l'écart type $\times 1.645$ (valeur de la variable réduite pour une fréquence au non dépassement de 0.95).

L'écart type des écarts entre valeurs observées et valeurs calculées permet de tracer trois séries de deux droites correspondantes à des probabilités d'atteindre, à inondation égale, des potentiels cultivables qui vont en s'améliorant. La figure 17 montre les droites qui correspondent aux fréquences :

0.5 soit la moyenne (1 année sur 2)

0.8 soit 1 année sur 5 (90% des surfaces sont en dessous des droites)

0.9 soit 1 année sur 10 (95% idem)

0.95 soit 1 année sur 20 (97.5% idem).

Deux séries d'enveloppes ont été retenues, celles qui dépassent 90% et 95% des surfaces observées.

Le tableau 10 contient les séries de valeurs qui correspondent à >50%, >90% et >95% des surfaces cultivées.

4.2. Répartition des cultures de décrues

La figure n°17bis montre la répartition des surfaces cultivées entre rive droite et rive gauche.

A partir d'une surface cultivable de 40 000 ha, la répartition des cultures entre rive droite et rive gauche semble stable à 34% et 66%.

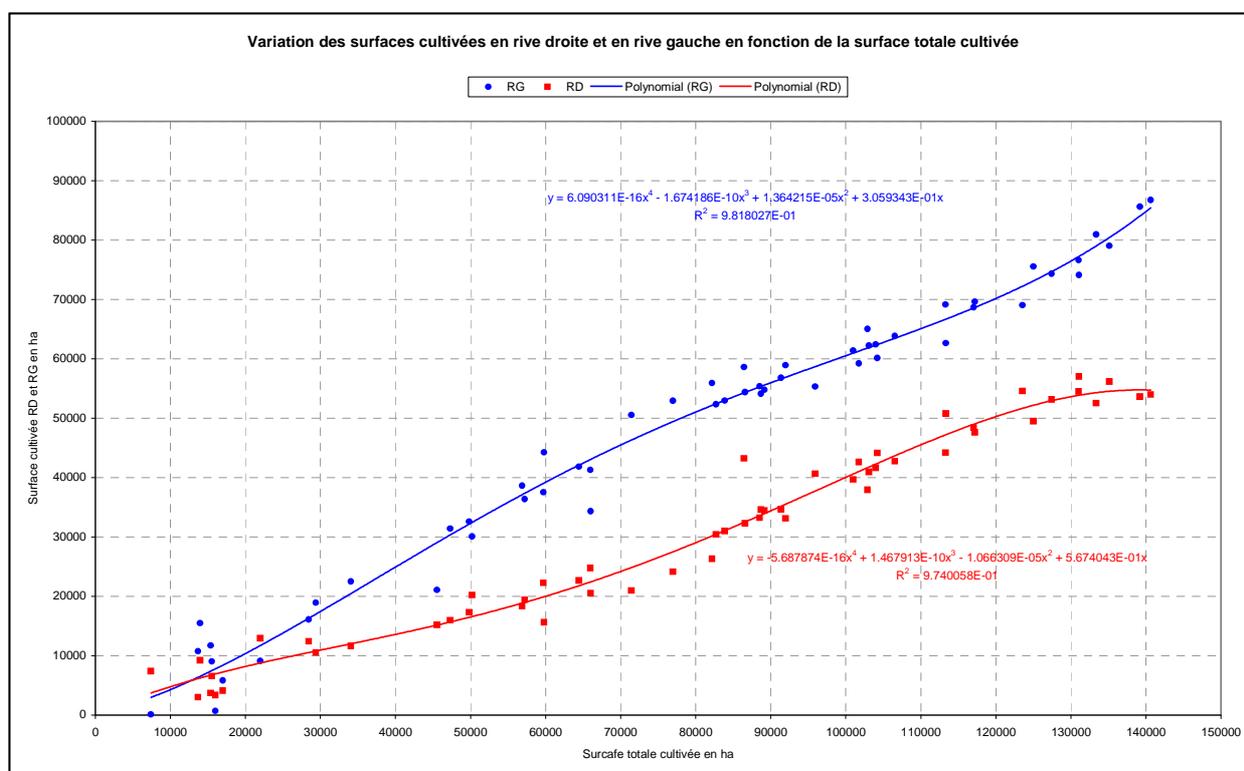
Les périmètres endigués de **BOGHE** et **KAEDI** ne sont jamais pris en compte en rive droite.

Tableau n°10bis : Répartition des Surfaces cultivées par rive

TOTAL cult.*	Part relative			
	RG	RD		
Total (ha)	ha	ha	RG	RD
20000	11197	8577	0.56	0.43
25000	14732	10030	0.59	0.40
30000	18394	11372	0.61	0.38
35000	22113	12669	0.63	0.36
40000	25830	13981	0.65	0.35
45000	29494	15356	0.66	0.34
50000	33062	16835	0.66	0.34
55000	36500	18449	0.66	0.34
60000	39785	20223	0.66	0.34
65000	42899	22169	0.66	0.34
70000	45835	24294	0.65	0.35
75000	48595	26594	0.65	0.35

* : Bief MATAM - DAGANA

Figure n°17bis



4.3. Limnigramme optimisé à BAKEL

La banque HYDRACCESS DU Sénégal a fourni les hauteurs moyennes journalières classées de 1946 à 2000. Séparées par année, les valeurs ont été triées en ordre décroissant puis les moyennes des hauteurs supérieure au N^{ème} jour ont été calculées pour chacune des années.

Le tableau n°11 contient les valeurs issues de cette analyse.

Une étude de relation entre moyenne des hauteurs dépassées au jour N et la surface cultivée de l'année a été réalisée. Elle a été menée directement avec les surfaces cultivées, la relation entre surface inondée et surface cultivée n'a été utilisée que pour la reconstitution des lacunes qui existaient durant la période 1946 – 2000.

La figure 18(1 à 3) montre les relations ci-dessus pour N = 6 – 10 – 15 – 20 – 25 - 55 et 60 jours

Les relations pour N = 30 à 50 jours sont du même type.

Les équations des relations moyennes, du 3^{ème} ordre, permettent de dresser un tableau de la hauteur moyenne dépassée pendant N jours pour obtenir une surface inondée allant de 25 000 ha à 100 000 ha. Le tableau n°12 ci-dessous correspond à l'analyse réalisée pour les droites moyennes (1 année sur deux) :

Tableau n°12

POTENTIEL SURFACE CULTIVABLE MOYENNE - 1946-2000												
Nj	6j	10j	15j	20j	25j	30j	35j	40j	45j	50j	55j	60j
25000	604	587	572	558	543	529	517	505	494	484	475	466
30000	639	620	603	587	571	555	541	528	516	505	494	484
35000	673	653	634	616	598	581	566	552	539	526	515	504
40000	706	685	665	645	626	608	591	576	562	549	536	525
45000	738	716	695	674	653	634	617	601	587	572	559	547
50000	769	747	724	702	681	661	643	627	612	597	583	570
55000	800	778	754	731	709	688	670	653	637	622	608	594
60000	830	808	783	759	737	716	697	680	664	649	634	620
65000	859	837	812	788	765	744	725	708	691	676	660	646
70000	888	867	841	817	793	772	753	736	719	703	688	673
75000	916	896	870	845	822	800	782	764	748	732	716	701
80000	944	925	899	874	851	829	811	793	777	761	745	730
85000	972	953	928	903	880	859	840	823	806	790	774	759
90000	999	982	956	932	909	889	870	853	837	820	804	789
95000	1027	1010	986	962	939	919	901	884	867	851	835	819
100000	1054	1039	1015	991	970	950	932	915	898	882	866	850

Le tableau n°12 conduit à la figure n°19 qui montre les variations de la cote à dépasser en moyenne durant N jours pour assurer une surface donnée.

HAUTEURS MOYENNES JOURNALIERES CLASSEES A BAKEL – 1946 – 2000 – Tableau n°1

jmax	1069	1074	984	1005	1270	1158	1132	1053	1231	1152	1203	1181	1288	1168	976	1251	1077	1009	1255	1250	1169	1189	888	1010	968	1070	619	833	1189	1013	694	705	786	618	862
6j moy	1056	1066	967	993	1257	1144	1120	1038	1225	1127	1190	1174	1276	1159	931	1245	1062	988	1244	1242	1161	1183	858	1005	941	1056	585	809	1179	1002	674	678	759	610	824
10j	1040	1055	959	980	1250	1123	1108	1017	1219	1116	1186	1165	1256	1142	901	1237	1056	960	1229	1227	1148	1177	834	995	924	1037	569	782	1160	980	659	659	742	596	797
15j	1022	1037	950	951	1240	1076	1076	986	1213	1107	1183	1134	1225	1128	880	1219	1043	938	1216	1210	1131	1165	788	981	909	998	558	760	1117	934	636	646	724	580	761
20j	1004	1012	935	922	1227	1039	1044	955	1195	1098	1179	1111	1196	1119	867	1194	1033	918	1203	1195	1110	1155	753	966	896	971	551	742	1077	894	621	634	705	566	732
25j	981	984	914	890	1214	1010	1019	924	1167	1089	1170	1093	1162	1105	855	1166	1024	903	1190	1181	1090	1148	723	953	883	952	544	726	1038	868	610	624	687	553	709
30j	964	960	894	864	1204	988	995	897	1140	1082	1147	1079	1135	1083	844	1138	1016	890	1176	1169	1070	1128	697	939	872	936	538	711	1003	847	601	614	673	541	691
35j	950	941	878	844	1195	971	976	874	1119	1074	1121	1066	1114	1064	835	1113	1002	879	1154	1157	1049	1124	677	923	863	924	530	698	974	827	592	602	663	530	675
40j	938	926	863	825	1180	954	957	854	1099	1068	1099	1055	1095	1046	827	1090	980	868	1127	1146	1028	1108	660	909	855	913	522	686	944	808	584	589	653	521	661
45j	927	911	846	803	1166	939	939	836	1082	1062	1079	1045	1076	1021	818	1071	960	858	1096	1134	1007	1094	646	896	848	901	513	675	917	789	577	575	645	512	647
50j	918	896	826	782	1151	927	920	817	1067	1056	1060	1036	1059	992	808	1054	940	849	1065	1115	987	1078	634	884	839	888	504	665	892	769	570	561	637	503	633
55j	910	881	806	762	1135	914	899	801	1053	1050	1041	1026	1045	965	797	1038	920	840	1036	1093	970	1063	624	873	830	874	495	653	868	751	563	547	631	494	620
60j	902	865	787	742	1118	902	879	786	1041	1043	1024	1017	1031	939	785	1019	921	830	1008	1074	952	1046	614	862	815	856	488	640	846	736	557	534	625	486	605
	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
1	1069	1074	984	1005	1270	1158	1132	1053	1231	1152	1203	1181	1288	1168	976	1251	1077	1009	1255	1250	1169	1189	888	1010	968	1070	619	833	1189	1013	694	705	786	618	862
2	1064	1071	968	1004	1266	1158	1127	1047	1228	1145	1193	1179	1284	1167	959	1250	1073	1003	1253	1248	1168	1188	879	1009	965	1067	611	825	1183	1006	683	694	774	617	845
3	1056	1069	966	999	1262	1147	1121	1044	1227	1138	1190	1177	1283	1164	937	1248	1061	998	1250	1247	1163	1185	862	1009	950	1056	593	818	1180	1005	677	684	769	615	828
4	1054	1067	965	990	1253	1140	1120	1033	1226	1128	1186	1172	1274	1160	929	1245	1057	982	1244	1240	1160	1180	860	1005	932	1049	582	814	1176	998	673	680	756	614	816
5	1054	1058	964	979	1247	1136	1112	1031	1223	1102	1185	1171	1264	1148	912	1242	1054	978	1239	1240	1158	1180	832	1002	923	1047	555	781	1173	995	668	657	738	602	800
6	1038	1058	956	979	1244	1123	1111	1022	1217	1100	1183	1166	1262	1147	875	1236	1052	958	1225	1227	1149	1178	826	994	907	1046	551	781	1170	994	652	650	729	594	792
7	1034	1057	951	975	1240	1112	1108	1017	1216	1100	1182	1162	1245	1125	861	1234	1052	927	1221	1221	1143	1175	821	991	905	1034	551	756	1160	975	641	637	729	588	774
8	1018	1040	950	970	1239	1096	1108	1002	1211	1099	1181	1160	1233	1123	859	1226	1051	922	1205	1207	1131	1174	819	982	901	1010	548	746	1147	950	638	630	721	575	773
9	1012	1031	943	956	1238	1082	1088	964	1208	1098	1180	1146	1221	1108	857	1226	1044	915	1202	1206	1122	1169	779	981	897	1003	543	736	1119	943	635	627	708	568	740
10	1003	1029	943	943	1237	1078	1055	956	1206	1096	1180	1137	1202	1107	849	1212	1036	908	1199	1190	1118	1157	774	968	889	985	543	730	1105	921	629	625	707	565	738
11	1003	1021	941	920	1233	1039	1050	948	1205	1095	1179	1113	1190	1102	843	1208	1033	906	1198	1186	1109	1154	738	966	885	960	540	728	1068	887	610	624	699	562	705
12	994	1018	937	911	1232	994	1023	921	1204	1090	1177	1086	1170	1102	843	1193	1018	903	1193	1185	1106	1141	703	962	880	919	535	716	1046	855	591	624	698	551	700
13	987	995	936	900	1218	983	1017	920	1203	1089	1176	1068	1163	1101	836	1188	1016	896	1190	1178	1099	1138	697	959	880	919	535	715	1038	854	584	624	695	551	688
14	977	988	934	879	1216	958	992	918	1196	1087	1176	1050	1148	1098	835	1168	1015	895	1185	1175	1089	1134	675	942	879	913	534	713	1010	821	584	623	674	543	675
15	974	981	919	858	1204	942	979	915	1194	1084	1175	1048	1145	1097	833	1164	1014	876	1182	1159	1079	1120	666	927	873	899	533	705	992	797	583	612	673	542	674
16	971	966	903	851	1196	938	962	915	1174	1072	1170	1047	1135	1097	833	1151	1009	869	1181	1157	1055	1129	664	927	862	894	532	700	991	780	580	610	669	536	662
17	965	951	895	850	1194	935	959	871	1163	1071	1168	1045	1120	1096	826	1135	1004	862	1165	1153	1049	1126	661	927	861	892	531	696	955	775	579	600	655	527	654
18	965	930	894	834	1189	929	946	860	1143	1070	1168	1044	1108	1096	826	1121	998	855	1162	1146	1049	1126	655	925	860	892	529	691	953	774	578	593	651	524	649
19	931	921	874	829	1186	923	939	841	1125	1070	1164	1035	1105	1095	824	1100	998	853	1157	1144	1042	1124	635	923	854	888	527	686	946	771	577	592	635	519	641
20	916	918	871	800	1177	920	935	818	1103	1066	1164	1034	1080	1088	819	1088	998	853	1154	1143	1040	1123	632	918	843	883	523	677	938	770	573	590	628	515	626
21	901	916	848	773	1162	909	932	811	1089	1064	1163	1032	1052	1087	816	1068	996	850	1153	1137	1038	1122	614	911	841	883	523	672	929	764	573	586	626	513	624
22	894	890	845	766	1160	893	929	807	1066	1063	1143	1029	1033	1061	812	1064	993	839	1145	1133	1024	1120	611	909	835	878	520	662	911	763	569	584	618	507	616
23	889	861	832	759	1160	891	925	807	1059	1050	1139	1024	1021	1048	807	1059	993	837	1133	1119	1012	1118	605	899	830	872	519	656	874	762	567	581	615	502	616
24	888	848	824	759	1159	891	911	802	1033	1050	1126	1020	1008	1029	805	1039	987	836	1130	1116	999	1116	594	893	828	872	518	655	846	761	566	581	614	494	614
25	881	848	814	751	1159	887	900	785	1017	1049	1097	1012	1008	1004	803	1034	984	835	1128	1114	989	1115	588	882	825	867	517	650	842	760	559	579	610	489	608
26	878	848	801</																																

HAUTEURS MOYENNES JOURNALIERES CLASSEES A BAKEL – 1946 – 2000 – Tableau n°1bis

768	693	490	430	722	779	514	958	820	444	769	712	779	915	975	847	843	1008	1091	899
728	679	482	427	692	750	502	944	796	436	737	706	753	909	956	780	804	971	1080	882
710	669	473	424	675	732	494	923	779	432	710	702	717	905	948	731	784	947	1056	864
697	653	460	420	658	704	484	891	758	428	688	695	691	893	938	699	761	921	1029	838
684	627	448	417	643	679	475	853	738	425	668	684	668	880	915	669	741	901	1006	803
671	608	438	414	632	658	465	820	715	420	651	649	633	861	892	644	721	883	983	768
662	593	431	412	624	639	457	793	695	415	634	605	600	838	872	621	698	854	964	737
654	579	425	409	617	624	450	763	676	409	616	572	573	819	854	598	678	825	946	709
647	565	420	407	608	608	442	731	659	404	598	545	550	802	834	574	659	798	930	686
640	552	416	404	598	593	435	704	641	399	582	522	530	787	815	553	640	770	916	664
635	539	413	402	587	577	428	680	623	394	568	504	514	772	797	535	622	742	900	644
628	526	409	399	577	561	422	657	607	390	556	487	499	755	775	519	605	715	884	627
618	513	404	396	567	547	416	636	592	386	546	472	487	740	756	506	589	691	869	611
1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
768	693	490	430	722	779	514	958	820	444	769	712	779	915	975	847	843	1008	1091	899
755	683	486	428	715	775	504	951	811	438	753	711	779	909	970	838	841	1000	1091	893
736	681	480	427	698	757	501	946	804	437	745	706	768	909	964	791	808	992	1085	892
719	677	480	427	679	752	500	943	783	437	742	703	750	909	945	787	782	956	1082	882
698	672	477	426	672	729	498	937	779	431	723	703	744	906	942	712	777	943	1068	866
694	668	476	426	665	710	495	927	776	430	691	702	699	905	941	706	772	925	1062	861
685	663	469	422	663	709	494	920	772	428	682	697	697	904	941	667	768	920	1044	849
684	659	466	421	649	708	489	895	769	426	670	697	652	904	939	659	759	915	1023	838
683	650	459	419	648	703	478	884	748	424	663	695	650	899	934	657	748	911	1019	837
680	647	450	415	639	699	470	873	731	423	660	691	650	891	934	650	744	898	991	819
678	645	448	414	633	679	470	852	727	423	657	686	647	879	930	647	744	896	991	808
676	639	443	414	631	666	467	849	723	422	648	686	646	875	928	640	728	884	982	800
673	630	435	414	630	638	465	823	719	421	646	683	646	872	917	635	703	867	980	787
671	605	426	413	615	633	455	818	714	420	644	682	632	861	907	632	700	852	974	783
659	581	422	411	613	623	455	790	700	420	633	672	631	856	904	617	692	851	957	762
655	561	416	411	601	623	454	770	689	418	624	661	620	855	895	599	692	848	946	735
655	560	415	410	601	605	450	764	686	418	606	657	612	853	857	594	689	846	942	705
650	546	407	409	599	604	448	748	684	418	605	655	589	840	834	587	682	845	939	703
632	539	406	408	597	599	444	712	667	415	600	650	586	837	824	567	679	838	927	680
625	536	405	406	593	597	441	709	651	410	599	634	578	832	818	558	671	830	920	654
625	535	401	404	593	586	431	700	644	405	596	622	576	817	817	555	659	828	899	648
623	534	399	403	590	570	430	690	625	400	595	546	522	789	804	553	653	825	899	636
623	533	399	402	589	567	430	687	619	400	585	474	470	784	799	547	648	815	891	633
622	529	398	402	586	567	426	683	616	399	581	472	465	774	796	545	626	794	885	626
621	524	398	402	585	563	426	682	616	396	572	418	449	756	795	520	606	779	882	615
619	523	397	399	585	559	422	668	601	396	561	393	448	741	780	519	601	744	881	614
616	522	395	399	583	556	419	664	597	395	557	389	439	729	766	512	587	720	878	607
615	519	395	398	583	550	413	656	595	394	545	386	434	726	765	506	579	714	876	573
615	517	394	398	581	540	412	643	592	390	539	379	432	717	764	501	578	688	859	558
613	517	394	397	579	540	411	637	589	380	522	379	421	713	764	480	573	678	856	554
611	512	393	396	578	538	411	624	572	380	518	379	414	710	761	479	565	670	851	547
608	504	393	393	576	535	408	598	570	379	511	375	412	710	758	477	561	663	840	542
608	490	392	393	572	533	407	585	565	377	505	374	409	705	752	456	560	649	835	541
602	488	391	393	572	521	403	574	558	367	504	370	400	697	750	454	555	646	834	538
600	484	389	393	567	514	402	553	552	366	496	365	396	696	723	429	554	640	828	535
598	476	389	391	563	512	400	535	547	365	483	364	394	695	712	423	546	620	824	533
597	472	388	390	558	502	397	519	545	365	481	363	393	690	700	418	539	612	822	528
595	466	386	390	556	498	385	515	537	364	478	359	393	681	691	412	521	611	821	527
592	459	386	389	552	489	382	490	533	364	478	353	392	679	682	401	519	602	818	517
591	457	386	389	530	488	378	489	529	363	466	350	390	679	676	395	515	585	814	509
591	453	385	388	524	483	377	488	524	361	461	347	375	669	672	392	509	576	811	501
590	451	385	388	522	478	377	488	521	360	455	344	375	665	670	383	502	554	811	500
589	448	384	387	517	471	375	488	503	359	452	344	374	665	668	381	490	533	811	499
588	448	382	384	511	466	374	484	480	357	451	343	372	663	665	379	476	532	794	491
587	445	380	384	496	453	372	480	474	357	448	340	369	660	656	378	475	526	782	472
587	439	380	382	496	449	371	479	471	353	447	338	369	657	655	374	469	524	776	470
586	433	380	382	489	442	371	473	463	352	445	337	368	655	637	370	456	495	761	466
584	425	378	380	489	432	369	472	463	352	442	331	366	652	629	370	450	484	755	464
584	415	378	379	488	425	367	455	457	351	442	330	361	616	624	370	446	483	749	461
583	407	377	376	477	418	367	444	456	351	440	329	359	599	600	367	445	471	739	459
582	407	376	375	477	415	366	443	448	350	440	325	358	590	594	366	441	458	738	453
574	398	374	371	476	408	361	435	446	348	439	323	358	587	560	365	437	457	737	452
560	397	374	371	474	407	359	426	445	347	438	322	358	585	556	365	433	453	724	450
550	387	371	370	469	405	358	417	445	346	437	319	352	584	556	364	428	450	723	448
538	373	370	370	468	403	355	416	444	346	436	316	351	583	553	363	426	437	720	447
524	373	364	370	464	401	352	411	443	343	434	315	350	582	552	362	420	428	715	442
517	373	349	368	461	390	350	409	429	343	432	314	350	581	551	362	416	426	709	441
511	371	345	367	458	390	347	407	426	342	430	309	347	578	544	361	414	419	705	439
494	370	344	359	454	389	344	407	424	341	427	308	347	574	541	360	414	417	703	437
483	369	342	358	448	384	338	404	422	340	418	306	34							

Figure n°18-1

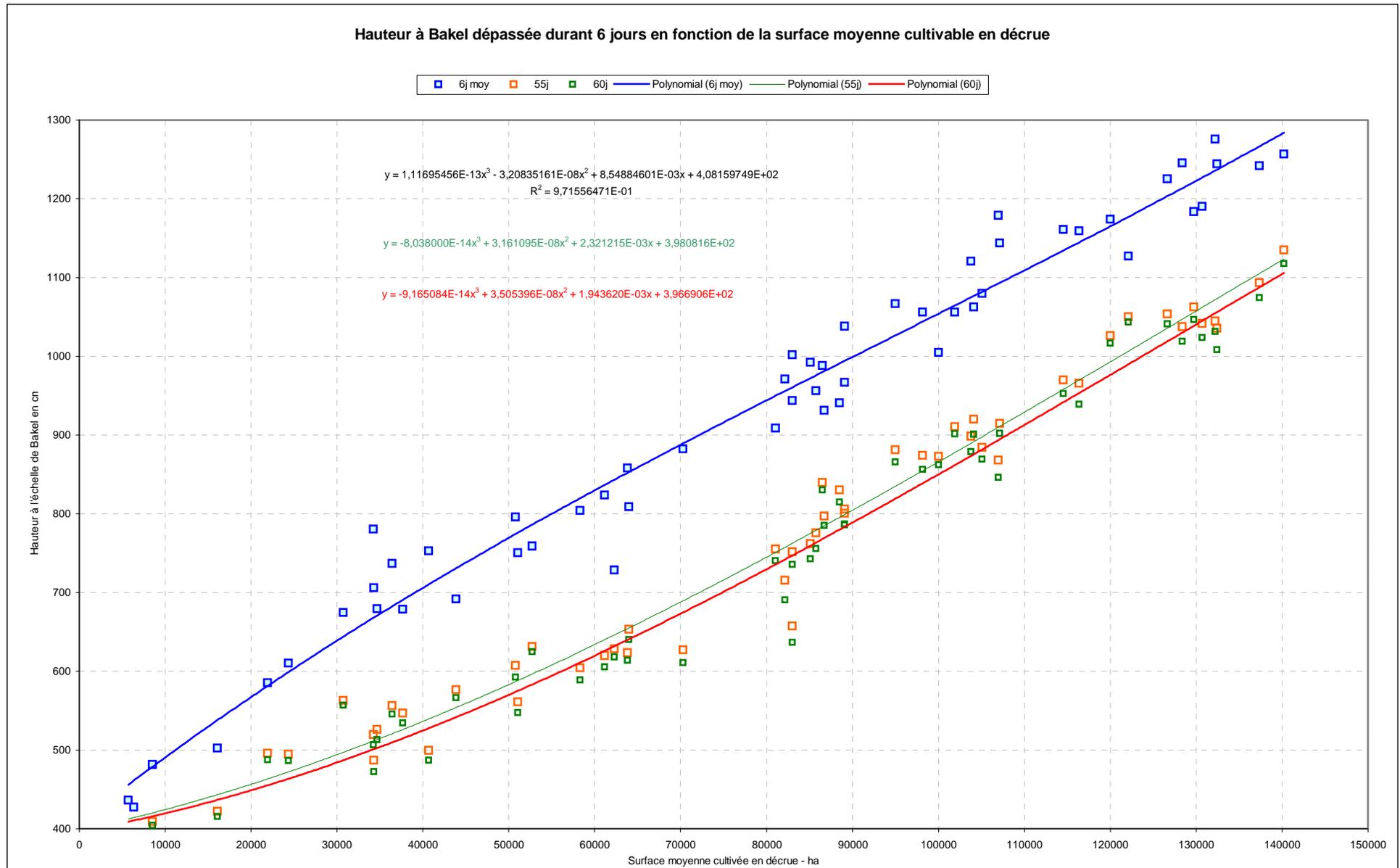


Figure n°18-2

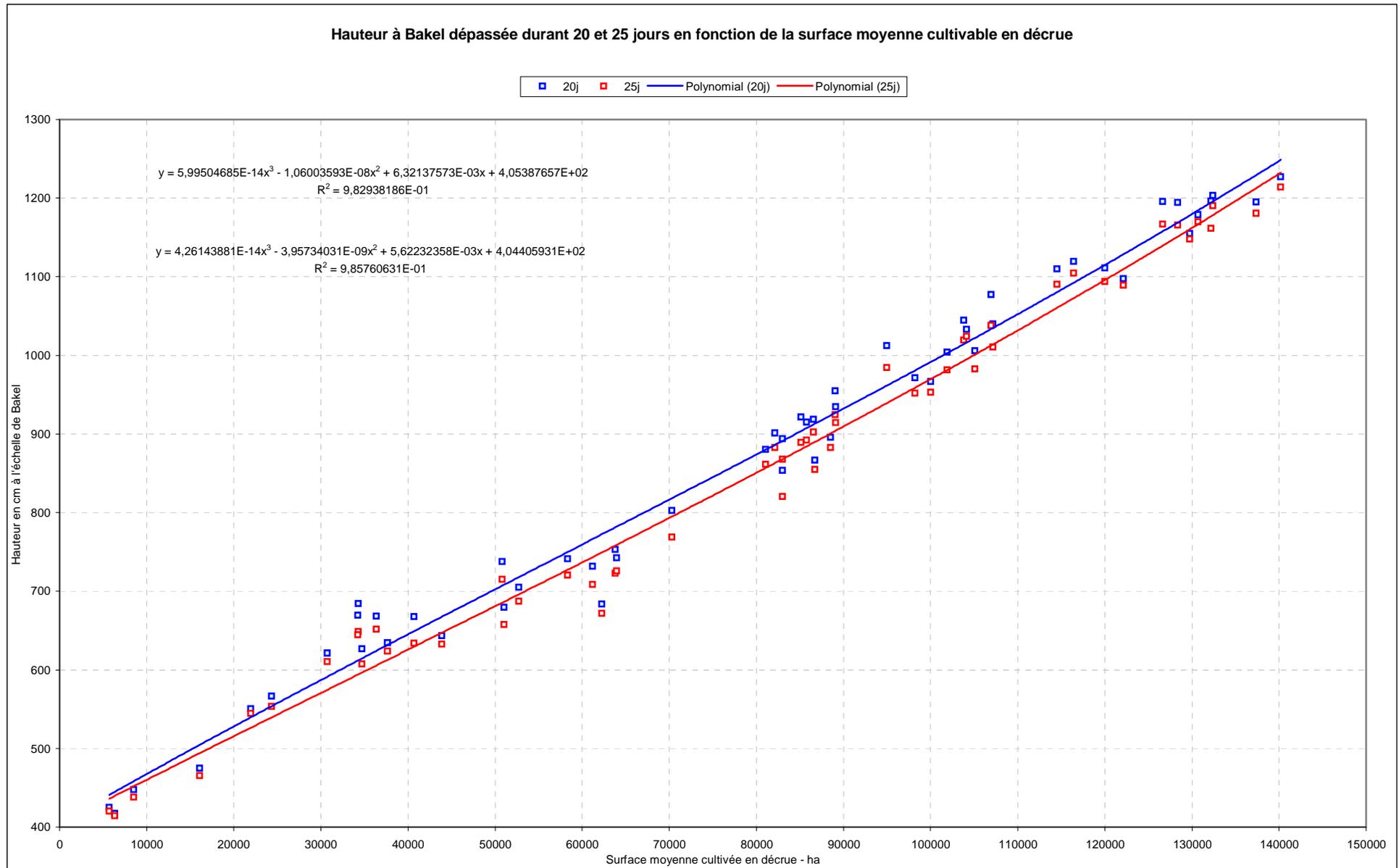


Figure 18-3

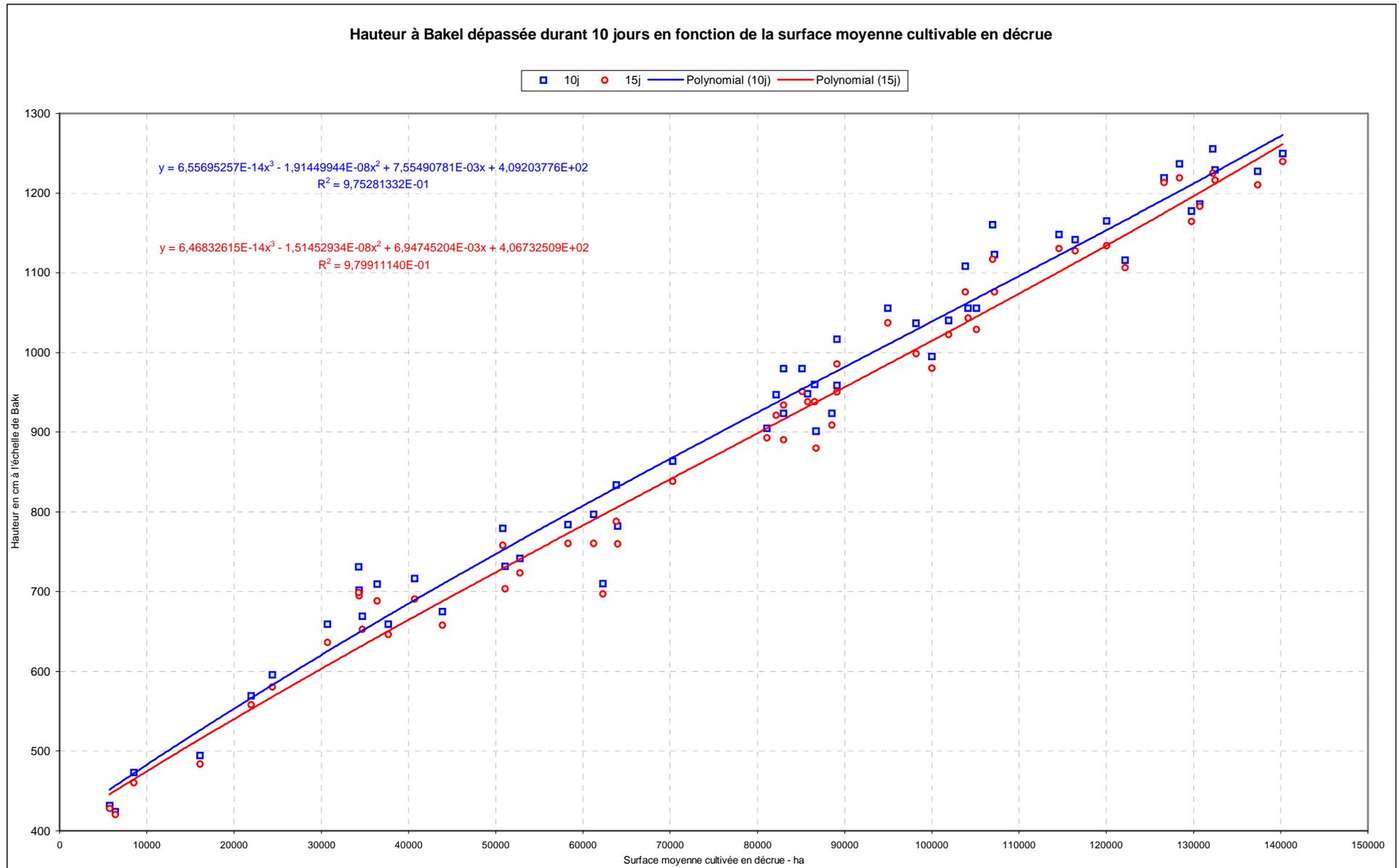
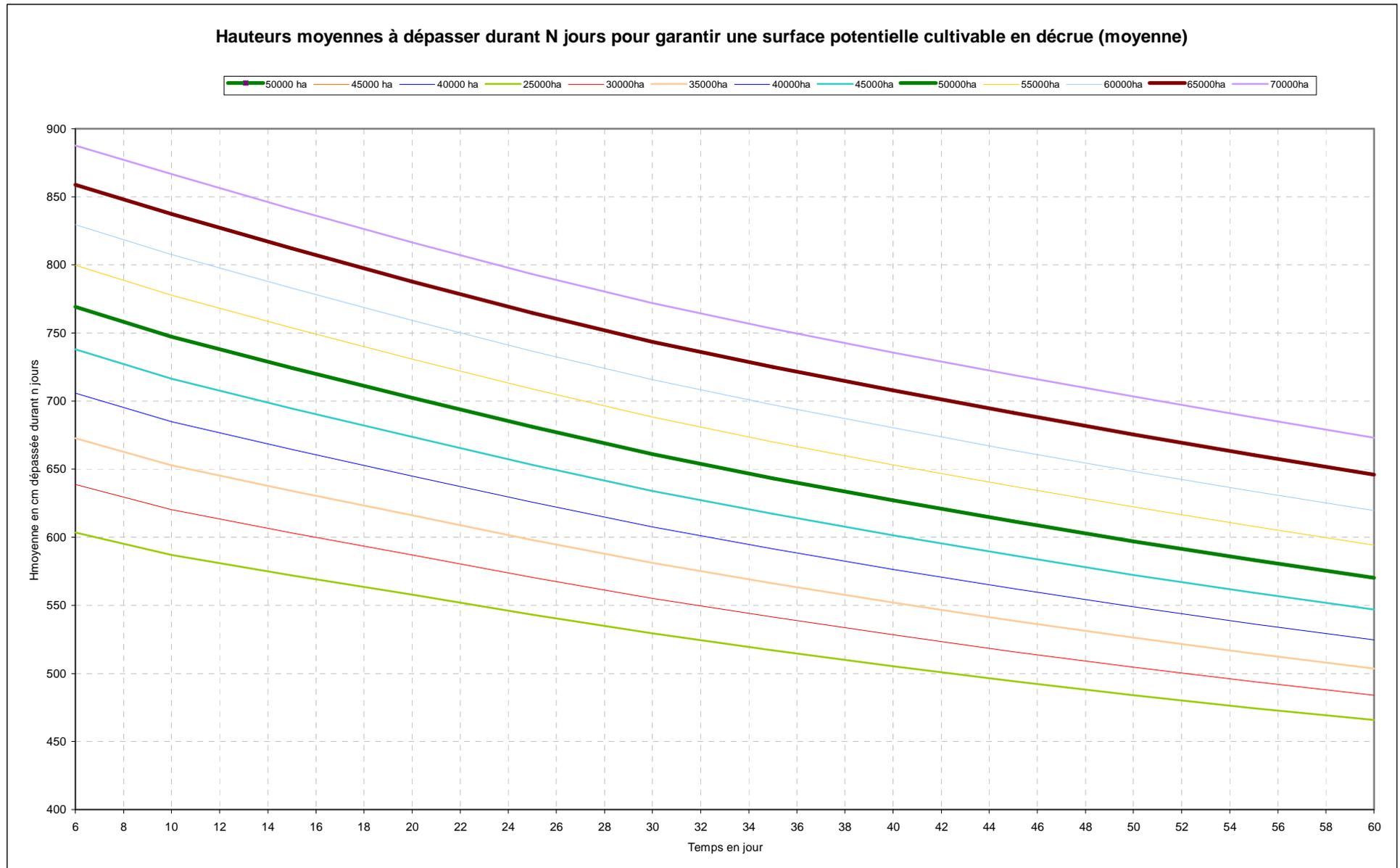


Figure n°19



4.4. Optimisation finale du limnigramme

Compte tenu des analyses ci-dessus, et du fait que l'objectif reste l'économie de l'eau avec une réduction optimale des effets négatifs, il convient d'assurer une montée la plus rapide possible afin d'atteindre la hauteur correspondant aux 6 jours max, puis d'assurer le nombre de jours supérieurs à la cote correspondante du tableau 12.

Sur le plan du calendrier de crue qui semble donner les meilleurs résultats, le début du maximum fixé au 28 août est optimal, c'est le jour où l'on dispose des meilleures chances pour obtenir un débit maximum des affluents non contrôlés. En outre la date la plus avancée possible améliorera les rendements des cultures, du fait que la saison froide interviendra plus tard et aura un effet de ralentissement de la maturation moins important.

Trois cas ont été traités avec pour chacun une garantie de submersion de 25 ou 30 jours des potentiels objectifs de surfaces cultivables en décrue.

Des modifications ont été apportées à la fin de la décrue, lorsque la submersion a été assurée. Une accélération de la décrue qui arrive à la cote 30 (débit nul) le 17 octobre dans le cas IRD1, est ramenée au 12 octobre.

Le tracé est fait en utilisant la relation qui lie la moyenne à assure le jour J en fonction de la moyenne à assure le jour j-1 :

$$H_j = N * M_j - (N-1) * M_{j-1}$$

M_j = hauteur moyenne dépassée durant N jours.

Les hauteurs moyennes sont connues (tableau 12), entre les valeurs remarquables (6-10-15-...-60), la variation est linéaire.

4.3.1 Limnigramme garantissant un potentiel de 50 000 ha durant 25 et 30 jours

Deux cas sont donc envisagés, l'objectif correspondant à la moyenne des points observés ou reconstitués, et l'objectif qui correspond à l'enveloppe de 90% de ces mêmes points. Ce dernier cas semble davantage correspondre à la réalité d'une optimisation du potentiel cultivable dans les conditions calendaires les plus avantageuses (position optimale du sommet de la crue et décrue optimisée).

1^{er} cas : Moyenne des observations des surfaces cultivées

Le tableau de la page suivante (tableau n°12) conti ent le détail de l'analyse.

Colonnes :

- 1 : n° des jours à partir du début de la crue artificielle
- 2 : date
- 3 : niveau avec garantie de culture 50 000 ha – submersion 30 jours
- 4 : idem avec submersion 25 jours
- 5 et 6 : niveaux classés et date pour submersion 30 jours
- 7 : moyenne des hauteurs avant le jour n dans le même cas
- 8, 9, 10 : idem pour 25 jours de submersion
- 11 : moyenne des niveaux provenant du tableau 12 avec interpolations linéaires
- 12 à 14 : limnigramme IRD1 et CPE2000.

La figure 20 montre l'évolution des potentiels cultivables garantis, ici pour 50 000 ha en fonction du nombre de jours (de 1 à 60 jours).

La figure 20 représente les différents limnigrammes :

- Optimisé garanti de submersion 30 jours et 25 jours
- IRD1 et CPE2000

Potentiel cultivable : 50 000 ha – Moyenne des observations

Tableau n°12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
		garanti 30j	garanti 25j	30j			25j							
N	date	50000 ha		Classé	Moy>		Classé		Potentiel moy.	N	IRD1	CPE2000		
1	22-août	30	30	28-août	769	769	28-août	769	769	769	1	30	30	
2	23-août	167	167	29-août	769	769	29-août	769	769	769	2	149	162	
3	24-août	304	304	30-août	769	769	30-août	769	769	769	3	268	294	
4	25-août	440	440	31-août	769	769	31-août	769	769	769	4	386	425	
5	26-août	577	577	01-sept	769	769	01-sept	769	769	769	5	505	557	
6	27-août	660	660	02-sept	769	769	02-sept	769	769	769	6	624	689	
7	28-août	769	769	03-sept	731	764	03-sept	731	764	764	7	743	821	
8	29-août	769	769	04-sept	720	758	04-sept	720	758	758	8	743	821	
9	30-août	769	769	05-sept	709	753	05-sept	709	753	753	9	743	821	
10	31-août	769	769	06-sept	698	747	06-sept	698	747	747	10	743	821	
11	01-sept	769	769	07-sept	696	742	07-sept	696	742	742	11	743	821	
12	02-sept	769	769	08-sept	687	738	08-sept	687	738	738	12	743	821	
13	03-sept	731	731	09-sept	678	733	09-sept	678	733	733	13	727	803	
14	04-sept	720	720	10-sept	669	729	10-sept	669	729	729	14	711	786	
15	05-sept	709	709	27-août	660	724	27-août	660	724	724	15	695	768	
16	06-sept	698	698	11-sept	654	720	11-sept	654	720	720	16	680	751	
17	07-sept	696	696	12-sept	645	715	12-sept	645	715	715	17	664	733	
18	08-sept	687	687	13-sept	636	711	13-sept	636	711	711	18	648	716	
19	09-sept	678	678	14-sept	627	706	14-sept	627	706	706	19	632	698	
20	10-sept	669	669	15-sept	618	702	15-sept	618	702	702	20	616	680	
21	11-sept	654	654	16-sept	614	698	16-sept	614	698	698	21	600	663	
22	12-sept	645	645	17-sept	605	694	17-sept	605	694	694	22	585	645	
23	13-sept	636	636	18-sept	597	689	18-sept	597	689	689	23	569	628	
24	14-sept	627	627	19-sept	589	685	19-sept	589	685	685	24	553	610	
25	15-sept	618	618	20-sept	580	681	20-sept	580	681	681	25	537	592	
26	16-sept	614	614	26-août	577	677	26-août	577	677	677	26	521	575	
27	17-sept	605	605	21-sept	569	673	21-sept	555	672	673	27	505	557	
28	18-sept	597	597	22-sept	561	669	22-sept	530	667	669	28	489	540	
29	19-sept	589	589	23-sept	553	665	23-sept	505	662	665	29	474	522	
30	20-sept	580	580	24-sept	545	661	24-sept	480	656	661	30	458	505	
31	21-sept	569	555	25-sept	516	656	25-sept	455	649	657	31	442	487	
32	22-sept	561	530	26-sept	488	651	25-août	440	643	654	32	426	469	
33	23-sept	553	505	27-sept	459	645	26-sept	430	636	650	33	410	452	
34	24-sept	545	480	25-août	440	639	27-sept	405	630	647	34	394	434	
35	25-sept	516	455	28-sept	431	633	28-sept	380	622	643	35	379	417	
36	26-sept	488	430	29-sept	402	627	29-sept	355	615	640	36	363	399	
37	27-sept	459	405	30-sept	373	620	30-sept	330	607	637	37	347	382	
38	28-sept	431	380	01-oct	345	613	01-oct	305	599	633	38	331	364	
39	29-sept	402	355	02-oct	316	605	24-août	304	592	630	39	315	346	
40	30-sept	373	330	24-août	304	598	02-oct	280	584	627	40	299	329	
41	01-oct	345	305	03-oct	288	590	03-oct	255	576	624	41	284	311	
42	02-oct	316	280	04-oct	259	582	04-oct	230	568	621	42	268	294	
43	03-oct	288	255	05-oct	230	574	05-oct	205	559	618	43	252	276	
44	04-oct	259	230	06-oct	202	566	06-oct	180	551	615	44	236	259	
45	05-oct	230	205	07-oct	173	557	23-août	167	542	612	45	220	241	
46	06-oct	202	180	23-août	167	548	07-oct	155	534	609	46	204	223	
47	07-oct	173	155	08-oct	144	540	08-oct	130	525	606	47	188	206	
48	08-oct	144	130	09-oct	116	531	09-oct	105	516	603	48	173	188	
49	09-oct	116	105	10-oct	87	522	10-oct	80	507	600	49	157	171	
50	10-oct	87	80	11-oct	59	513	11-oct	55	498	597	50	141	153	
51	11-oct	59	55	12-oct	30	503	22-août	30	489	594	51	125	135	
52	12-oct	30	30	22-août	30	494	13-oct	30	480	591	52	109	118	
53	13-oct	30	30	13-oct	30	485	14-oct	30	472	589	53	93	100	
54	14-oct	30	30	14-oct	30	477	15-oct	30	464	586	54	78	83	
55	15-oct	30	30	15-oct	30	469	16-oct	30	456	583	55	62	65	
56	16-oct	30	30	16-oct	30	461	17-oct	30	448	580	56	46	48	
57	17-oct	30	30	17-oct	30	453	18-oct	30	441	578	57	30	30	
58	18-oct	30	30	18-oct	30	446	19-oct	30	434	575	58	30	30	
59	19-oct	30	30	19-oct	30	439	20-oct	30	427	573	59	30	30	
60	20-oct	30	30	20-oct	30	432	12-oct	30	420	570	60	30	30	

Figure n°20

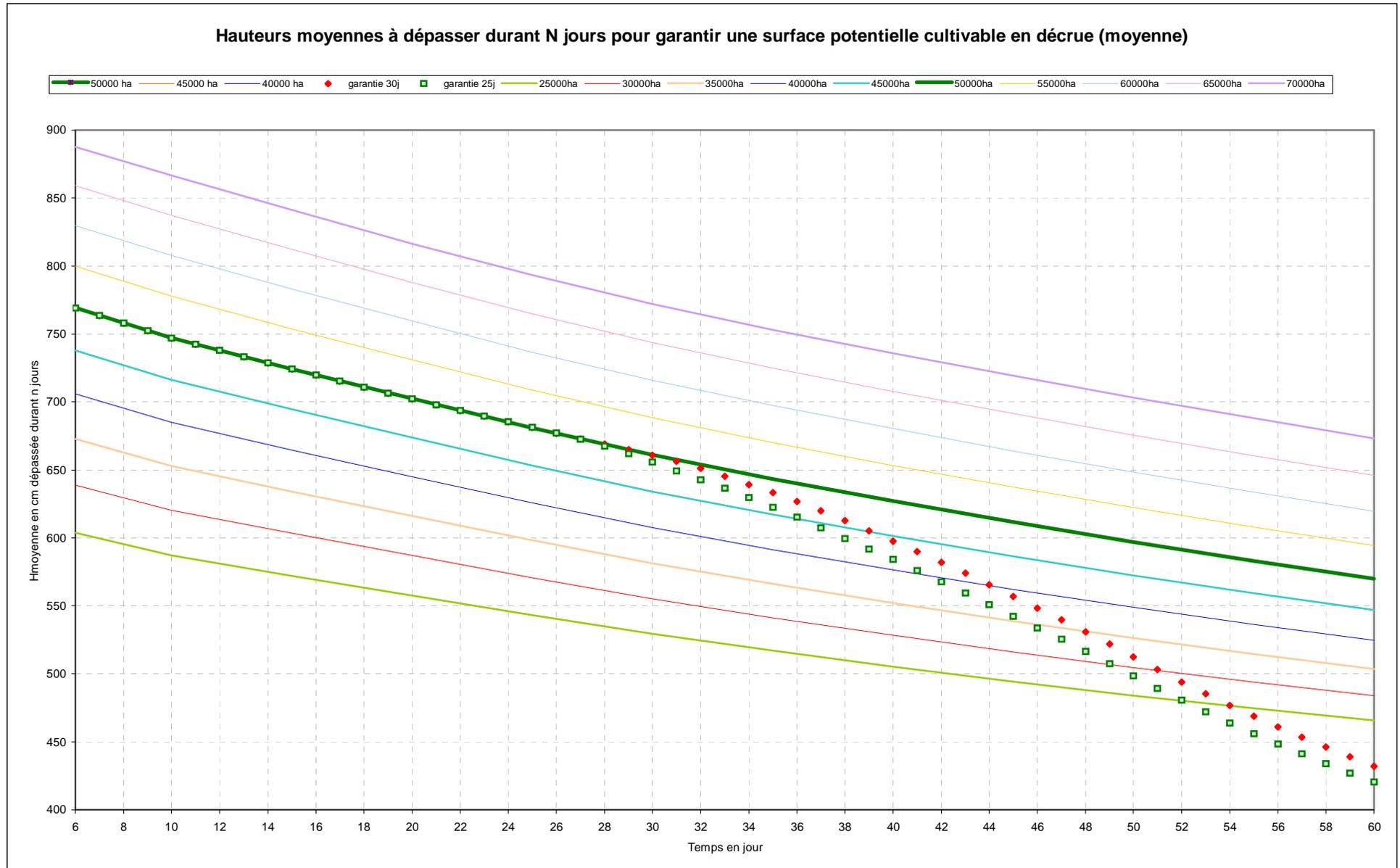
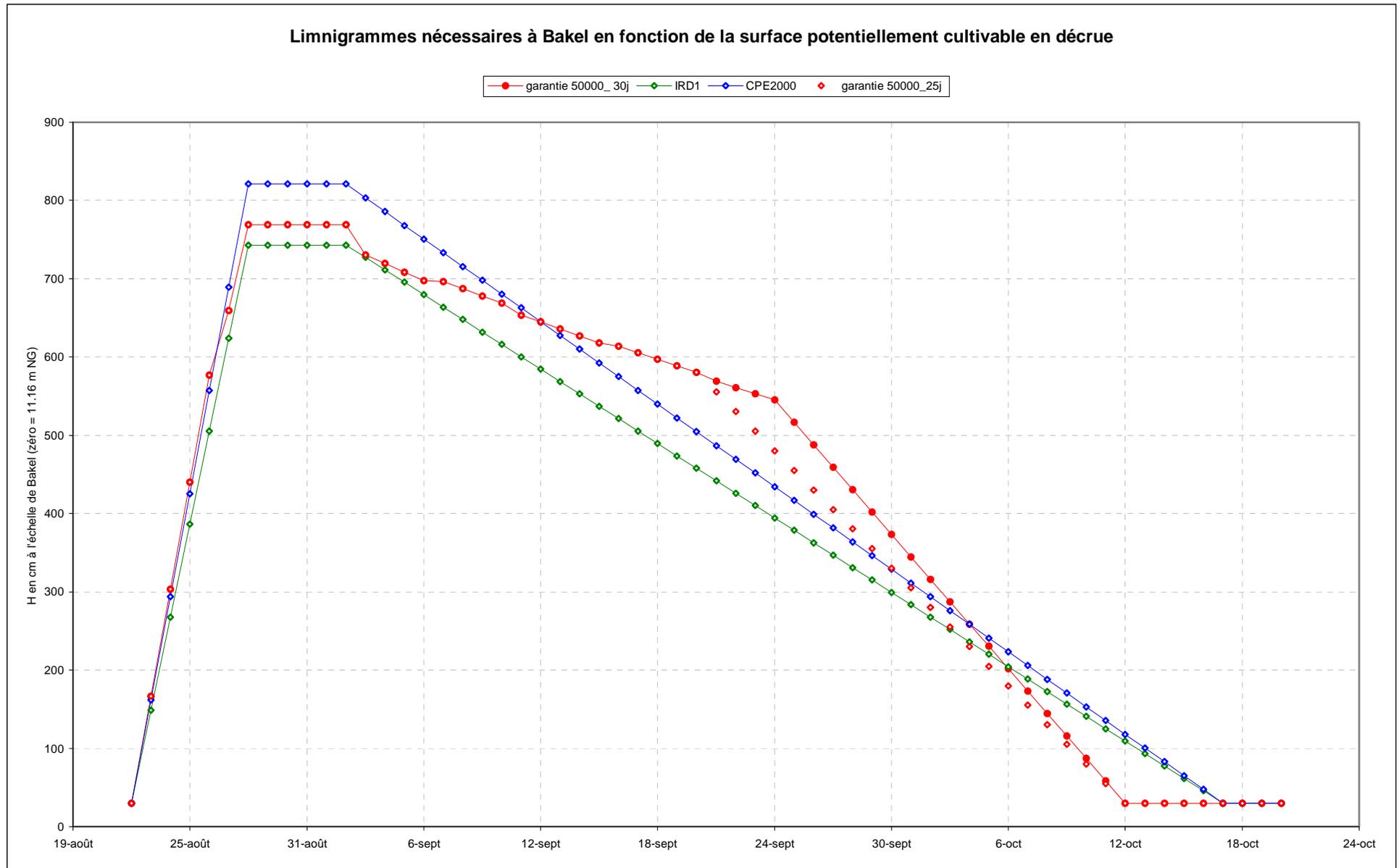


Figure n°21



2ème cas : Enveloppe de 90% des surfaces cultivées observées

La même analyse que dans le cas précédent a été effectuée en considérant les deux droites situées au-dessus de 90% des observations de surfaces cultivées.

Le tableau 13 ci-dessous contient les hauteurs moyennes, en cm à l'échelle de Bakel, qui garantissent une surface potentielle en fonction du nombre de jours où cette moyenne est dépassée.

Tableau n°13

POTENTIEL SURFACE CULTIVABLE (90% des obs. 1946-2000)												
Nj	6j	10j	15j	20j	25j	30j	35j	40j	45j	50j	55j	60j
25000	549	536	524	513	502	491	481	472	464	455	448	441
30000	586	571	556	543	530	517	505	494	484	474	466	457
35000	622	604	588	573	557	543	529	517	505	494	484	475
40000	656	637	619	602	585	568	554	540	527	515	504	494
45000	690	669	650	631	612	595	579	564	551	538	526	514
50000	722	701	680	660	640	621	604	589	575	561	548	536
55000	754	732	710	688	667	648	630	614	599	585	571	558
60000	785	763	739	717	695	675	657	640	625	610	596	582
65000	815	793	769	745	723	702	684	667	651	636	621	607
70000	845	823	798	774	751	730	711	694	678	662	647	633
75000	874	852	827	802	779	758	739	722	705	690	674	660
80000	902	882	856	831	808	786	768	750	734	718	702	687
85000	930	911	885	860	836	815	796	779	762	746	731	715
90000	958	939	913	889	866	844	826	809	792	776	760	744
95000	986	968	942	918	895	874	856	838	822	806	790	774
100000	1013	996	971	947	925	904	886	869	852	836	820	804

Le sommet du « limnigramme trapézoïdal » n'atteint plus que 722 cm à l'échelle pour 769 cm lorsque l'on utilise les droites représentant la moyenne des observations.

Le tableau n°14 est l'équivalent du tableau 12 pour les conditions précédentes.

Les figures n°22 et 23 représentent les variations des hauteurs moyennes supérieures à des cotes données, et les limnigrammes optimisés.

Potentiel cultivable 50 000 ha – Enveloppe 90% des Observations de surfaces cultivées

Tableau n°14

1	2	3		4		5		6		7	8		9	10	11
		30j	25j	30j		30j		25j							
	date	50000_90%		H Cl.50000		moy50		H Cl.50000		moy50		Potentiel 90%			
1	22-août	30	30	28-août	722	722	28-août	722	722	722	722	722			
2	23-août	163	163	29-août	722	722	29-août	722	722	722	722	722			
3	24-août	295	295	30-août	722	722	30-août	722	722	722	722	722			
4	25-août	428	428	31-août	722	722	31-août	722	722	722	722	722			
5	26-août	560	560	01-sept	722	722	01-sept	722	722	722	722	722			
6	27-août	630	630	02-sept	722	722	02-sept	722	722	722	722	722			
7	28-août	722	722	03-sept	685	717	03-sept	685	717	717	717	717			
8	29-août	722	722	04-sept	675	712	04-sept	675	712	712	712	712			
9	30-août	722	722	05-sept	664	706	05-sept	664	706	706	706	706			
10	31-août	722	722	07-sept	655	701	07-sept	655	701	701	701	701			
11	01-sept	722	722	06-sept	654	697	06-sept	654	697	697	697	697			
12	02-sept	722	722	08-sept	646	693	08-sept	646	693	693	693	693			
13	03-sept	685	685	09-sept	638	688	09-sept	638	688	688	688	688			
14	04-sept	675	675	27-août	630	684	27-août	630	684	684	684	684			
15	05-sept	664	664	10-sept	621	680	10-sept	621	680	680	680	680			
16	06-sept	654	654	11-sept	616	676	11-sept	616	676	676	676	676			
17	07-sept	655	655	12-sept	608	672	12-sept	608	672	672	672	672			
18	08-sept	646	646	13-sept	600	668	13-sept	600	668	668	668	668			
19	09-sept	638	638	14-sept	592	664	14-sept	592	664	664	664	664			
20	10-sept	621	621	15-sept	584	660	15-sept	584	660	660	660	660			
21	11-sept	616	616	16-sept	576	656	16-sept	576	656	656	656	656			
22	12-sept	608	608	17-sept	568	652	17-sept	568	652	652	652	652			
23	13-sept	600	600	26-août	560	648	26-août	560	648	648	648	648			
24	14-sept	592	592	18-sept	552	644	18-sept	552	644	644	644	644			
25	15-sept	584	584	19-sept	544	640	19-sept	544	640	640	640	640			
26	16-sept	576	576	20-sept	541	636	20-sept	522	635	635	635	635			
27	17-sept	568	568	21-sept	534	632	21-sept	499	630	630	630	630			
28	18-sept	552	552	22-sept	526	629	22-sept	477	625	625	625	625			
29	19-sept	544	544	23-sept	518	625	23-sept	455	619	619	619	619			
30	20-sept	541	522	24-sept	516	621	24-sept	432	613	613	613	613			
31	21-sept	534	499	25-sept	489	617	25-août	428	607	607	607	607			
32	22-sept	526	477	26-sept	462	612	25-sept	410	601	601	601	601			
33	23-sept	518	455	27-sept	435	607	26-sept	388	594	594	594	594			
34	24-sept	516	432	25-août	428	601	27-sept	365	587	587	587	587			
35	25-sept	489	410	28-sept	408	596	28-sept	343	581	581	581	581			
36	26-sept	462	388	29-sept	381	590	29-sept	321	573	573	573	573			
37	27-sept	435	365	30-sept	354	584	30-sept	298	566	566	566	566			
38	28-sept	408	343	01-oct	327	577	24-août	295	559	559	559	559			
39	29-sept	381	321	02-oct	300	570	01-oct	276	551	551	551	551			
40	30-sept	354	298	24-août	295	563	02-oct	253	544	544	544	544			
41	01-oct	327	276	03-oct	273	556	03-oct	231	536	536	536	536			
42	02-oct	300	253	04-oct	246	548	04-oct	209	529	529	529	529			
43	03-oct	273	231	05-oct	219	541	05-oct	186	521	521	521	521			
44	04-oct	246	209	06-oct	192	533	06-oct	164	513	513	513	513			
45	05-oct	219	186	07-oct	165	525	23-août	163	505	505	505	505			
46	06-oct	192	164	23-août	163	517	07-oct	142	497	497	497	497			
47	07-oct	165	142	08-oct	138	509	08-oct	119	489	489	489	489			
48	08-oct	138	119	09-oct	111	500	09-oct	97	481	481	481	481			
49	09-oct	111	97	10-oct	84	492	10-oct	75	472	472	472	472			
50	10-oct	84	75	11-oct	57	483	11-oct	52	464	464	464	464			
51	11-oct	57	52	22-août	30	474	12-oct	30	455	455	455	455			
52	12-oct	30	30	12-oct	30	466	22-août	30	447	447	447	447			
53	13-oct	30	30	13-oct	30	458	13-oct	30	439	439	439	439			
54	14-oct	30	30	14-oct	30	450	14-oct	30	432	432	432	432			
55	15-oct	30	30	15-oct	30	442	15-oct	30	425	425	425	425			
56	16-oct	30	30	16-oct	30	435	16-oct	30	417	417	417	417			
57	17-oct	30	30	17-oct	30	428	17-oct	30	411	411	411	411			

Figure n°22

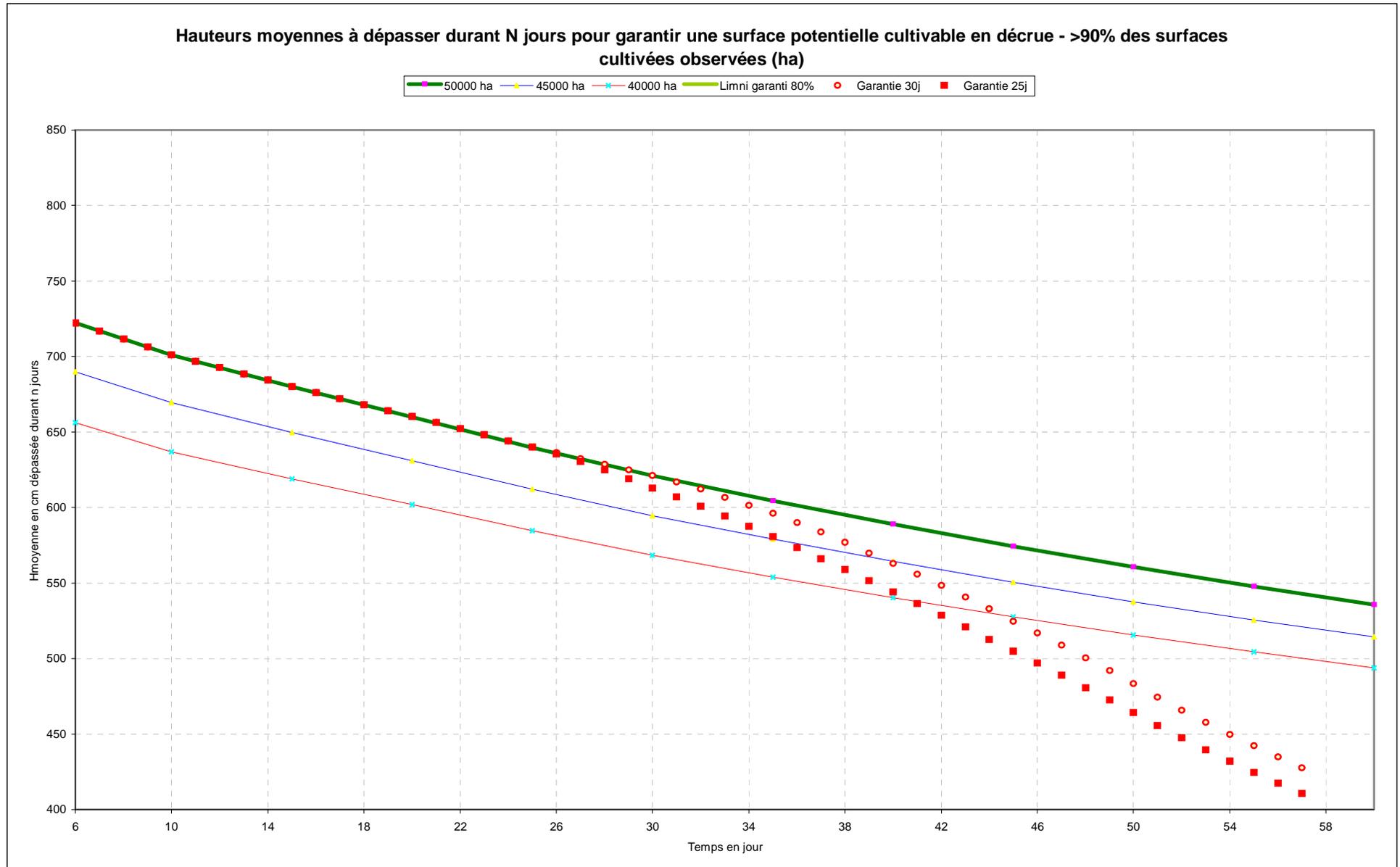
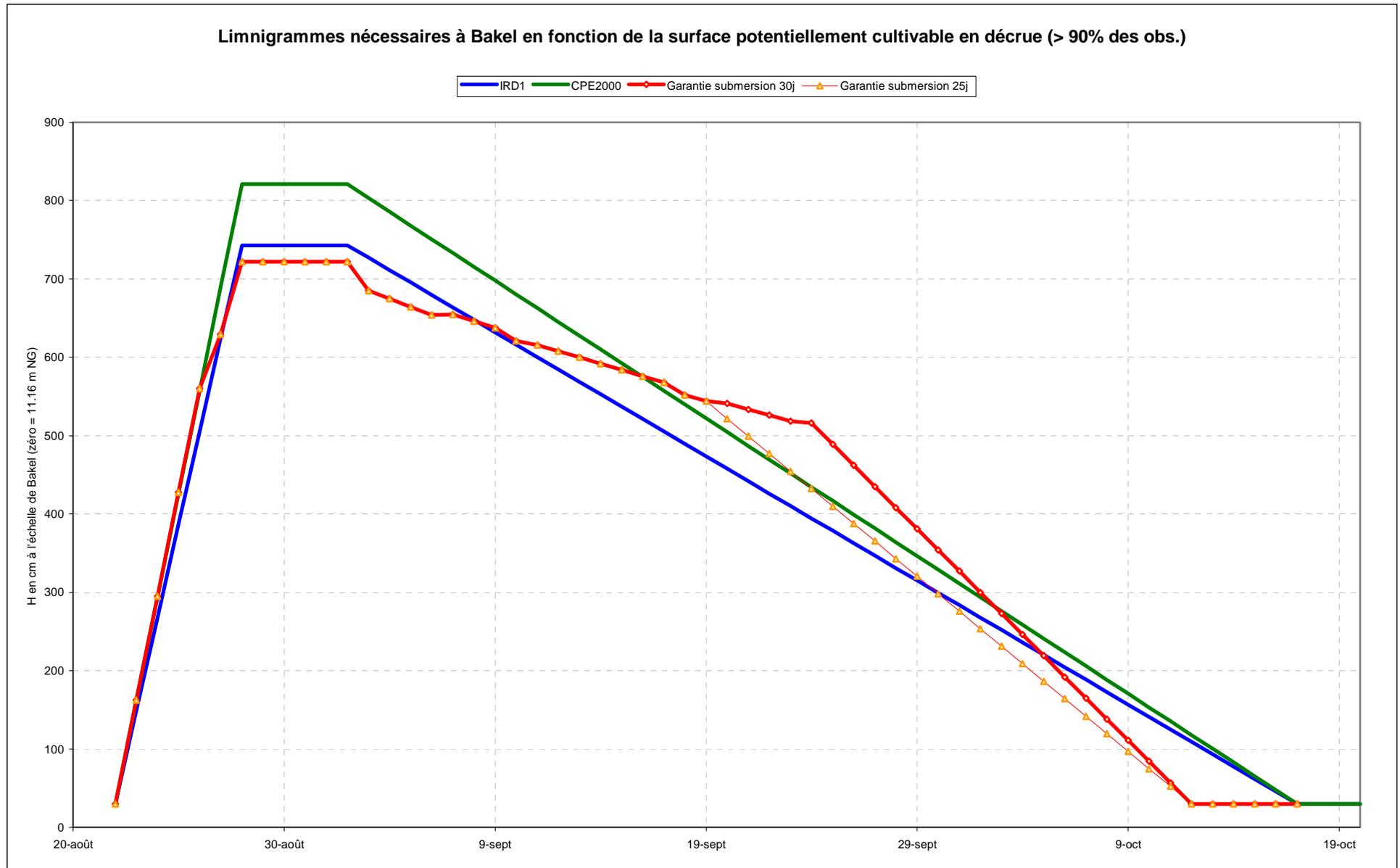


Figure n°23



4.5. Hydrogrammes optimisés pour 50 000 ha garantis 30 jours

La traduction des hauteurs en débit a été réalisée à l'aide du dernier étalonnage de BAKEL , valable à compter du 1/05/1988. Afin de bien fixer la qualité de cette courbe, elle est reportée sur la figure n° 24 de la page suivante. Cette courbe est issue de l'analyse complexe dite de correspondance « non bi-univoque », et il est relativement rare de trouver un ajustement aussi quasi parfait.

Les mesures reportées après correction de gradient, dont les cotes sont supérieures à 1093 cm, proviennent de la période antérieure au 1^{er} mai 1974.

Après traduction, il apparaît que les deux crues optimisées à 50 et 90%, culminent en moyenne pour les 6 jours maxima :

Optimisation 50% : 2140 m³/s – Volume de la crue (22/08 au 12/10) = 5.03*10⁹ m³

Optimisation 90% : 1933 m³/s – Volume de la crue (22/08 au 12/10) = 4.51*10⁹ m³

Ces deux valeurs peuvent paraître faibles, en fait elles sont normales car issue d'une optimisation de niveaux.

Ce type d'optimisation est logique car l'inondation du lit majeur provient du dépassement de seuils ou de bourrelets de berges, il est donc normal et logique de réaliser l'optimisation à partir des niveaux et non des débits lorsque la correspondance entre les deux n'est pas bi-univoque.

En effet, à SALDE ou BOGHE le débit est quasiment le double en crue qu'en décrue, pour le même niveau, ce qui est aussi le cas à PODOR.

Le régime devient non bi-univoque à l'amont proche de Bakel, vers la confluence de la Falémé. Cette anomalie intervient lorsque la pente moyenne du radier du fleuve devient inférieure à 5 cm/km. A Bakel elle est de cet ordre, entre 3 et 4 cm/km), et probablement inférieure à 0.5cm/km à l'aval de SALDE.

En outre les valeurs indiquées dans l'hydrogramme IRD1 ou GIBB correspondait à l'étalonnage antérieur à 1988. Dans le nouvel étalonnage, les débits du palier maximal atteindraient dans les deux cas :

Crue IRD1 : Hmax = 743 cm Q = 2015 m³/s (2 498 en 1998 et V = 6.59*10⁹ m³)

CPE2000 : Hmax = 821 cm Q = 2 399 m³/s (2999 en 1998 et V = 7.91*10⁹ m³)).

La figure 25 montre les hydrogrammes optimisés et anciens.

L'optimisation de la crue pour l'obtention d'un potentiel cultivable conduit à une économie importante en volume variant **de 1.56 à 2.88 10⁹ m³** pour la variante 50% et de **2.08 à 3.40 10⁹ m³** pour la variante enveloppe 90% des surfaces cultivées.

Figure n°24

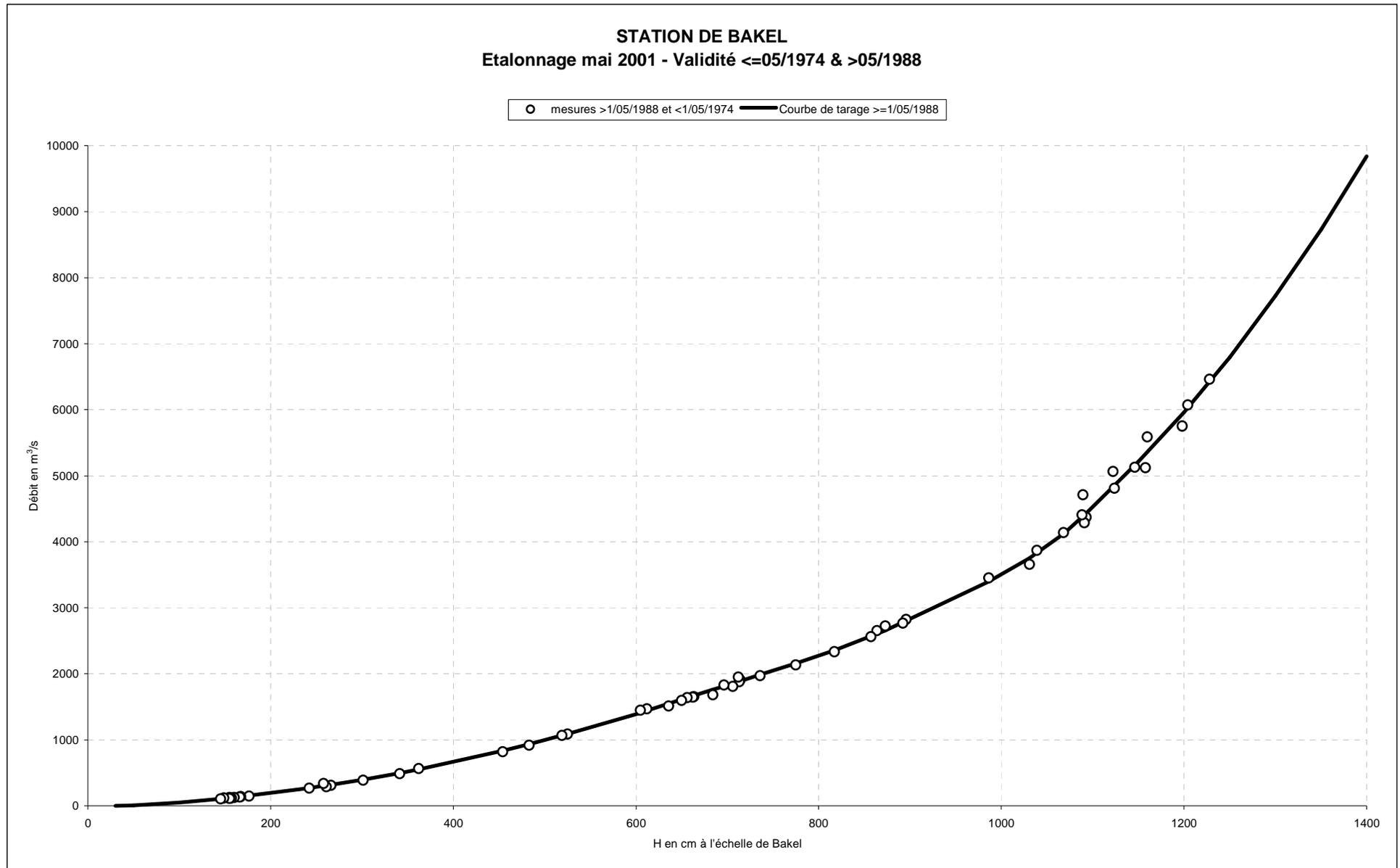
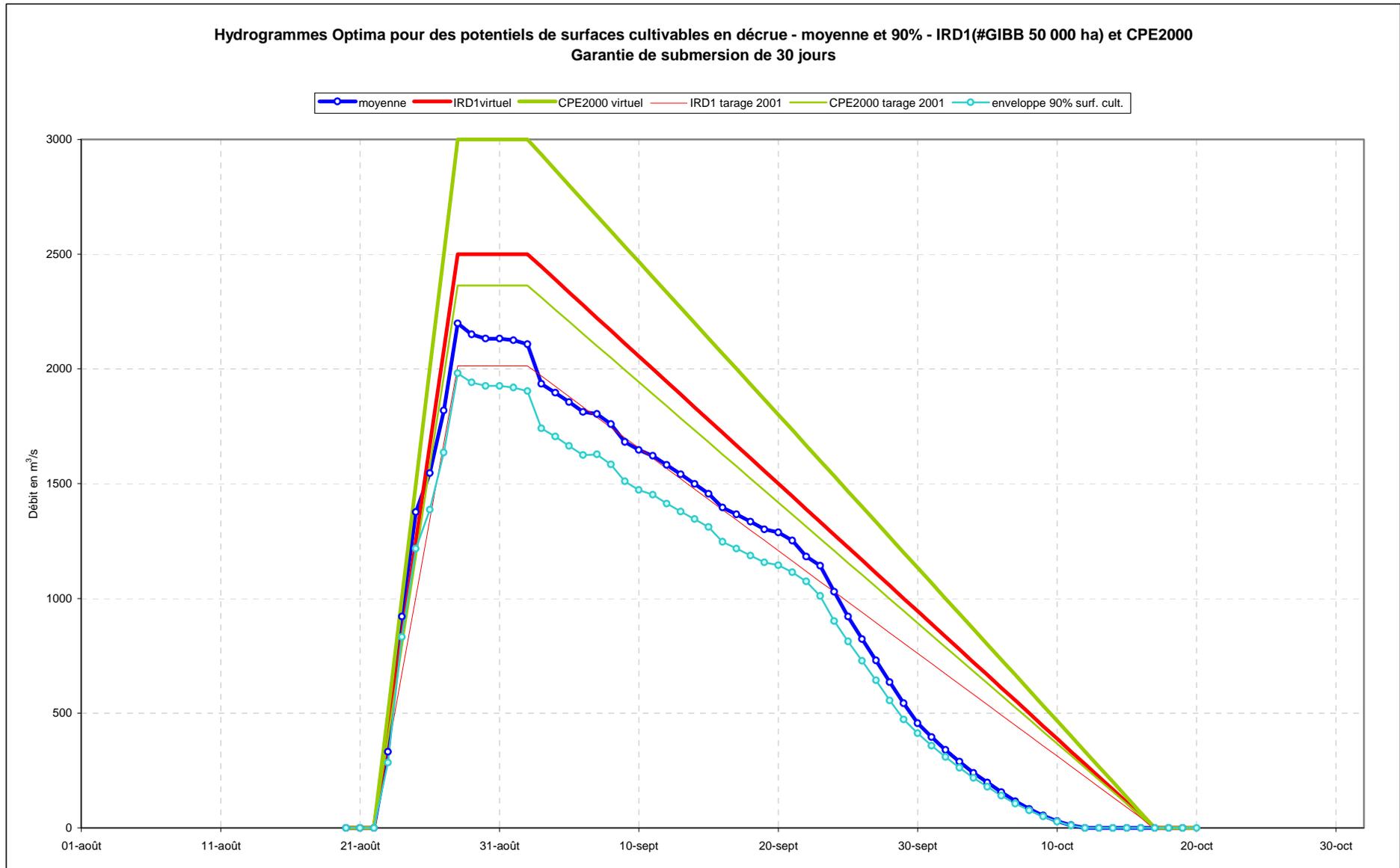


Figure n°25



5. CHOIX DES HYDROGRAMMES

L'optimisation est réalisée logiquement à partir du limnigramme de BAKEL, la gestion du barrage doit être réalisée à partir d'un hydrogramme scénario.

Les analyses présentées dans ce qui précède sont basées sur l'étude de la zone MATAM DAGANA. Or, nous avons vu que la partie amont présente un complément d'inondation du lit majeur de l'ordre de 19%. Ce complément a été évalué à partir des images des crues 98 et 99. Ces crues sont du type à « une pointe », comme la crue optimisée. Il est normal de penser que les crues de ce type donneront le même complément d'inondation, et par suite un potentiel de surface cultivable du même ordre, soit 15 à 20%.

Ce complément amont n'a pas été pris en compte par souci de prudence, des observations complémentaires de cultures avec crue optimisée devront être réalisées, avant de remettre en question l'optimisation élaborée dans le présent document.

Il faut considérer que la crue optimisée « 50 000 ha » correspond uniquement à un objectif à réaliser en cas de pénurie prolongée de ressource en eau (l'exemple type étant la période 1970 – 1993).

Nous proposons donc dans les pages qui suivent une série de limnigrammes et d'hydrogrammes optimisés pour des surface potentiellement cultivables variant de 45 000 ha à 70 000 ha et pour des garanties de 25 et 30 jours de submersion.

5.1 Cas d'une Submersion garantie 30 jours

Le tableau n°15 contient les résultats qui correspondent à l'optimisation en fonction du potentiel cultivable :

Tableau n°15

Nj	25000ha	30000ha	35000ha	40000ha	45000ha	50000ha	55000ha	60000ha	65000ha	70000ha	75000ha	80000ha	85000ha	90000ha	95000ha	100000ha
6	604	639	673	706	738	769	800	830	859	888	916	944	972	999	1027	1054
10	587	620	653	685	716	747	778	808	837	867	896	925	953	982	1010	1039
15	572	603	634	665	695	724	754	783	812	841	870	899	928	956	986	1015
20	558	587	616	645	674	702	731	759	788	817	845	874	903	932	962	991
25	543	571	598	626	653	681	709	737	765	793	822	851	880	909	939	970
30	529	555	581	608	634	661	688	716	744	772	800	829	859	889	919	950
35	517	541	566	591	617	643	670	697	725	753	782	811	840	870	901	932
40	505	528	552	576	601	627	653	680	708	736	764	793	823	853	884	915
45	494	516	539	562	587	612	637	664	691	719	748	777	806	837	867	898
50	484	505	526	549	572	597	622	649	676	703	732	761	790	820	851	882
55	475	494	515	536	559	583	608	634	660	688	716	745	774	804	835	866
60	466	484	504	525	547	570	594	620	646	673	701	730	759	789	819	850

Les niveaux sont exprimés en cm à l'échelle de BAKEL.

Le tableau n°16 contient les limnigrammes pour les potentiels cultivables allant de 45000 ha à 70000 ha et ceci pour une garantie de submersion de 30 jours.

Tableau n°16 : Limnigrammes optimisés avec garantie de submersion de 30 jours.

45000 ha - 30j			50000 ha - 30j			55000 ha - 30j			60000 ha_30j			65000 ha_30j			70000 ha_30j				
Date	optim30	moypot	Date	50000 ha	50000ha	Date	55000	70000ha	Date	60000ha	60000ha	Date	65000	65 000	Date	70000ha	70000ha		
1	22-août	30	738	1	22-août	30	769	1	22-août	30	800	1	22-août	30	830	1	22-août	30	888
2	23-août	200	738	2	23-août	207	769	2	23-août	213	800	2	23-août	220	830	2	23-août	233	888
3	24-août	369	738	3	24-août	384	769	3	24-août	395	800	3	24-août	411	830	3	24-août	435	888
4	25-août	539	738	4	25-août	561	769	4	25-août	578	800	4	25-août	601	830	4	25-août	638	888
5	26-août	586	738	5	26-août	614	769	5	26-août	638	800	5	26-août	667	830	5	26-août	691	888
6	27-août	653	738	6	27-août	678	769	6	27-août	706	800	6	27-août	734	830	6	27-août	761	888
7	28-août	738	733	7	28-août	769	764	7	28-août	800	794	7	28-août	830	824	7	28-août	859	882
8	29-août	738	727	8	29-août	769	758	8	29-août	800	789	8	29-août	830	819	8	29-août	859	877
9	30-août	738	722	9	30-août	769	753	9	30-août	800	783	9	30-août	830	813	9	30-août	859	872
10	31-août	738	716	10	31-août	769	747	10	31-août	800	778	10	31-août	830	808	10	31-août	859	867
11	01-sept	738	712	11	01-sept	769	742	11	01-sept	800	773	11	01-sept	830	803	11	01-sept	859	862
12	02-sept	738	708	12	02-sept	769	738	12	02-sept	800	768	12	02-sept	830	798	12	02-sept	859	856
13	03-sept	700	703	13	03-sept	731	733	13	03-sept	761	763	13	03-sept	791	793	13	03-sept	821	851
14	04-sept	689	699	14	04-sept	720	729	14	04-sept	750	759	14	04-sept	780	788	14	04-sept	810	841
15	05-sept	678	695	15	05-sept	709	724	15	05-sept	739	754	15	05-sept	769	783	15	05-sept	800	841
16	06-sept	667	691	16	06-sept	698	720	16	06-sept	728	749	16	06-sept	758	778	16	06-sept	789	836
17	07-sept	670	687	17	07-sept	696	715	17	07-sept	725	745	17	07-sept	753	773	17	07-sept	782	831
18	08-sept	661	682	18	08-sept	687	711	18	08-sept	716	740	18	08-sept	743	769	18	08-sept	772	826
19	09-sept	645	678	19	09-sept	669	706	19	09-sept	696	736	19	09-sept	724	764	19	09-sept	751	821
20	10-sept	636	674	20	10-sept	660	702	20	10-sept	687	731	20	10-sept	714	759	20	10-sept	741	817
21	11-sept	628	670	21	11-sept	654	698	21	11-sept	681	727	21	11-sept	706	755	21	11-sept	735	812
22	12-sept	619	666	22	12-sept	645	694	22	12-sept	672	722	22	12-sept	697	750	22	12-sept	725	807
23	13-sept	611	661	23	13-sept	636	689	23	13-sept	663	718	23	13-sept	687	746	23	13-sept	716	803
24	14-sept	603	657	24	14-sept	627	685	24	14-sept	653	713	24	14-sept	677	741	24	14-sept	706	798
25	15-sept	594	653	25	15-sept	618	681	25	15-sept	644	709	25	15-sept	668	737	25	15-sept	696	793
26	16-sept	577	649	26	16-sept	605	677	26	16-sept	629	705	26	16-sept	658	733	26	16-sept	682	789
27	17-sept	569	645	27	17-sept	597	673	27	17-sept	620	701	27	17-sept	649	729	27	17-sept	672	785
28	18-sept	561	642	28	18-sept	589	669	28	18-sept	611	696	28	18-sept	640	724	28	18-sept	663	782
29	19-sept	552	638	29	19-sept	580	665	29	19-sept	602	692	29	19-sept	631	720	29	19-sept	654	778
30	20-sept	554	634	30	20-sept	577	661	30	20-sept	602	688	30	20-sept	627	716	30	20-sept	655	772
31	21-sept	547	631	31	21-sept	569	657	31	21-sept	594	685	31	21-sept	618	712	31	21-sept	646	768
32	22-sept	531	627	32	22-sept	553	654	32	22-sept	586	681	32	22-sept	610	708	32	22-sept	629	764
33	23-sept	524	624	33	23-sept	545	650	33	23-sept	569	677	33	23-sept	593	705	33	23-sept	621	761
34	24-sept	498	620	34	24-sept	518	647	34	24-sept	541	674	34	24-sept	563	701	34	24-sept	590	757
35	25-sept	472	617	35	25-sept	491	643	35	25-sept	513	670	35	25-sept	533	697	35	25-sept	558	753
36	26-sept	446	614	36	26-sept	464	640	36	26-sept	484	667	36	26-sept	504	694	36	26-sept	527	750
37	27-sept	420	611	37	27-sept	437	637	37	27-sept	456	663	37	27-sept	474	691	37	27-sept	496	746
38	28-sept	394	607	38	28-sept	409	633	38	28-sept	427	660	38	28-sept	445	687	38	28-sept	465	743
39	29-sept	368	604	39	29-sept	382	630	39	29-sept	399	657	39	29-sept	415	684	39	29-sept	434	739
40	30-sept	342	601	40	30-sept	355	627	40	30-sept	371	653	40	30-sept	385	680	40	30-sept	403	736
41	01-oct	316	598	41	01-oct	328	624	41	01-oct	342	650	41	01-oct	356	677	41	01-oct	372	732
42	02-oct	290	595	42	02-oct	301	621	42	02-oct	314	647	42	02-oct	326	674	42	02-oct	341	729
43	03-oct	264	593	43	03-oct	274	618	43	03-oct	285	644	43	03-oct	296	671	43	03-oct	310	726
44	04-oct	238	590	44	04-oct	247	615	44	04-oct	257	641	44	04-oct	267	667	44	04-oct	279	723
45	05-oct	212	587	45	05-oct	220	612	45	05-oct	229	637	45	05-oct	237	664	45	05-oct	248	719
46	06-oct	186	584	46	06-oct	193	609	46	06-oct	200	634	46	06-oct	208	661	46	06-oct	217	716
47	07-oct	160	581	47	07-oct	166	606	47	07-oct	172	631	47	07-oct	178	658	47	07-oct	185	713
48	08-oct	134	578	48	08-oct	138	603	48	08-oct	144	628	48	08-oct	148	655	48	08-oct	154	710
49	09-oct	108	575	49	09-oct	111	600	49	09-oct	115	625	49	09-oct	119	652	49	09-oct	123	706
50	10-oct	82	572	50	10-oct	84	597	50	10-oct	87	622	50	10-oct	89	649	50	10-oct	92	703
51	11-oct	56	569	51	11-oct	57	594	51	11-oct	58	619	51	11-oct	60	646	51	11-oct	61	700
52	12-oct	30	567	52	12-oct	30	591	52	12-oct	30	617	52	12-oct	30	643	52	12-oct	30	697
53	13-oct	30	564	53	13-oct	30	589	53	13-oct	30	614	53	13-oct	30	640	53	13-oct	30	694
54	14-oct	30	562	54	14-oct	30	586	54	14-oct	30	611	54	14-oct	30	637	54	14-oct	30	691
55	15-oct	30	559	55	15-oct	30	583	55	15-oct	30	608	55	15-oct	30	634	55	15-oct	30	688
56	16-oct	30	557	56	16-oct	30	580	56	16-oct	30	605	56	16-oct	30	631	56	16-oct	30	685
57	17-oct	30	554	57	17-oct	30	578	57	17-oct	30	603	57	17-oct	30	628	57	17-oct	30	682
58	18-oct	30	552	58	18-oct	30	575	58	18-oct	30	600	58	18-oct	30	625	58	18-oct	30	679
59	19-oct	30	549	59	19-oct	30	573	59	19-oct	30	597	59	19-oct	30	623	59	19-oct	30	676
60	20-oct	30	547	60	20-oct	30	570	60	20-oct	30	594	60	20-oct	30	620	60	20-oct	30	673

Figure n°26

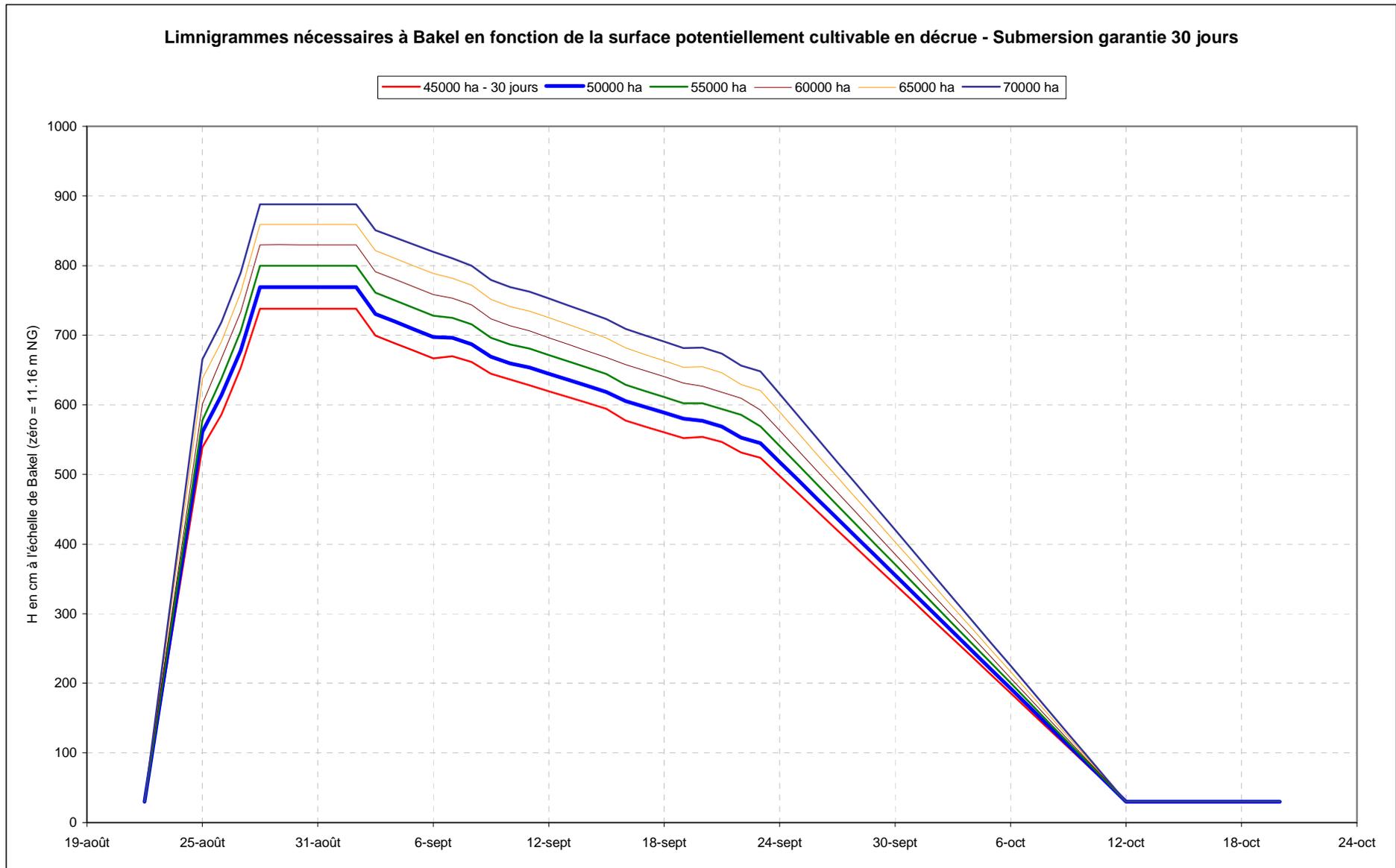
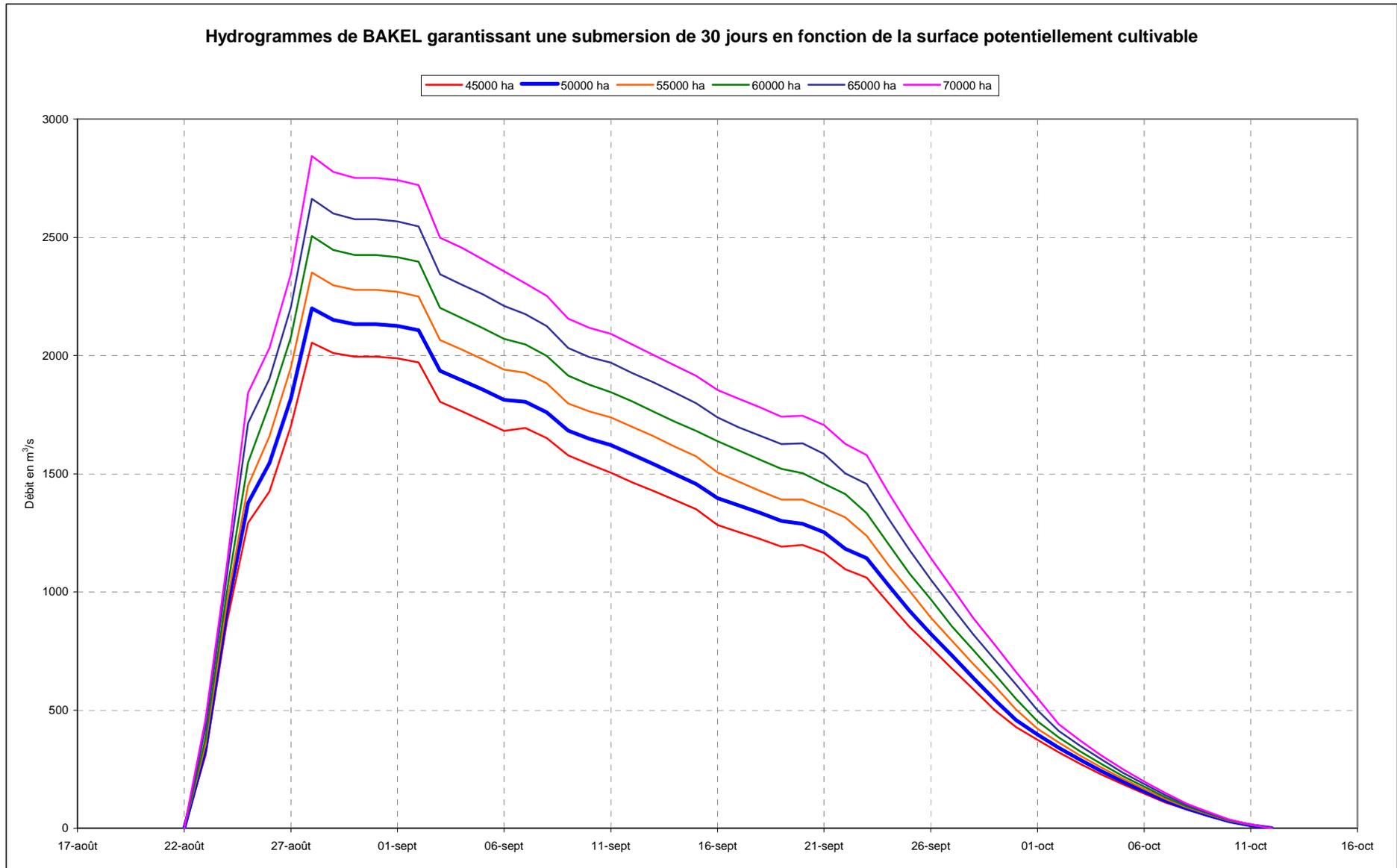


Tableau n°17 – Hydrogrammes optimisés pour 30 jours de submersion

Date	45000 ha	50000 ha	55000 ha	60000 ha	65000 ha	70000 ha
22-août	0	0	0	0	0	0
23-août	308	332	352	378	424	458
24-août	872	921	953	1002	1069	1114
25-août	1291	1376	1449	1547	1714	1842
26-août	1425	1545	1660	1793	1902	2032
27-août	1702	1818	1950	2078	2204	2344
28-août	2054	2199	2351	2505	2663	2844
29-août	2011	2151	2297	2447	2600	2777
30-août	1995	2132	2277	2426	2577	2752
31-août	1995	2132	2277	2426	2577	2752
01-sept	1988	2125	2269	2417	2568	2742
02-sept	1971	2107	2250	2396	2546	2720
03-sept	1804	1935	2065	2201	2344	2498
04-sept	1764	1896	2026	2159	2300	2457
05-sept	1724	1856	1984	2116	2260	2407
06-sept	1681	1812	1940	2070	2210	2356
07-sept	1694	1803	1926	2047	2175	2305
08-sept	1650	1760	1882	1998	2123	2253
09-sept	1578	1682	1797	1915	2031	2156
10-sept	1540	1647	1763	1876	1993	2117
11-sept	1505	1622	1739	1845	1969	2092
12-sept	1464	1581	1699	1805	1925	2047
13-sept	1427	1541	1659	1762	1886	2002
14-sept	1389	1499	1615	1719	1842	1957
15-sept	1350	1456	1573	1681	1798	1913
16-sept	1282	1396	1506	1637	1738	1854
17-sept	1253	1366	1466	1598	1697	1818
18-sept	1224	1335	1427	1559	1661	1781
19-sept	1191	1301	1390	1520	1625	1742
20-sept	1198	1288	1390	1502	1628	1745
21-sept	1164	1252	1355	1458	1583	1705
22-sept	1095	1183	1315	1414	1502	1626
23-sept	1060	1143	1237	1332	1457	1579
24-sept	954	1030	1115	1204	1312	1423
25-sept	853	921	1005	1078	1179	1278
26-sept	764	823	891	968	1051	1143
27-sept	675	730	793	854	935	1018
28-sept	588	636	694	753	820	888
29-sept	499	544	600	650	712	775
30-sept	428	457	503	547	607	661
01-oct	374	396	421	452	499	550
02-oct	322	340	363	384	411	440
03-oct	272	289	307	325	349	371
04-oct	227	240	256	271	290	307
05-oct	187	198	210	220	235	250
06-oct	146	156	165	176	187	197
07-oct	109	117	123	130	139	150
08-oct	79	83	89	92	98	104
09-oct	52	54	58	62	65	70
10-oct	28	30	32	33	35	37
11-oct	11	12	13	14	14	15
12-oct	0	0	0	0	0	0
V(10⁹ m³)	4.684	5.033	5.398	5.775	6.180	6.606

Figure n°27



5.2 Cas d'une Submersion garantie 25 jours

Les opérations d'analyses sont les mêmes que ci-dessus, la submersion garantie est ramenée à 25 jours, soutien diminué à compter du 19 au lieu du 24 septembre.

Il s'agit d'un cas de gestion qui correspond à une période très déficitaire, avec une série d'années dites de « sécheresse ». L'économie en ressource doit être maximale tout en gardant une garantie suffisante pour réaliser une crue correspondant à un potentiel cultivable de 50 000 ha. Aussitôt après le soutien, il est procédé à la diminution rapide des lâchers. La date de mise à zéro, prévue au 12 octobre dans le cas précédent est ramenée au 1^{er} octobre.

Le tableau n°18 de la page suivante contient les résultats de l'analyse et le calendrier des limnigramme à appliquer en fonction de la surface objectif.

La figure n°28 représente ces limnigrammes.

Le tableau n°19 contient les hydrogrammes correspondant aux limnigrammes ci-dessus, une économie substantielle est réalisée dans chaque cas de potentiel de surface cultivable par rapport à la garantie 30 jours.

Le tableau ci-dessous compare ces économies :

Tableau n°18 : Limnigrammes optimisés avec garantie de submersion de 25 jours.

45000 ha - 25 jours			50000 ha - 25j			55000 ha - 25j			60000 ha_25j			65000 ha_25j			70000 ha_25j				
Date	optim30	moypot	Date	50000ha	50000ha	Date	55000	70000ha	Date	60000ha	60000ha	Date	65000	65 000	Date	70000ha	70000ha		
1	22-août	30	738	1	22-août	30	769	1	22-août	30	800	1	22-août	30	830	1	22-août	30	888
2	23-août	200	738	2	23-août	207	769	2	23-août	213	800	2	23-août	220	830	2	23-août	242	888
3	24-août	369	738	3	24-août	384	769	3	24-août	395	800	3	24-août	411	830	3	24-août	453	888
4	25-août	539	738	4	25-août	561	769	4	25-août	578	800	4	25-août	601	830	4	25-août	665	888
5	26-août	586	738	5	26-août	614	769	5	26-août	638	800	5	26-août	667	830	5	26-août	719	888
6	27-août	653	738	6	27-août	678	769	6	27-août	706	800	6	27-août	734	830	6	27-août	790	888
7	28-août	738	733	7	28-août	769	764	7	28-août	800	794	7	28-août	830	824	7	28-août	888	882
8	29-août	738	727	8	29-août	769	758	8	29-août	800	789	8	29-août	830	819	8	29-août	888	877
9	30-août	738	722	9	30-août	769	753	9	30-août	800	783	9	30-août	830	813	9	30-août	888	872
10	31-août	738	716	10	31-août	769	747	10	31-août	800	778	10	31-août	830	808	10	31-août	888	867
11	01-sept	738	712	11	01-sept	769	742	11	01-sept	800	773	11	01-sept	830	803	11	01-sept	888	862
12	02-sept	738	708	12	02-sept	769	738	12	02-sept	800	768	12	02-sept	830	798	12	02-sept	888	856
13	03-sept	700	703	13	03-sept	731	733	13	03-sept	761	763	13	03-sept	791	793	13	03-sept	851	851
14	04-sept	689	699	14	04-sept	720	729	14	04-sept	750	759	14	04-sept	780	788	14	04-sept	841	846
15	05-sept	678	695	15	05-sept	709	724	15	05-sept	739	754	15	05-sept	769	783	15	05-sept	830	841
16	06-sept	667	691	16	06-sept	698	720	16	06-sept	728	749	16	06-sept	758	778	16	06-sept	820	836
17	07-sept	670	687	17	07-sept	696	715	17	07-sept	725	745	17	07-sept	753	773	17	07-sept	810	831
18	08-sept	661	682	18	08-sept	687	711	18	08-sept	716	740	18	08-sept	743	769	18	08-sept	800	826
19	09-sept	645	678	19	09-sept	669	706	19	09-sept	696	736	19	09-sept	724	764	19	09-sept	779	821
20	10-sept	636	674	20	10-sept	660	702	20	10-sept	687	731	20	10-sept	714	759	20	10-sept	769	817
21	11-sept	628	670	21	11-sept	654	698	21	11-sept	681	727	21	11-sept	706	755	21	11-sept	763	812
22	12-sept	619	666	22	12-sept	645	694	22	12-sept	672	722	22	12-sept	697	750	22	12-sept	753	807
23	13-sept	611	661	23	13-sept	636	689	23	13-sept	663	718	23	13-sept	687	746	23	13-sept	743	803
24	14-sept	603	657	24	14-sept	627	685	24	14-sept	653	713	24	14-sept	677	741	24	14-sept	733	798
25	15-sept	594	653	25	15-sept	618	681	25	15-sept	644	709	25	15-sept	668	737	25	15-sept	723	793
26	16-sept	577	649	26	16-sept	605	677	26	16-sept	629	705	26	16-sept	658	733	26	16-sept	709	789
27	17-sept	569	645	27	17-sept	597	673	27	17-sept	620	701	27	17-sept	649	729	27	17-sept	700	785
28	18-sept	561	642	28	18-sept	589	669	28	18-sept	611	696	28	18-sept	640	724	28	18-sept	691	780
29	19-sept	520	638	29	19-sept	546	665	29	19-sept	566	692	29	19-sept	593	720	29	19-sept	640	776
30	20-sept	479	634	30	20-sept	503	661	30	20-sept	522	688	30	20-sept	546	716	30	20-sept	589	772
31	21-sept	438	631	31	21-sept	460	657	31	21-sept	477	685	31	21-sept	499	712	31	21-sept	538	768
32	22-sept	398	627	32	22-sept	417	654	32	22-sept	432	681	32	22-sept	452	708	32	22-sept	487	764
33	23-sept	357	624	33	23-sept	374	650	33	23-sept	388	677	33	23-sept	406	705	33	23-sept	437	761
34	24-sept	316	620	34	24-sept	331	647	34	24-sept	343	674	34	24-sept	359	701	34	24-sept	386	757
35	25-sept	275	617	35	25-sept	288	643	35	25-sept	298	670	35	25-sept	312	697	35	25-sept	335	753
36	26-sept	234	614	36	26-sept	245	640	36	26-sept	253	667	36	26-sept	265	694	36	26-sept	284	750
37	27-sept	193	611	37	27-sept	202	637	37	27-sept	209	663	37	27-sept	218	691	37	27-sept	233	746
38	28-sept	153	607	38	28-sept	159	633	38	28-sept	164	660	38	28-sept	171	687	38	28-sept	182	743
39	29-sept	112	604	39	29-sept	116	630	39	29-sept	119	657	39	29-sept	124	684	39	29-sept	132	739
40	30-sept	71	601	40	30-sept	73	627	40	30-sept	75	653	40	30-sept	77	680	40	30-sept	81	736
41	01-oct	30	598	41	01-oct	30	624	41	01-oct	30	650	41	01-oct	30	677	41	01-oct	30	732
42	02-oct	30	595	42	02-oct	30	621	42	02-oct	30	647	42	02-oct	30	674	42	02-oct	30	729
43	03-oct	30	593	43	03-oct	30	618	43	03-oct	30	644	43	03-oct	30	671	43	03-oct	30	726
44	04-oct	30	590	44	04-oct	30	615	44	04-oct	30	641	44	04-oct	30	667	44	04-oct	30	723
45	05-oct	30	587	45	05-oct	30	612	45	05-oct	30	637	45	05-oct	30	664	45	05-oct	30	719
46	06-oct	30	584	46	06-oct	30	609	46	06-oct	30	634	46	06-oct	30	661	46	06-oct	30	716
47	07-oct	30	581	47	07-oct	30	606	47	07-oct	30	631	47	07-oct	30	658	47	07-oct	30	713
48	08-oct	30	578	48	08-oct	30	603	48	08-oct	30	628	48	08-oct	30	655	48	08-oct	30	710
49	09-oct	30	575	49	09-oct	30	600	49	09-oct	30	625	49	09-oct	30	652	49	09-oct	30	706
50	10-oct	30	572	50	10-oct	30	597	50	10-oct	30	622	50	10-oct	30	649	50	10-oct	30	703
51	11-oct	30	569	51	11-oct	30	594	51	11-oct	30	619	51	11-oct	30	646	51	11-oct	30	700
52	12-oct	30	567	52	12-oct	30	591	52	12-oct	30	617	52	12-oct	30	643	52	12-oct	30	697
53	13-oct	30	564	53	13-oct	30	589	53	13-oct	30	614	53	13-oct	30	640	53	13-oct	30	694
54	14-oct	30	562	54	14-oct	30	586	54	14-oct	30	611	54	14-oct	30	637	54	14-oct	30	691
55	15-oct	30	559	55	15-oct	30	583	55	15-oct	30	608	55	15-oct	30	634	55	15-oct	30	688
56	16-oct	30	557	56	16-oct	30	580	56	16-oct	30	605	56	16-oct	30	631	56	16-oct	30	685
57	17-oct	30	554	57	17-oct	30	578	57	17-oct	30	603	57	17-oct	30	628	57	17-oct	30	682
58	18-oct	30	552	58	18-oct	30	575	58	18-oct	30	600	58	18-oct	30	625	58	18-oct	30	679
59	19-oct	30	549	59	19-oct	30	573	59	19-oct	30	597	59	19-oct	30	623	59	19-oct	30	676
60	20-oct	30	547	60	20-oct	30	570	60	20-oct	30	594	60	20-oct	30	620	60	20-oct	30	673

Figure n°28

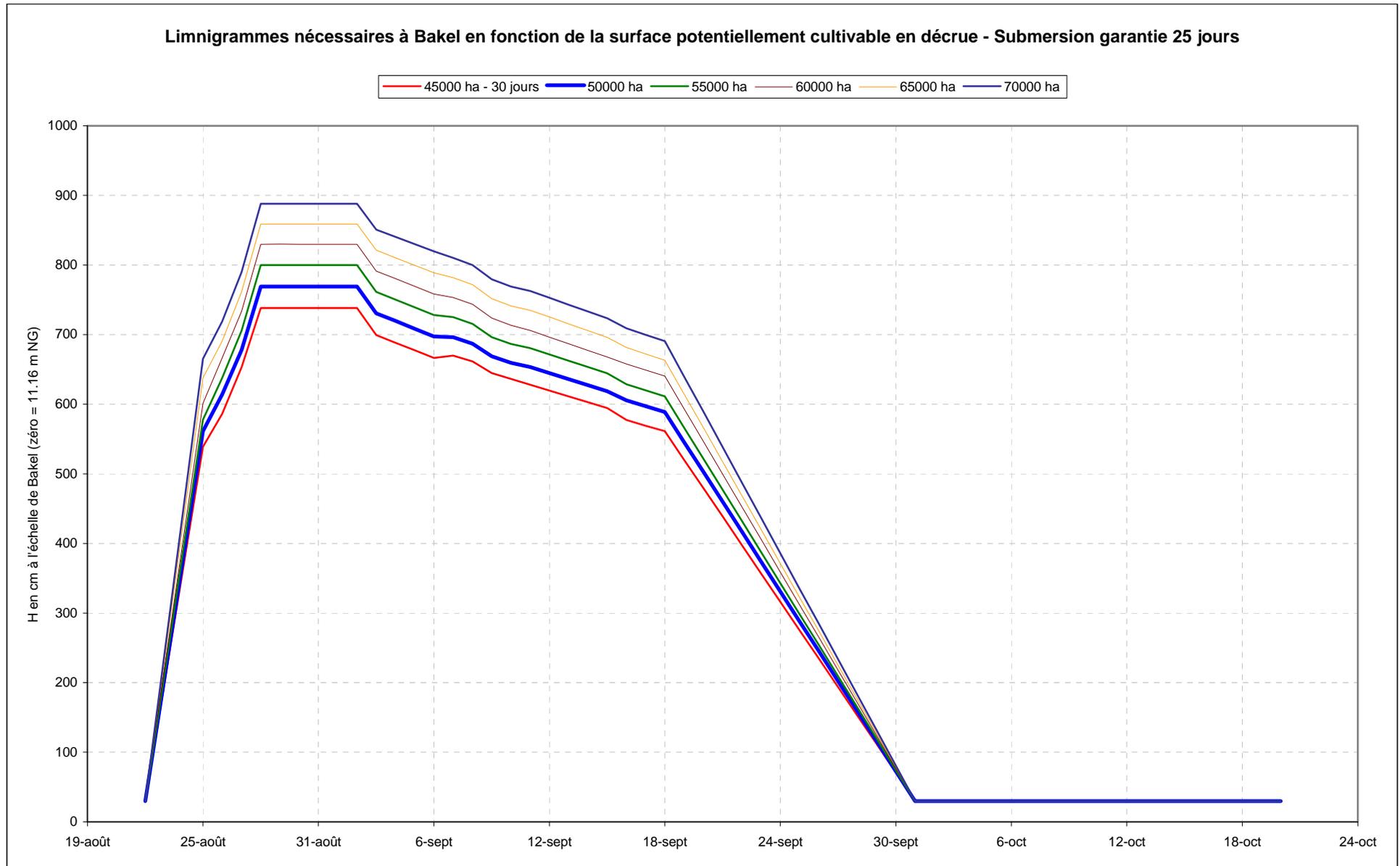
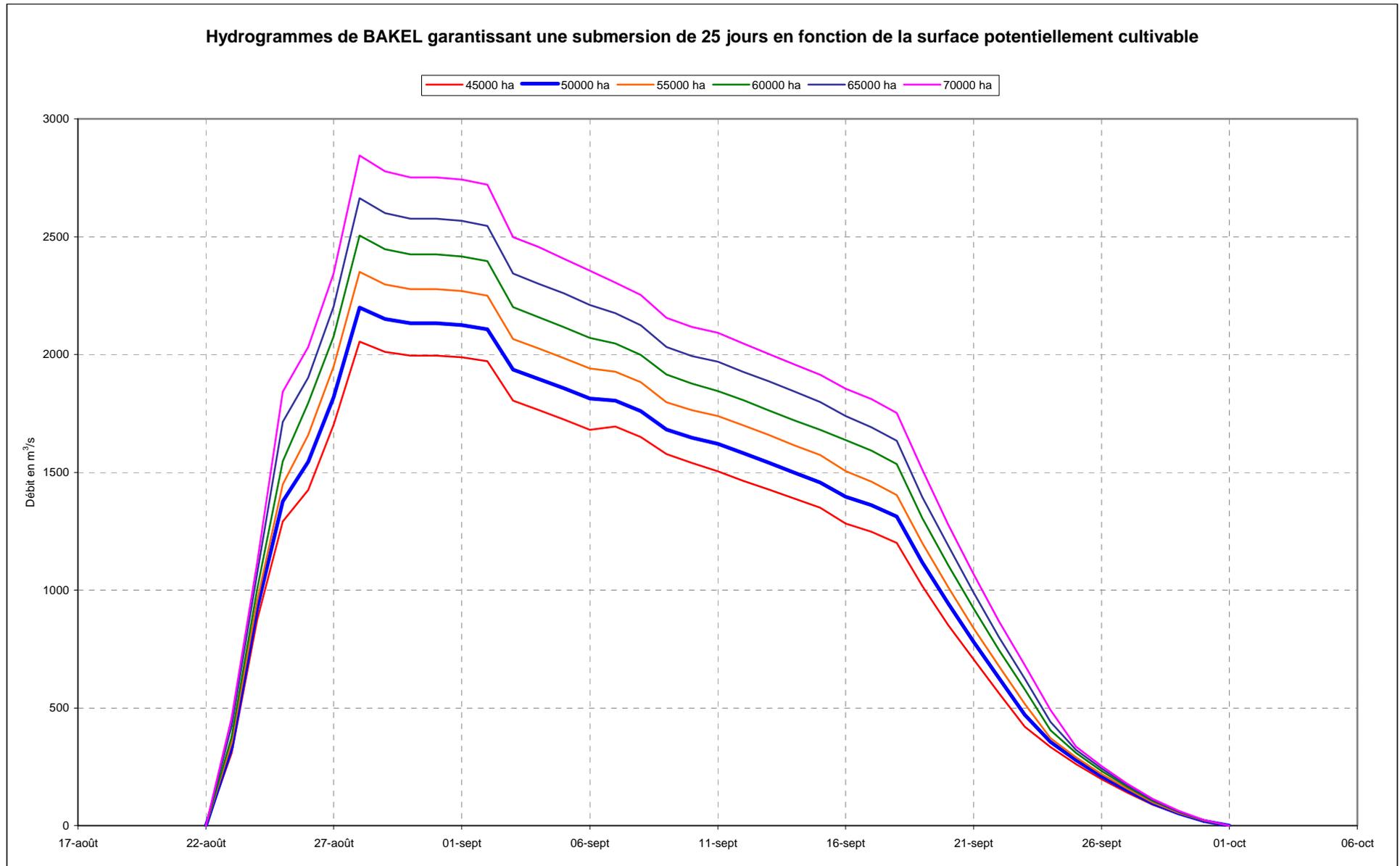


Tableau n°19 – Hydrogrammes garantissant 25 jours de submersion

Date	45000 ha	50000 ha	55000 ha	60000 ha	65000 ha	70000 ha
22-août	0	0	0	0	0	0
23-août	308	332	352	378	424	458
24-août	872	921	953	1002	1069	1114
25-août	1291	1376	1449	1547	1714	1842
26-août	1425	1545	1660	1793	1902	2032
27-août	1702	1818	1950	2078	2204	2344
28-août	2054	2199	2351	2505	2663	2844
29-août	2011	2151	2297	2447	2600	2777
30-août	1995	2132	2277	2426	2577	2752
31-août	1995	2132	2277	2426	2577	2752
01-sept	1988	2125	2269	2417	2568	2742
02-sept	1971	2107	2250	2396	2546	2720
03-sept	1804	1935	2065	2201	2344	2498
04-sept	1764	1896	2026	2159	2300	2457
05-sept	1724	1856	1984	2116	2260	2407
06-sept	1681	1812	1940	2070	2210	2356
07-sept	1694	1803	1926	2047	2175	2305
08-sept	1650	1760	1882	1998	2123	2253
09-sept	1578	1682	1797	1915	2031	2156
10-sept	1540	1647	1763	1876	1993	2117
11-sept	1505	1622	1739	1845	1969	2092
12-sept	1464	1581	1699	1805	1925	2047
13-sept	1427	1541	1659	1762	1886	2002
14-sept	1389	1499	1615	1719	1842	1957
15-sept	1350	1456	1573	1681	1798	1913
16-sept	1282	1396	1506	1637	1738	1854
17-sept	1248	1360	1461	1593	1691	1811
18-sept	1201	1312	1403	1535	1634	1752
19-sept	1018	1118	1200	1306	1395	1512
20-sept	852	943	1013	1106	1189	1278
21-sept	706	780	838	922	989	1067
22-sept	562	627	676	746	798	866
23-sept	420	470	517	579	624	682
24-sept	334	355	371	406	442	492
25-sept	262	279	291	309	322	336
26-sept	197	209	219	232	243	252
27-sept	140	150	157	166	172	179
28-sept	89	95	99	105	109	114
29-sept	50	53	55	58	60	63
30-sept	19	20	21	22	23	24
01-oct	0	0	0	0	0	0
V(10⁹ m³)	4.02	4.33	4.63	4.95	5.28	5.63

Figure n°29



5.3 *Vérification des potentiels avec le transfert des limnigrammes à PODOR*

Le transfert par propagation est réalisé à l'aide du modèle de propagation BAKEL – PODOR calibré avec un amortissement analogique des hauteurs à BAKEL.

Les limnigrammes sont transformés en remplaçant la cote du jour par la moyenne mobile de période 15 jours (H_{j-15} à H_{j+15}).

Pour le limnigramme **garantie 25j**, la cote maximale à BAKEL après amortissement est de 635 cm à l'échelle, ce qui conduit par ce modèle à une cote de 407 à PODOR, soit un potentiel de surface cultivable de **49715 ha**.

Pour le limnigramme **garanti 30j**, la cote maximale du limnigramme amorti est de 656.5 cm, ce qui correspond à PODOR à une cote maximale de 417 cm à l'échelle de PODOR, soit un potentiel cultivable de **54 182 ha**.

Rappelons que toutes les analyses sont effectuées pour un potentiel cultivable compris entre MATAM et la confluence du KOUNDI. D'où une sécurité de l'ordre de 15 à 20% en ce qui concerne les valeurs indiquées pour les potentiels cultivables dans les analyses.

Il ressort de cela qu'il est possible de diminuer les débits lâchés de MANANTALI plus rapidement que prévu, si au 24 septembre les apports dans la retenue sont faibles. Ceci afin de stocker pour le soutien d'étiage et la crue de l'année à venir.

6. STATISTIQUES DES INONDATIONS

La station de Podor est observée depuis le début du siècle, les hauteurs maximales sont connues depuis 1903. Il a été montré dans ce qui précède que la liaison entre cette hauteur et la surface maximale inondée était stable avec un coefficient de régression de l'ordre de 0,998. Le tableau n°20 contient les valeurs des hauteurs maximales à Podor et les surfaces correspondantes inondées et cultivées (extensions à partir des liaisons établies – tableau n°7bis et n°10), la figure n°30 présente ces liaisons.

L'étude statistique menée sur la cote maximale de Podor nécessite l'utilisation d'une loi exponentielle tronquée double, avec 5 paramètres (1 de troncature commune – 2 de forme et 2 d'échelle) – Figure n°31.

Tableau n°20

Année	Maximum cm échelle	Smax ha	culivable ha
1903	545	183825	93989
1904	565	204173	99999
1905	540	178955	92531
1906	675	342236	143314
1907	495	139010	79803
1908	575	214984	103171
1909	620	267645	118914
1910	570	209587	101588
1911	530	169565	89681
1912	515	155531	85290
1913	320	42503	20541
1914	420	86724	55882
1915	540	179052	92560
1916	570	209373	101525
1917	572	211735	102218
1918	650	306958	131389
1919	508	149542	83349
1920	615	261424	117008
1921	482	128607	76086
1922	677	345323	144394
1923	584	224925	106092
1924	660	320692	135944
1925	578	218265	104134
1926	442	100267	64197
1927	634	285563	124503
1928	640	293471	127020
1929	624	272181	120315
1930	595	237473	109802
1931	550	188881	95493
1932	584	225374	106224
1933	614	260068	116594
1934	590	231486	108028
1935	664	325782	137660
1936	679	348279	145433
1937	555	193926	96985
1938	589	230574	107758
1939	527	166786	88826
1940	415	83847	53396
1941	474	122600	73814
1942	489	134177	78107
1943	569	208518	101274
1944	403	75195	47777
1945	625	280510	120827
1946	573	210663	102376
1947	545	187944	93989
1948	530	168752	89795
1949	515	155757	85374
1950	668	335911	139851
1951	585	227755	106423
1952	580	216871	104717
1953	533	168700	90540
1954	640	291519	126977
1955	639	276783	126510
1956	650	304834	131389
1957	627	269892	121581
1958	647	309726	130011
1959	604	258067	112966
1960	527	160914	88826
1961	640	297133	127020
1962	580	217855	104782
1963	537	160345	91691
1964	654	310483	133201
1965	663	326522	137419
1966	608	251953	114412
1967	647	301650	130143
1968	438	99196	62930
1969	558	204459	97889
1970	532	166805	90253
1971	558	198510	97889
1972	320	44597	20518
1973	442	99356	64322
1974	589	227206	107758
1975	515	148844	85430
1976	385	62270	40223
1977	381	65076	38642
1978	413	84745	52426
1979	341	47779	25835
1980	438	95742	62930
1981	442	97180	64165
1982	371	61255	35100
1983	233	27142	7859
1984	233	24314	7782
1985	397	73183	45146
1986	402	82520	47509
1987	289	37000	14542
1988	482	148700	76229
1989	400	82213	46403
1990	248	23479	9202
1991	373	63446	35772
1992	380	60725	38265
1993	393	69047	43580
1994	504	142489	82449
1995	519	157843	86530
1996	370	60675	34611
1997	429	92000	60016
1998	504	146000	82309
1999	565	221000	99876
2000	448	107323	66188

Figure n°30

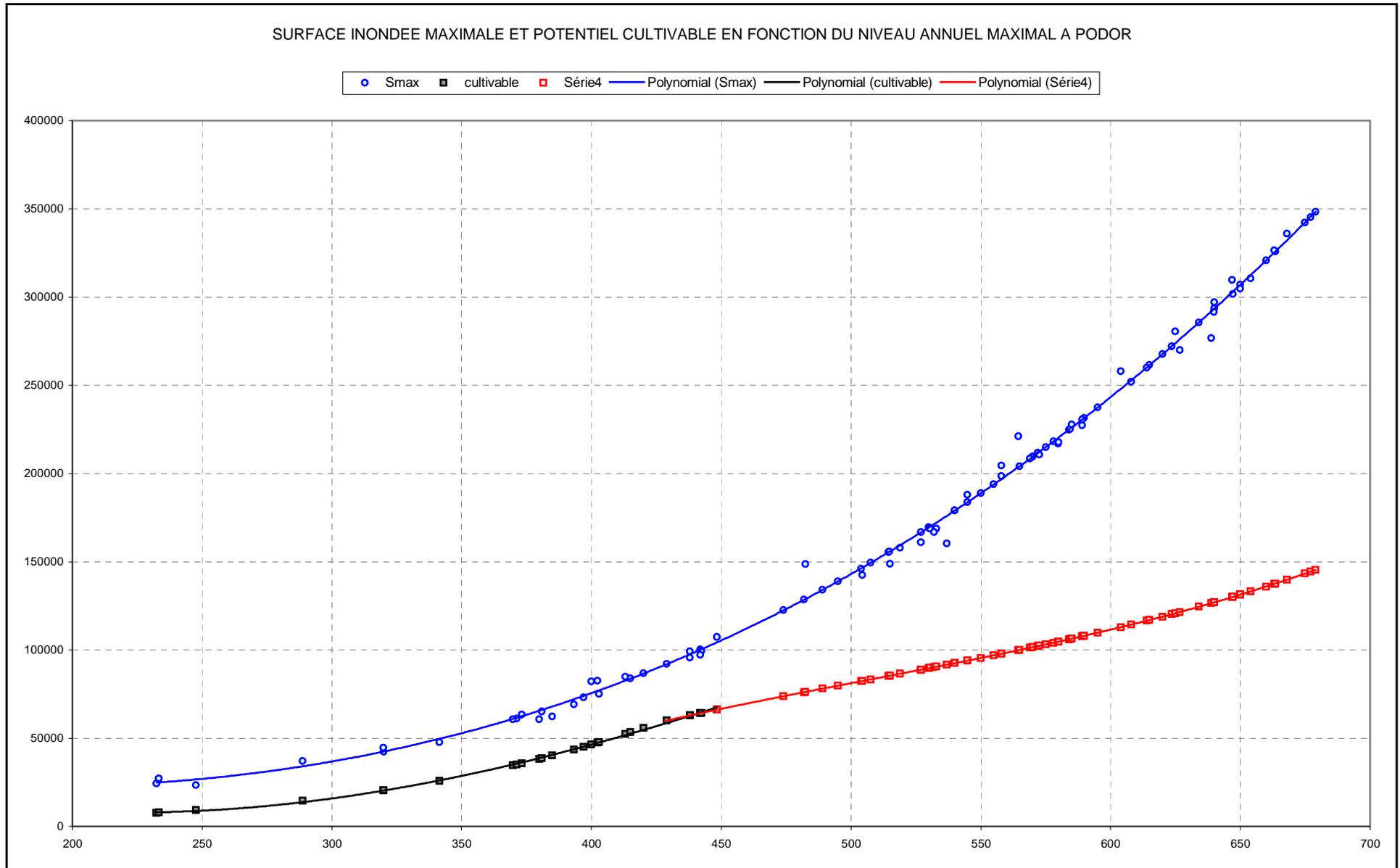


Figure n°31

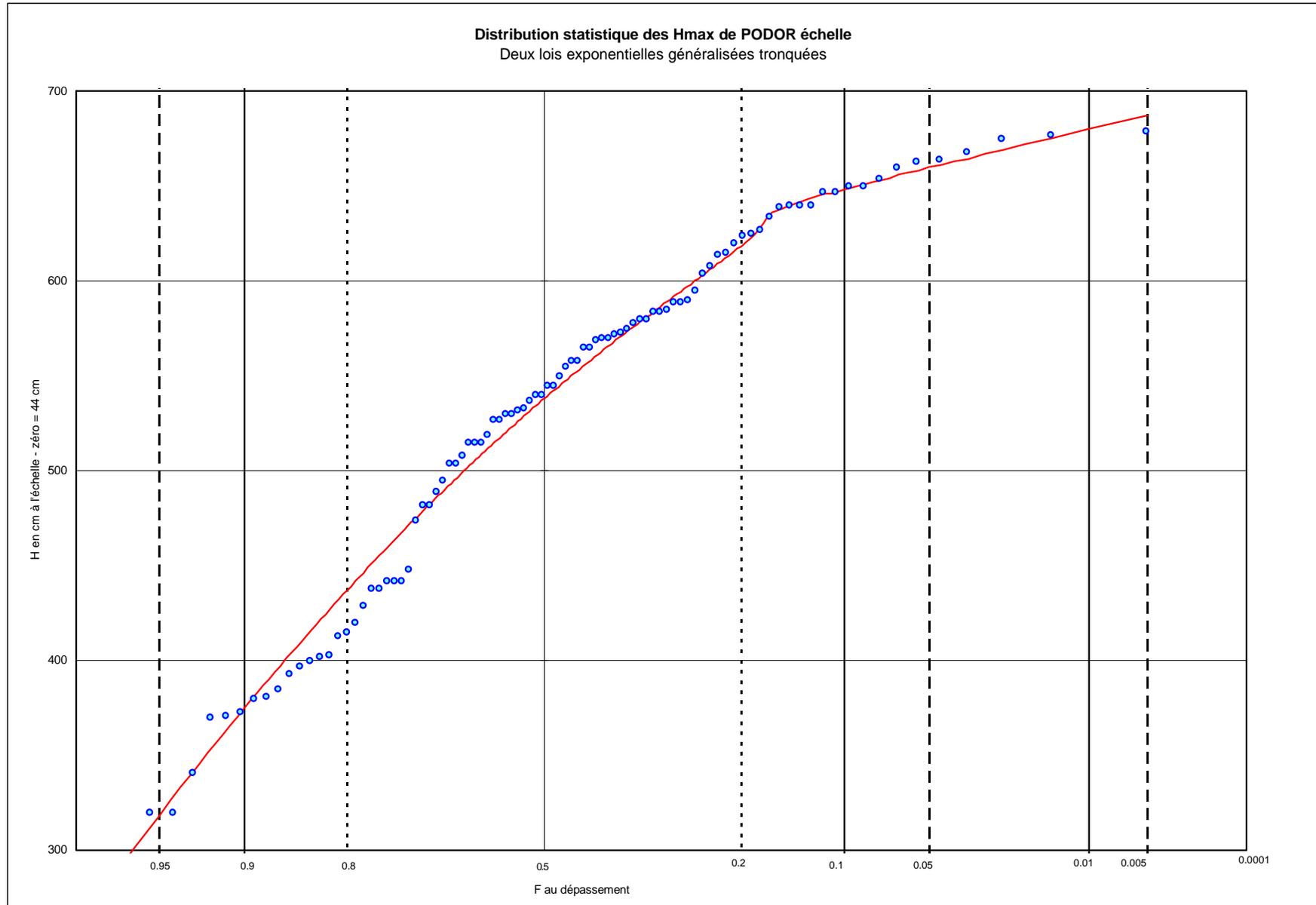


Tableau n°21 :

var. réduite	non dép.	cm	ha	ha
u	F	H échelle	S inondation	S pot. Cultivable
-2.57624	0.005	155	23177	3116
-2.32679	0.010	201	22661	5516
-2.17053	0.015	229	24453	7489
-2.05419	0.020	250	26911	9439
-1.96040	0.025	266	29449	11282
-1.88121	0.030	279	31949	13048
-1.81232	0.035	291	34612	14919
-1.75108	0.040	301	37098	16673
-1.69577	0.045	310	39545	18414
-1.64521	0.050	318	41891	20098
-1.59853	0.055	326	44399	21920
-1.55510	0.060	333	46728	23630
-1.51441	0.065	339	48825	25188
-1.47608	0.070	345	51017	26832
-1.43980	0.075	351	53304	28565
-1.40532	0.080	356	55283	30081
-1.37244	0.085	361	57329	31662
-1.34097	0.090	366	59443	33311
-1.31078	0.095	370	61183	34680
-1.28173	0.100	375	63420	36455
-1.25372	0.105	379	65259	37927
-1.22667	0.110	383	67143	39446
-1.20048	0.115	387	69072	41013
-1.17509	0.120	390	70548	42220
-1.15044	0.125	394	72555	43873
-1.12646	0.130	397	74091	45146
-1.10311	0.135	401	76178	46887
-1.08035	0.140	404	77774	48227
-1.05814	0.145	407	79395	49597
-1.03643	0.150	410	81043	50997
-1.01520	0.155	413	82716	52426
-0.99442	0.160	416	84417	53887
-0.97406	0.165	419	86143	55378
-0.95410	0.170	422	87896	56900
-0.93450	0.175	424	89079	57933
-0.91526	0.180	427	90876	59508
-0.89636	0.185	430	92700	60344
-0.87776	0.190	432	93931	60998
-0.85947	0.195	435	95800	61969
-0.84146	0.200	437	97061	62611
-0.82371	0.205	439	98334	63249
-0.80623	0.210	442	100267	64197
-0.78898	0.215	444	101570	64823
-0.77197	0.220	446	102886	65446
-0.75518	0.225	449	104882	66373
-0.73860	0.230	451	106228	66986
-0.72222	0.235	453	107586	67596
-0.70603	0.240	455	108957	68202
-0.69002	0.245	457	110340	68805
-0.67419	0.250	459	111736	69405

var. réduite	non dép.	cm	ha	ha
u	F	H échelle	S inondation	S pot. Cultivable
-0.65853	0.255	461	113144	70001
-0.64302	0.260	463	114564	70595
-0.62767	0.265	465	115997	71186
-0.61247	0.270	467	117442	71774
-0.59741	0.275	469	118900	72360
-0.58248	0.280	471	120371	72944
-0.56768	0.285	473	121854	73525
-0.55300	0.290	474	122600	73814
-0.53845	0.295	476	124102	74392
-0.52400	0.300	478	125617	74968
-0.50967	0.305	480	127144	75542
-0.49544	0.310	482	128685	76115
-0.48131	0.315	483	129460	76400
-0.46728	0.320	485	131019	76970
-0.45333	0.325	487	132592	77539
-0.43948	0.330	488	133383	77823
-0.42571	0.335	490	134974	78390
-0.41202	0.340	492	136579	78956
-0.39841	0.345	493	137386	79239
-0.38488	0.350	495	139010	79803
-0.37141	0.355	496	139827	80085
-0.35802	0.360	498	141471	80649
-0.34468	0.365	500	143127	81212
-0.33141	0.370	501	143960	81493
-0.31820	0.375	503	145637	82055
-0.30505	0.380	504	146480	82337
-0.29194	0.385	506	148176	82899
-0.27889	0.390	507	149029	83180
-0.26589	0.395	509	150744	83742
-0.25293	0.400	510	151607	84023
-0.24002	0.405	512	153343	84586
-0.22715	0.410	513	154216	84867
-0.21432	0.415	515	155971	85430
-0.20152	0.420	516	156854	85712
-0.18876	0.425	517	157740	85994
-0.17603	0.430	519	159523	86558
-0.16333	0.435	520	160419	86841
-0.15065	0.440	522	162221	87407
-0.13801	0.445	523	163127	87690
-0.12538	0.450	524	164037	87973
-0.11278	0.455	526	165866	88541
-0.10020	0.460	527	166786	88826
-0.08763	0.465	529	168636	89396
-0.07508	0.470	530	169565	89681
-0.06255	0.475	531	170499	89967
-0.05002	0.480	533	172375	90540
-0.03751	0.485	534	173319	90827
-0.02500	0.490	535	174266	91114
-0.01250	0.495	537	176170	91691
0.00000	0.500	538	177127	91980

Le tableau 21 contient les résultats de l'analyse statistique développée sur les hauteurs maximales de Podor, résultats étendus aux surfaces maximales de l'inondation et aux surfaces potentiellement cultivables.

On constate que la crue optimisée pour 50 000 ha de culture de décrue, avec garantie de submersion de 30 jours a une période de retour comprise entre 6 et 7ans et pour 70 000 ha la période est 4 ans.

Il s'agit donc bien là de fréquences qui correspondent à des crues faibles et à un choix de « survie » !

ANNEXE 1

CULTURES DE DECRUE

Analyse des contraintes liées à la culture de décrue

Présentation des cultures de décrue

Ce système de production se fonde sur l'exploitation des zones inondables par la crue du fleuve Sénégal, ses affluents et ses défluent. Il joue un rôle important dans l'économie de l'eau régionale.

- La pratique de la culture de décrue : (Sapin, Gibb)

La culture de décrue est un système traditionnel de production végétale. Elle consiste à semer ou repiquer sur les terres ayant été inondées par la crue. Il s'agit des berges du lit mineur du fleuve et de ses affluents et défluent, et des dépressions appelées cuvettes dont le remplissage s'effectue par de multiples brèches qui entament le lit du fleuve et des marigots défluent.

Le semis s'effectue lorsque le retrait des eaux est amorcé et que les terres dénoyées ont séché en surface. La première opération consiste à faire sauter, à l'aide d'une houe à long manche coudé (daba ou tongo) la croûte superficielle du sol à l'endroit du futur poquet. Puis, à l'aide d'un pieu de bois taillé (lougol) en son extrémité, le cultivateur creuse un trou conique où il dépose quelques graines de sorgho, maïs ou niébé. Enfin, un autre travailleur, souvent un enfant, passe derrière pour recouvrir de terre non tassée. La levée a lieu une semaine plus tard (pour le sorgho). La réserve d'eau constituée durant l'inondation va alimenter la culture jusqu'à la récolte.

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 remontée capillaire de l'eau à l'intérieur du sol.

- Les avantages de la culture de décrue en terme d'exploitation des ressources en eau

Les cultures de décrue permettent de prolonger la saison culturale au-delà de la période des cultures pluviales et d'étendre les superficies cultivables. Elles valorisent bien les dernières pluies de la saison pluvieuse. Celles-ci ne profitent que peu aux cultures pluviales qui ont déjà atteint leur maturité. Par contre, elles complètent l'approvisionnement en eau des cultures de décrue au moment où celles-ci sont en croissance.

- La place des cultures de décrue dans les plans de développement des différents états riverains

L'aménagement du fleuve Sénégal avec la construction de digues et des barrages de Diama et Manantali a pour but de maîtriser le régime du fleuve en vue de son exploitation et de la sécurité de ses riverains. L'objectif initial de l'OMVS était de maximiser la production par unité de surface et par mètre cube d'eau consommée. Une comparaison rapide entre les bénéfices (économiques) de l'agriculture de décrue et de l'irrigation conduit à recommander cette dernière. L'OMVS avait donc préconisé l'abandon de la culture de décrue après construction du barrage de Manantali et de l'usine hydroélectrique correspondante. Cet abandon devait cependant changer le mode de vie des agriculteurs pratiquant la culture de décrue pour les transformer en irriguants sur des périmètres par pompage. Cette transformation prenant du temps, l'OMVS a finalement retenu le maintien d'une crue artificielle pour une période de transition. Pendant cette période, les infrastructures hydroélectriques doivent se mettre en place et l'agriculture irriguée se développer. (F Gadelle, Juin 1997).

A l'heure actuelle, les Etats n'ont pas encore décidé s'ils allaient faire un soutien de crue permanent. Cependant, si l'on considère les Termes de référence du POGR, la question du maintien de la crue artificielle ne se pose plus, et est probablement la contrainte la plus difficile à réaliser. Le soutien de la crue est souhaité par les bailleurs de fonds, ces derniers ayant pris conscience des risques d'apparition d'effets négatifs dus aux facteurs secondaires mal connus (risques environnementaux). Les Etats n'ont pas vraiment encore statué sur l'hydrogramme de crue et la fréquence du soutien.

Il s'agit d'une question délicate, chaque pays riverain ayant des intérêts différents. Le Mali n'est pas concerné par l'agriculture de décrue, il préférerait qu'on sacrifie la crue au bénéfice de la production électrique et de la navigation.

Aujourd'hui, la crue est donc une crue artificielle, partiellement conditionnée par les lâchers de Manantali. On estime qu'en régime naturel, l'écoulement dans le Sénégal dépend à 60% environ des lâchers et pour les 40% restants, de ses affluents naturels, i.e. surtout la Falémé et le Bakoye.

Un soutien de crue à date mobile avait initialement été proposé. On s'est aperçu que ce n'était pas la meilleure approche, notamment car les apports des affluents non contrôlés ne sont pas connus suffisamment à l'avance (les données de pluviométrie ne sont pas assez nombreuses pour établir un modèle pluie-débits). De plus, cette approche, statistique, pouvait entraîner des mauvaises prises de décision. Par conséquent, la décision de soutenir la crue à date fixe a été retenue. Le 20 Août de chaque année, selon la cote dans le réservoir de Manantali, on décide ou non d'effectuer des lâchers pour soutenir la crue. La date a été optimisée d'après une série chronologique de données hydrologiques depuis 1900.

Problématique

L'objectif de ce volet d'étude est de préciser la relation qui lie les superficies cultivées en décrue aux superficies inondées, dans l'ensemble de la vallée du fleuve Sénégal. En effet, comme les cultures de décrue sont tributaires des crues, elles-mêmes dépendantes de la pluviométrie sur le haut-bassin et de la gestion des lâchers d'eau à partir du réservoir de Manantali, les superficies emblavées et la période de semis varient d'une année à l'autre.

L'IRD, dans le cadre du projet d'optimisation de la gestion des réservoirs, étude commanditée par l'OMVS, a mis au point un modèle qui lui permet d'estimer les superficies inondées totales à partir de l'hydrogramme à Bakel. Il s'agit d'un modèle statistique qui fait les corrélations Hauteur/hauteur ; ce modèle donne le niveau d'eau dans les différentes cuvettes à partir de la cote dépassée pendant 6 jours à Bakel ; connaissant la topographie (seuils, pente) des différentes cuvettes expérimentales, on en déduit les superficies inondées au niveau des cuvettes. Alors, ayant démontré l'existence d'une relation linéaire entre les superficies inondées dans les cuvettes et la superficie inondée totale dans la vallée, on obtient la superficie inondée totale à partir de la cote dépassée pendant 6 jours à Bakel.

Recherchant la meilleure répartition des eaux entre les différents utilisateurs, l'OMVS a pour l'instant fixé un objectif de 50 000 ha de terres cultivées en décrue. Cette valeur est issue de la confrontation des potentialités en main d'œuvre étudiées par Gibb dans son manuel de gestion des ouvrages (1987) et du choix d'un scénario de gestion des ouvrages (on parle de la crue Gibb ou crue ORSTOM1). Jusqu'à présent, l'on considérait que les terres inondées étaient cultivées dans une proportion de 50% environ. Cependant, cette valeur est une moyenne globale, calculée sur l'ensemble de la vallée et sur les dernières décennies. A la simple considération de l'écart type associé, cette relation mérite d'être précisée dans le but de connaître les superficies que la crue doit inonder pour atteindre les objectifs de culture de décrue visés par les Etats.

Dans un premier temps, nous rappelons les différents facteurs qui conditionnent la stratégie du cultivateur (décision de cultiver en décrue ou non), ce rappel est issu de recherches bibliographiques, des entretiens et des visites de terrain. Puis nous cherchons à préciser quantitativement et qualitativement ce rapport. Pour cela, nous nous sommes efforcés à obtenir une banque de données précise et la plus complète à partir des études déjà réalisées et de nos missions ; à partir de ces données nous procédons à des analyses graphiques. Enfin, notre interprétation repose sur l'analyse graphique, et les résultats d'enquêtes permettent d'éviter certaines erreurs en confrontant les données chiffrées à des observations in situ.

Quelle est la relation qui lie les superficies ensemencées en décrue et les superficies inondées ? Cette relation peut être intégrée dans l'ensemble des études du POGR et conditionner en partie la gestion des barrages. En effet, à partir des objectifs des Etats en terme de superficies cultivées en décrue, les chercheurs de l'IRD dans le cadre du POGR peuvent remonter alors jusqu'au volume et à la forme de la crue artificielle à produire.

Le soutien artificiel de crue n'est qu'un des objectifs de l'exploitation des ouvrages hydrauliques et les différentes contraintes de gestion des ouvrages sont parfois contraires et demandent à ce que l'ensemble soit optimisé (on recherche un compromis).

Méthodologie

La collecte des informations s'est appuyée sur une synthèse bibliographique, sur des visites de terrain et sur des entretiens avec les personnes ressources du thème.

De nombreuses études concernant l'agriculture dans la vallée du fleuve Sénégal ont été réalisées depuis les 4 dernières décennies. Il s'agit d'inventaires des superficies cultivées et inondées, des productions et rendements obtenus, et de discussions quant à la relation que nous cherchons à préciser.

De plus, l'IRD dans le cadre du POGR disposait déjà de renseignements quant aux superficies cultivées en décrue, aux superficies inondées et de résultats d'observations lors des différentes missions effectuées. En particulier, Mathilde Tenneson s'était intéressée à ces données.

Les visites de terrain ont été couplées à des missions des techniciens de l'IRD sur les cuvettes expérimentales. Elles ont fait l'objet d'observations directes et d'enquêtes sommaires (ni exhaustives ni basées sur un échantillon représentatif) auprès des cultivateurs.

Enfin, les entretiens ont permis, outre la collecte de statistiques, la discussion et la validation ou la réfutation des informations recensées.

Pâturages sur la cuvette de NABADJI



Cultures de Falo sur les berges du DIAMEL



MISE EN VALEUR DES EAUX DE LA CRUE

PRESENTATION DES CONTRAINTES RECENSEES ET DE LEUR INFLUENCE SUR LA DECISION DU CULTIVATEUR

Certaines contraintes agissent directement sur les superficies aptes à être cultivées en décrue, d'autres ont une influence indirecte en agissant sur les rendements potentiels. On comprend alors qu'un facteur défavorable à l'obtention d'un rendement suffisant est motif à ne pas cultiver.

A. Caractéristiques pédologiques

La culture de décrue est particularisée par l'absence totale d'appoint d'eau du semis à la récolte. L'eau est puisée dans la réserve utile du sol, celle-ci étant reconstituée pendant les inondations. Cette réserve doit donc être suffisante pour alimenter la culture jusqu'à sa récolte.

Les sols propres à la culture de décrue sont les sols argileux, appelés localement hollaldés et faux-hollaldés. Ils titrent respectivement entre 50 et 60% d'argile et entre 40 et 50% d'argile (ces valeurs varient selon les sources).

Le rendement dépend en grande partie des disponibilités en eau et en conséquence de la capacité de rétention. Le rendement est ainsi lié au taux d'argile. (OMVS, 1999)

Certaines zones sont connues par les cultivateurs pour être moins fertiles. Il est difficile de connaître l'importance de ces zones dans la vallée.

L'étude de l'influence des caractéristiques des sols sur l'étendue des superficies cultivées ne me paraît pas nécessaire dans la mesure où les cultures se pratiquent sur des plaines inondables, qui sont argileuses par formation (sédimentation des alluvions du fleuve).

La question peut éventuellement se poser les années de fortes crues, lorsque alors, l'ampleur de la crue est suffisante pour couvrir et alimenter les sols plus sableux. Il faudrait savoir si dans ce cas les cultivateurs mettent en culture ces zones, moins productives .

Les potentialités en terre de walo en rive droite sont de 41 000 ha (sans compter le Gorgol non dépendant du fleuve Sénégal).

Il serait intéressant de connaître les potentialités en terres de walo en rive gauche pour connaître la superficie cultivable maximale totale et

B. Caractéristiques hydrauliques, le type de crue:

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 de montée et descente des eaux, et la durée. (selon Gibb, « Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS » Optimisation de la crue artificielle. Rapport définitif, juin 1987).

L'ampleur de la crue, en particulier la pointe, détermine l'étendue de la surface inondée et par conséquent les surfaces potentiellement cultivables. Lors des années sèches, où les crues furent peu intenses, les cultures étaient quasi impossibles. Par contre, après de fortes crues, comme ce fut le cas en 1970/1971 (plus de 300 000 ha de terres inondées (dont le delta, les chenaux...) selon Gibb), la main d'œuvre est insuffisante pour cultiver l'ensemble des terres inondées.

La forme de la crue est également un facteur à considérer.

De grandes crevasses (qui atteignent jusqu'à 60-70 cm de profondeur) se forment après une saison sèche prolongée. Une *montée* rapide de la crue permet aux eaux de remplir au maximum ces crevasses avant que le sol 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 Kaédi). 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 l'humidité. Ce phénomène se produit aussi pendant les pluies.

Par contre, alors qu'une montée rapide des eaux est souhaitable, c'est l'inverse qui compte pour la *descente* des eaux. En effet, le semis s'effectue au fur et à mesure que l'eau se retire de la plaine et si ce retrait s'effectue trop rapidement, les sols risquent de se dessécher trop fortement par évaporation. Les conséquences sont soit l'absence de semailles soit une réduction des rendements. (il ne faut pas non plus que le retrait se fasse trop lentement, car ceci pourrait obliger les paysans à semer dans des conditions climatiques moins favorables). (Gibb, 1987)

Enfin, le plateau de la crue, i.e. le *temps de submersion* influence la capacité d'absorption des sols. Selon les sources, de deux (durée retenue par Gibb) à quatre semaines (durée retenue par le groupement de Manantali) de submersion sont un minimum nécessaire pour que la culture arrive à maturité. Les agriculteurs interrogés dans le cadre des enquêtes sur les cultures de décrue menées par l'OMVS et synthétisées par Aviron-Viollet donnent, pour 83% d'entre eux, une réponse comprise entre 3 et 7 semaines, et pour 67% une durée de submersion supérieure à 5 semaines.

Sur le plan purement agronomique, d'après le POGR (Tome 5 du rapport de la phase 2), on a :

$$T_{\text{submersion nécessaire}} = \frac{\text{Min} [P_{\text{racinaire}} * RU, V_{\text{besoin}}]}{I}$$

Avec :

V_{besoin} : les besoins en eau de la plante

I : la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol

$P_{\text{racinaire}}$: la profondeur racinaire

RU : la capacité de rétention du sol

Cependant, la notion de temps de submersion est floue. Le temps de submersion est différent selon que l'on se place à l'échelle de la cuvette ou à l'échelle de la parcelle. De plus, il y a parfois des confusions entre l'eau provenant du ruissellement (eaux de pluie) et l'eau du fleuve (eau de la crue), notamment dans les zones amont (où la crue survient tôt, juste après les pluies).

Il est donc nécessaire de choisir une variable clairement définie. Nous pouvons choisir la surface inondée maximale (S_{max}) (données disponibles pour les cuvettes expérimentales et pour l'ensemble de la vallée) et la surface inondée pendant 15 jours (disponible pour les cuvettes expérimentales seulement).

La date d'occurrence de la crue

Toute culture nécessite une certaine quantité de chaleur pour atteindre la maturité (c'est la notion de temps thermique, c'est à dire la quantité de degrés efficaces spécifique à la culture), et présente certaines exigences spécifiques à certains stades critiques de développement (elle peut craindre ou exiger le froid ou le chaud) .Trop précoce, le semis risque d'être englouti par une inondation tardive. Trop tardif, les rendements seront affaiblis, d'une part car les températures plus basses au moment du semis (à partir de décembre) seront moins favorables, d'autre part car la phase de gonflement des grains sera écourtée ou gênée par des températures hautes (en mars-avril), préjudiciables et par des disponibilités en eau restreintes à un stade où les plantes (comme le sorgho) sont le plus sensibles à un déficit hydrique. Les cultures seront alors utilisées comme fourrage. Ainsi, une décrue tardive est défavorable au succès de la culture (Aviron-Violet, 1990).

Généralement, on parle du 15 Novembre comme étant la date seuil pour le semis, date au delà de laquelle la culture ne peut arriver à maturité. (Gibb)

Remarque : Les cuvettes étant de topologie et de caractéristiques hydrauliques variées, il faut tenir compte de cette diversité dans l'étude de l'influence du type de crue. En effet, certaines sont alimentées par un seul bras tandis que d'autres appartiennent à un chapelet de mares. De même, certaines présentent des seuils à l'entrée du chenal d'approvisionnement en eau tandis que d'autres sont en communication directe avec le fleuve ou son affluent /défluent. Enfin, du fait de la durée de propagation de la crue, les cuvettes ne sont pas inondées au même moment. Ainsi, la date, l'étendue de l'inondation et les vitesses de montée et descente des eaux ne seront pas les mêmes d'une cuvette à l'autre.

(cf calendrier des cultures page 64)

C. Caractéristiques climatiques

1. Les températures

Elles peuvent limiter les productions, notamment si elles sont basses en début de la période de végétation, ou si elles sont trop élevées entre la floraison et la fructification (dans ce cas il peut y avoir échaudage des plants). Dans la pratique, les cultivateurs ne prennent que rarement en compte les températures, ils se fient plutôt à la date de la crue.

Le diagramme ombrothermique est présenté sur la page 4.

2. Les vents

Les cultures sont soumises à un régime de vents d'est brûlants qui peuvent certaines années compromettre les perspectives de récolte.

3. L'importance des précipitations

La pluviométrie intervient de deux façons.

D'une part, les pluies conditionnent la réussite des cultures de diéri (=pluviales) et ainsi peuvent constituer un critère de décision pour le cultivateur. D'autre part, elles peuvent si elles sont abondantes, nuire au remplissage de la réserve utile des cuvettes (par gonflement de l'argile et blocage des crevasses) et ainsi défavoriser la culture de décrue.

Remarque : d'après P. Lavigne-Delville, dans son document « Irrigation et activités extra-agricoles : les mutations de l'économie familiale », intégré dans « Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal », on apprend que 300 mm de précipitations est généralement considéré comme la limite inférieure des cultures pluviales.

Depuis 1985, même si les totaux pluviométriques se sont légèrement améliorés, la pluviométrie moyenne reste inférieure à 250 mm/an, ce qui rend les cultures de diéri très aléatoires.

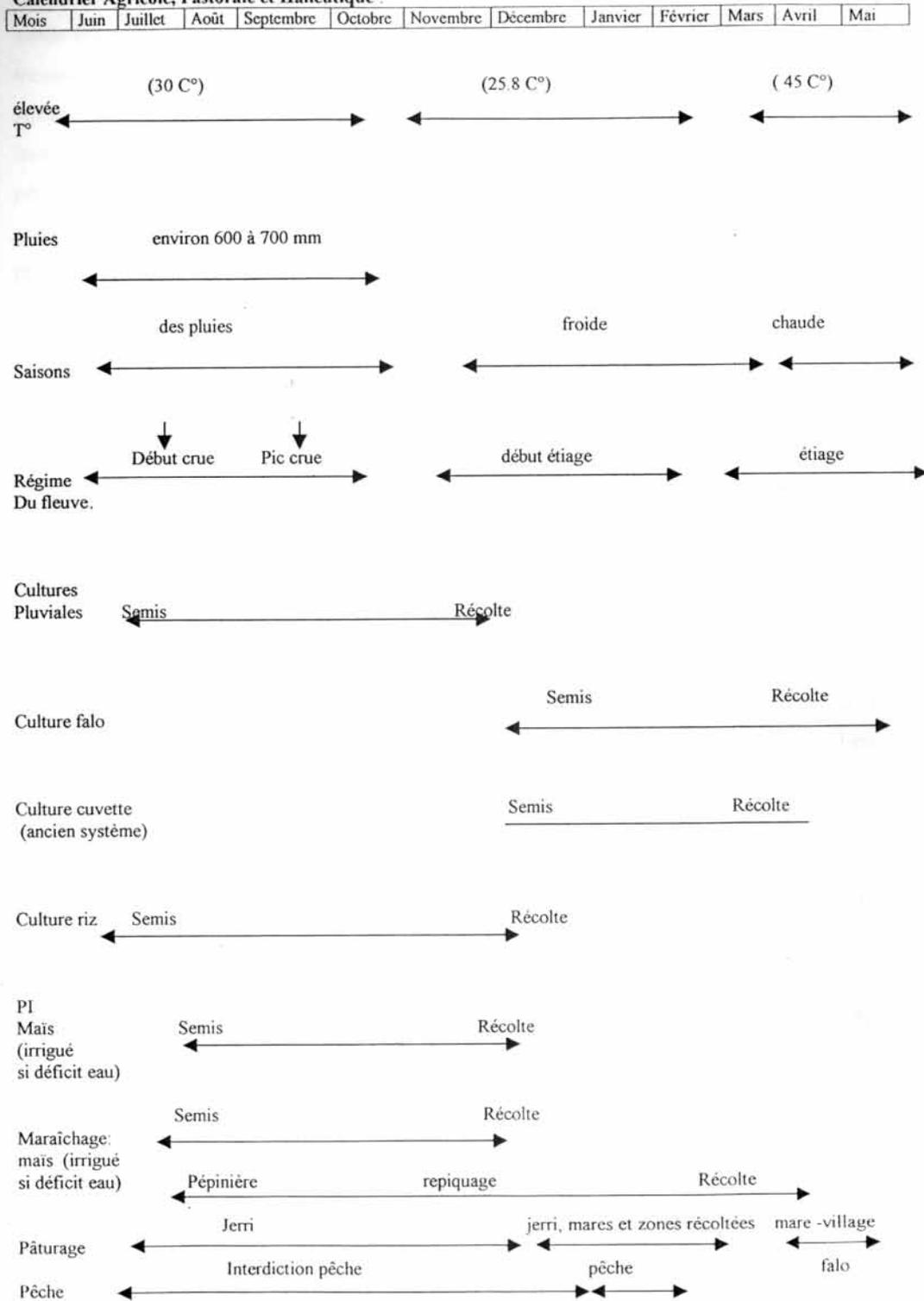
D. Calendrier des cultures

Les agriculteurs de la vallée sont majoritairement des pluri-actifs. Certains cultivent en décrue et sur le diéri, certains en décrue et irrigué, d'autres sont aussi pêcheurs ou éleveurs. Dans la très grande majorité des cas, la culture de décrue n'est qu'un élément du système d'exploitation.

De ce fait, des concurrences entre les différentes cultures ou activités peuvent apparaître à certains moments clés de l'année, correspondant aux maximums *des besoins en main d'œuvre* (pointe de travail).

Les calendriers des cultures et la date d'occurrence de la crue diffèrent d'une région à l'autre et les pointes de travail dans le calendrier ne sont pas partout les mêmes. Toutefois, on peut rencontrer sur l'ensemble de la vallée une concurrence potentielle entre la récolte des cultures pluviales (généralement la première quinzaine de novembre) et des cultures irriguées d'hivernage et le semis des cultures de décrue (à partir d'octobre et jusqu'à mi- voire fin décembre).

Calendrier Agricole, Pastorale et Halieutique :



Source : M. N'dienor, 1999

Ainsi, lors d'une année à forte pluviométrie (« bon hivernage »), les productions en diéri seront importantes et monopoliseront pour la récolte une main d'œuvre importante, ce qui peut pénaliser la culture de décrue qui suit (soit en réduisant les superficies emblavées, soit en retardant le semis à une période où les conditions climatiques sont moins favorables).

Citons l'exemple de la concurrence du sorgho et du riz dans le calendrier de travail : le semis du sorgho coïncide avec la récolte du riz d'hivernage et, de plus, sa récolte correspond à la mise en place du riz de contre-saison chaude, participant à l'abandon de cette campagne en 1996.

En outre, lorsqu'on s'intéresse aux stratégies de productions des cultivateurs, on s'aperçoit, surtout en rive gauche, qu'ils peuvent ne pas cultiver une grande surface après une récolte abondante. Il s'agit de productions quasi totalement auto consommées et la surproduction n'intéresse pas obligatoirement le cultivateur dans une économie planifiée sur le court terme au regard des besoins alimentaires. Toutefois, les superficies allouées et les rendements sont faibles et les productions sont rarement excessives.

Ainsi, lors d'un bon hivernage, il arrive de constater que les superficies cultivées en décrue sont faibles, même si les conditions hydrologiques étaient favorables. Ceci semble être le cas pour la crue 2000 (d'après les observations de terrain et selon Fodé SARR, inspecteur régional à l'IRA Saint-Louis).

E. Caractéristiques sociologiques/humaines

1. *Le foncier*

La propriété et le droit d'exploitation des terres sont originellement régis par des lois traditionnelles. Ces lois reposent sur l'organisation sociale et la hiérarchie entre familles de nobles, serviteurs, captifs, affranchis...

Au Sénégal, la gestion traditionnelle a été modifiée depuis l'application de la loi 64/46 du 17/06/64 instituant le domaine national. Cette loi procède à un classement des terres du domaine national (environ 95% du territoire national). Elle établit le principe d'égalitarisation de l'accès à la terre. En théorie, les droits fonciers traditionnels ne sont plus reconnus. Les terres en zone de terroir sont gérées par le Conseil Rural composé d'élus de la communauté rurale. Depuis l'instauration de cette loi, les conflits autour du foncier se sont multipliés et pourraient probablement se faire ressentir au niveau de l'exploitation des terres (selon Boivin & al, 1995)

Nous pouvons présupposer que dans certaines régions, il y ait un blocage des cuvettes par une classe de la population (grands propriétaires terriens) qui ne cède pas ses terres mais qui ne les cultive pas non plus. En outre, des problèmes peuvent apparaître entre éleveurs et cultivateurs. En effet, les éleveurs utilisent les zones inondées du walo pour abreuver leurs bêtes. Certains passages sont donc laissés libres. Le passage de la gestion foncière traditionnelle à la gestion foncière moderne ne s'est pas fait sans obstacle et la réattribution des terres n'a pas toujours tenu compte du passage des troupeaux. Ainsi, certaines terres sont peut-être sacrifiées mais cette hypothèse est à vérifier.

De nombreux aménagements se sont faits sur des terres de walo, naturellement fertiles et ayant une forte capacité de rétention. Ainsi, les gestions traditionnelle et moderne du foncier mais aussi les conflits qui en résultent peuvent conditionner l'exploitation des terres de walo.

Toutefois, il est bien trop ambitieux, à l'échelle de notre étude, d'analyser l'importance que le foncier peut revêtir dans la part des zones inondées cultivées.

2. Répartition et évolution de la main d'œuvre

Gibb chiffrait la main d'œuvre potentielle dans l'ensemble de la vallée (y compris le gorgol, qui ne dépend pas du fleuve Sénégal mais du fleuve Gorgol) à 369 970 travailleurs en 1985 (chiffres issus de l'extrapolation des données « Lericollais-Diallo » de 1980). Cette population peut selon lui cultiver 120 000 ha. Il considère que chaque famille (trois adultes et trois enfants) peut cultiver environ 2,5 ha en décrue.

Selon ses prévisions de population et en appliquant une règle de trois, on obtient un total de 535 829 cultivateurs de décrue en 2000, qui pourraient cultiver 171 465 ha, réparties en 89 433 ha au Sénégal et 82 032 ha en Mauritanie.

Si l'on fait les mêmes calculs, avec les mêmes estimations (superficie cultivable par famille, nombre de personnes par famille), à partir des données de population fournies par Kosuth dans son rapport « Populations de la vallée concernées par la gestion des ouvrages et des eaux de surface du fleuve Sénégal » d'Avril 1999, on obtient sensiblement le même résultat (182 650 ha).

Au regard de ces chiffres et des valeurs de superficies inondées, on pourrait dès lors affirmer que la main d'œuvre n'est pas limitant. En effet, depuis 1972, les superficies inondées n'ont été supérieures à 180 000 ha, qu'en 1974 et 1999 (voir tableau des superficies inondées estimées par le POGR dans la suite de ce document).

Cependant, il s'agit d'estimations grossières : d'une part des migrations conséquentes ont suivi les événements sénégal-mauritaniens de 1989, d'autre part un exode rural s'est opéré et concerne plutôt les jeunes travailleurs. Cet exode résultait des difficultés économiques mais aussi de tendances culturelles (études, émancipation des jeunes, effet de mode). Il faudrait vérifier si l'accroissement démographique a compensé la diminution de la part des jeunes travailleurs. Empiriquement, on observe un déficit de main d'œuvre dans les villages. Les travailleurs sont majoritairement les vieux, les femmes et les enfants.

Par ailleurs, il est très probable que la population du secteur primaire n'ait pas évolué proportionnellement à la population globale.

Enfin, la population est répartie inégalement le long du fleuve et il se peut qu'il y ait un déficit de main d'œuvre dans certaines zones, et excédent dans d'autres (amont/aval, rive gauche/ rive droite). Pour vérifier cette hypothèse, il nous faudrait utiliser par exemple les données de population par unité naturelle fournies par Lericollais et les croiser avec les taux de mise en valeur des superficies de walo.

Ici, nous n'avons pas réalisé cette analyse faute de temps.

3. Organisation sociale des différents types de culture

Nous avons vu d'après Pascal Kosuth, qu'il existe à la fois une répartition inégale des différentes ethnies le long de la vallée, selon la rive du fleuve et que chaque ethnie exerce préférentiellement telle ou telle activité.

Les règles traditionnelles de gestion foncière favorisent certaines ethnies pour l'accès à la terre et l'attachement à la terre et aux types de culture ainsi que les habitudes alimentaires ne sont pas les mêmes selon les ethnies.

Par exemple, nous pouvons supposer que les habitants du delta sont moins attachés à la culture de décrue et n'hésiteront pas à l'abandonner s'ils peuvent obtenir de meilleurs résultats avec l'irrigué. Par contre, les habitants de Matam, majoritairement halpuulars (88% de la population du département) plus attachés à la culture de décrue tenteront les cultures chaque année, au risque de n'obtenir qu'un simple fourrage, et ce même si les conditions étaient réunies pour obtenir de meilleurs résultats avec les cultures irriguées. De même, au niveau alimentaire, il est probable que la population de la basse vallée obtient (en achetant ou en échangeant) plus facilement des denrées diversifiées. En effet, les conditions sont plus clémentes avec la proximité d'un port, d'un carrefour routier..., et n'obligent pas la recherche de l'auto subsistance.

Ainsi, si les différences d'exploitation des terres entre les différentes ethnies (ou groupes sociaux-culturels) sont nettes, elles devraient se manifester au niveau géographique par des secteurs de plus forte mise en valeur des plaines inondables. Il faudrait disposer des données de superficies inondées par secteur géographique.

4. Gestion technique

Nous avons vu dans le chapitre précédent que le secteur de l'agriculture irriguée était en grande partie organisée en coopératives ou groupements. Il existe les groupements villageois mais aussi les GIE. Le cultivateur, le plus souvent pluriactif peut appartenir à différents groupements. Son intégration et son degré d'investissement dans un groupement peut être à l'origine d'un certain comportement, d'une stratégie de valorisation des terres.

Ce facteur est difficile à étudier. Il faudrait recenser les cultivateurs et leur intégration dans un groupement, ceci par zone géographique et comparer ces données aux taux de mise en valeur. Cette analyse pourrait être significative seulement après plusieurs années de collecte de données.

F. Caractéristiques économiques

1. Cours du marché des intrants et des produits

Dans le contexte précédemment cité d'une pluriactivité quasi générale, le cultivateur a tout intérêt à tenir compte du marché pour établir sa stratégie de production. En effet, si l'agriculture de décrue ne demande que très peu d'intrants et n'a pas pour but la commercialisation, l'agriculture de diéri et surtout l'agriculture irriguée sont consommatrices d'engrais, de traitements phytosanitaires, de semences, d'investissements, de frais d'entretiens et de carburants pour la culture irriguée.

Par ailleurs, elles fournissent des produits dont le prix varie largement. Sans toutefois aller jusqu'à établir un compte de résultats prévisionnel, le cultivateur planifie ses activités et ses cultures de façon à s'assurer les quantités alimentaires dont il a besoin ainsi qu'un revenu.

Selon le MDRE, l'intensification dépend en grande partie des politiques d'incitation (accès au crédit, prix incitatifs,...).

Fodé Sarr de l'IRA Saint-Louis affirme que les cultivateurs, notamment ceux du delta, tiennent compte des cours du marché dans leur stratégie de production. Est-ce le cas dans la moyenne vallée aval, là où cultures de décrue et cultures irriguées coexistent.

2. Endettement

Dans ce même contexte, les difficultés d'accès au crédit mais principalement l'endettement constituent des facteurs limitant le développement du secteur irrigué (cf. chapitre précédent) et par conséquent justifiant le regain de l'agriculture de décrue chez les cultivateurs (Xavier Le Roy, 1997).

En effet, tandis que l'agriculture irriguée utilise des intrants et nécessite des investissements et frais d'entretiens, l'agriculture de décrue ne requiert aucun apport financier et ne nécessite qu'un faible investissement en travail. Le risque encouru semble nul ou tout au moins acceptable. (X. Le Roy)

Ainsi, les aspects économiques sont à prendre en compte dans notre analyse.

L'endettement est généralisé et nous ne pouvons prendre en considération les ressources financières des cultivateurs pour étudier les disparités dans le temps ou dans l'espace. Par contre, il peut être intéressant de discerner différentes vagues économiques, notamment avec certains événements comme la dévaluation du CFA en 1994, la libéralisation de la filière riz, les changements structurels, et les conjonctures particulières. Ceci, dans le but de justifier certaines évolutions dans les stratégies agricoles.

Les caractéristiques économiques et sociales sont à considérer dans le contexte de la pluriactivité.

Le cultivateur ayant parfois la possibilité de choisir quel(s) type(s) de culture il va pratiquer, il raisonne en fonction des atouts et contraintes de chacune des possibilités. Les facteurs limitant la production en culture irriguée peuvent encourager la culture de décrue (ou la culture pluviale) et inversement.

G. Autres

1. *Distance village*

Les villages sont plus ou moins éloignés des plaines d'inondation. Les cultivateurs étant rarement motorisés, ils se rendent à pied ou à cheval sur leurs parcelles.

Ainsi, la distance de la plaine au village peut intervenir dans la décision du cultivateur à cultiver ou non. Dans le cas où la plaine est peu accessible pour tous, on peut s'attendre, sous des conditions peu favorables à ce que son taux de mise en valeur soit relativement faible.

2. *Présence d'insectes ou de ravageurs*

Certaines cuvettes sont le siège d'attaques de ravageurs. Selon la pression exercée sur la culture, et le type de ravages, les espoirs de récolte sont plus ou moins réduits, voire anéantis. Il est donc nécessaire de prendre en compte cette contrainte sur la décision du cultivateur à semer ou non.

A tous les stades de son développement, le sorgho, principale culture de décrue, peut être sujet aux attaques d'insectes ravageurs. Un nombre réduit d'espèces se caractérisent par des dégâts sérieux et réguliers, portant sur de vastes zones. Ainsi, en Afrique, sévissent la mouche des pousses, les foreurs des tiges, la cécidomyie et les punaises des panicules.

La présence de certains parasites du sol rendent impossible la culture de décrue sur certaines cuvettes (nombreuses chenilles, myriapodes, larves de coléoptères, la liste des parasites du sorgho de décrue en zone tropicale est présentée dans « le sorgho »). C'est le cas de la cuvette de M'Bakhna, où les cultivateurs ont pris l'habitude de n'ensemencer qu'une couronne en périphérie de la cuvette, bien que cette surface soit la moins humidifiée, elle n'enferme pas les petits vers noirs (probablement des larves de coléoptères ou myriapodes du sol) qu'on trouve au centre.

De plus, une protection contre les oiseaux, notamment les mange-mil est nécessaire : dans ce but, le gardiennage des parcelles est systématique.

3. *Mauvaises herbes*

Il est conseillé de procéder à un désherbage avant l'inondation des cuvettes. Ceci permet une fois les terres exondées de semer directement sans perdre de temps (selon SAPIN, 1971). Hélas, il est bien rare que le cultivateur soit tenu au courant de la date approximative d'arrivée de la crue et de ce fait, il ne peut désherber avant la crue, car il risque de désherber plusieurs fois.

Habituellement, il se peut que des adventices se développent dès le retrait des eaux et selon leur importance (densité et stade de développement), le cultivateur peut juger inadéquat de travailler sa terre. On conçoit que ce facteur prend de l'importance quand il est associé avec d'autres conditions défavorables à la pratique de la culture (par exemple si des parasites du sol sont présents).

4. *Information des paysans*

Nous avons remarqué un manque d'information au niveau des cultivateurs, qui sont pourtant les personnes les plus concernées par le maintien de la crue artificielle. Ils ne connaissent ni la forme de la crue ni les cotes ou débits attendus sur le tronçon du fleuve ou de l'affluent ou

défluent dont ils dépendent. Il est sûrement difficile de leur fournir des informations précises et exhaustives de la gestion des barrages mais les structures telles que l'OMVS, le Ministère de l'agriculture ou les directions qui en dépendent, sont « sensées » pouvoir les informer globalement des décisions et leur faire parvenir des prévisions.

Ainsi, on est passé d'une situation où les crues étaient les œuvres de la nature, capricieuse et imprévisible, à une situation où le fleuve est partiellement maîtrisé mais où le cultivateur s'étonne de voir les niveaux d'eaux monter, descendre puis remonter, ou de voir arriver un second pic de crue, qui vient ravager les jeunes pousses. (c'est la « catastrophe de 1994 ». Lors de l'hivernage 1994-1995 la crue a été très bonne et lorsque la décrue a commencé les agriculteurs ont semé sur de très grandes surfaces de walo (du moins en périphérie de ce qui devait représenter de très grandes surfaces). Une nouvelle pointe de crue (correspondant à la vidange du barrage de Manantali pour cause de réparation du parement amont) est alors arrivée, engloutissant les jeunes plants et surtout ennoyant pendant près de trois mois les zones qui devaient être semées. La durée de cette seconde crue a été telle que la remise en culture n'a pas été possible ce qui a totalement détruit les espoirs de récolte sur une grande partie des plaines).

Ces surprises peuvent être à l'origine d'une « non-culture », même si la culture de décrue est par définition, une culture sans risques.

La collecte des données concernant les superficies cultivées et inondées prenant du temps, nous nous sommes intéressés à l'ensemble de ces contraintes dans l'espoir de les relier aux superficies inondées.

Une fois recensés les différents paramètres pouvant influencer la superficie potentiellement cultivable et la stratégie du cultivateur, il apparaît clairement que ces paramètres ne sont pas indépendants. Certains couples de facteurs agissent dans le même sens, d'autres en sens contraire. Citons le cas de la température, du calendrier de cultures et de la date d'occurrence de la crue.

Par ailleurs, certains facteurs sont difficiles à identifier ou à recenser. Parfois, ils ne sont pas quantifiables.

Ainsi, une analyse multifactorielle semble être la meilleure alternative envisageable pour résoudre notre problème. Sans les moyens techniques, il nous faut étudier les facteurs un par un.

I. COLLECTE ET TRI DES DONNEES

De nombreuses études ont été menées ces dernières décennies sur l'agriculture dans la vallée du fleuve Sénégal. Ainsi, il n'est pas difficile de disposer des caractéristiques physiques du territoire (climat, pluviométrie, température, insolation, pédologie, topographie). Par contre, les données relatives aux cultures de décrue sont plus difficiles à obtenir.

Les données statistiques fournies dans les différents rapports ne sont pas toujours mentionnées avec leur source et leur méthodologie. Nous nous efforçons ici de préciser clairement où et comment les informations ont été obtenues, de façon à faciliter leur exploitation.

A. La recherche des données de superficies inondées et cultivées

1. La base de données initiales

S'il est vrai que 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, ces inventaires ne donnent pas toujours des informations précises et fiables (Gibb, 1987).

De plus, les données concernant les superficies inondées sont fragmentaires, et difficiles à collecter. Les diverses estimations résultent soit d'activités de terrain (enquêtes), soit de survols aériens (avec ou sans calibrage au sol), soit d'images satellites (avec calibrage au sol).

Superficies inondées :

Les données existantes sur les superficies inondées par la crue du fleuve Sénégal sont de nature très différente, selon la méthodologie utilisée.

Certaines sont issues du traitement d'images satellites (NOAA, OMVS-BDPA, données IRD 97-98), d'autres de modèles hydrauliques (Reizer, Sogreah, Gibb).

Le problème auquel on se heurte lorsque l'on veut collecter et utiliser les données de superficies inondées dans la vallée du fleuve Sénégal, est l'hétérogénéité des résultats.

En effet, les données sont issues de sources et méthodologies différentes dans lesquelles les typologies varient : zones humides, zones en eau, superficies inondées en dehors du lit du fleuve, cuvettes....

Il est alors difficile de s'adonner à une analyse, à partir de telles divergences.

Dans ce contexte, ces données ont été homogénéisées (en apportant des corrections) par Mathilde Tenneson dans sa note « Comparaison des différentes estimations de superficies inondées », 2001, présentée en annexe 10 dans ce document. Cette note précise également les différentes méthodologies qui ont été utilisées. Les données de superficies inondées corrigées sont présentées sur la page 75 de ce document.

Superficies cultivées :

Les différentes sources d'information à ce sujet sont précisées en annexe 11.

Les données citées par **JUTON de 1944 à 1969** sont issues des Service de l'agriculture- Rapports annuels de la 3^e circonscription agricole, puis de l'Inspection Régionale de l'Agriculture du Fleuve (cultures de walo en mil, niébé, maïs dans les départements de Dagana, Podor, Matam). (JUTON, Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, AFR/REG 61, Les cultures de décrue et l'hypothèse 300 m³/s, août 1970). Il se base sur l'enquête MISOES de 57-58 (Mission socio-économique du fleuve Sénégal - La moyenne vallée du Sénégal, 1962, Presses Universitaires de France) pour établir la relation suivante : aval total= 1.4RG ; amont total= 2RG ; cette relation est ensuite appliquée aux recensements des services de l'agriculture de la Rive Gauche pour les années 46/47, 47/48, 56/57, 57/58, 61/62, 63/64, 64/65, 65/66, 66/67, 67/68, 68/69, 69/70.

De 1970 à 1978, Gibb reprend les estimations de Juton. Celui-ci donne les explications suivantes sur la méthode de sondage de l'Agriculture :

- «choix de villages-échantillons, puis d'agriculteurs-échantillons dans les villages retenus;
- ensuite arpentage (et dépiquage) des champs, calcul de la surface par personne active,
- puis calcul des superficies cultivées totales base sur le nombre de personnes actives ».

Gibb est sceptique quant aux résultats de la méthode utilisée a cause de grande différence avec les chiffres du sondage FAO de la même année.

De **1980 à 1985**, nous disposons des données issues de études du groupement **Manantali**, mais ne connaissons pas la méthodologie employée.

A partir des années 80, les données sont spécifiques à chacune des rives (1980 pour la rive gauche, 1985 pour la rive droite).

En **rive gauche**, il existe un suivi des cultures de décrue. Celui-ci est assuré par les inspections régionales de l'agriculture (IRA), normalement rendu homogène par un guide de l'enquêteur et centralisé à la division des statistiques agricoles du ministère de l'agriculture à Dakar.

Le ministère de l'agriculture avec l'inspection régionale de l'agriculture ont mené des enquêtes sur l'agriculture de décrue dans le but de connaître superficies, productions, rendements, à l'échelle de la vallée. Jusqu'en 1996 (et même 1998, année durant laquelle une enquête a eu lieu mais n'a pas (encore) donné lieu au traitement et à la synthèse des résultats), les enquêtes étaient effectuées avec pour base, le producteur. Ceci a conduit à une perte de temps et des difficultés pour atteindre l'exhaustivité (au niveau des sites) et pour extrapoler du fait des doubles ou multiples activités des producteurs (par exemple, un agriculteur pratiquant la culture de diéri et la culture de walo, pouvait affirmer ne pas avoir cultivé en décrue l'année de l'enquête). Par conséquent, la méthodologie a été revue et les enquêtes se basent aujourd'hui sur le site de production.(2000 est la première année où cette nouvelle méthodologie est mise en application).

Aujourd'hui, les sites de production sont recensés de façon exhaustive. Après un tirage aléatoire à deux degrés (la zone de recensement et le producteur), des agents sont envoyés sur le terrain en milieu de culture (octobre – novembre) et mesurent les superficies emblavées grâce à une calculatrice programmée qui donne la surface à partir du nombre de côtés du site (assimilé à un polygone), des longueurs des côtés et des angles entre les côtés. L'erreur de clôture s'affiche, si elle est supérieure à 5%, l'agent doit reprendre les mesures. A partir de ce recensement, les inspections sont en mesure d'établir des prévisions en terme de production qui sont corrigées quelques mois plus tard, en mars – avril, au moment de la récolte. A ce moment, les agents font un deuxième passage lors duquel ils mettent en place des carrés de rendement. Il s'agit de petits périmètres (de l'ordre du m²) choisis aléatoirement qui permettent une extrapolation à l'ensemble de la cuvette.

Cependant, les enquêtes n'ont pas lieu chaque année et elles ne sont pas toutes traitées (ce fut le cas en 1998).

De plus, les divisions géographiques sont des divisions administratives et l'étude de la culture de walo dans la vallée du fleuve exige le recoupement des informations collectés par l'IRA Saint-Louis et l'IRA Tambacounda (pour le département de Bakel).

En **rive droite**, nos principales sources d'informations pour la dernière décennie sont le service de statistiques agricoles du MDRE (Ministère du Développement Rural et de l'Environnement) à travers ses enquêtes auprès des ménages et exploitants agricoles et la SONADER. (il semble que ces deux structures ont échangé certaines données)

Toutefois, il n'est pas rare de constater des écarts entre les données fournies par le MDRE et celles fournies par d'autres organismes comme la SONADER.

De plus, les enquêtes du MDRE ont pour optique de visualiser l'évolution de la couverture alimentaire (ainsi ils se concentrent sur les céréales qui représentent la grande majorité des productions) sur l'ensemble du territoire mauritanien, il est donc parfois difficile d'utiliser et de comparer les différentes sources d'informations.

Enfin, il est à noter les discordances des résultats entre les différentes sources. Il n'est pas rare d'observer des erreurs de calcul ou de transfert de données d'une source à l'autre et ceci est très gênant puisque le nombre de sources est limité, et que de ce fait, il nous est impossible d'infirmer ou confirmer l'exactitude d'un résultat donné.

2. Les compléments d'informations

Dans un premier temps, nous avons cherché à vérifier l'exactitude des données déjà recensées. Nous avons procédé par la collecte puis la lecture de documents sources, puis les résultats ont été confrontés aux résultats déjà collectés et entre eux dans un même document (reprise des calculs).

Puis, nous nous sommes penchés à la collecte de nouvelles données sur les superficies cultivées en décrue et les superficies inondées (années récentes, années manquantes) auprès des différentes organisations dépendante des ministères concernés : SAED, IRA Saint-Louis, PSI-Coraf, Division des statistiques agricoles du ministère de l'agriculture du Sénégal, pour la rive gauche, SONADER, MDRE, pour la rive droite.

Les informations recueillies sur l'hydrologie du fleuve Sénégal sont extraites des travaux réalisés par l'équipe de l'IRD et concernent d'une part, les données relatives aux débits et cotes du fleuve et des dépressions telles qu'elles ont été relevées sur le terrain, et d'autre part des données statistiques issues de modèles mathématiques, portant sur la propagation des crues.

Ainsi, nous disposons des superficies inondées issues du traitement d'images SPOT pour chacune des cuvettes expérimentales de l'équipe du POGR, et ce pour 97, 98 et 99, et des superficies inondées estimées sur l'ensemble de la vallée, par extrapolation à partir des données sur les cuvettes, depuis 1946. La relation qui lie les superficies inondées sur les 10 plaines expérimentales aux cotes à Bakel est très significative. De même la relation qui lie les superficies inondées cumulées sur les 10 plaines et la superficie inondée totale dans la vallée est très convaincante.

Par ailleurs, l'équipe du POGR a réalisé des mesures de surfaces mises en culture dans les cuvettes expérimentales à l'aide d'un GPS différentiel et a estimé la surface cultivée (en décrue) sur les cuvettes et la surface cultivée totale en 1997 sur l'ensemble de la vallée à l'aide d'images satellites SPOT.

3. Présentation des données brutes

SUPERFICIES INONDEES PAR LA CRUE

(Données brutes)

Crue	Rive droite			Rive gauche			Vallée			Source
	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	
1944									10000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960) (1)
1945										
1946										
1947										
1948										
1949										
1950									500000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960) (1)
1951										
1952										
1953									370000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960) (1)
1954										
1955										
1956										
1957										
1958										
1959										
1960										
1961										
1962										
1963										
1964										
1965										
1966										
1967									500000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15) (1)
1968									220000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15) (1)
1968									164000	Gibb 1987 (S15) (1)
1968	31500	34500	66000	49500	37500	87000	81000	72000	153000	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, sans endiguement (1) (2)
1968	31500	13500	45000	49500	27000	76500	81000	40500	121500	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, sans endiguement, hors zone delta (1) (3)
1969									395000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15) (1)
1969									396000	Gibb 1987 (S15) (1)
1969	52800	101900	154700	135800	115300	251100	188600	217200	405800	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, endiguement delta submersible (RD) (1) (2)
1969	52800	41300	94100	135800	98600	234400	188600	139900	328500	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, endiguement delta submersible (RD), hors zone delta (1) (3)
1970									335000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15) (1)
1970									336000	Gibb 1987 (S15) (1)
1970	71500	95000	166500	116500	110000	226500	188000	205000	393000	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, sans endiguement (1) (2)
1970	71500	37000	108500	116500	76500	193000	188000	113500	301500	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, sans endiguement, hors zone delta (1) (3)
1971									380000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15) (1)
1971									385000	Gibb 1987 (S15) (1)
1972									20000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, ~ S15) (1)
1972									41000	Gibb 1987 (S15) (1)
1973									180000	Gibb 1987 (S15) (1)
1973	14500	36900	51400	45700	51300	97000	60200	88200	148400	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, endiguement delta insubmersible (RD) (1) (2)
1973	14500	8100	22600	45700	44100	89800	60200	52200	112400	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, endiguement delta insubmersible (RD), hors zone delta (1) (3)
1974									414000	Gibb 1987 (S15) (1)

SUPERFICIES INONDEES PAR LA CRUE
(Données corrigées)

Crue	Total Vallée	Source	Correction
1944	4836	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1945			
1946			
1947			
1948			
1949			
1950	284700	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1951			
1952			
1953	210678	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, reprise de CHERET, 1960) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1954			
1955			
1956			
1957			
1958			
1959			
1960			
1961			
1962			
1963			
1964			
1965			
1966			
1967	284700	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, - S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1968	114972	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, - S15) (1)	:22%delta ; -33%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1968	79310	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1968	75330	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, sans endiguement, hors zone delta (1) (3)	delta déjà pris en compte ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1969	224913	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, - S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1969	225482	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1969	239805	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, endiguement delta submersible (RD), hors zone delta (1) (3)	delta déjà pris en compte ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1970	190749	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, - S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1970	191318	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1970	202005	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, sans endiguement, hors zone delta (1) (3)	delta déjà pris en compte ; -33%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1971	216372	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, - S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1971	219219	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1972	9872	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990, calculé selon la méthode UNE, - S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1972	19828	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -33%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1973	94058	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1973	89688	Modèle Sogreah, 1981 (cité par Gibb, 1986), S15, endiguement delta insubmersible (RD), hors zone delta (1) (3)	delta déjà pris en compte ; -38%chenaux d'écoulement, fleuves, etc.
1974	235732	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1975	178222	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1976	37237	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1977	41590	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1978	54163	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1979	22246	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1980	71089	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1981	72056	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1982	33852	Gibb 1987 (S15) (1)	:22%delta ; -38%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1983			
1984			
1985			
1986	154267	Utilisation des données SPOT, OMVS-BDPA, 1987 (5)	:22%delta ; -27%bras, marres, fleuves, permanents, etc.
1987			
1988			
1989			
1990			
1991			
1992			
1993		PDRG 1994	
1994			
1995			
1996			
1997	91670	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, POGR Phase III, juin 2000 (6)	delta et bras, marres, fleuves, permanents, etc. déjà pris en compte
1998	146033	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, POGR Phase III, juin 2000 (6)	delta et bras, marres, fleuves, permanents, etc. déjà pris en compte
1999			
2000			

132123	moyenne 1944-1999
184293	moyenne 1944-1971
83213	moyenne 1972-1999

Observations:

(1) comprend les eaux estuariennes et lacustres, le lit mineur, les chenaux d'écoulement des cuvettes...

Modèle UNE, mesure les superficies inondées (zones inondées au sein des UNE) à partir des niveaux d'eau relevés à 5 stations de jaugeage (Bakel, Matam, Saldé, Podor, Dagana)

(2) Amont RD: Waoundé, Matam, Kaedi, Diorbivot; Aval RD: Saldé, Boghé, Podor, Dagana, Rosso; Amont RG: Waoundé, Matam, Kaedi, Diorbivot, N'Goui, Guédé, Ile Amont, Ile Centre, Ile Aval, Dagana.

(3) Amont RD: idem (2), Aval RD: (2) -Dagana, Rosso, Amont RG: idem (2), Aval RG: (2) -Dagana. La zone du delta représente en moyenne 22% de l'ensemble de la vallée.

(5) superficies inondées au maximum de la crue entre Matam et Saint-Louis (y compris le lit mineur du fleuve et les chenaux d'écoulement des cuvettes).

Sur la zone de test de Matam, la classe 1-lit mineur+chenaux d'écoulement = 24% total des zones inondées.

SUPERFICIES CULTIVEES EN DECRUE

Décru	Rive droite			Rive gauche			Vallée			Source
	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	
1946							45000	55900	100000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1946				22500	39900	62400				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1947							46000	58800	105000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1947				23000	42000	65000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1948										
1949										
1950							54000	65900	119999	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1950				27000	47100	74100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1951							66000	50500	116000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1951				33000	36100	69100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1952							50200	47700	98000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1952				25100	34100	59200				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1953							42000	46200	88000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1953				21000	33100	54100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1954							60000	71300	131000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1954				30000	50900	80900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1955							45000	56100	101000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1955				22500	40100	62600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1956							70200	72200	142000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1956				35100	51600	86700				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1957							67400	76000	143000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1957				33700	54300	88000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1957	32650	16800	49450	31950	43600	75500	64600	60400	125000	Enquête MISOES, La moyenne vallée du Sénégal, 1962, Presses Universitaires de France (Cité par JUTON, 1970) (5)
1958										
1959										
1960										
1961							28400	50100	78500	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1961			28500			50000			78500	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1961				14200	35800	50000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1962										
1963							40200	54300	94500	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1963			35600			58900			94500	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1963				20100	38800	58900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1964							41000	67900	108900	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1964			39900			69000			108900	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1964				20500	48500	69000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1965							42000	81200	123200	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1965			44200			79000			123200	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1965				21000	58000	79000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1966							66200	51100	117300	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1966			47700			69600			117300	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1966				33100	36500	69600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1967							69000	71500	140500	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1967			54900			85600			140500	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1967				34500	51100	85600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1968							52200	34100	86300	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1968			35800			50500			86300	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1968				26100	24400	50500				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1968				20460	26785	47245				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999)

1969							60000	35400	95400	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985), reprend les estimations de JUTON, août 1970 (8)
1969			40100				55300		95400	Projet Hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, RAF 65/061, Volume IV, Roland RODTS, décembre 1972 (4)
1969				30000	25300		55300			Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1970									110000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1970	14700	26200	40900	27900	34300	62200	42600	60500	103100	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1970	18645	29750	48395	23840	38050	61890	42485	67800	110285	M.JUTON/M.MUTSAARS, juin 1971 AFR/REG 61 (3) (12)
1970				21800	33700	55500				Recensement FAO 1970-1971 (Cité par JUTON/MUTSAARS, 1971) (7) (12)
1970				17435	14680	32115				Services de l'agriculture (Cité par JUTON/MUTSAARS, 1971)
1970				21368	18009	39377				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999)
1970	16845	29228	46073	22120	37480	59600			105673	Lericollais (18)
1971										
1972									15000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1972	1500	1500	3000	4900	5800	10700	6400	7300	13700	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1972	3000	1500	4500	4900	5840	10740	7900	7340	15240	M.BENSOUSSAN/M.MUTSAARS, mars 1973 AFR/REG 65/061 (3) (12)
1972									15000	OMVS/Reizer, 1974 (Cité par IDA, 1990)
1973									97000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1973	8600	17700	26300	27100	28800	55900	35700	46500	82200	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1973	15100	19800	34900	30100	32000	62100	45200	51800	97000	A.O/HAMINOU/D.RIJKS, mars 1974 PNUD, FAO, OMVS, RAF 73/060 RAF65/061 (3) (10) (12)
1973				20025	39594	59619				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999)
1974									30000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1974				17618	42491	60109				Services de l'agriculture Sénégal (1999)
1975									30000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1976									30000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1976	4000	6500	10500	7300	11600	18900	11300	18100	29400	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1976			15140						32725	Inventaire OMVS/PNUD avec la méthode JUTON (Cité dans Les données NOAA, Université de Dakar, 1986)
1976									29000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1977									30000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1977	800	2900	3700	6000	5700	11700	6800	8600	15400	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1977			4168			11402			15570	Inventaire OMVS/PNUD avec la méthode JUTON (Cité dans Les données NOAA, Université de Dakar, 1986)
1977									15000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1978									62500	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1978	8700	9600	18300	19800	19800	38600	28500	28400	56900	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1978									55000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1979									14000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1979									7460	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1980						30035				IRA (15)
1980									66000	Etude du barrage de Manantali, volume 5 régularisation (F. GUERBER, 1985)
1980									30000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1980									13740	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1980						29391				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1981									66000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1981									15260	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1981						34306				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1982						16066				IRA (15)
1982									7150	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1982						16062				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1983						5810				IRA (15)
1983									17000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1983									5240	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1983						5235				Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1984						0				IRA (15)
1984									0	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1984									16000	Groupelement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1985									6620	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1985			24500			21040			45540	Sonader (1999) (1) / IRA (15)

1986					76949					IRA (15)
1986									64350	Gersar, 1988 (Cité par IDA, 1990)
1986		38700			76362				115062	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1987		24080								Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1988		24088			32387				56475	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1989		22217			35632				57849	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1990		7365								Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1991		14337			9090				23427	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1992		11612								Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1993		15595			44200				59795	Sonader (1999) (1)/PDRG 1994
1994		24720			41264				65984	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1995		34405								Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1996			28163	8585	36748					IRA (15)
1996		34263							65637	MDRE horizon 2010 (1998) (1)
1996		15940			31374				47314	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1997						17015	20857		37872	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, 1999 (11)
1998										
1999	9166	18691	27857	23450	35135					EMEA/DPSE, enquête auprès des ménages, céréales (16) / SAED juillet 2000 (17)

11142	15014	27192	22936	33231	48740	43217	49096	67436	67436	Moyenne 1946-1999
6358	9774	19139	17214	21395	31011	19852	23612	37964	37964	Moyenne 1972-1999
20710	25495	42627	25357	38239	63863	52118	58805	109266	109266	Moyenne 1946-1971

(1) superficies cultivées en céréales en Walo

(2) Le walo du Gorgol est exclu des chiffres.

La limite amont – aval est fixée à Mbagne en rive droite et à la déflue du Doué en rive gauche. Le périmètre de Dagana et le périmètre de Nianga sont exclus des chiffres

(3) Evaluation par excès, qui ne dépasse pas 10% (survol aérien)

(4) Superficies de Oualo en basse et moyenne vallée (RG: Statistiques annuelles/RD: estimations basées sur l'enquête MISOES)

(5) La limite entre les zones "aval" et "amont" passe approximativement par, OREFONDE et DIORBIVOL sur la rive gauche, OUOLOUM NERE sur la rive droite

(6) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM

(7) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL (1000 ha)

(8) aval total= 1.4RG ; amont total= 2RG

(9) la zone amont comprend les 1500 ha du GORGOL

(10) Il n'est tenu compte que des cultures oualo et non falo

(11) Aval: de Fanaye à Mbagne ; Amont: de Mbagne à Kanel

(12) Aval: de Rosso à Kaedi; Amont: de Kaedi à Bakel

(13) Superficies de sorgho, maïs, niébé, patates

(14) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL

(15) Données pour la région de Saint-Louis, le département de Bakel n'est pas pris en compte

(16) Le département de Guidimaka n'est pas pris en compte, Aval = TRARZA + BRAKNA, Amont = GORGOL

(17) Les départements de Dagana et Bakel ne sont pas pris en compte, Aval = PODOR, Amont = MATAM.

SAED, cultures de décrue, approche par télédétection satellitaire

(18) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL

données considérées comme les plus fiables de l'année et ainsi retenues pour les analyses ultérieures

B. Le tri des données

1. Le choix des données

A partir du tableau brut, rassemblant l'ensemble des données que nous avons pu collecter, nous avons effectué une sélection basée sur plusieurs critères, afin d'obtenir un tableau net, présentant une seule donnée par année. Nous avons cherché à conserver les données les plus fiables, selon la source ou selon la méthodologie utilisée, mais pour certaines années, la faible quantité d'informations ne nous laissait pas cette liberté.

Pour les superficies inondées totales :

Nous retiendrons les données des superficies inondées estimées par J.P. Lamagat puisqu'elles sont homogènes, de méthodologie connue et concernent seulement les zones potentiellement cultivables (elles ne contiennent pas le Gorgol, non dépendant du fleuve Sénégal, elles concernent la zone comprise entre Dagana et Matam).

De plus, la confrontation de ces données avec les données issues de l'étude de Gibb et corrigées par M. Tenneson montrent qu'elles sont très proches et qu'ainsi elles se confirment les unes les autres.

Pour les superficies cultivées totales :

Nous avons supprimé les données issues de l'étude de Manantali car cette étude s'est appuyée sur les résultats des enquêtes MISOES auxquels un coefficient global d'extrapolation (du type superficie cultivée en aval total= 1.4RG ; en amont total= 2RG) a été appliqué. Nous préférons conserver des données issues de mesures et non d'estimations.

De 1946 à 1969, nous conservons la série de données obtenues par les **services de l'agriculture** et citées par Juton (1970). Il s'agit d'une donnée historique obtenue avec la même méthodologie. En 1957, nous gardons la donnée issue de l'enquête MISOES, puisqu'il s'agissait d'une enquête.

A partir de 1970, nous considérons les données de **Gibb** comme les plus fiables. En effet, les données issues des études du groupement de Manantali ne sont pas convaincantes : elles nous donnent les mêmes superficies en 1974 et 1975 (30 000 ha), alors que la crue de 1975 est telle que les superficies inondées étaient plus de deux fois celles qu'elles avaient été en 1974 (quelque soit la source). De plus, les 30 000 ha annoncés pour 1975 sont inférieurs à la moitié de la superficie cultivée recensée par les services de l'agriculture en rive gauche. Gibb, quant à lui, a repris les résultats de Juton, obtenus à partir de survols aériens, auxquels il a appliqué certaines corrections (La limite amont – aval est fixée à Mbagne en rive droite et à la défluence du Doué en rive gauche. Le périmètre de Dagana et le périmètre de Nianga sont exclus des chiffres ; Le walo du Gorgol est exclu des chiffres).

En 1979, 1980, 1981, 1983, et 1984 ne disposant pas d'autres données plus fiables, nous avons gardé la donnée du **groupement de Manantali**. Les données GERSAR nous semblent sous-estimées. En 1983, la donnée GERSAR en terme de superficie totale cultivée est inférieure à la superficie cultivée en rive gauche, recensée par l'Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis.

Enfin, **à partir de 1985**, nous tenons compte des données obtenues et fournies par les services de l'agriculture : **IRA et SONADER**. Les superficies cultivées totales sont déduites de la somme des superficies cultivées en rive droite et en rive gauche.

Nous n'incluons pas les superficies cultivées dans la délégation de Bakel. En rive droite, Gibb n'inclut pas les superficies cultivées du Gorgol.

Pour les superficies cultivées sur chacune des rives :

Les données par rive nous permettent de procéder à une analyse pour chacune des rives. Il est en effet possible que les stratégies et les influences des différents facteurs ne jouent pas de la même façon d'une rive à l'autre du fleuve.

Alors, pour certaines années, bien que nous ne disposons pas d'une donnée concernant la superficie cultivée totale, nous conservons les données en rive droite et en rive gauche. Nous avons donc fusionné sur une même ligne des données de sources différentes. Ceci explique pourquoi, en 1980, la superficie cultivée en rive gauche est supérieure à la superficie cultivée totale.

Les données disponibles pour chacune des rives proviennent des services de l'agriculture, de Gibb, de l'IRA et la SONADER et pour 1999 de la SAED (mesures par télédétection) et du MDRE.

Elles ne contiennent pas les superficies cultivées dans la délégation de Bakel ni dans le moughata (département administratif) du Guidimaka.

2. Présentation des tableaux finaux

SUPERFICIES INONDEES PAR LA CRUE

(sans le delta, sans les chenaux d'écoulement, les fleuves, etc.)

Données IRD

<i>Crue</i>	<i>Total vallée (entre Matam et Dagana) IRD</i>
1946	210663
1947	187944
1948	168752
1949	155757
1950	335911
1951	227755
1952	216871
1953	168700
1954	291519
1955	276783
1956	304834
1957	269892
1958	309726
1959	258067
1960	160914
1961	297133
1962	217855
1963	160345
1964	310483
1965	326522
1966	251953
1967	301650
1968	99196
1969	204459
1970	166805
1971	198510
1972	44597
1973	99356
1974	227206
1975	148844
1976	56069
1977	65076
1978	84745
1979	47779
1980	95742
1981	97180
1982	61255
1983	27142
1984	24314
1985	73183
1986	82520
1987	37000
1988	148700
1989	82213
1990	23479
1991	63446
1992	60725
1993	69047
1994	142489
1995	157843
1996	60675
1997	92000
1998	146000
1999	221000
2000	107323

158654 moyenne 1944-2000

233808 moyenne 1944-1971

91274 moyenne 1972-2000

SUPERFICIES CULTIVEES EN DECRUE

Décrue	Rive droite			Rive gauche			Vallée			Source
	Année	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	Total	Amont	Aval	
1946				22500	39900	62400				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1947				23000	42000	65000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1948										
1949										
1950				27000	47100	74100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1951				33000	36100	69100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1952				25100	34100	59200				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1953				21000	33100	54100				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1954				30000	50900	80900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1955				22500	40100	62600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1956				35100	51600	86700				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1957	32650	16800	49450	31950	43600	75500	64600	60400	125000	Enquête MISOES, La moyenne vallée du Sénégal, 1962, Presses Universitaires de France (Cité par JUTON, 1970) (5)
1958										
1959										
1960										
1961				14200	35800	50000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1962										
1963				20100	38800	58900				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1964				20500	48500	69000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1965				21000	58000	79000				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1966				33100	36500	69600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1967				34500	51100	85600				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1968				26100	24400	50500				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1969				30000	25300	55300				Services de l'agriculture (Cité par JUTON, 1970) (6)
1970	14700	26200	40900	27900	34300	62200	42600	60500	103100	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1971										
1972	1500	1500	3000	4900	5800	10700	6400	7300	13700	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1973	8600	17700	26300	27100	28800	55900	35700	46500	82200	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1974				17618	42491	60109				Services de l'agriculture Sénégal (1999)
1975									30000	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1976	4000	6500	10500	7300	11600	18900	11300	18100	29400	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1977	800	2900	3700	6000	5700	11700	6800	8600	15400	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1978	8700	9600	18300	19800	19800	38600	28500	28400	56900	Gibb 1987 (estimations tirées de JUTON 79) (2)
1979									14000	Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1980						30035			30000	IRA (15) / Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1981						34306			66000	IRA de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14) / Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1982						16066				IRA (15)
1983						5810			17000	IRA (15) / Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)
1984						0			16000	IRA (15) / Groupement Manantali, 1985 (Cité par IDA, 1990, source OMVS)

1985			24500			21040			45540	Sonader (1999) (1)/ IRA (15)
1986			38700			76949			115649	Sonader (1999) (1)/ IRA (15)
1987			24080							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1988			24088			32387			56475	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1989			22217			37507			59724	Sonader (1999) (1)/ IRA (15)
1990			7365							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1991			14337			9090			23427	Sonader (1999) (1)/ IRA (15)
1992			11612							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1993			15595			44200			59795	Sonader (1999) (1)/PDRG 1994
1994			24720			41264			65984	Sonader (1999) (1)/Inspection Régionale de l'Agriculture de Saint-Louis (récoltées en mission, 1999) (14)
1995			34405							Sonader (1999) (1) (récoltées en mission, 1999)
1996			15940	22789	8585	31374			47314	Sonader (1999) (1)/ IRA (15)
1997							17015	20857	37872	Traitement d'images SPOT, OMVS-IRD, 1999 (11)
1998										
1999	9166	18691	27857	23450	35135	58585			86442	EMEA/DPSE, enquête auprès des ménages, céréales (16) / SAED juillet 2000 (17)

10015	12486	21878	23241	34412	48826	26614	31332	52040	Moyenne 1946-1999
5461	9482	19290	16120	19739	31726	17619	21626	46134	Moyenne 1972-1999
23675	21500	45175	26239	40589	66826	53600	60450	114050	Moyenne 1946-1971

(1) superficies cultivées en céréales en Walo

(2) Le walo du Gorgol est exclu des chiffres.

La limite amont – aval est fixée à Mbagne en rive droite et à la défluence du Doué en rive gauche. Le périmètre de Dagana et le périmètre de Nianga sont exclus des chiffres

(3) Evaluation par excès, qui ne dépasse pas 10% (survol aérien)

(4) Superficies de Oualo en basse et moyenne vallée (RG: Statistiques annuelles/RD: estimations basées sur l'enquête MISOES)

(5) La limite entre les zones "aval" et "amont" passe approximativement par, OREFONDE et DIORBIVOL sur la rive gauche, OUOLOUM NERE sur la rive droite

(6) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM

(7) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL (1000 ha)

(8) aval total= 1.4RG ; amont total= 2RG

(9) la zone amont comprend les 1500 ha du GORGOL

(10) Il n'est tenu compte que des cultures oualo et non falo

(11) Aval: de Fanaye à Mbagne ; Amont: de Mbagne à Kanel

(12) Aval: de Rosso à Kaedi; Amont: de Kaedi à Bakel

(13) Superficies de sorgho, maïs, niébé, patates

(14) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL

(15) Données pour la région de Saint-Louis, le département de Bakel n'est pas pris en compte

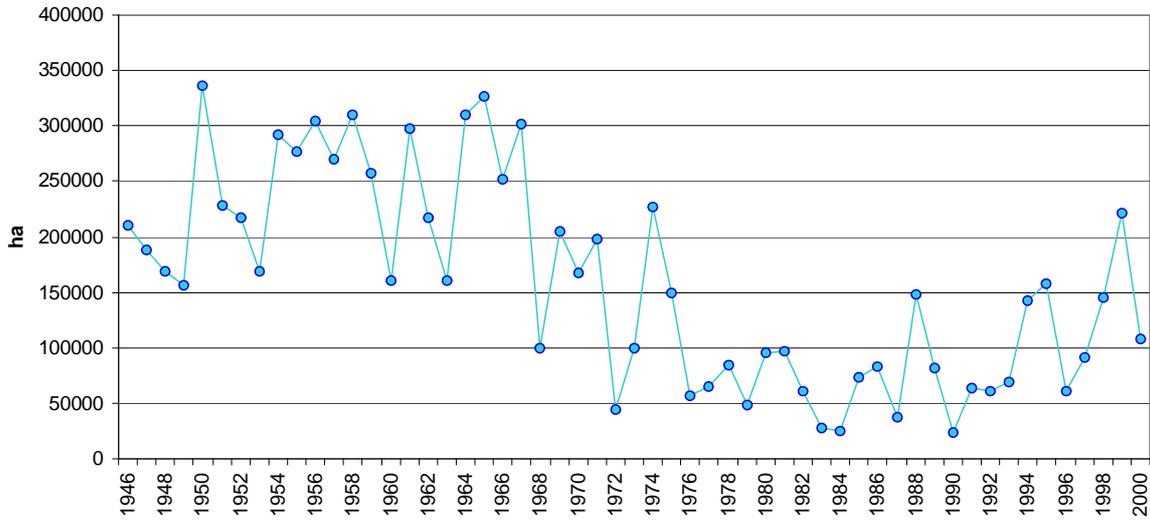
(16) Le département de Guidimaka n'est pas pris en compte, Aval = TRARZA + BRAKNA, Amont = GORGOL

(17) Les départements de Dagana et Bakel ne sont pas pris en compte, Aval = PODOR, Amont = MATAM.

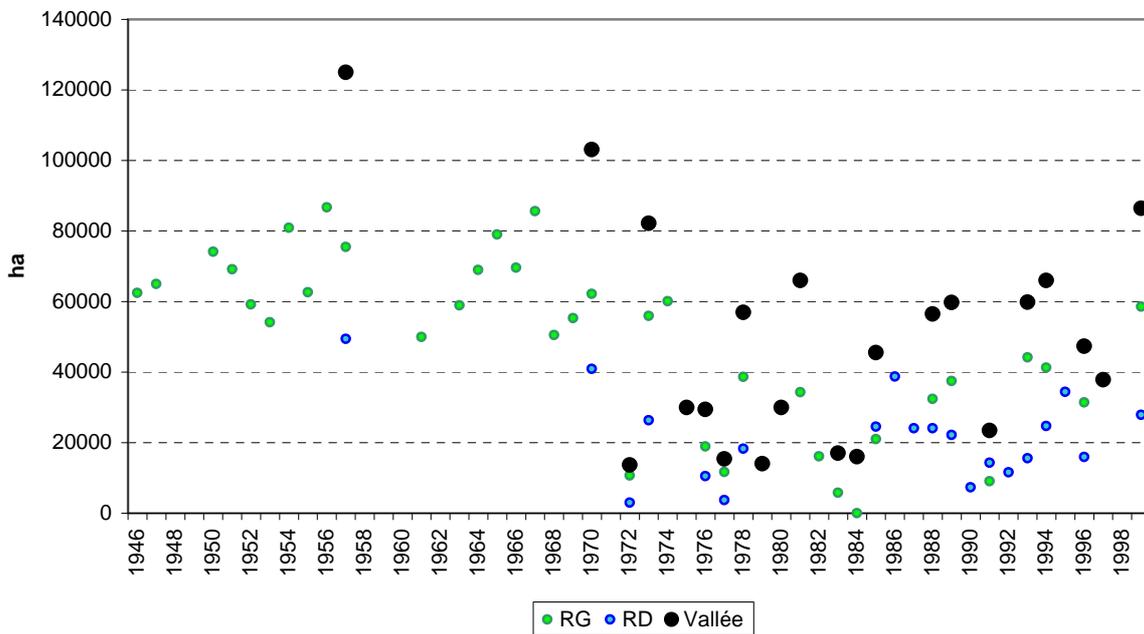
SAED, cultures de décrue, approche par télédétection satellitaire

(18) Aval= DAGANA + PODOR; amont= MATAM + BAKEL

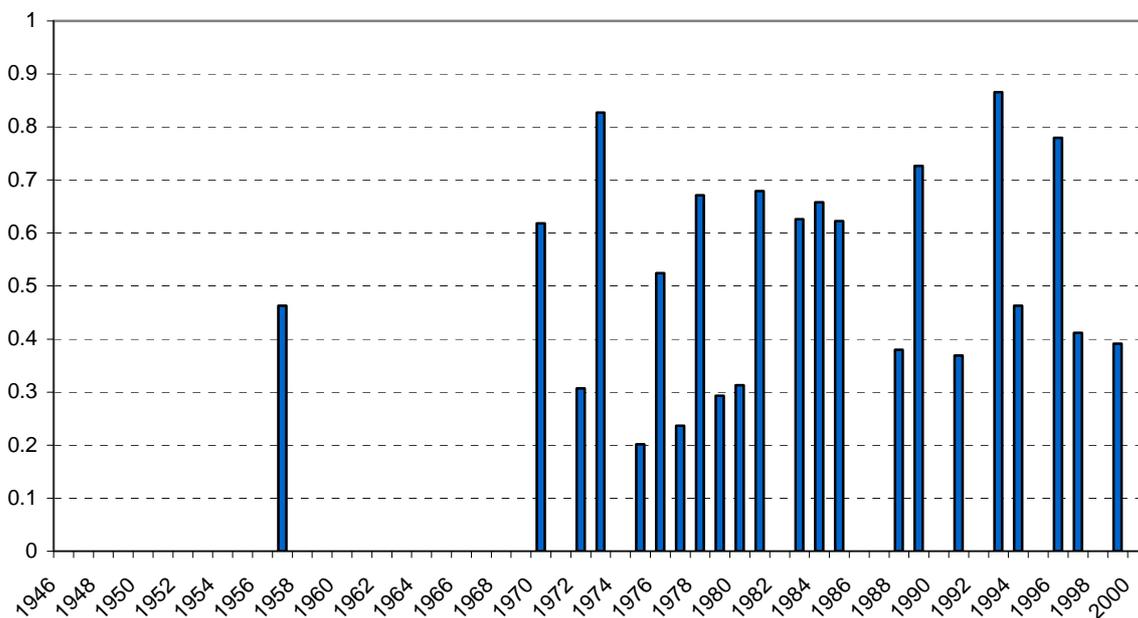
Evolution des superficies inondées (potentiellement cultivables) dans la vallée (données IRD)



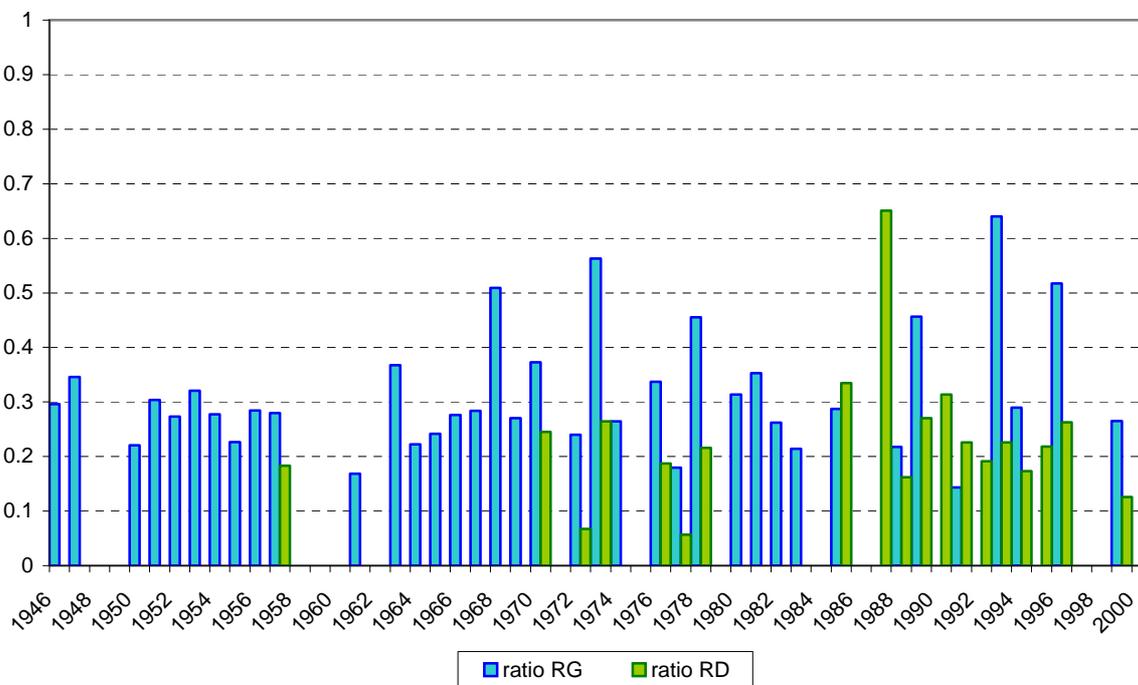
Evolution des superficies cultivées en décreue dans la vallée



**Evolution des ratios globaux
(Superficie cultivée totale / Superficie inondée totale)**



**Evolution des ratios sur chaque rive
(Superficie cultivée sur une rive / Superficie inondée totale)**



3. Les «lacunes»

Malgré ce long travail bibliographique, certaines données sont manquantes ou ne peuvent être confirmées.

Ainsi, nous n'avons aucune donnée en terme de superficies cultivées pour les années 1948, 49, 58, 59, 60, 62, 71, et de façon plus gênante pour 1998 et 2000. En 1998, la crue se rapprochait très fortement de la crue artificielle qui sera probablement retenue.

Côté mauritanien, les données sont également pauvres et ne nous laissent pas toujours le soin de choisir les plus fiables.

Enfin, il apparaît que certaines données ne peuvent être exactes. C'est le cas de la superficie cultivée totale en 1986, supérieure à la superficie inondée estimée par l'IRD. Cette donnée est donc retirée pour poursuivre l'analyse.

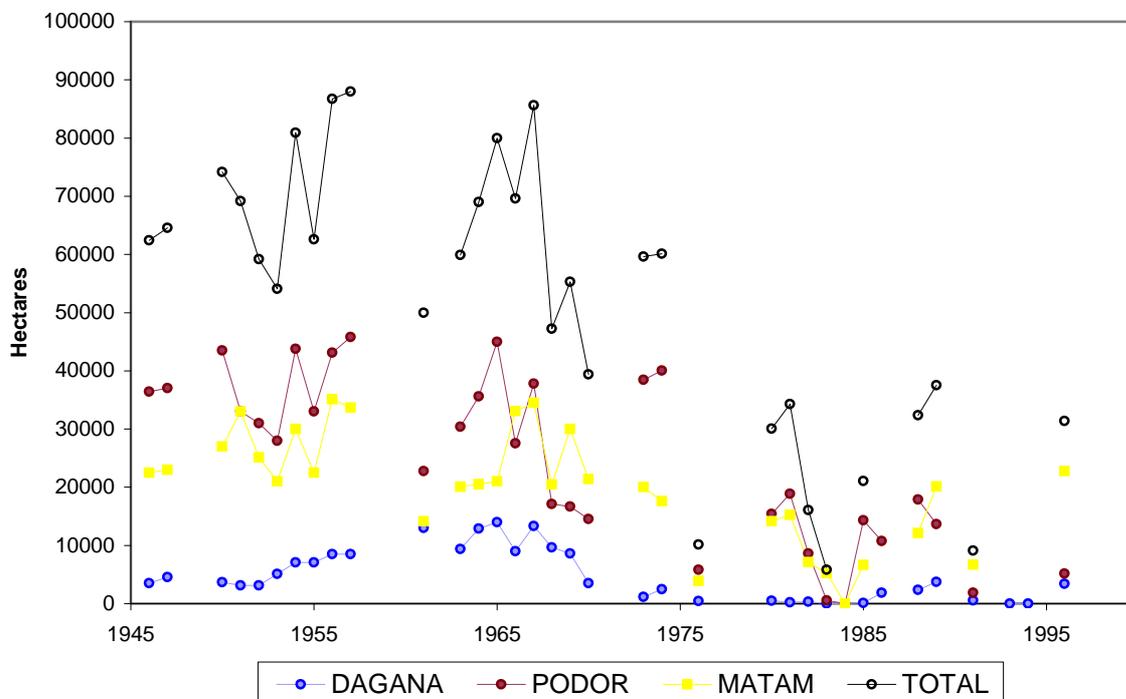
C. Les autres données

Nous avons collecté les données de superficies des différentes cultures de décrue par département pour la rive gauche. (Cf. annexe 12)

Nous avons également recensées des données concernant la démographie (auprès du ministère de l'agriculture : collecte des documents DIAPER et dans la bibliographie de l'IRD), la pluviométrie (base de données IRD), les données relatives aux cultures de diéri et aux cultures irriguées pour les mettre en relation avec les superficies en décrue. (Cf.annexe 13)

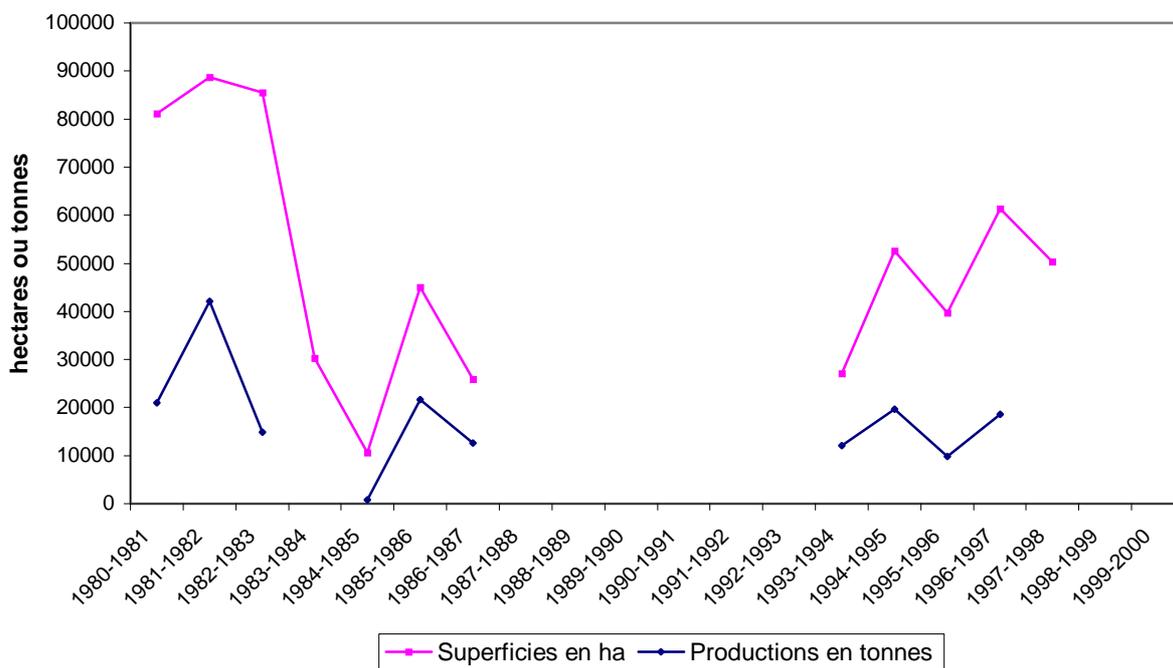
Présentation des données

Evolution des superficies cultivées en décrue dans chacun des départements de la rive gauche

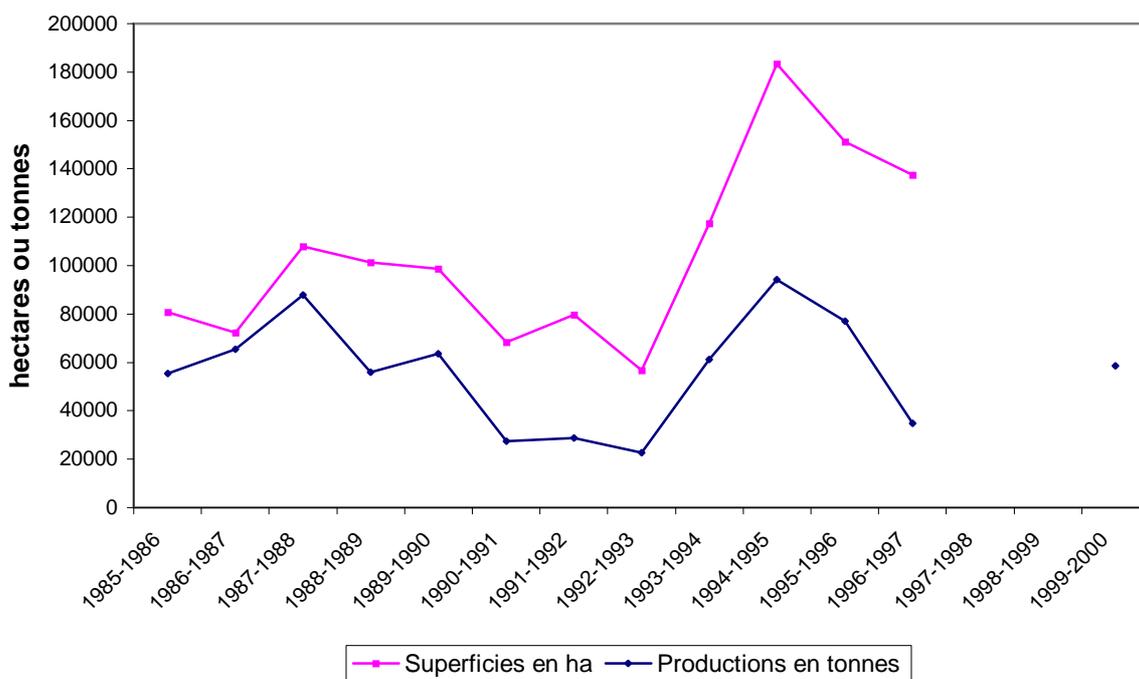


source : Juton 1970 , IRA Saint-Louis (récoltées en mission 2000), Tenneson 1999

Evolution des superficies cultivées en diéri et des productions en Rive Gauche (source: IRA)



Evolution des superficies cultivées en diéri et des productions en Mauritanie (source: MDRE)



BIBLIOGRAPHIE

GENERALITES

- Gabelle F., « Fleuve Sénégal, Réflexions sur la gestion et l'utilisation des eaux », banque mondiale, juin 1997, 19 p.
- Kane Alioune, « L'après-barrages dans la vallée du fleuve Sénégal ; Modifications hydrologiques, géochimiques et sédimentologiques ; Conséquences sur le milieu naturel et les aménagements hydro-agricoles », thèse, 1997, 551 p.
- Kosuth P., « Populations de la vallée concernées par la gestion des ouvrages et des eaux de surface du fleuve Sénégal », POGR, Avril 1999

AGRICULTURE DE DECRUE

- Aviron-Violet, « La culture de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal », OMVS, 1990
- UICN, « Vers une gestion durable des plaines d'inondation sahéliennes », groupes d'experts sur les plaines d'inondation sahéliennes, 2000, 214 p.
- Leroy Xavier, « La place des cultures de décrue dans les systèmes de production irrigués », 1997, 2 p.
- N'Dienor Moussa, « Gestion des ressources dans les zones inondables de la haute vallée du fleuve Sénégal », Mémoire de DAT, Octobre 1999, 83 p.
- Sir Alexander GIBB and Partners, EDF international, Euroconsult, « Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS » Rapport Phase 1- Volume 1B- Optimisation de la crue artificielle. Rapport définitif, juin 1987 et Rapport Phase 2- Volume 2A- Scénarios d'utilisation de l'eau. Rapport définitif, juin 1987.
- Sir Alexander GIBB and Partners, EDF international, Euroconsult, « Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS » Rapport Phase 1- Volume 1C- Analyse de la situation actuelle. Annexes A-D, février 1986.
- SAED/DPDR/DES, « Etude des cultures de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal durant la contre-saison froide 199/2000: Approche par télédétection satellitaire », Juillet 2000, 36 p.
- Ministère de l'Agriculture du Sénégal, « Résultats de l'enquête sur les cultures de décrue, campagne agricole 1996/1997 », Division des statistiques agricoles, Juillet 1997, 12 p.
- « Le sorgho », Le technicien d'agriculture tropicale, éditions Maisonneuve & Larose, 1991, 159 p.
- P. Sapin, « La culture du sorgho de décrue dans la vallée du fleuve Sénégal, proposition de la recherche agronomique pour son amélioration », IRAT, 1971, 11 p.

ANNEXE 2

ETALONNAGE DE LA STATION DE BAKEL

A la suite de la campagne 2000, une nouvelle analyse de l'étalonnage de BAKEL a été développée.

La station est non bi-univoque, la correction de gradient est obtenue à l'aide de l'analyseur automatique basé sur le développement du logiciel « PROPAG ».

Ce logiciel permet d'obtenir la courbe de correction de gradient, ici égal à deux jours, soit la moyenne des gradients de j-2 à J+2.

Deux courbes d'étalonnage en régime permanent sont obtenues, avec deux courbes correspondant à la fonction correction de gradient.

L'étalonnage n°1 est valable de l'origine des observations au 30 avril 1974, puis à partir du 1^{er} mai 1988.

L'étalonnage n°2 est utilisable pour la période comprise entre le 1^{er} mai 1974 et le 30 avril 1987.

ETALONNAGE ACTUEL

Il est établi à l'aide des mesures effectuées dans les périodes de validité. Le tableau ci-dessous contient les mesures utilisées pour la période actuelle, mesures auxquelles ont été ajoutées les plus hautes eaux enregistrées avant 1973. La partie droite contient la variation de la correction de gradient en fonction de la hauteur à l'échelle de crue de BAKEL.

Tableaux A2.1

Date	H cm	Qmes. m3/s	Qcor. m3/s	grad. cm/j
05/06/98	167	138.0	138.1	-0.2
28/06/98	266	316.0	311.8	2.7
15/07/98	258	314.0	341.1	-15.3
23/09/98	775	2 080.0	2 136.6	-34.9
24/09/98	736	1 924.0	1 971.4	-31.7
13/10/98	341	449.0	486.8	-14.9
27/10/98	261	282.0	288.5	-4.4
09/11/98	166	130.0	133.1	-4.6
24/11/98	176	148.0	146.8	1.6
15/12/98	160	127.0	127.1	-0.1
12/01/99	145	107.0	107.1	-0.1
11/03/99	155	125.0	125.3	-0.5
12/05/99	155	115.0	115.4	-0.8
15/06/99	157	125.0	119.8	8.9
13/08/99	605	1 567.0	1 452.3	91.6
13/08/99	612	1 588.0	1 474.6	91.4
26/08/99	1031	3 870.0	3 657.2	79.8
26/08/99	1039	4 080.0	3 873.3	73.1
27/08/99	1068	4 280.0	4 142.3	45.0
29/08/99	1091	4 300.0	4 287.3	4.0
29/08/99	1093	4 380.0	4 375.7	1.3
04/09/99	986	3 370.0	3 456.4	-32.9
21/09/99	817	2 330.0	2 334.3	-2.5
06/10/99	684	1 700.0	1 686.8	10.5
20/10/99	713	1 872.0	1 885.9	-9.8
09/11/99	483	900.0	918.4	-11.8
12/11/99	454	801.0	821.8	-12.3
04/12/99	362	525.0	566.6	-15.5

Date	H cm	Qmes. m3/s	Qcor. m3/s	grad. cm/j
08/06/00	242	270.0	269.8	0.1
26/06/00	301	393.0	389.5	1.8
18/08/00	525	1 074.0	1 087.8	-9.5
19/08/00	519	1 049.0	1 067.5	-12.6
01/09/00	636	1 514.0	1 515.0	-0.8
04/09/00	650	1 651.0	1 599.3	43.8
04/09/00	656	1 701.0	1 645.2	46.0
04/09/00	662	1 708.0	1 648.0	49.4
04/09/00	663	1 719.0	1 658.2	49.8
05/09/00	696	1 915.0	1 829.8	63.6
05/09/00	706	1 902.0	1 815.1	65.3
05/09/00	712	2 050.0	1 955.2	66.2
05/09/00	714	2 005.0	1 912.1	66.3
08/09/00	857	2 618.0	2 562.5	29.2
08/09/00	864	2 710.0	2 655.2	27.8
08/09/00	873	2 776.0	2 723.4	26.0
09/09/00	892	2 806.0	2 766.0	19.4
09/09/00	896	2 862.0	2 826.5	16.9
30/03/01	149	119.0	119.1	-0.1
07/09/54	1228	6440	6458.5	-3.81
17/09/61	1204	6000	6073.5	-16.03
09/09/54	1198	5660	5751.9	-21.13
19/09/61	1160	5490	5592.7	-24.25
08/10/51	1158	5140	5133.4	1.72
06/10/51	1146	5600	5370.2	58.28
11/09/54	1124	4680	4813.9	-36.56
11/10/51	1122	4970	5014.0	-11.66
21/09/61	1089	4590	4710.2	-33.59
12/09/54	1088	4290	4407.7	-35.13

H (cm)	Q Q(m3/s)
30	0
50	9
75	26
100	50
145	106
149	111
155	120
157	123
160	127
166	137
167	138
176	152
242	271
258	304
261	310
266	321
301	398
341	495
362	549
454	836
483	933
519	1 070
525	1 089
605	1 409
612	1 442

H (cm)	Q Q(m3/s)
636	1 552
650	1 614
656	1 640
662	1 667
663	1 671
684	1 762
696	1 814
706	1 857
714	1 891
736	1 986
775	2 159
817	2 358
857	2 566
864	2 604
873	2 655
896	2 803
986	3 394
1031	3 750
1068	4 120
1093	4 430
1150	5215
1200	5961
1250	6796
1300	7721
1350	8735
1400	9838

H	K
-100	0.0100
0	0.0100
350	0.0100
400	0.0064
450	0.0042
500	0.0030
550	0.0023
564	0.0021
650	0.0015
1300	0.0015

La correction est de la forme :

$$Q = Q_0 * \sqrt{1 + K * g}$$

K = correction de gradient G = gradient exprimé en cm/j

Q = débit réel le jour j pour la hauteur H_j Q₀ = débit permanent pour la même hauteur

La figure A2.2 montre les mesures corrigées de la période 1950 – 1973 et la courbe d'étalonnage ci-dessus, qui est utilisée pour la période actuelle. La correction de gradient est aussi la même qu'en 2000. Seule la partie comprise entre 100 et 300 semble légèrement supérieure aux mesures corrigées. Cela peut provenir de la différence de méthode de mesure, avec des vecteurs s'écartant de la perpendiculaire aux sections.

Cette différence est peu importante et difficilement vérifiable, le reste du tarage est conforme au barème actuel.

Figure A2.1

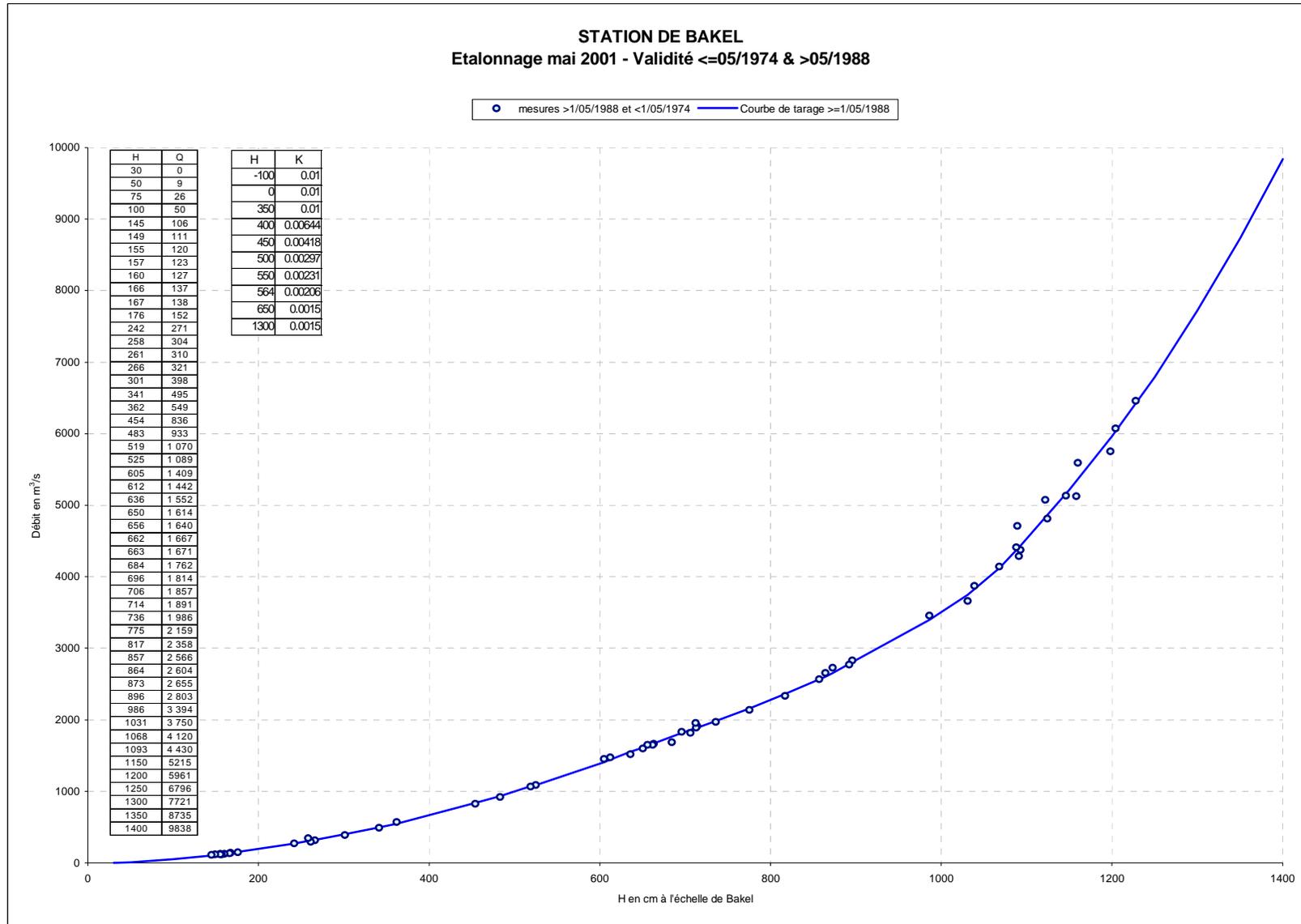
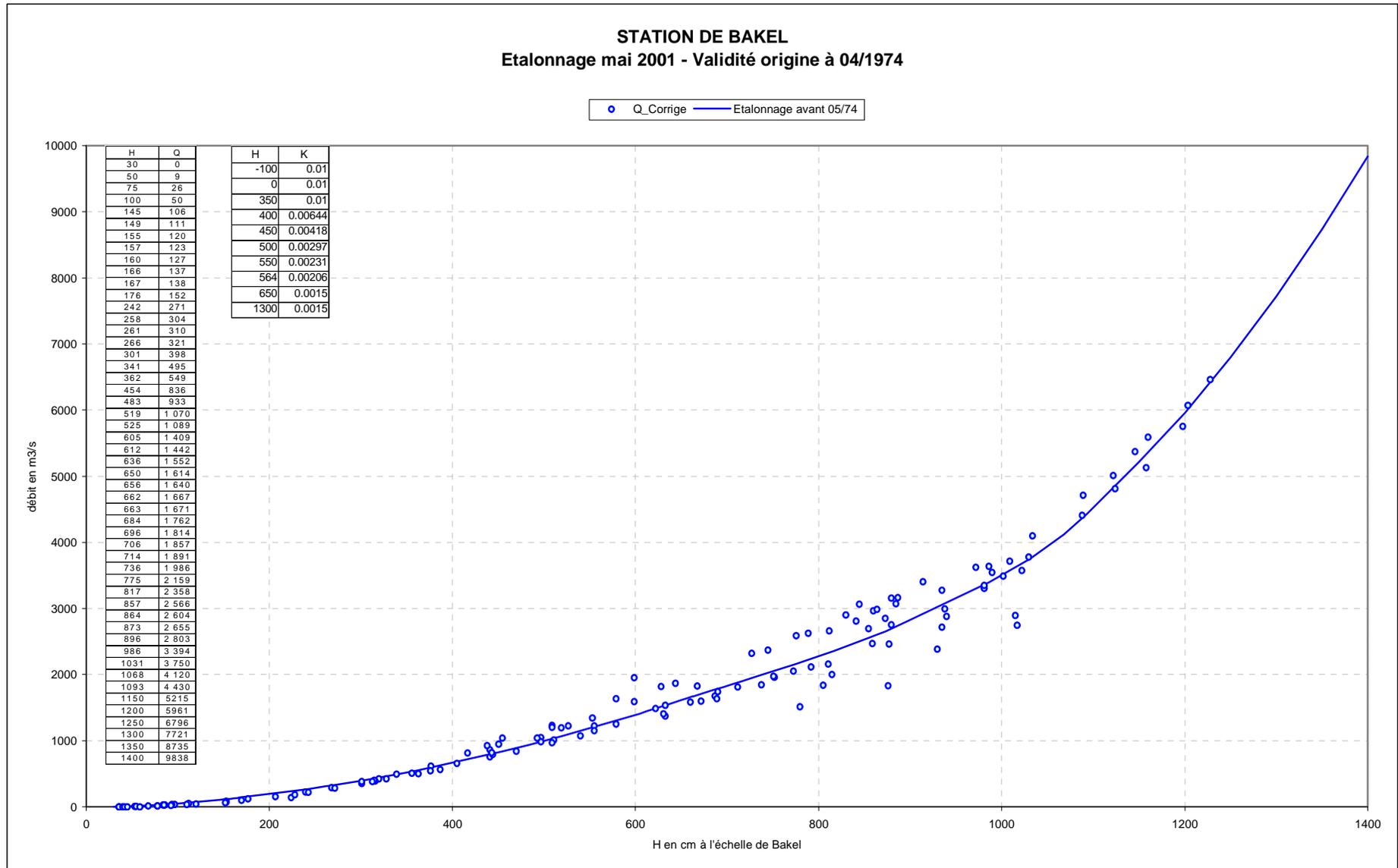


Figure A2.2



La figure A2.2 ci-dessus montre les mesures corrigées de la période 1950 au 30 avril 1974. Le tableau A2.2 ci-dessous contient les mesures correspondantes ainsi que les autres paramètres (gradient et hauteur).

Tableau A2.2

Date	H	Qmes.	Qcor.	Gradient
04/07/50	153	86	86.0	-0.09
06/10/50	1017	2690	2743	-25.34
15/10/50	1015	2900	2897	1.53
19/10/50	930	2340	2388	-26.38
21/10/50	876	1800	1836	-25.63
23/10/50	815	1960	2003	-28.38
29/10/50	672	1580	1603	-18.66
31/10/50	633	1350	1371	-18.50
31/10/50	633	1510	1533	-18.55
04/11/50	555	1200	1226	-18.72
04/11/50	555	1130	1154	-18.68
08/11/50	497	1030	1050	-12.19
08/11/50	497	963	981	-12.12
29/11/50	339	480	493	-5.16
19/12/50	268	285	288	-2.00
25/04/51	53	7	7.1	-1.44
27/06/51	170	97	98.4	-2.88
23/07/51	441	860	861	-0.34
23/07/51	441	753	755	-1.11
10/08/51	599	1980	1951	16.16
17/08/51	628	1800	1819	-12.34
31/08/51	687	1660	1679	-15.19
08/09/51	841	2830	2809	10.13
25/09/51	792	2080	2116	-22.41
28/09/51	690	1710	1739	-22.41
06/10/51	1146	5600	5370	58.28
08/10/51	1158	5140	5133	1.72
11/10/51	1122	4970	5014	-11.66
19/10/51	935	2700	2717	-8.28
23/10/51	877	2440	2461	-11.13
31/10/51	880	2740	2750	-4.66
12/11/51	689	1600	1633	-26.91
21/11/51	511	987	1010	-15.91
26/11/51	444	772	792	-11.28
04/12/51	377	597	615	-7.16
21/12/51	301	348	353	-2.78
24/01/52	224	143	144	-1.53
20/02/52	177	118	119	-1.75
25/03/52	112	48	48.0	-1.21
28/04/52	68	15	14.7	-1.26
28/08/52	660	1530	1582	-43.34
29/08/52	622	1440	1484	-34.91
05/09/52	540	1080	1075	3.97
15/09/52	885	3060	3074	-6.00
17/09/52	860	2940	2968	-12.41
28/09/52	1022	3660	3574	32.34
21/10/52	855	2640	2694	-26.47
07/11/52	443	799	823	-12.59
15/11/52	363	493	504	-4.59
18/11/53	320	413	423	-4.84
19/11/53	316	379	386	-3.69
20/11/53	315	400	405	-2.28
20/11/53	313	380	384	-2.26
07/09/54	1228	6440	6458	-3.81
09/09/54	1198	5660	5752	-21.13
11/09/54	1124	4680	4814	-36.56
12/09/54	1088	4290	4408	-35.13
14/09/54	1030	3710	3780	-24.31
16/09/54	1002	3450	3492	-15.84
19/09/54	940	2840	2880	-18.22
07/10/54	805	1810	1840	-21.38
08/10/54	780	1480	1516	-31.63
16/05/55	97	35	35.6	-1.41
18/05/55	94	35	35.2	-0.91
25/05/55	86	29	29.3	-2.25
27/05/55	84	29	29.3	-0.28
28/05/55	85	29	28.7	0.69
12/09/60	812	2640	2660	-9.78
10/03/61	110	37	37.8	-2.38
27/04/61	55	6	6.2	-1.28
10/06/61	36	1	1.2	0.84
13/08/61	776	2580	2593	-6.63
17/09/61	1204	6000	6073	-16.03
19/09/61	1160	5490	5593	-24.25
21/09/61	1089	4590	4710	-33.59
23/09/61	1034	4020	4101	-26.06
02/11/61	387	564	567	-1.59
05/02/62	153	73	73.3	-2.00
27/03/62	36	1	1.1	-1.22
04/06/68	78	16	16.0	0.00
30/07/68	438	922	929	-3.00
09/08/68	527	1190	1221	-19.47
13/09/68	830	2990	2900	41.91
18/09/68	887	3170	3166	1.72
14/10/68	493	1020	1040	-12.13
29/11/68	240	223	227	-3.44
16/07/69	455	1060	1043	8.19
21/07/69	417	824	817	3.13
24/07/69	509	1280	1231	28.63
28/07/69	451	904	951	-23.09
07/08/69	509	1190	1206	-9.19
10/08/69	519	1230	1198	19.75
12/08/69	644	1920	1869	35.91
14/08/69	599	1570	1594	-16.47
18/08/69	553	1340	1344	-2.84
19/08/69	579	1690	1638	32.75
21/08/69	727	2400	2320	46.94
23/08/69	745	2400	2374	14.66
25/08/69	789	2670	2622	24.50
27/08/69	845	3140	3066	32.59
29/08/69	914	3460	3406	21.41
01/09/69	880	3120	3157	-15.63
02/09/69	864	2960	2988	-12.53
04/09/69	873	2890	2851	18.53
05/09/69	935	3370	3279	37.66
06/09/69	972	3710	3623	32.47
09/09/69	986	3670	3638	11.69
10/09/69	990	3580	3546	12.94
12/09/69	1009	3730	3712	6.44
13/09/69	981	3310	3304	2.28
17/09/69	981	3310	3345	-14.03
19/09/69	938	2950	2992	-18.47
26/09/69	859	2410	2467	-30.22
28/09/69	811	2130	2155	-15.66
06/10/69	738	1840	1848	-5.81
08/10/69	752	1970	1962	5.66
21/10/69	668	1810	1827	-12.31
24/10/69	712	1830	1810	15.03
28/10/69	751	2000	1974	17.56
01/11/69	773	2020	2049	-18.94
05/11/69	631	1370	1406	-30.91
07/11/69	579	1220	1251	-24.56
11/11/69	509	952	971	-13.94
14/11/69	470	819	842	-14.41
20/11/69	405	637	656	-9.22
24/11/69	376	532	546	-6.25
27/11/69	356	492	508	-6.38
02/12/69	328	412	425	-6.13
08/12/69	301	374	382	-3.97
19/12/69	272	278	281	-2.42
29/12/69	243	218	221	-2.97
05/01/70	228	179	182	-3.03
15/01/70	207	152	154	-2.00
10/05/73	40	0	0.3	-0.72
05/06/73	42	1	0.8	0.00
15/12/73	152	65	65.2	-1.28
12/01/74	120	43	43.6	-1.00
13/02/74	93	19	19.1	-0.50
06/03/74	78	12	11.6	-1.00
27/03/74	59	3	2.6	-0.75
30/04/74	45	1	1.2	-0.55

La correction de gradient est la même que celle du tableau A2.1.

ETALONNAGE 1974 – 1987

Il semble qu'un détarage intervienne lors de la crue 1974, les mesures effectuées durant la période concernée sont contenues dans le tableau A2.4, La courbe d'étalonnage digitalisée et la correction de gradient correspondante sont contenus dans le tableau A2.3 ci-dessous..

Tableau A2.3

H	Q	H	K
30	0.000	-100	0.004
40	0.300	0	0.004
50	0.670	670	0.004
60	3.20	703	0.004
80	10.7	716	0.004
100	35.0	753	0.004
120	61.3	805	0.004
140	91.5	813	0.004
160	126	830	0.004
180	160	857	0.004
200	198	897	0.004
220	239	934	0.004
240	282	942	0.004
260	328	969	0.004
280	380	988	0.004
300	440	1001	0.004
350	607	1009	0.004
400	793	1400	0.004
450	995		
500	1214		
550	1448		
600	1698		
650	1964		
700	2248		
750	2551		
800	2876		
850	3226		
900	3605		
950	4016		
1000	4465		
1050	4957		
1100	5498		
1150	6094		
1200	6840		
1250	7675		
1300	8600		
1350	9614		
1400	10717		

La courbe de tarage est assez nettement plus élevée que la précédente et suivante.

En fait le calcul des volumes annuels sur toute la période donne des résultats proches, que l'on utilise une seule courbe de tarage ou deux. Il est surprenant que l'on revienne au même étalonnage après un détarage aussi important, surtout dans une zone où les pentes sont faibles et la sédimentation peu importante.

Pour la bonne forme, nous utiliserons les deux étalonnages, en espérant que le phénomène mentionné ci-dessus ne se reproduira pas.

Pour la gestion de l'aménagement, l'étalonnage actuel, dont la courbe est remarquable sur le plan de la dispersion sera pris en compte.

Lors des analyses de fonction de gradient, la qualité des mesures effectuées de 1998 à 2000 permet de calibrer une courbe de correction, alors que cet exercice est très difficile avec les mesures effectuées de 1974 à 1987.

La figure A2.3 montre les décalage entre les courbes. Il faut noter que le détarage est peu sensible jusqu'à la cote 250.

Pour les fortes valeurs, seule l'année 1974 comporte des hauteurs. D'où l'écart assez faible sur les modules inter annuel moyen.

La crue artificielle est basée sur le limnigramme de BAKEL, le détarage présente peu d'importance à partir du moment où l'on considère que la gestion est une gestion de niveaux, pour l'aval. Pour le barrage, il s'agit bien de débits, minorés par la courbe actuelle.

Tableau A2.4

Date	H	Qmes.	Qcor.	Gradient
17/05/74	38	0.7	0.7	-0.50
30/05/74	28	0.1	0.1	-0.97
16/06/74	20	0.0	0.0	-0.50
27/07/74	515	1370	1 339.1	11.69
13/08/74	599	1590	1 659.7	-20.56
14/08/74	574	1440	1 513.2	-23.61
16/08/74	541	1320	1 360.2	-14.55
03/09/74	1061	4480	4 847.1	-36.44
09/09/74	953	3600	3 617.8	-2.45
12/09/74	876	2940	3 157.3	-33.23
14/09/74	823	2700	2 828.8	-22.25
18/09/74	821	2850	2 797.9	9.41
22/09/74	842	3030	3 070.3	-6.52
24/09/74	777	2500	2 684.0	-33.11
24/03/75	79	10.6	10.6	-0.97
03/05/75	52	2.0	2.0	0.00
05/06/75	36	0.4	0.4	-0.28
27/07/75	459	1200	1 072.2	63.17
30/07/75	674	2470	2 143.3	82.03
02/08/75	709	2460	2 496.5	-7.25
11/08/75	577	1790	1 701.8	26.59
12/08/75	602	1760	1 699.1	18.25
16/08/75	581	1650	1 650.3	-0.09
19/08/75	539	1370	1 421.2	-17.70
21/08/75	494	1160	1 216.8	-22.81
23/08/75	454	995	1 019.5	-11.88
26/08/75	510	1310	1 258.3	20.97
27/08/75	521	1330	1 304.3	9.94
29/08/75	546	1500	1 438.8	21.70
30/08/75	572	1650	1 533.8	39.31
31/08/75	658	2360	2 083.3	70.81
01/09/75	753	3020	2 560.1	97.89
01/09/75	775	3140	2 660.2	98.31
02/09/75	853	3780	3 208.6	96.97
03/09/75	936	4470	3 872.7	83.06
04/09/75	1004	4980	4 505.7	55.41
05/09/75	1016	4730	4 596.9	14.69
06/09/75	993	4560	4 628.5	-7.34
08/09/75	1006	4670	4 637.1	3.56
10/09/75	976	4080	4 252.0	-19.81
11/09/75	946	3860	4 070.8	-25.22
13/09/75	889	3400	3 645.1	-32.48
14/09/75	856	3080	3 306.7	-33.11
16/09/75	792	2660	2 801.1	-24.55
11/10/75	538	1300	1 344.8	-16.39
13/10/75	503	1120	1 161.8	-17.67
14/10/75	485	1060	1 098.5	-17.22
08/11/75	321	473	478.0	-5.16
10/11/75	310	444	449.3	-5.84
09/12/75	208	181	181.8	-2.06
11/12/75	204	177	177.7	-2.09
15/01/76	144	70.0	70.3	-1.97
17/01/76	142	68.7	68.8	-0.84
17/03/76	84	14.0	14.0	-0.72
08/05/76	41	0.4	0.4	-0.53
07/08/76	391	780	792.8	-8.02
12/08/76	474	1140	1 110.5	13.47
17/08/76	585	1750	1 638.1	35.33
19/08/76	634	1960	1 910.4	13.16
06/09/76	482	1090	1 118.6	-12.61
10/09/76	453	1010	1 015.4	-2.64
14/09/76	427	910	914.4	-2.38
22/10/76	423	890	879.8	5.86
28/04/77	60	4.6	4.7	-1.84
09/06/77	44	1.4	1.4	-0.28
06/11/77	257	301	302.4	-2.28
04/01/78	120	45.4	45.6	-1.72

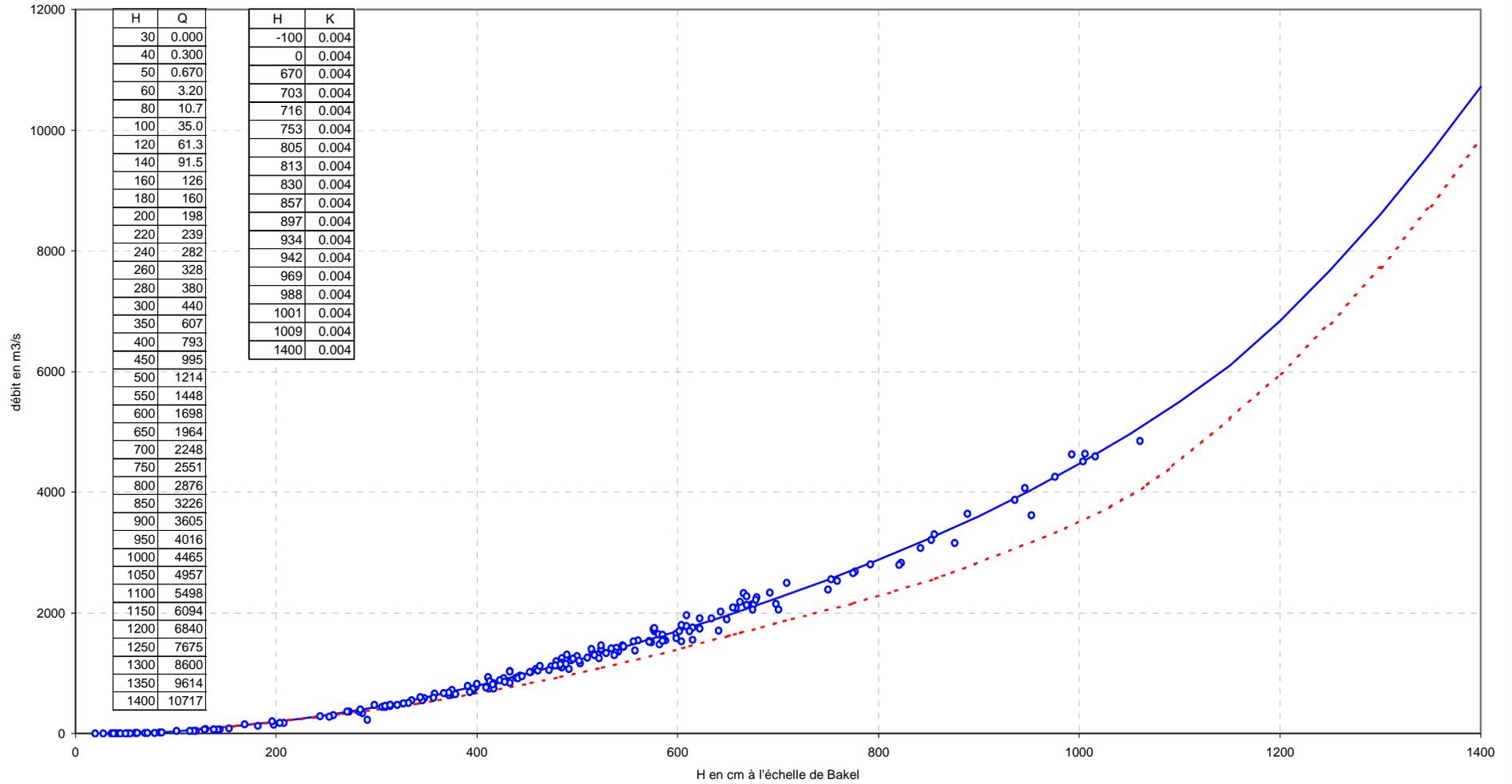
Date	H	Qmes.	Qcor.	Gradient
12/02/78	86	14.4	14.4	-0.50
01/05/78	38	0.7	0.7	0.00
01/01/79	138	65.5	65.7	-1.30
01/01/79	138	66.0	66.2	-1.29
01/01/79	138	64.0	64.2	-1.28
26/03/79	69.5	4.5	4.5	-0.38
26/04/79	45	0.9	0.9	-0.52
08/06/79	62	5.3	5.2	7.65
30/11/79	198	146	147.2	-4.16
01/08/80	411	961	924.7	20.03
01/08/80	411	970	932.5	20.49
02/08/80	433	1100	1 032.3	33.87
02/08/80	433	1100	1 030.5	34.88
03/08/80	479	1340	1 197.8	62.89
04/08/80	609	2010	1 784.5	67.17
05/08/80	604	1850	1 801.3	13.69
07/08/80	514	1290	1 403.3	-38.74
08/08/80	485	1200	1 247.1	-18.53
09/08/80	500	1300	1 281.1	7.45
10/08/80	524	1450	1 402.0	17.43
11/08/80	534	1470	1 408.3	22.40
12/08/80	576	1850	1 736.6	33.70
25/08/80	55	4.0	4.0	5.41
02/01/81	130	73.2	73.4	-1.38
16/01/81	118	45.5	45.6	-1.26
14/08/81	669	1930	2 131.2	-44.98
16/08/81	588	1450	1 542.5	-29.08
19/08/81	655	2230	2 089.0	34.90
25/08/81	599	1520	1 581.4	-19.04
28/08/81	615	1780	1 759.8	5.77
01/09/81	676	2290	2 136.4	37.25
04/09/81	698	2180	2 148.1	7.48
11/09/81	622	1970	1 908.1	16.48
14/09/81	622	1720	1 742.0	-6.27
15/09/81	615	1520	1 551.0	-9.90
18/09/81	586	1560	1 565.7	-1.80
20/09/81	582	1480	1 478.5	0.50
23/09/81	585	1520	1 537.5	-5.65
25/09/81	561	1510	1 546.9	-11.78
30/10/81	286	335	337.2	-3.21
28/11/81	182	123	123.4	-1.79
29/01/82	101	38.5	38.6	-1.34
03/03/82	72	9.1	9.2	-1.61
27/03/82	50	2.4	2.4	-0.11
25/07/82	273	370	365.7	5.91
27/07/82	283	372	368.8	4.36
29/07/82	314	496	477.6	19.58
31/07/82	306	428	443.6	-17.31
05/08/82	375	685	650.0	27.65
12/08/82	399	813	774.5	25.45
14/08/82	490	1430	1 311.8	47.10
15/08/82	524	1590	1 464.7	44.58
18/08/82	517	1250	1 298.4	-18.29
19/08/82	485	1110	1 171.7	-25.62
21/08/82	443	945	963.8	-9.64
23/08/82	483	1230	1 150.1	35.94
24/08/82	545	1640	1 460.3	65.33
26/08/82	643	2090	2 017.3	18.33
29/08/82	666	2410	2 330.7	17.31
30/08/82	679	2330	2 256.6	16.54
31/08/82	692	2370	2 332.3	8.15
02/09/82	669	2220	2 276.8	-12.32
05/09/82	675	2030	2 055.6	-6.19
07/09/82	577	1640	1 753.7	-31.37
10/09/82	546	1400	1 440.8	-13.97
18/08/83	375	719	723.5	-3.10
20/08/83	412	796	750.9	30.91

Date	H	Qmes.	Qcor.	Gradient
22/08/83	492	1120	1 069.8	24.04
31/08/83	396	714	717.5	-2.46
05/10/83	379	650	651.2	-0.90
09/10/83	348	575	589.1	-11.82
11/10/83	335	544	550.9	-6.26
15/10/83	309	432	437.7	-6.44
18/10/83	284	391	398.5	-9.33
22/10/83	253	280	283.8	-6.67
27/10/83	291	225	226.8	-3.85
27/11/83	153	84	84.3	-2.95
30/07/84	396	756	738.4	12.05
08/08/84	417	755	743.9	7.51
13/08/84	393	688	688.8	-0.60
15/08/84	433	850	840.9	5.43
20/08/84	409	760	764.1	-2.67
15/09/84	372	622	640.3	-14.12
17/09/84	346	542	552.3	-9.27
26/09/84	332	500	507.5	-7.32
28/09/84	309	450	457.8	-8.42
10/10/84	414	870	849.3	12.31
20/12/84	114	39.7	39.8	-1.44
21/07/85	358	659	665.9	-5.12
25/07/85	400	870	822.8	29.52
27/07/85	439	940	928.3	6.36
01/08/85	478	1190	1 126.9	28.80
12/08/85	522	1310	1 251.0	24.14
15/08/85	556	1590	1 528.4	20.55
13/09/85	678	2140	2 218.8	-17.44
16/09/85	649	1840	1 891.9	-13.54
18/09/85	612	1640	1 698.1	-16.82
21/09/85	572	1470	1 521.5	-16.63
23/09/85	529	1280	1 336.8	-20.79
25/09/85	489	1110	1 153.6	-18.53
29/09/85	461	1030	1 045.6	-7.40
02/10/85	441	900	913.7	-7.43
16/07/86	244	290	289.6	0.63
19/07/86	271	380	366.4	18.94
20/07/86	298	500	479.7	21.65
21/07/86	314	470	459.7	11.38
26/07/86	344	620	599.6	17.26
28/07/86	327	490	501.2	-11.07
02/08/86	357	605	592.8	10.44
26/08/86	417	850	829.2	12.72
27/08/86	445	1000	953.8	24.83
28/08/86	472	1100	1 053.3	22.65
31/08/86	502	1230	1 203.7	11.04
03/09/86	537	1370	1 300.7	27.34
04/09/86	609	2160	1 963.3	52.60
06/09/86	662	2380	2 181.7	47.50
07/09/86	750	2560	2 385.6	37.88
10/09/86	759	2440	2 527.7	-17.05
12/09/86	701	1970	2 058.6	-21.05
17/09/86	641	1580	1 709.6	-36.47
18/09/86	604	1430	1 530.7	-31.82
22/09/86	558	1360	1 372.5	-4.55
23/09/86	416	815	821.9	-4.16
25/09/86	129	67.0	68.2	-8.58
16/07/87	169	150	149.2	2.76
19/07/87	196	210	204.6	13.49
19/08/87	372	775	681.2	73.58
21/08/87	413	885	865.0	11.71
23/08/87	463	1200	1 118.8	37.63
23/08/87	496	1330	1 239.0	38.05
27/08/87	367	610	671.2	-43.51
29/08/87	314	460	477.3	-17.75
12/09/87	428	820	855.3	-20.23
23/09/87	416	815	818.9	-2.35
25/11/87	129	67.0	67.5	-4.03

Figure A2.3

STATION DE BAKEL
Etalonnage mai 2001 - Validité 05/1974 à 04/1988

○ Qcor — Etalonnage 74-87 - - - Etalonnage actuel



ANNEXE 3

PROGEMAN 3

**LOGICIEL D'AIDE A LA GESTION EN TEMPS REEL DU BARRAGE
DE MANANTALI**

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
1 Gestion des données hydrologiques et de manœuvre du barrage	5
1.1 Saisie des données.....	5
1.2 Edition des données	6
2 Calcul de prévision de débit	8
2.1 Modèle de propagation	8
2.2 Modèle de tarissement.....	9
2.3 Modèle autorégressif	10
2.4 Interpolation	10
2.5 valeurs médianes.....	10
2.6 Résultats et signification des codes lettres.....	11
3 Calcul de débit à lâcher	12
3.1 Consignes relatives au respect d'une limite de cote ou de débit définie à une station située à l'aval du barrage	12
3.2 Consignes relatives au respect d'une limite de niveau à respecter dans la retenue.....	13
3.2 Consigne relative à la production d'énergie.....	13
3.3 Combinaison des limites de débit total lâché relatives aux différentes consignes.....	14
3.4 Répartition du débit lâché préconisé	14
4 Edition ou gestion de paramètres.....	15
4.0 Nombre de stations, de vannes de fond et de surface, et nature des stations	15
4.1 Etalonnages	15
4.2 Modèles de propagation	16
4.3 Modèles autorégressifs.....	16
4.4 Valeurs médianes	16
4.5 Paramètres relatifs aux vannes de surface	17
4.6 Paramètres relatifs aux vannes de demi-fond.....	17
4.7 Objectifs de débit ou de cote	17
4.8 Niveaux limites à respecter dans la retenue.....	18
4.9 Paramètres relatifs au barrage	18
5 Définition des consignes.....	19
5.1 Respect d'une limite maximale de cote ou de débit (laminage aval) : A	19
5.2 Respect d'une limite maximale du niveau du lac (sécurité, laminage aval) : B.....	19
5.3 Respect d'une limite minimale de cote ou de débit (besoin aval) : C.....	20
5.4 Respect d'une limite minimale de niveau du lac (sécurité, besoin aval) : D.....	20
5.5 Production d'énergie	21
6 Calcul de productibles énergétiques	22

6.1 donnée connue : niveau de retenue	22
6.2 donnée connues : niveau de retenue et débit total lâché	22
6.3 données connues : niveau de retenue et puissance souhaitée.....	22
6.4 donnée connue : puissance souhaitée	23
6.5 : données connues : niveau de retenue, débit total lâché et puissance produite.....	23
Annexe 1 : format du fichier ASCII CARACTAB	24
Annexe 2 : format du fichier ASCII STATIONS	24
Annexe 3 : format des fichiers d'étalonnage *.ETA.....	26
Annexe 4 : format des fichiers *.MPP	29
Annexe 5 : format des fichiers *.AUT	32
Annexe 6 : format des fichiers *.MED	33
Annexe 7 : format des fichiers VANSUR*	36
Annexe 8 : format des fichiers VANFON*	38
Annexe 9 : format du fichier DEBIOBJ	39
Annexe 10 : format des fichier NIVOLIM*.MIN et NIVOLIM*.MAX.....	41
Annexe 11 : édition du fichier RETENUE	41
Annexe 12 : liste des fichiers du logiciel.....	42

INTRODUCTION

Le logiciel PROGEMAN, qui fait suite au logiciel PROGESEN, vise à apporter une aide à la gestion en temps réel du barrage de Manantali.

Comme PROGESEN, la première version de PROGEMAN ne pouvait prendre en compte qu'un seul type de consigne de gestion, associée à un débit objectif défini à la station de Bakel.

La nouvelle version de PROGEMAN présentée ici, prend en compte les différents types de consignes suivants :

- A : Respect d'une limite maximale de cote ou de débit, définie à une station située à l'aval du barrage (laminage des crues)
- B : Respect d'une limite maximale du niveau du lac (sécurité de l'ouvrage, laminage des crues)
- C : Respect d'une limite minimale de cote ou de débit, définie à une station située à l'aval du barrage (fourniture d'eau pour irrigation, navigation, soutien de crue)
- D : Respect d'une limite minimale de niveau du lac (sécurité de l'ouvrage, fourniture d'eau pour irrigation, navigation, soutien de crue)
- E : Production d'énergie

Les procédures proposées par le logiciel sont les suivantes :

- Gestion des données : l'utilisateur peut éditer (écran, imprimante, fichiers ASCII), corriger et tenir à jour une banque de données spécifique concernant la situation hydrologique sur le haut bassin du Sénégal, l'état de la retenue et les manœuvres effectuées au barrage (débit turbiné, réglage des vannes). Ces données doivent être tenues à jour en continu, si possible par une saisie au minimum journalière.
- Calcul de prévision de débit : le logiciel permet d'évaluer les débits résultants aux stations situées à l'aval du barrage, pour une valeur quelconque de débit lâché. Les calculs utilisent divers modèles permettant d'exploiter au maximum l'ensemble des données disponibles, et de sortir des résultats dans tous les cas, y-compris en cas de lacunes sévères de données.
- Calcul de débit à lâcher : en fonction de la situation hydrologique du moment et des consignes retenues, le logiciel calcule la valeur optimale de débit total à lâcher, ainsi que la part à turbiner pour produire le maximum de puissance.
- Edition ou gestion des paramètres : le logiciel permet d'éditer en clair les valeurs de tous les paramètres qu'il utilise. Certains, stockés sur fichiers ASCII, sont modifiables sous EXCEL ou éditeur quelconque : étalonnages des stations hydrométriques et des différentes vannes ; modèles de propagation ; modèles autorégressifs ; valeurs médianes aux stations naturelles ; objectifs définis aux stations aval ; limnigrammes limites à respecter dans la retenue. D'autres, concernant les caractéristiques de la retenue et des turbines, sont entièrement gérables à partir du logiciel.
- Définition des consignes : l'utilisateur peut définir dans l'ordre de priorité de son choix, une liste de 9 consignes parmi les 5 types disponibles. Ce jeu de consignes doit être tenu à jour des modifications d'objectifs dictées par l'autorité compétente, pour pouvoir être utilisé dans le calcul des débits à lâcher
- Calcul de productibles énergétiques. En fonction du nombre de turbines disponibles et des valeurs saisies pour le niveau de retenue, le débit total lâché ou la puissance produite, le logiciel détermine les solutions optimales de turbinage.

Le logiciel présente des interfaces suffisamment conviviales pour pouvoir être utilisé directement. Toutefois, en cas de besoin, tous les détails nécessaires peuvent être trouvés dans la présente notice.

La liste des fichiers nécessaires pour le fonctionnement du logiciel est donnée en **annexe 12**.

Le programme fonctionne sous DOS ou dans une fenêtre DOS sous Windows. Il est lancé par l'instruction : PROGEMAN.

1 GESTION DES DONNEES HYDROLOGIQUES ET DE MANŒUVRE DU BARRAGE

1.1 Saisie des données

Le logiciel considère 4 familles de variables pour lesquelles il faut saisir des données instantanées :

- Données hydrométriques : ce sont les cotes (cm) relevées aux échelles des stations signalées comme stations réelles observées dans le fichier ASCII STATIONS (cf annexe 2). Ces données doivent être saisies le plus fréquemment possible (au moins 1 ou 2 fois par jour) pour favoriser la précision des calculs. Le logiciel considère une variation linéaire des cotes entre les points saisis.
- Réglage des vannes de surface : ce sont les pourcentages d'ouverture des vannes, qu'il est nécessaire de saisir à chaque fois qu'un réglage est modifié. Seule la saisie du nouveau réglage sur la vanne manœuvrée est nécessaire. Le logiciel considère donc une variation en marches d'escalier pour le réglage de chaque vanne, avec des modifications instantanées signalées par les points saisis.
- Réglage des vannes de fond : ce sont les ouvertures verticales exprimées en centimètre. Même commentaire que pour les vannes de surface.
- Débit turbiné et état du lac. Cette rubrique concerne les trois variables suivantes : taux (mm/jour) d'évaporation net (évaporation moins précipitation) sur la retenue ; niveau de surface libre de la retenue (m); débit turbiné(m³/s). Entre deux points saisis, le logiciel considère une variation linéaire pour les deux premières variables, et en marche d'escalier pour la troisième. Le niveau du lac doit être saisi le plus fréquemment possible, et en tous cas le plus récemment possible avant tout calcul de débit à lâcher. Le débit turbiné doit être saisi après chaque modification.

Pour chacune des 4 familles de données, la saisie s'effectue par tableau, une famille pouvant éventuellement présenter plusieurs tableaux dans le cas d'un effectif important de stations ou de vannes.

Chaque tableau de saisie affiche en permanence le contenu des 10 enregistrements les plus récents, chaque enregistrement étant constitué d'une date (format JJMMAAAA HH) et d'une série de valeurs ou de lacunes affectées aux variables du tableau.

Selon la date et l'heure sélectionnées, la saisie d'un enregistrement permet de modifier ou supprimer un enregistrement déjà stocké, ou d'en ajouter un nouveau avant, au milieu ou à la suite des enregistrements existants, classés par ordre chronologique.

La saisie d'un enregistrement respecte les règles suivantes :

- Lorsque le curseur se trouve dans le champ date JJMMAAAA le passage dans le champ suivant HH ne peut être effectué avec la touche ENTREE que si une date correcte figure dans le champ. La touche ECHAPPEMENT permet de quitter le tableau de saisie pour passer au tableau suivant ou quitter la procédure de saisie.
- Lorsque le curseur se trouve dans le champ date HH, le passage dans le champ suivant (1^{ere} variable du tableau) ne peut être fait avec la touche ENTREE que si une heure correcte figure dans le champ.
- Lorsque le curseur se trouve dans le champ de saisie d'une variable, les touches suivantes sont autorisées, outre les touches numériques :
 - Touche ENTREE : cette touche permet de passer dans le champ de saisie suivant. Si le champ courant contient une valeur, celle-ci est validée avant le passage au champ suivant, pour un stockage éventuel si l'enregistrement est confirmé. Si le champ est vide,

la touche ENTREE signifie alors qu'aucune nouvelle valeur ne sera stockée pour la date et la variables concernées, si l'enregistrement est confirmé.

- Touche SUPPRESSION : avant de faire passer le curseur dans le champ de saisie suivant, cette touche supprime la valeur éventuellement saisie dans le champ courant et affiche un S. Cette lettre signifie que si une valeur est déjà stockée pour la date et la station concernées, celle-ci sera éliminée en cas de confirmation de l'enregistrement.
- Touche <- (direction gauche) : cette touche supprime toute valeur éventuellement saisie dans le champ courant, et fait passer le curseur dans le champ précédent où toute valeur éventuellement déjà saisie est également effacée. La touche <- n'est pas autorisée dans le champ de la première variable du tableau, et il est donc impossible de revenir en arrière pour corriger la date de l'enregistrement.
- Touche ← Cette touche permet de déplacer le curseur vers la gauche à l'intérieur du champ de saisie, tout en effaçant le caractère concerné.
- Touche ECHAPPEMENT : cette touche permet de passer directement au tableau suivant ou de quitter la procédure de saisie. L'enregistrement en cours de saisie, non validé, n'est donc pas stocké par le logiciel.

Lorsque les champs de saisie de toutes les variables du tableau ont été parcourus, il est demandé de valider ou non l'enregistrement nouvellement saisi. La validation a pour effet de stocker le contenu de celui-ci dans des fichiers spécifiques nommés *.DON situés dans le répertoire DONNHYDR dédié aux valeurs instantanées, selon les règles suivantes :

- Les champs contenant des valeurs provoquent le stockage de celles-ci dans les fichiers *.DON des stations concernées, en remplacement éventuel des valeurs déjà stockées pour la même date.
- Les champs vides n'entraînent aucune modification dans les fichiers *.DON des stations concernées, les valeurs éventuellement déjà stockées pour la même date étant conservées.
- Les champs contenant la lettre S provoquent la suppression des valeurs éventuellement déjà stockées pour la même date, dans les fichiers *.DON des stations concernées.

Pour toutes les variables assorties d'un étalonnage (certaines stations hydrométriques, niveau de retenue (cf annexe 3)), les valeurs instantanées de données de base sont traduites (resp. en débit ou en volume stocké) dès la fin de toute procédure de saisie concernant la famille de variables concernées. Les valeurs traduites (données secondaires) sont stockées dans les mêmes fichiers *.DON que les données de base.

Enfin, dès que la fin de saisie est demandée pour retourner au menu principal, une mise à jour des débits instantanés passant par les vannes est automatiquement effectuée. Ce calcul tient compte des saisies effectuées pour les réglages de vannes (variables en marches d'escalier) et pour le niveau de la retenue (variable linéairement), et de l'étalonnage des vannes (cf annexes 7 et 8). Le logiciel considère une variation linéaire du débit de chaque vanne, entre les valeurs instantanées calculées systématiquement aux dates suivantes :

- Date de saisie d'un niveau de retenue (code = 0)
- Date de saisie d'un réglage de vanne (code = $\sum 2^i$, avec i = rang des vannes manœuvrées. Par exemple : code = 10 pour vannes 1 et 3 manœuvrées)
- Date de saisie d'un réglage de vanne, moins une seconde. (code = 1)

Le logiciel gère donc un fichier de débits instantanés pour l'ensemble des vannes de surface (nommé QVANSURF.DON) et un autre pour l'ensemble des vannes de demi-fond (nommé QVANFOND.DON). Dans ces fichiers, chaque valeur primaire de débit vanné est associée au code d'origine de calcul signalé ci-dessus, assimilé à une valeur secondaire.

1.2 Edition des données

Pour éditer à l'écran les dernières valeurs instantanées de données de base concernant des variables susceptibles de saisies numériques, il suffit d'utiliser la procédure de "saisie de données" qui affiche les 10 enregistrements de valeurs les plus récents par tableau de saisie. Au lieu de saisir une date

comme il est alors demandé par le logiciel, il suffit de taper la touche ECHAPPEMENT pour sortir de l'affichage et revenir au menu supérieur.

Si l'on veut par contre faire une édition imprimée ou sur fichier ASCII, ou éditer des valeurs plus anciennes, des données secondaires, des données non susceptibles de saisies (débits des vannes), ou des valeurs moyennes journalières, il est nécessaire d'utiliser la procédure "édition de données".

Les familles de variables concernées par la procédure d'édition sont les suivantes :

- Données hydrométriques (données de base : cotes ; données secondaires : débits)
- Réglages des vannes de surface
- Réglages des vannes de demi-fond
- Débit turbiné et état du lac (données de base : taux d'évaporation net, niveau de retenue, débit turbiné ; donnée secondaire : volume stocké)
- Débit des vannes de surface (donnée de base : débit ; donnée secondaire : code d'origine du calcul)
- Débit des vannes de demi-fond (donnée de base : débit ; données secondaire : code d'origine du calcul)

Après avoir sélectionné la famille de variables à éditer, l'utilisateur du logiciel doit choisir entre valeurs instantanées et valeurs moyennes journalières, puis définir la plage de dates sur laquelle il désire faire l'édition. Il doit enfin choisir la destination de l'édition (écran, fichier ASCII (utilisable ensuite avec EXCEL) ou imprimante), et définir la disposition des données secondaires par rapport aux données de base (sur la même ligne ou en dessous).

Lors d'une édition à l'écran, les données apparaissent par tableaux successifs, que l'on fait apparaître en tapant une touche quelconque. Cette édition peut être stoppée à tout moment pour retour immédiat au menu supérieur, grâce à la touche ECHAPPEMENT.

L'édition de données instantanées utilise les valeurs stockées dans les fichiers *DON du répertoire DONNHYDR. Celles-ci correspondent soit à des valeurs saisies, soit à des valeurs traduites automatiquement à partir de valeurs saisies (débits aux stations hydrométriques, volume stocké), soit à des valeurs calculées à partir de plusieurs valeurs saisies (débit des vannes, à partir des réglages de celles-ci et du niveau de retenue).

L'édition de valeurs journalières utilise des valeurs calculées pour la circonstance par la méthode des trapèzes à partir des valeurs instantanées stockées. Dans ce calcul, l'évolution des variables entre valeurs instantanées stockées est supposée linéaire pour certaines d'entre elles (cotes et débits aux stations hydrométriques ; niveau et volume stocké dans la retenue ; taux d'évaporation ; débit des vannes de surface ; débit des vannes de fond) et en marches d'escalier pour les autres (réglage des vannes de surface et des vannes de demi-fond ; débit turbiné).

Les valeurs journalières sont affectées à une date située au milieu de chaque pas de temps (= date du jour à midi). Pour qu'une valeur journalière puisse être calculée, il est nécessaire que le délai séparant sa date centrale de la plus proche valeur instantanée soit inférieur à la valeur suivante :

- Si la date centrale est encadrée de part et d'autre par des valeurs instantanées : 1 jour pour les cotes et débits aux stations hydrométriques ; 30 jours pour les réglages de vannes ; 10 jours pour les taux d'évaporation, niveau et volume de retenue, débit turbiné, débit des vannes de surface et débit des vannes de demi-fond.
- Si la date centrale n'est pas encadrée de part et d'autre par des valeurs instantanées : 12 heures pour toutes les variables.

Dans le cas où il n'existe aucune donnée instantanée soit postérieure, soit antérieure au jour pour lequel est calculée la moyenne journalière, les trapèzes ne couvrent pas la totalité du jour. La moyenne journalière de celui-ci est alors évaluée simplement à partir des trapèzes le couvrant partiellement. Si par exemple la donnée instantanée la plus récente du fichier se situe au jour J à 10H, la moyenne calculée entre 0 et 10 heures du jour J est affectée à ce jour.

2 CALCUL DE PREVISION DE DEBIT

Cette partie du logiciel a pour but d'établir autour d'une date J donnée (la date courante, ou une autre date, quelconque), un tableau de débits moyens journaliers le plus complet possible pour l'ensemble des stations hydrométriques gérées par le logiciel (cf **annexe 2**), entre les jours J-10 et J+10. Ce calcul est effectué pour une valeur quelconque de débit total lâché du barrage au jour J, définie par l'utilisateur du logiciel. Il peut donc être utilisé en particulier pour estimer l'effet d'un débit lâché donné sur les stations situées à l'aval du barrage.

Cette procédure débute par un calcul de valeurs journalières observées entre les jours J-10 et J+10, effectué suivant les règles énoncées dans la partie "édition des données", à partir des valeurs instantanées stockées. Les débits journaliers lâchés par le barrage sont calculés comme la somme des débits journaliers turbinés, des vannes de surface et des vannes de demi-fond.

Selon l'option retenue par l'utilisateur, les éventuels débits journaliers observés postérieurs au jour J sont soit conservés, soit éliminés du tableau (cette élimination est automatique pour les stations situées à l'aval du barrage). Les éventuelles lacunes de débit journalier constatées entre les jours J-10 et J+10 sont ensuite comblées par différentes méthodes appliquées par ordre de précision décroissante, comme il est précisé ci-dessous.

Dans un premier temps, chacune des stations considérées dans l'ordre ou elles apparaissent dans le fichier STATIONS (cf **annexe 2**), soit en principe de l'amont vers l'aval, voit ses données journalières complétées respectivement par les méthodes suivantes : modèle de propagation (avec ou sans boucle fermée de régulation, selon le choix de l'utilisateur); autorégression ou modèle de tarissement (suivant les conditions définies par l'utilisateur); interpolation ; valeurs médianes.

Dans un second temps, une interpolation effectuée suivant des règles moins stricte qu'à la première étape, destinée à combler d'éventuelles lacunes résiduelles, est appliquée de nouveau sur chacune des stations.

Chaque valeur ainsi reconstituée est affectée d'un code indiquant la ou les méthodes (nature et nombre d'applications) utilisées pour la calculer. Ce code est d'autant plus élevé que les méthodes utilisées sont moins précises, le code affecté aux valeurs observées étant la valeur nulle.

Le détail des différentes méthodes utilisées est donné ci-dessous.

2.1 Modèle de propagation

La propagation entre stations amont et aval est représentée suivant le modèle de Lamagat, dont le principe consiste à évaluer la donnée aval Av et le temps de propagation Tp entre amont et aval, en fonction de la donnée amont Am du jour j :

$$T_p = f (A_m (j))$$

$$A_v (j + T_p) = g (A_m (j))$$

Dans ce modèle qui peut être appliqué en cote ou en débit, la donnée amont Am peut être la somme de données relatives à plusieurs stations, ou celle d'une seule station.

Pour les stations concernées par le modèle de propagation, les fonctions f et g de celui-ci (aménagé pour l'utilisation en régime artificiel) sont données en **annexe 4**.

Dans la pratique, le logiciel applique le modèle de propagation en essayant de calculer une valeur pour chaque jour entre J-10 et J+10, en utilisant en entrée l'ensemble des données amont nécessaires, quelle que soit leur nature (observée ou reconstituée par telle ou telle méthode).

Dans le cas de débits, on obtient donc une série de débits Qp(t) calculés par propagation, qu'il est possible de comparer (pour les stations réelles observées) à la série Q(t) des débits observés pour les jours t compris entre J-10 et J+10. Il en découle une série d'écarts Ec(t) entre débits calculé et débits observés, estimés comme suit :

$$\text{Si } (Q(t) \neq \text{lacune}) \text{ et } (Q_p(t) \neq \text{lacune}) \text{ alors : } E_c(t) = Q_p(t) - Q(t)$$

$$\text{Si } (Q(t) = \text{lacune}) \text{ ou } (Q_p(t) = \text{lacune}) \text{ alors : } E_c(t) = \text{lacune}$$

Pour chaque jour t sans valeur observée ($Q(t) = \text{lacune}$) et pour lequel un débit propagé a pu être calculé ($Q_p(t) <> \text{lacune}$), le logiciel évalue un terme correctif à partir des N écarts antérieurs les plus proches de t, et des N écarts postérieurs les plus proches de t, N étant défini dans le fichier de paramètres *.MPP associé à la station (cf annexe 4). Ce terme correctif $\text{Correc}(t)$ est égal à la moyenne des écarts ainsi retenus, pondérés par l'inverse du délai les séparant du jour t.

Au final, le débit $Q_{pr}(t)$ calculé par modèle de propagation au jour t et régulé par correction en boucle fermée, tient compte du coefficient de pondération K défini dans le fichier *.MPP de la station (cf annexe 4) :

$$Q_{pr}(t) = Q_p(t) - K * \text{Correc}(t)$$

Pour les stations réelles observées, et à condition que des données observées entre les jours J-10 et J+10 existent simultanément avec des valeurs calculées Q_p , c'est respectivement $Q_{pr}(t)$ ou $Q_p(t)$ qui est retenu pour combler la lacune du jour t, selon que l'utilisateur a retenu ou non l'option de régulation des débits propagés au lancement du calcul. Dans les autres cas, il est impossible de comparer les débits propagés bruts Q_p avec des valeurs observées, et c'est donc $Q_p(t)$ qui est systématiquement retenu. Le code affecté à ce débit est égal au code du débit amont (ou au maximum des codes des débits amont) utilisé(s) pour calculer $Q_p(t)$, augmenté de la valeur 1 pour $Q_{pr}(t)$ ou 10 pour $Q_p(t)$.

Le principe du modèle de propagation de Lamagat consiste, faute d'observation, à évaluer les apports ou pertes intermédiaires entre stations de l'amont et de l'aval, en fonction de conditions constatées à l'amont. La relation utilisée, calée sur des données observées, ne peut être représentative que d'une situation moyenne. Entre la situation du moment et cette situation moyenne, il existe toujours un certain écart qui peut être estimé a posteriori par la différence entre débit prévu et observé à la station aval. La correction en boucle fermée est destinée à tenir compte de cet écart. Elle est d'autant plus efficace et facile à mettre en œuvre que le temps de propagation entre amont et aval est court, et que la vitesse de variation de l'écart sus-mentionné est faible. Elle est moins efficace dans le cas contraire (écarts d'apports intermédiaires rapidement variables, temps de propagation longs) et peut alors entraîner certaines oscillations de résultats, d'où la préconisation d'utiliser un coefficient de pondération K toujours nettement inférieur à 1.

2.2 Modèle de tarissement

Le modèle de tarissement est appliqué à la place des modèles autorégressifs, lorsque l'utilisateur précise que le régime de tarissement est installé. Ce modèle n'est appliqué qu'en débit, et uniquement pour les stations réelles observées au régime d'écoulement naturel (cf annexe 2).

Le logiciel utilise le modèle suivant pour décrire le tarissement naturel du débit Q d'un cours d'eau entre les instants t_0 et t :

$$Q(t) = Q(t_0) * \exp(-k * (t - t_0))$$

Le coefficient de tarissement k dépend essentiellement de la station, mais peut aussi dépendre des conditions du moment concernant le débit du cours d'eau et le niveau des nappes. Aussi, plutôt que d'utiliser un coefficient k fixé pour chaque station, il a été préféré d'utiliser un coefficient toujours évalué à partir des données observées les plus proches en temps. Ainsi, pour chaque jour t (compris entre J-10 et J+10) sans valeur de débit observé à la station, le logiciel tente de calculer un débit reconstitué par modèle de tarissement. Il utilise pour cela une valeur de coefficient k évaluée à partir des deux débits journaliers observés $Q(t_1)$ et $Q(t_2)$ les plus proches de t :

$$k = - (\text{Log} (Q(t_2) / Q(t_1))) / (t_2 - t_1)$$

Les deux dates t_1 et t_2 qui doivent se situer entre J-10 et J+10 sont recherchées en priorité de part d'autre du jour t. Mais à défaut, elles peuvent se situer toutes deux du même côté de t.

Toute valeur ainsi reconstituée le jour t par modèle de tarissement est affectée du code 100. Elle est conservée si le débit du jour t est soit une lacune, soit une valeur reconstituée affectée d'un code supérieur à 100. Ainsi, les valeurs calculées par modèle de tarissement remplacent toutes autres valeurs, sauf :

- Les valeurs observées

- Les valeurs calculées par modèle de propagation (régulé ou non) directement à partir de valeurs observées

2.3 Modèle autorégressif

Les modèles autorégressifs sont appliqués à la place du modèle de tarissement, lorsque l'utilisateur précise que le régime de tarissement n'est pas installé. Ces modèles, dont les paramètres doivent figurer au format correct dans des fichiers *.AUT (cf annexe 5), ne peuvent concerner que des stations réelles observées au régime d'écoulement naturel (cf annexe 2). Ils s'appliquent soit sur des cotes, soit sur des débits.

Les modèles autorégressifs n'utilisent en entrée de calcul que des valeurs journalières observées, pour donner en sortie des valeurs affectées du code 1000. Ces modèles sont appliqués dans l'ordre où ils apparaissent dans le fichier *.AUT de la station concernée jusqu'à ce que le calcul soit possible, pour tout jour t situé entre J-10 et J+10 présentant soit une lacune soit une valeur reconstituée affectée d'un code supérieur à 1000. Ainsi, les valeurs calculées par modèle autorégressif remplacent toutes autres valeurs, sauf :

- Les valeurs observées
- Les valeurs calculées par modèle de propagation (régulé ou non) directement à partir de valeurs observées

2.4 Interpolation

L'interpolation est utilisée à deux reprises dans le processus de comblement des lacunes entre les jours J-10 et J+10.

La première utilisation a lieu lorsque pour chacune des stations (prises dans l'ordre indiqué dans le fichier STATIONS) les différentes méthodes de reconstitution de donnée sont appliquées successivement, par ordre de précision décroissante. Les valeurs interpolées lors de cette étape sont affectées du code 10000. Elles ne peuvent être calculées qu'à partir de valeurs observées ou de valeurs reconstituées affectées d'un code inférieur à 10000.

La seconde utilisation est menée en dernier ressort, à la fin du processus de comblement des lacunes. Les valeurs interpolées lors de cette étape sont affectées du code 1000000. Elles peuvent être calculées à partir de toutes les valeurs affectées d'un code inférieur à 1000000.

Lorsque pour la station traitée, un jour t situé entre J-10 et J+10 présente une lacune ou une valeur reconstituée affectée d'un code supérieur au code relatif à l'interpolation (10000 ou 1000000, voir plus haut), le logiciel recherche la plus proche valeur antérieure et la plus proche valeur postérieure affectées de codes inférieurs à celui de l'interpolation. Si l'une de ces deux valeurs se situe à moins de 3 jours de la date t, alors une valeur reconstituée est calculée pour le jour t de la façon suivante :

- Par interpolation linéaire à partir des deux valeurs antérieures et postérieures adéquates définies ci-dessus, si elles existent
- Par extrapolation vers l'arrière (palier) s'il existe seulement une valeur postérieure adéquate
- Par extrapolation vers l'avant (palier) s'il existe seulement une valeur antérieure adéquate et si la station ne se situe pas à l'aval du barrage (station influencée)

2.5 valeurs médianes

La reconstitution par valeurs médianes utilise les 365 valeurs contenues dans le fichier *.MED (cf annexe 6) relatif à chaque station concernée. Les valeurs ainsi reconstituées entre les jours J-10 et J+10, affectées du code 100000, ne peuvent remplacer que des lacunes ou des valeurs déjà reconstituées affectées de codes supérieurs.

2.6 Résultats et signification des codes lettres

A l'issue du calcul de prévisions de débit, le logiciel affiche à l'écran le tableau des débits journaliers relatifs aux stations réelles observées, pour les jours J-10 à J+10. Dans ce tableau, les valeurs observées affichées en vert, se distinguent nettement des valeurs calculées affichées en rouge. Ces dernières sont par ailleurs affectées d'un code lettre signalant leur degré de précision, directement lié aux méthodes utilisées pour les obtenir. Plus le rang de la lettre est élevé, moins la valeur peut être considérée comme précise.

L'utilisateur peut demander une impression de ces résultats. Celle-ci porte alors sur l'ensemble des stations, et non plus seulement sur les stations réelles observées.

Pour pouvoir interpréter le code lettre de précision, il faut se rappeler comment sont calculés les codes numériques liés aux valeurs reconstituées, sachant que les valeurs observées sont affectées d'un code nul :

- a. Valeur calculée par propagation avec correction en boucle fermée : code = 1 + code max des valeurs amont utilisées
- b. Valeur calculée par propagation sans correction en boucle fermée : code = 10 + code max des valeurs amont utilisées
- c. Valeur calculée par modèle de tarissement : code = 100
- d. Valeur calculée par modèle autorégressif : code = 1000
- e. Valeur calculée par interpolation à partir de valeurs plus précises : code = 10000
- f. Valeur calculée à partir des médianes : code = 100000
- g. Valeur calculée par interpolation à partir de valeurs de toute nature : code = 1000000

Les lettres a , b,...g étant affectées respectivement aux colonnes unité, dizaine,...million du code numérique, peuvent donc représenter les différentes méthodes de calcul, dans l'ordre de précision décroissante de la liste ci-dessus.

Le code lettre affiché à côté d'une valeur calculée représente la méthode la moins précise qu'il a été nécessaire d'utiliser dans la chaîne de calculs ayant permis de l'obtenir. Ceci peut être illustré sur les deux exemples suivants :

- Un code numérique de 20101 signifie que la chaîne de calcul ayant donné la valeur reconstituée a utilisé au moins : 1 fois la propagation corrigée en boucle fermée ; 1 fois un modèle de tarissement ; 2 fois une interpolation à partir de données plus précises. Le code lettre sorti est alors : e
- Un code numérique de 100030 signifie que la chaîne de calcul ayant donné la valeur reconstituée a utilisé au moins : 3 fois la propagation sans correction en boucle fermée ; 1 fois une valeur médiane . Le code lettre affiché est alors : f

3 CALCUL DE DEBIT A LACHER

Cette partie du logiciel permet de calculer la fourchette de débit moyen journalier à lâcher du barrage, en tenant compte à la fois de la situation hydrologique du moment et des consignes de gestion retenues.

A l'appel de ce calcul, le logiciel lance dans un premier temps la procédure de calcul de prévision de débit (voir plus haut). Ceci se traduit par l'élaboration d'un tableau de débits journaliers aussi complet et précis que possible entre les dates J-10 et J+10 pour l'ensemble des stations. L'utilisateur est tenu de faire les saisies suivantes :

- Jour J du calcul (choix entre date courante, et autre date à saisir)
- Option concernant le régime de tarissement
- Option concernant l'occultation éventuelle de données observées ultérieures à la date J (cette occultation est automatique pour les stations situées à l'aval du barrage).
- Option concernant la correction (boucle fermée) ou non des débits calculés par modèle de propagation

Contrairement à ce qui se passe lors de l'appel direct de la procédure de calcul de prévisions de débits par l'utilisateur, celui-ci n'a pas ici à saisir de valeur de débit lâché pour le jour J, puisque c'est ce débit qui va être calculé par le logiciel en fonction des consignes.

A l'étape suivante, le logiciel lance la procédure de définition des consignes (voir plus bas), qui permet de conserver le jeu de consignes courant, de le modifier, ou de modifier simplement le détail de certaines consignes.

Enfin, les consignes sont prises en compte successivement, dans l'ordre où elles apparaissent dans la liste retenue, pour déterminer les limites de débit lâché en fonction de la situation hydrologique. Pour la cote de surface libre de la retenue, le logiciel utilise la valeur la plus tardive parmi les données saisies antérieures à la date du jour J à 24H. Le principe est le même pour le taux d'évaporation. Pour cette variable toutefois, la valeur déduite des données saisies n'est gardée que si elle est postérieure au jour J-11. Si tel n'est pas le cas, le logiciel utilise alors la valeur moyenne d'évaporation nette du mois, indiquée dans le fichier de caractéristiques de la retenue (cf **annexe 11**).

Le principe des calculs effectués est détaillé ci-dessous.

3.1 Consignes relatives au respect d'une limite de cote ou de débit définie à une station située à l'aval du barrage

Ceci concerne les consignes de type A et C définies plus bas, associées respectivement au laminage immédiat des crues et à la satisfaction immédiate de besoins en eau. Le calcul du débit lâché limite maximal (type A) ou minimal (type B) associé à ces consignes est fait par itérations successives, selon le principe suivant :

Pour une valeur donnée de débit lâché $Q(J)$ au jour J, l'application des modèles de propagation relatifs aux stations situées à l'aval de l'ouvrage permet d'évaluer les débits ou cotes résultant à ces stations, pour des jours J+D variables selon les stations. Pour la station où est défini l'objectif, le logiciel peut donc évaluer l'écart E_c obtenu le jour J+D entre la valeur $V(J+D)$ de cote ou débit résultant du débit lâché au jour J, et la valeur $Vo(J+D)$ de l'objectif : $E_c = V(J+D) - Vo(J+D)$

Chaque itération consiste à déterminer une nouvelle valeur de débit lâché en fonction des écarts obtenus à partir des valeurs précédemment testées, et à déterminer un nouvel écart. Le processus est initialisé en testant un débit lâché nul et un débit lâché de 50000 m³/s. Il s'arrête automatiquement au bout de 1000 itérations, ou dès que les valeurs de débit lâché ne varient plus de façon significative (1 m³/s).

L'édition des résultats à l'écran donne la valeur $Q(J)$ de débit lâché limite minimal ou maximal issue de ce calcul itératif. L'édition imprimée donne en plus le délai D et l'écart E_c résultant.

3.2 Consignes relatives au respect d'une limite de niveau à respecter dans la retenue

Ceci concerne les consignes de type B et D définies plus bas, associées respectivement au respect d'une revanche destinée à la sécurité de l'ouvrage ou au laminage futur des crues, et à la préservation d'un stock destiné à la sécurité de l'ouvrage ou à la satisfaction future de besoins en eau.

Le calcul du débit lâché limite minimal (type B) ou maximal (type D) associé à ces consignes est basé sur un simple bilan de volume, détaillé ci dessous.

On emploie les notations suivantes :

- $Q_e(i)$: débit des apports estimés au droit du barrage durant le jour i
- $Q_s(i)$: débit lâché par le barrage durant le jour i
- $H_l(i)$: Cote limite maximale (type B) ou minimale (type D) dans la retenue, définie par la consigne pour le jour i à 24H
- f : relation entre niveau H et volume V de la retenue : $V = f(H)$
- $E(j)$: taux d'évaporation nette au jour i
- g : relation entre niveau H et superficie S de la retenue : $S = g(H)$
- H_0 : niveau de la retenue le jour J à zéro heure.
- T : durée d'un jour

Le bilan de volume sur la retenue s'exprime de la façon suivante entre le jour J à 0 H et le jour $J+i$ à 24H, si l'on suppose que le niveau limite est atteint le jour $J+i$ à 24 H:

$$T^*[Q_s(J)+\dots +Q_s(J+i)] = T^*[Q_e(J)+\dots +Q_e(J+i)] - [f(H_l(J+i))-f(H_0)] - T^{*(i+1)}*[g(H_l(J+i)+g(H_0))*E(j)]/2$$

Dans le cas d'une consigne de type B associée au laminage des crues, le maintien du niveau de retenue en dessous de la cote limite doit être effectué en minimisant les pointes de débit lâché. Pour le type A associé à la fourniture d'eau, le maintien du niveau au dessus de la cote limite doit être effectué en maximisant les creux de débit lâché. Pour les deux types de consignes, la meilleure façon d'atteindre la cote limite au jour $J+i$ consiste donc à lâcher un débit constant entre les jours J et $J+i$. Ceci donne donc :

$$Q_s(J) = [Q_e(J)+\dots +Q_e(J+i)] / (i+1) - [f(H_l(J+i))-f(H_0)] / [T^{*(i+1)}] - [g(H_l(J+i)+g(H_0))*E(j)]/2$$

Un débit moyen lâché Q_s , calculé entre les jours J et $J+i$, peut ainsi être déterminé pour les valeurs de i comprises entre 0 et la durée D d'effet de la consigne (voir plus bas). Rappelons que cette dernière, définie par l'utilisateur, doit correspondre au délai pendant lequel la prévision des apports dans la retenue peut être faite avec suffisamment de précision par le logiciel.

Pour une consigne de type B, le débit minimal à lâcher au jour J correspond à la valeur maximale des débits Q_s obtenus.

Pour une consigne de type D, le débit maximal à lâcher au jour J correspond à la valeur minimale des débits Q_s obtenus.

Dans l'un et l'autre cas, la valeur limite de débit à lâcher correspond à la valeur de Q_s obtenue entre le jour J et un jour $J+I$, avec I compris entre 0 et D . En plus de la valeur de débit limite affichée à l'écran, l'impression des résultats donne le temps I dans la colonne "délai".

3.3 Consigne relative à la production d'énergie

Le logiciel applique la consigne de production d'énergie en calculant la valeur minimale de débit total lâché compatible avec la puissance minimale visée. Ce calcul est effectué dans l'hypothèse d'une fermeture totale des vannes de demi-fond, et d'une ouverture minimale des vannes de surface.

3.4 Combinaison des limites de débit total lâché relatives aux différentes consignes

Après avoir calculé les limites Q_{min} et Q_{max} de débit total lâché relatives aux différentes contraintes et consignes de gestion, le logiciel détermine la fourchette envisageable pour le débit total à lâcher du barrage.

Les limites minimales $Qt1$ et maximales $Qt2$ de la fourchette sont initialisées à partir des limites physiques Q_{mino} et Q_{maxo} imposées par les dimensions des différents organes d'évacuation de l'ouvrage:

$Qt1 = Q_{mino}$

$Qt2 = Q_{maxo}$

Ensuite, les différentes valeurs de Q_{min} et Q_{max} sont prises en compte, par ordre de priorité décroissante des consignes associées. Etant donnés $Qt1$ et $Qt2$, la prise en compte d'une limite Q_{min} ou Q_{max} se fait toujours selon le principe suivant :

Pour une limite minimale Q_{min} :

- si $Q_{min} < Qt1$ alors Q_{min} n'a aucun effet sur $Qt1$ et $Qt2$
- si $Qt1 < Q_{min} < Qt2$ alors le logiciel adopte Q_{min} comme nouvelle valeur de $Qt1$
- si $Qt2 < Q_{min}$ alors le logiciel adopte $Qt2$ comme nouvelle valeur de $Qt1$, et les limites Q_{min} et Q_{max} déterminées à partir des consignes de priorité moindre ne sont pas prises en compte

Pour une limite maximale Q_{max} :

- si $Q_{max} > Qt2$ alors Q_{max} n'a aucun effet sur $Qt1$ et $Qt2$
- si $Qt1 < Q_{max} < Qt2$ alors le logiciel adopte Q_{max} comme nouvelle valeur de $Qt2$
- si $Q_{max} < Qt1$ alors le logiciel adopte $Qt1$ comme nouvelle valeur de $Qt2$, et les limites Q_{min} et Q_{max} déterminées à partir des consignes de priorité moindre ne sont pas prises en compte.

Le processus de resserrement de la fourchette $Qt1 - Qt2$ s'arrête lorsque toutes les consignes ont été prises en considération, ou dès lors que $Qt1 = Qt2$.

3.5 Répartition du débit lâché préconisé

Le logiciel calcule la répartition du débit limite minimal $Qt1$ dans les différents organes d'évacuation, dans l'optique d'une production maximale de puissance. Ce calcul tient compte du nombre de turbines disponibles et de la puissance maximale évacuable, définies dans la consigne de production d'énergie, si celle-ci existe. Ce calcul est effectué même en l'absence de consigne de production d'énergie. Le nombre de turbines considéré est alors celui qui figure dans le fichier des caractéristiques de la retenue (cf **annexe 11**), et aucune limite de puissance évacuable n'est alors prise en compte.

Pour la partie du débit $Qt1$ passant en dehors des turbines, le logiciel calcule la répartition entre vannes de surface et vannes de demi-fond en faisant l'hypothèse d'une ouverture minimale des vannes de surface. Libre ensuite à l'utilisateur de répartir ces débits autrement si nécessaire.

A l'issue du calcul de débit à lâcher, le logiciel fait une prévision des débits à partir du jour J, établie pour un débit lâché égal à la limite minimale $Qt1$. Les débits édités à l'écran ou sur l'imprimante sont accompagnés de leurs codes lettre de précision (voir plus haut).

Enfin, une édition des résultats est effectuée systématiquement à la fin du fichier ASCII **EXPORTRESULT**. Dans cette édition, les valeurs de débit sont accompagnées de leurs codes numériques de précision (voir plus haut). Le fichier **EXPORT** peut atteindre rapidement une taille importante, surtout si plusieurs calculs sont effectués chaque jour. Il est donc conseillé de la détruire régulièrement, après sauvegarde.

4 EDITION OU GESTION DE PARAMETRES

Les paramètres utilisés par le logiciel sont contenus dans divers fichiers placés obligatoirement dans le répertoire **PARAM** ou dans un de ses sous-répertoires.

Un certain nombre de paramètres relatifs au barrage et la géométrie de la retenue sont entièrement gérés à partir du logiciel (saisie, édition, modification) dans un fichier spécifique.

Tous les autres paramètres figurent dans des fichiers ASCII dont les formats sont décrits en **annexe**. Ces fichiers ne peuvent être ni saisis ni modifiés à partir du logiciel, qui permet cependant pour la plupart d'en éditer le contenu de façon claire. Ils peuvent être élaborés à partir d'un éditeur quelconque (par ex. EDIT sous DOS) ou à partir d'EXCEL.

4.0 Nombre de stations, de vannes de fond et de surface, et nature des stations

Les différentes données instantanées décrivant la situation hydrologique et les manœuvres du barrage sont traitées par le logiciel en quatre familles différentes :

- Stations hydrométriques
- Vannes de surface
- Vannes de fond
- Etat de la retenue et débit turbiné

Le fichier **CARACTAB** (format ASCII, cf **annexe 1**), placé dans le répertoire **PARAM**, contient les effectifs de chacune de ces familles, ainsi que le nombre de caractères affichés à l'écran pour les données de chacune d'entre elles.

Le fichier **STATIONS** (format ASCII, cf **annexe 2**), placé dans le répertoire **PARAM**, contient le nom de toutes les stations hydrométriques prises en compte, ainsi que des codes décrivant pour chacune d'elles :

- La nature de la station (réelle, fictive, apport au droit du barrage, débit sortant du barrage)
- Le caractère du régime d'écoulement (naturel, artificiel)
- L'existence et la nature de données de base (saisies à l'aide du logiciel)
- L'existence et la nature de données secondaires (calculées par le logiciel)

4.1 Etalonnages

Ces étalonnages concernent certaines stations hydrométriques (première famille de données) ainsi que la variable "niveau de retenue" (quatrième famille de données). Ils permettent de traduire les cotes observées aux stations en débits, et de traduire les niveaux de retenue en volumes stockés.

Les étalonnages sont stockés dans le répertoire **PARAMETALON** dans des fichiers individuels ASCII dont les noms, suivis du suffixe **.ETA**, doivent respecter la règle suivante :

- Pour une station hydrométrique, le nom est formé des N premières lettres du nom de la station défini dans le fichier **STATION**, N étant la taille d'affichage définie pour la première famille de données dans le fichier **CARACTAB**.
- Pour le niveau de retenue, le nom est **NIVEAU**.

Le logiciel s'attend à trouver un fichier d'étalonnage pour toutes les stations hydrométriques dont les codes figurant dans le fichier **STATIONS** indiquent l'existence à la fois de données primaires et de données secondaires. Si toutefois un tel fichier attendu vient à manquer ou présente un format incorrect, les débits ne peuvent alors pas être déduits des cotes saisies pour la station concernée, mais ceci n'empêche pas le logiciel de fonctionner.

L'étalonnage contenu dans le fichier **NIVEAU.ETA** est utilisé dans la partie "gestion de données" du logiciel, pour estimer en fonction de chaque niveau saisi (donnée de base) une valeur de volume stocké (donnée secondaire). Cette valeur, éditée pour l'information de l'utilisateur, n'est ensuite utilisée dans aucun calcul. L'absence éventuelle du fichier **NIVEAU.ETA**, ou un format incorrect, n'ont donc aucune conséquence grave. Le volume stocké est en effet recalculé dans la partie "calcul de

débit à lâcher”, en utilisant la relation hauteur – volume de la retenue définie dans le fichier **RETENUE** (voir plus bas) qui , lui, est obligatoire.

La saisie ou la modification des fichier d'étalonnage doit être effectuée à l'aide d'un éditeur quelconque ou à partir d'EXCEL, selon le format décrit en **annexe 3**. L'édition interprétée du contenu de ces fichiers peut cependant être faite à partir du logiciel (**annexe 3**). Cette édition, qui signale tout fichier manquant ou de format incorrect, est vivement conseillée pour vérification, après toute saisie ou modification effectuée sur les fichiers d'étalonnage.

4.2 Modèles de propagation

Ces modèles concernent les stations pour lesquelles le débit ou la cote peuvent être calculés à partir des débits ou des cotes relatifs à une ou plusieurs stations situées à l'amont. Leurs paramètres sont situés dans le répertoire **PARAMPROPAGAT**, dans des fichiers individuels ASCII.

Pour chaque station concernée, le nom du fichier correspondant, suivi du suffixe **.MPP**, est formé des N premières lettres du nom de la station défini dans le fichier **STATION**, N étant la taille d'affichage définie pour la première famille de données dans le fichier **CARACTAB**.

Le logiciel prend en compte tous les fichiers ***.MPP** de format correct (cf **annexe 4**) rencontrés dans le répertoire **PARAMPROPAGAT**. Il permet de faire une édition interprétée de leur contenu (**annexe 4**), mais la saisie ou la modification de ces fichiers doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de EXCEL. Une édition est vivement conseillée à partir du logiciel afin de permettre une vérification, après toute saisie ou modification concernant les fichiers ***.MPP**.

4.3 Modèles autorégressifs

Ces modèles concernent les stations pour lesquelles le débit ou la cote peuvent être étendus par autorégression. Leurs paramètres sont situés dans le répertoire **PARAMAUTOREG**, dans des fichiers individuels ASCII.

Pour chaque station concernée, le nom du fichier correspondant, suivi du suffixe **.AUT**, est formé des N premières lettres du nom de la station défini dans le fichier **STATION**, N étant la taille d'affichage définie pour la première famille de données dans le fichier **CARACTAB**.

Le logiciel prend en compte tous les fichiers ***.AUT** de format correct (cf **annexe 5**) rencontrés dans le répertoire **PARAMAUTOREG**. Il permet de faire une édition interprétée de leur contenu (**annexe 5**), mais la saisie ou la modification de ces fichiers doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de EXCEL. Une édition est vivement conseillée à partir du logiciel afin de permettre une vérification, après toute saisie ou modification concernant les fichiers ***.AUT**.

4.4 Valeurs médianes

En cas d'absence de donnée observée récente, et d'impossibilité de prévision par modèle de propagation, de tarissement ou de régression, l'estimation de la cote ou du débit d'une station peut être effectuée, en dernier recours, à partir des valeurs médianes observées à cette station pendant sa période d'exploitation. Ces valeurs médianes doivent être situées dans le répertoire **PARAMMEDIANE**, dans des fichiers individuels ASCII.

Pour chaque station concernée, le nom du fichier correspondant, suivi du suffixe **.MED**, est formé des N premières lettres du nom de la station défini dans le fichier **STATION**, N étant la taille d'affichage définie pour la première famille de données dans le fichier **CARACTAB**.

Le logiciel prend en compte tous les fichiers ***.MED** de format correct (cf **annexe 6**) rencontrés dans le répertoire **PARAMMEDIANE**. Il permet de faire une édition interprétée de leur contenu (**annexe 6**), mais la saisie ou la modification de ces fichiers doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de EXCEL. Une édition est vivement conseillée à partir du logiciel afin de permettre une vérification, après toute saisie ou modification concernant les fichiers ***.MED**.

4.5 Paramètres relatifs aux vannes de surface

L'étalonnage pris en compte par le logiciel pour les vannes de surface est conforme à la modélisation préconisée dans un extrait de document intitulé "Calcul des débits – vannes de demi-fond et vannes de surface" (auteur : non identifié), transmis par M. A. Dieme, gestionnaire de l'ouvrage.

Bien que l'étalonnage proposé soit identique pour chacune des vannes, un jeu de paramètres, stocké dans un fichier ASCII individuel, est envisagé par vanne. Le logiciel s'attend donc à trouver autant de fichiers d'étalonnage qu'il est prévu de vannes de surface, le nombre de celles-ci étant indiqué dans le fichier `CARACTAB`. Ces fichiers, nommés `VANSUR1` ... `VANSUR8`, sont placés dans le répertoire `PARAMVANNSURF`. Le logiciel permet de faire une édition interprétée de leur contenu ([annexe 7](#)), mais la saisie ou la modification de ces fichiers doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de EXCEL, selon le format indiqué en [annexe 7](#). Une édition est vivement conseillée à partir du logiciel afin de permettre une vérification, après toute saisie ou modification concernant les fichiers d'étalonnage de vannes de surface.

Remarque : l'absence d'un fichier `VANSUR*`, ou un format incorrect, entraîne pour la vanne concernée un débit nul quels que soient son réglage et le niveau de la retenue.

4.6 Paramètres relatifs aux vannes de demi-fond

L'étalonnage pris en compte par le logiciel pour les vannes de demi-fond est conforme à la modélisation préconisée dans le même document que pour les vannes de surface.

Bien que l'étalonnage proposé soit identique pour chacune des vannes, un jeu de paramètres, stocké dans un fichier ASCII individuel, est envisagé par vanne. Le logiciel s'attend donc à trouver autant de fichiers d'étalonnage qu'il est prévu de vannes de demi-fond, le nombre de celles-ci étant indiqué dans le fichier `CARACTAB`. Ces fichiers, nommés `VANFON1` ... `VANFON7`, sont placés dans le répertoire `PARAMVANNFOND`. Le logiciel permet de faire une édition interprétée de leur contenu ([annexe 8](#)), mais la saisie ou la modification de ces fichiers doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de EXCEL, selon le format indiqué en [annexe 8](#). Une édition est vivement conseillée à partir du logiciel afin de permettre une vérification, après toute saisie ou modification concernant les fichiers d'étalonnage de vannes de fond.

Remarque : l'absence d'un fichier `VANFON*`, ou un format incorrect, entraîne pour la vanne concernée un débit nul quels que soient son réglage et le niveau de la retenue.

4.7 Objectifs de débit ou de cote

Certaines consignes de gestion consistent à viser un objectif de cote ou de débit, à une station située à l'aval du barrage. Lorsque cet objectif est variable dans l'année, il doit être saisi et stocké sur fichier avant de pouvoir être appelé par une consigne.

Le fichier `DEBIOBJ` de format ASCII situé dans le répertoire `PARAM`, contient les différents limnigrammes (cote) ou hydrogrammes (débit) susceptibles d'être retenus comme objectifs de gestion, visés par une consigne. L'ajout, la suppression ou la modification d'objectifs dans ce fichier doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de Excel, en respectant le format décrit en [annexe 9](#). Une édition interprétée du contenu du fichier, vivement conseillée pour vérification, peut cependant être effectuée à l'aide du logiciel ([annexe 9](#)). Dans tous les cas, seuls les objectifs figurant au format correct dans le fichier `DEBIOBJ` sont pris en compte par le logiciel, qui ignore les autres. Il n'y a pas de limitation du nombre d'objectifs pouvant être stockés dans le fichier.

4.8 Niveaux limites à respecter dans la retenue

Certaines consignes de gestion consistent à maintenir le niveau de surface libre de la retenue, soit au dessus d'une cote limite minimale, soit en dessous d'une cote limite maximale. Lorsque cette cote limite objectif est variable dans l'année, elle doit être saisie et stockée sur fichier avant de pouvoir être appelée par une consigne.

Les limnigrammes annuels de cotes limites minimales ou maximales à respecter dans la retenue, susceptibles d'être appelés par une consigne de gestion, doivent être placés dans des fichiers individuels de format ASCII situés dans le répertoire **PARAMNIVOLAC**. Le nom de chacun de ces fichiers, précédé du suffixe **.MIN** ou **.MAX** selon qu'il contient un limnigramme minimal ou maximal, est formé de **NIVOLIM** suivi d'une quelconque des 27 lettres de l'alphabet. Le logiciel peut donc gérer aux maximum 27 limnigrammes minimaux et 27 limnigrammes maximaux.

L'élimination d'un limnigramme limite se fait en supprimant le fichier **NIVOLIM*** concerné, alors que la saisie ou la modification d'un fichier **NIVOLIM*** doit être effectuée à l'aide d'un éditeur ou de Excel, en respectant le format décrit en **annexe 10**. Dans tous les cas, seuls les limnigrammes limites figurant au format correct dans un fichier **NIVOLIM*** sont pris en compte par le logiciel, qui ignore les autres.

4.9 Paramètres relatifs au barrage

Les paramètres relatifs au barrage sont gérés entièrement à partir du logiciel dans un fichier **RETENUE** de format spécifique, placé dans le répertoire **PARAM**. Toutes les opérations d'édition, saisie, et modification concernant ce fichier ne peuvent être effectuées qu'avec le logiciel, et par nul autre moyen.

L'**annexe 11** montre une édition des paramètres relatifs au barrage, effectuée à partir du fichier fourni avec le logiciel en juin 2001.

5 DEFINITION DES CONSIGNES

Les consignes de gestion sont des règles concernant soit la sécurité, soit la satisfaction directe ou indirecte des différents objectifs assignés à l'ouvrage. En fonction des conditions hydrologiques, chaque consigne permet de déterminer une limite minimale ou une limite maximale pour le débit total à lâcher du barrage.

Le logiciel conserve en permanence, stocké sur disque, le détail du jeu de consignes courant correspondant à la dernière modification effectuée. Ce jeu est limité à 9 consignes au maximum, choisies parmi les 5 types détaillés plus bas. L'utilisateur a le choix entre les 3 options suivantes :

- Confirmation de la liste et des détails du jeu de consignes courant : ce jeu de consignes est alors conservé sans aucune modification
- Modification du jeu de consignes : il faut définir un nouveau jeu de consignes (entre 1 et 9), pour lesquelles on doit tout d'abord préciser le type de chacune d'entre elles (parmi les 5 types proposés). Pour chaque consigne ainsi sélectionnée, il est ensuite demandé de définir un certain nombre de détails. La saisie d'une liste vide de consignes revient à conserver le jeu de consignes courant sans aucune modification.
- Modification du détail de certaines consignes : les types de consignes du jeu courant sont conservés, mais l'utilisateur a la possibilité de modifier les détails relatifs à chacune des consignes.

Dans un calcul de débit à lâcher du barrage, le logiciel resserre la fourchette des débits acceptables en considérant les consignes dans l'ordre où elles apparaissent dans la liste sélectionnée. Les consignes doivent donc être placées par ordre de priorité décroissante dans le jeu de consignes courant.

Les 5 types de consignes proposés par le logiciel sont détaillés ci-dessous.

5.1 Respect d'une limite maximale de cote ou de débit (laminage aval) : A

Ce type de consigne permet de limiter le débit lâché (limite maximale), de façon que le débit ou la cote ne dépasse pas, dans les jours qui suivent, une certaine limite définie à une station située à l'aval du barrage. Il s'agit donc d'une consigne exclusivement dédiée au laminage immédiat des crues.

Pour ce type de consigne, les détails à préciser sont les suivants :

- Unité de la valeur maximale : cm pour une cote, ou m³/s pour un débit. Le choix de l'unité doit être conforme à la nature des données calculées par modèle de propagation à la station retenue, sinon la consigne est inefficace.
- Valeur limite maximale : il s'agit d'une valeur constante, exprimée dans l'unité choisie ci-dessus
- Station : à choisir parmi la liste des stations situées à l'aval du barrage (y-compris la sortie du barrage)

5.2 Respect d'une limite maximale du niveau du lac (sécurité, laminage aval) : B

Ce type de consigne permet de définir une limite minimale de débit à lâcher, visant à maintenir le niveau de la retenue en dessous d'une certaine limite (fixe, ou variable), dans les jours qui suivent. Dans le cas d'un maintien sur plusieurs jours, la consigne doit veiller également à limiter la pointe de débit journalier lâché.

Une telle consigne peut correspondre soit à un souci de sécurité de l'ouvrage (en évitant le risque de submersion des digues : $H_{max} = 210,50m$), soit au respect d'une revanche (tranche vide) suffisante

dans la retenue, pour préserver les chances de pouvoir effectuer un laminage donné avec un taux de réussite donné dans le futur proche.

Pour ce type de consigne, les détails à préciser sont les suivants :

- Choix entre un niveau limite maximal fixe ou variable à respecter dans la retenue
- Valeur du niveau limite maximal fixe, si cette option est retenue
- Sélection d'un limnigramme limite annuel, si l'option de niveau limite variable est retenue. Le limnigramme doit être choisi parmi ceux qui sont préenregistrés dans les fichiers **NIVOLIM*.MAX** stockés dans le répertoire **PARAMNIVOLAC** (cf **annexe 10**). Ces limnigrammes peuvent être élaborés à l'aide du logiciel SIMULSEN.
- Durée d'effet de la consigne : il s'agit du nombre de jours (y compris le jour J où la consigne est appliquée) pendant lesquels on veut veiller à maintenir le niveau de la retenue en dessous de la limite choisie. Plus ce nombre de jours est élevé, plus le débit limite minimal à lâcher préconisé par la consigne risque d'être élevé. Il est conseillé de choisir une durée d'effet de consigne assortie au délai pendant lequel les débits entrants dans la retenue peuvent être prévus avec suffisamment de précision (par propagation, tarissement ou autorégession).

5.3 Respect d'une limite minimale de cote ou de débit (besoin aval) : C

Ce type de consigne vise à lâcher un débit suffisant pour que le débit ou la cote atteigne au moins, dans les jours qui suivent, une certaine limite (fixe ou variable) définie à une station située à l'aval du barrage. Il s'agit donc d'une consigne exclusivement dédiée à la satisfaction de besoins en eau exprimés à l'aval de l'ouvrage (soutien d'étiage (irrigation, navigation) ; soutien de crue (cultures traditionnelles, environnement)). Une telle consigne revient à déterminer une limite minimale de débit à lâcher.

Pour ce type de consigne, les détails à préciser sont les suivants :

- Choix entre une limite minimale fixe ou variable à la station aval
- Dans le cas d'une limite minimale fixe :
 - Unité de la valeur minimale : cm pour une cote, ou m³/s pour un débit. Le choix de l'unité doit être conforme à la nature des données calculées par modèle de propagation à la station retenue, sinon la consigne est inefficace.
 - Valeur limite minimale : il s'agit d'une valeur constante, exprimée dans l'unité choisie ci-dessus
 - Station : à choisir parmi la liste des stations situées à l'aval du barrage (y-compris la sortie du barrage)
- Dans le cas d'une limite minimale variable préenregistrée :
 - Sélection d'un hydrogramme (m³/s) ou limnigramme (cm) minimal objectif annuel, parmi ceux qui sont préenregistrés dans le fichier **DEBIOBJ** placé dans le répertoire **PARAM** (cf **annexe 9**).
 - Décalage par rapport à l'objectif : un décalage positif permet de considérer un hydrogramme ou limnigramme objectif identique, mais retardé par rapport à celui qui a été sélectionné. Une valeur négative permet au contraire de l'avancer.

5.4 Respect d'une limite minimale de niveau du lac (sécurité, besoin aval) : D

Ce type de consigne permet de définir une limite maximale de débit à lâcher, visant à maintenir le niveau de la retenue au dessus d'une certaine limite (fixe, ou variable), dans les jours qui suivent.

Dans le cas d'un maintien sur plusieurs jours, la consigne doit veiller également à éviter les débits journaliers trop bas.

Une telle consigne peut correspondre soit à un souci de sécurité de l'ouvrage (en évitant le risque d'endommagement de la partie basse du parement : $H_{min} = 187$ m), soit au maintien d'un stock suffisant dans la retenue, pour préserver les chances de pouvoir satisfaire une demande donnée avec un taux de réussite donné à moyen terme.

Pour ce type de consigne, les détails à préciser sont les suivants :

- Choix entre un niveau limite minimal fixe ou variable à respecter dans la retenue
- Valeur du niveau limite maximal fixe, si cette option est retenue
- Sélection d'un limnigramme limite annuel, si l'option de niveau limite variable est retenue. Le limnigramme doit être choisi parmi ceux qui sont préenregistrés dans les fichiers `NIVOLIM*.MIN` stockés dans le répertoire `PARAMNIVOLAC` (cf **annexe 10**). Ces limnigrammes peuvent être élaborés à l'aide du logiciel SIMULSEN.
- Durée d'effet de la consigne : il s'agit du nombre de jours (y compris le jour J où la consigne est appliquée) pendant lesquels on veut veiller à maintenir le niveau de la retenue au dessus de la limite choisie. Plus ce nombre de jours est élevé, plus le débit limite maximal à lâcher préconisé par la consigne risque d'être faible. Il est conseillé de choisir une durée d'effet de consigne assortie au délai pendant lequel les débits entrants dans la retenue peuvent être prévus avec suffisamment de précision (par propagation, tarissement ou autorégression).

5.5 Production d'énergie

Ce type de consigne revient à définir une limite minimale de débit total lâché compatible avec la production d'une puissance électrique minimale donnée.

Les détails à préciser sont les suivants :

- Puissance visée
- Puissance maximale admissible. Cette valeur, forcément supérieure ou égale à la puissance visée, intervient dans le calcul de répartition du débit total à l'issue du calcul de ce dernier effectué à partir des différentes consignes.
- Nombre de turbines utilisables

6 CALCUL DE PRODUCTIBLES ENERGETIQUES

Cette partie du logiciel permet de définir des solutions optimales de turbinage, en fonction du nombre de turbines disponibles et des indications fournies par l'utilisateur (niveau de retenue, débit total lâché, puissance produite).

6.1 donnée connue : niveau de retenue

Le logiciel calcule, dans l'hypothèse d'une fermeture des vannes de demi-fond et d'une ouverture minimale des vannes de surface :

- la puissance maximale productible
- le nombre de turbines utilisées
- le débit turbiné
- le débit déversé

Si la même puissance peut être obtenue avec une ouverture non minimale des vannes de surface, le logiciel indique le débit total maximal correspondant.

6.2 données connues : niveau de retenue et débit total lâché

Le logiciel calcule :

- la puissance maximale productible
- le nombre de turbines utilisées
- le débit turbiné

6.3 données connues : niveau de retenue et puissance souhaitée

Le logiciel calcule, dans l'hypothèse d'un débit total lâché minimal compatible avec le niveau de retenue et la puissance souhaitée :

- la puissance produite (peut différer de la puissance désirée, dans certains cas)
- le nombre de turbines utilisées
- le débit turbiné
- le débit déversé

La valeur maximale de débit total lâché compatible avec le niveau de retenue et la puissance souhaitée est également calculée.

6.4 donnée connue : puissance souhaitée

Le logiciel donne, pour différents nombres possibles de turbines utilisées :

- la cote minimale requise dans la retenue pour produire la puissance souhaitée
- le débit turbiné correspondant
- la puissance produite (peut différer, dans certains cas, de la puissance désirée)

6.5 : données connues : niveau de retenue, débit total lâché et puissance produite

Le logiciel calcule, dans l'hypothèse d'une ouverture minimale des vannes de surface :

- La puissance produite (peut différer, dans certains cas, de la valeur souhaitée)
- Le nombre de turbines utilisées
- Le débit turbiné
- Le débit déversé
- Le débit vidangé

Annexe 1 : format du fichier ASCII CARACTAB

Ce fichier, situé dans le répertoire **PARAM**, contient 4 lignes correspondant aux 4 familles de données permettant de décrire la situation hydrologique et les réglages du barrage. Ces familles concernent, dans l'ordre : les stations hydrométriques ; les vannes de surface ; les vannes de fond ; l'état de la retenue et le débit turbiné.

Chaque ligne contient les deux valeurs entières suivantes, séparées par un espace :

Effectif (resp. : nombre de stations hydro. ; nombre de vannes de surface ; nombre de vannes de fond ; nombre de variables décrivant l'état de retenue et le débit turbiné) inférieur ou égal à 15 pour les 3 premières familles de données, et égal à 3 pour la quatrième.

Nombre de caractères pour l'affichage des valeurs à l'écran (entre 4 et 8).

Ainsi, le contenu du fichier fourni en juin 2001 est le suivant :

```
13 4
8 6
7 6
3 7 {effectif 3 imposé ; nombre de caractères affichés supérieur à 6}
```

Un fichier **CARACTAB** incorrect, détecté et signalé par le logiciel , provoque l'arrêt de celui-ci juste après son démarrage.

Annexe 2 : format du fichier ASCII STATIONS

Ce fichier, situé dans le répertoire **PARAM**, contient autant de lignes que de stations hydrométriques, dont l'effectif est défini dans la première ligne du fichier **CARACTAB** (13 en juin 2001). Chaque ligne contient les données suivantes, séparées par des espaces :

- Le nom de la station, sur 10 caractères, sachant que seuls les N premiers caractères sont pris en compte par le logiciel, N étant la dimension d'affichage des données hydrométriques définie dans la première ligne du fichier **CARACTAB** (4 en juin 2001).
- Un code décrivant la nature de la station :
 - 1 = station réelle observée, pour laquelle le logiciel permet de saisir des données de base
 - 2 = station réelle (une, obligatoirement) représentant la sortie du barrage (débit lâché)
 - 3 = station fictive
 - 4 = station fictive (une, obligatoirement) représentant l'ensemble des apports estimés au droit du barrage
- Un code décrivant le régime d'écoulement à la station :
 - 0 = régime naturel
 - 1 = régime artificiel (station située à l'aval du barrage)
- Un code décrivant l'existence et l'unité de données de base :
 - 0 = pas de donnée
 - 1 = cm
 - 2 = m
 - 3 = m³/s
 - 4 = mm/j
 - 5 = km³
 - 6 = %
 - 7 = code
- Un code décrivant l'existence et l'unité de données secondaires, non saisies directement mais calculées par le logiciel (traduction de données de base à partir d'étalonnage ; modèle de

propagation..). Les valeurs admises pour ce code sont les mêmes que pour le code des données de base, avec la même interprétation.

L'ordre de classement des différentes stations dans le fichier n'est pas indifférent. En effet, le calcul des données d'une station prévisande par modèle de propagation ne peut référer qu'à des stations préviseurs placées avant la station prévisande. Les stations doivent donc être classées de l'amont vers l'aval.

En pratique, les codes d'unités primaires sont fixés à 0, 1 ou 2, alors que ceux des données secondaires sont fixés à 0 ou 3. Les autres valeurs de code sont utilisées en interne par le logiciel .

Un fichier **STATIONS** incorrect, détecté et signalé par le logiciel , provoque l'arrêt de celui-ci juste après son démarrage.

Le contenu du fichier **STATIONS** fourni avec le logiciel en juin 2001 est le suivant :

```
DIANGOLAxx 1 0 1 0
FADOUGOUXX 1 0 1 3
DAKASAI DOU 1 0 1 3
MAKANAXXXX 1 0 1 3
SOUKOUTALI 4 0 0 3
OUALIAXXXX 1 0 1 3
GOURBASSYX 1 0 1 3
Int1xxxxxxx 3 0 0 3
KAYnatureX 3 0 0 3
Int2XXXXXXX 3 0 0 3
MANANTALIX 2 1 0 3
KAYESXXXXX 1 1 1 3
BAKELXXXXX 1 1 1 3
```

Annexe 3 : format des fichiers d'étalonnage *.ETA

Les fichiers *.ETA de format ASCII, situés dans le répertoire PARAMETALON, doivent contenir les valeurs des paramètres suivants, séparées par des caractères vides :

- 1ere ligne : code de type d'étalonnage (1 = bi-univoque ; 2 = non bi-univoque) ; nombre (entre 2 et 30) de couples H-Qo ou de couples H-V ; nombre (entre 2 et 10) éventuel (si code type = 2) de couples H-K
- 2eme ligne : valeurs H (en ordre croissant strict) du tableau H-Q ou du tableau H-V
- 3eme ligne : valeurs Qo (m3/s) du tableau H-Q, ou V (km3) du tableau H-V
- 4eme ligne : éventuellement (si code type = 2) : valeurs H (en ordre croissant strict) du tableau H-K
- 5eme ligne : éventuellement (si code type = 2) : valeurs K du tableau H-K
- 6eme ligne : éventuellement, (si code type = 2) : borne minimale et borne maximale admises pour $(1+K*dH/dT)$; moitié de la durée (heures) sur laquelle est calculé le gradient limnimétrique dH/dT

Remarque : dans le cas d'un étalonnage non bi-univoque, la relation entre cote H et débit Q est du type suivant (méthode du gradient limnimétrique) :

$$Q = Q_0 (H) * (1 + K(H) * dH/dT)^{0.5}$$

Le contenu des fichiers *.ETA fournis avec le logiciel en juin 2001 est le suivant :

FADO.ETA :

```
1 20 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
0 4 10 17 32 48 70 100 132 180 220 260 300 400 500 600 700 800 1000 1200
0 0.22 0.76 1.7 4.82 9.82 19.5 38 60.8 101 144 194 255 415 590 775 995 1250 1820 2440
```

DAKA.ETA :

```
1 16 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
-25 -20 0 20 60 100 140 180 240 320 400 480 560 600 640 700
0 0 2.95 8.8 25.1 76.9 146 227 369 592 838 1090 1398 1631 1981 2915
```

MAKA.ETA :

```
1 15 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
-1 0 20 160 280 400 520 560 620 660 700 740 780 840 900
0 0 13.2 93.2 174 273 389 440 545 648 793 999 1290 1949 2995
```

OUAL.ETA :

```
1 16 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
35 40 80 120 160 200 240 280 340 400 480 580 660 760 900 1100
0 0 6.5 27.3 59.8 104 159 226 348 475 659 915 1140 1445 1919 2690
```

GOUR.ETA :

```
1 14 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
-1 0 20 50 80 120 170 240 300 380 480 550 650 750
0 0 0.70 4.54 15.1 39.7 87.3 173 273 444 699 892 1171 1441
```

KAYE.ETA :

```
1 19 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
9 10 30 50 70 90 120 160 200 250 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100
0 0 0.8 5.9 15.4 34.6 75.0 147 234 362 505 833 1212 1636 2102 2620 3229 3998 4815
```

BAKE.ETA :

```
2 18 9 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
-100 30 50 75 100 155 242 341 454 605 706 817 896 986 1091 1200 1300 1400
0 0 9 26 50 120 271 495 836 1409 1857 2358 2791 3428 4455 5955 7826 10268
0 350 400 450 500 550 564 650 1300
0.0100 0.0100 0.0064 0.0042 0.0030 0.0023 0.0021 0.0015 0.0015
0.64 1.44 24
```

NIVEAU.ETA :

```
1 10 {type d'étalonnage (1: biunivoque, 2: non) et nombre de couples HQ}
140 150 170 175 180 187.5 200 208 213 220
0 0 0.75 1.4 2.15 3.7 7.7 11.27 14.35 17.65
```

L'édition interprétée des fichiers d'étalonnage faite avec le logiciel donne les résultats suivants :

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\FADO.ETA :

H : 0 4 10 17 32 48 70 100 132 180 220 260 300 400 500
Q : 0 0 1 2 5 10 20 38 61 101 144 194 255 415 590

H : 600 700 800 1000 1200
Q : 775 995 1250 1820 2440

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\DAKA.ETA :

H : -25 -20 0 20 60 100 140 180 240 320 400 480 560 600 640
Q : 0 0 3 9 25 77 146 227 369 592 838 1090 1398 1631 1981

H : 700
Q : 2915

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\MAKA.ETA :

H : -1 0 20 160 280 400 520 560 620 660 700 740 780 840 900
Q : 0 0 13 93 174 273 389 440 545 648 793 999 1290 1949 2995

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\OUAL.ETA :

H : 35 40 80 120 160 200 240 280 340 400 480 580 660 760 900
Q : 0 0 7 27 60 104 159 226 348 475 659 915 1140 1445 1919

H : 1100
Q : 2690

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\GOUR.ETA :

H : -1 0 20 50 80 120 170 240 300 380 480 550 650 750
Q : 0 0 1 5 15 40 87 173 273 444 699 892 1171 1441

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\KAYE.ETA :

H : 9 10 30 50 70 90 120 160 200 250 300 400 500 600 700
Q : 0 0 1 6 15 35 75 147 234 362 505 833 1212 1636 2102

H : 800 900 1000 1100
Q : 2620 3229 3998 4815

étalonnage non bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\BAKE.ETA :

H : -100 30 50 75 100 155 242 341 454 605 706 817 896 986 1091
Q : 0 0 9 26 50 120 271 495 836 1409 1857 2358 2791 3428 4455

H : 1200 1300 1400
Q : 5955 7826 10268

H : 0 350 400 450 500 550 564 650 1300
K : 0.0100 0.0100 0.0064 0.0042 0.0030 0.0023 0.0021 0.0015 0.0015

bornes inf et sup de l+KG : 0.640 et 1.440
gradient calcul, sur 2 fois 24 heures

étalonnage bi-univoque contenu dans le fichier PARAM\ETALON\niveau.ETA :

H : 140.00 150.00 170.00 175.00 180.00 187.50 200.00 208.00 213.00
V : 0.00 0.00 0.75 1.40 2.15 3.70 7.70 11.27 14.35

H : 220.00
V : 17.65

Annexe 4 : format des fichiers *.MPP

La station pour laquelle le débit ou la cote peut être calculé à partir des données de stations prévisseurs de l'amont, est appelée ici station prévisande. Les fichiers *.MPP de format ASCII, situés dans le répertoire PARAM\PROPAGAT, doivent contenir les valeurs des paramètres suivants, séparées par des caractères vides :

- 1ere ligne :
 - type de donnée calculée à la station prévisande : 1 = cote ; 2 = débit
 - nombre de stations prévisseurs utilisées (entre 1 et 3)
 - rangs des stations prévisseurs utilisées, conformément à leur classement dans le fichier STATIONS. Le rang de ces stations doit être obligatoirement inférieur à celui de la station prévisande.
 - Types des données utilisées aux stations : 1 = cote ; 2 = débit.
 - Nombre (entre 1 et 30) de triplet Amont-Aval-Temps
- 2eme ligne : valeurs amont (ordre croissant strict) des triplets Amont-Aval-Temps
- 3eme ligne : valeurs aval des triplets Amont-Aval-Temps
- 4eme ligne : valeurs de temps de propagation (jours, positif ou nul) des triplets Amont-Aval-Temps
- 5eme ligne : nombre N (supérieur ou égal à 1) de jours pris en compte pour le calcul d'écart entre valeurs observées et valeurs calculées ; coefficient K (entre 0 et 1) de pondération de correction à partir de l'écart constaté entre valeurs observées et valeurs calculées.

Le contenu des fichiers *.MPP fournis avec le logiciel en juin 2001 est le suivant :

MAKA.MPP :

```
2 1 3 2 8 {Type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets)
0 175 225 450 550 950 1050 2000 {AMONT}
1 207 253 472 581 1112 1261 2469 {AVAL}
1 1 1 1 1 1 1 1 {TEMPS}
1 0.8 {nbre de jours pour calcul d'écart; pondération de correction}
```

SOUK.MPP :

```
2 1 4 2 6 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets)
0 125 500 1125 2000 2500 {AMONT}
0 143 607 1212 2002 2436 {AVAL}
0 0 0 0 0 0 {TEMPS}
```

OUAL.MPP

```
2 1 1 1 9 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets)
0 120 160 220 301 389 503 604 700 {AMONT}
```

```

0 24 62 143 282 435 603 713 779 {AVAL}
0 0.2 1 2 2.7 3 3 3 3 {TEMPS}
1 0.8 {nbre de jours pour calcul d'ecart; pondération de correction}

```

GOUR.MPP :

```

2 1 2 2 2 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets}
4 3000 {AMONT}
0 4290 {AVAL}
2 2 {TEMPS}
1 0.8 {nbre de jours pour calcul d'ecart; pondération de correction}

```

INT1.MPP :

```

2 2 5 6 2 2 10 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets}
0 381 523 621 685 1000 2000 2500 3000 3500 {AMONT}
0 -28 -2 -26 -4 40 207 210 365 455 {AVAL}
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 {TEMPS}

```

KAYN.MPP :

```

2 2 5 6 2 2 30 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets}
10 17 29 50 59 69 80 100 134 145 172 205 227 244 285 301 381 405 425 444 523 563 621 664 685 1000 2000 2500 3000 3500 {AMONT}
10 19 31 51 58 64 78 99 125 135 166 188 210 222 263 277 353 380 399 430 521 554 595 649 681 1040 2207 2710 3365 3955 {AVAL}
4 5 8.5 7.5 7 5 3.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2 2 2 1.5 1 1 1 1 1 1.5 1.5 1.5 1.5 2 2 {TEMPS}

```

INT2.MPP :

```

2 2 7 9 2 2 18 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets}
0 125 250 375 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2500 3000 4000 4500 5000 5500 6000 {AMONT}
0 12 25 27 21 15 34 70 98 119 136 152 158 390 506 611 577 515 {AVAL}
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 {TEMPS}

```

KAYE.MPP :

```

2 3 8 6 11 2 2 2 18 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets}
10 17 29 50 59 69 80 100 285 301 405 425 444 664 685 2500 3000 3500 {AMONT}
10 17 29 50 59 69 80 100 285 301 405 425 444 664 685 2500 3000 3500 {AMONT}
4 5 8.5 7.5 7 5 3.5 2.5 2.5 2 2 1.5 1 1 1.5 1.5 2 2 {TEMPS}
1 0.8 {nbre de jours pour calcul d'ecart; pondération de correction}

```

BAKE.MPP :

```

2 3 10 12 7 2 2 4 {type stat aval; Nbre stat amont ; Rang stat amont ; Type stat amont ; Nbre triplets}
0 3500 4000 6000 {AMONT}
0 3500 4000 6000 {AVAL}
1 1 2 2 {TEMPS}
1 0.8 {nbre de jours pour calcul d'ecart; pondération de correction}

```

L'édition interprétée des fichiers de modèles de propagation, faite avec le logiciel, donne les résultats suivants :

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\MAKA.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 1   Rang: 3   type amont: 2   triplets : 8
amont:   0 175 225 450 550 950 1050 2000
aval :   1 207 253 472 581 1112 1261 2469
temps: 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0
nbre d'écarts considérés: 1   pondération de ccorrection: 0.800
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\SOUK.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 1   Rang: 4   type amont: 2   triplets : 6
amont:   0 125 500 1125 2000 2500
aval :   0 143 607 1212 2002 2436
temps: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\OUAL.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 1   Rang: 1   type amont: 1   triplets : 9
amont:   0 120 160 220 301 389 503 604 700
aval :   0 24 62 143 282 435 603 713 779
temps: 0.0 0.2 1.0 2.0 2.7 3.0 3.0 3.0 3.0
nbre d'écarts considérés: 1   pondération de ccorrection: 0.800
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\GOUR.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 1   Rang: 2   type amont: 2   triplets : 2
amont:   4 3000
aval :   0 4290
temps: 2.0 2.0
nbre d'écarts considérés: 1   pondération de ccorrection: 0.800
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\Int1.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 2   Rang: 5 6   type amont: 2 2   triplets : 10
amont:   0 381 523 621 685 1000 2000 2500 3000 3500
aval :   0 -28 -2 -26 -4 40 207 210 365 455
temps: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\KAYn.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 2   Rang: 5 6   type amont: 2 2   triplets : 30
amont:   10 17 29 50 59 69 80 100 134 145 172 205 227 244
aval :   10 19 31 51 58 64 78 99 125 135 166 188 210 222
temps: 4.0 5.0 8.5 7.5 7.0 5.0 3.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5 2.5
amont: 285 301 381 405 425 444 523 563 621 664 685 1000 2000 2500
aval : 263 277 353 380 399 430 521 554 595 649 681 1040 2207 2710
temps: 2.5 2.0 2.0 2.0 1.5 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0 1.5 1.5 1.5 1.5
amont: 3000 3500
aval : 3365 3955
temps: 2.0 2.0
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\Int2.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 2   Rang: 7 9   type amont: 2 2   triplets : 18
amont:   0 125 250 375 500 750 1000 1250 1500 1750 2000 2500 3000 4000
aval :   0 12 25 27 21 15 34 70 98 119 136 152 158 390
temps: 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
amont: 4500 5000 5500 6000
aval : 506 611 577 515
temps: 0.0 0.0 0.0 0.0
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\KAYE.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 3   Rang: 8 6 11   type amont: 2 2 2   triplets : 18
amont:   10 17 29 50 59 69 80 100 285 301 405 425 444 664
aval :   10 17 29 50 59 69 80 100 285 301 405 425 444 664
temps: 4.0 5.0 8.5 7.5 7.0 5.0 3.5 2.5 2.5 2.0 2.0 1.5 1.0 1.0
amont: 685 2500 3000 3500
aval : 685 2500 3000 3500
temps: 1.5 1.5 2.0 2.0
nbre d'écarts considérés: 1   pondération de ccorrection: 0.800
-----
```

```
paramètres de modèle de propagation contenus dans : PARAM\PROPAGAT\BAKE.MPP :
type aval: 2   Nbre stations: 3   Rang: 10 12 7   type amont: 2 2 2   triplets : 4
amont:   0 3500 4000 6000
aval :   0 3500 4000 6000
temps: 1.0 1.0 2.0 2.0
nbre d'écarts considérés: 1   pondération de ccorrection: 0.800
-----
```

Annexe 5 : format des fichiers *.AUT

Les fichiers *.AUT de format ASCII, situés dans le répertoire PARAM\AUTOREG, doivent contenir les valeurs des paramètres suivants, séparées par des caractères vides :

- 1ere ligne : type de donnée traitée : 1 = cote ; 2 = débit
- lignes suivantes (entre une et deux) décrivant chacune un modèle, classées par précision décroissante :
 - horizon H de prévision (jours)
 - nombre N de prévisionneurs (entre 1 et 3)
 - constante C
 - N couples A-D (coefficient multiplicateur ; décalage de temps (jours))

Le contenu des fichiers *.AUT fournis avec le logiciel en juin 2001 est le suivant :

DIAN.AUT :

```
1
1 3 6.21 1.41 0 -0.73 1 0.30 2
2 3 15.6 1.23 0 -0.66 1 0.40 2
```

FADO.AUT :

```
2
1 3 20.6 1.32 0 -0.56 1 0.16 2
2 3 45.4 1.22 0 -0.67 1 0.28 2
```

DAKA.AUT :

```
2
1 3 1.8 1.41 0 -0.53 1 0.12 2
2 3 4.27 1.46 0 -0.68 1 0.2 2
```

MAKA.AUT :

```
2
1 3 3.43 1.17 0 -0.32 1 0.13 2
2 3 7.44 1.05 0 -0.22 1 0.14 2
```

OUAL.AUT :

```
2
1 3 5.7 1.14 0 -0.28 1 0.12 2
2 3 12.4 1.02 0 -0.16 1 0.10 2
```

GOUR.AUT :

```
2
1 3 5.8 1.59 0 -0.79 1 0.18 2
2 3 14.8 1.74 0 -1.11 1 0.31 2
```

L'édition interprétée des fichiers de modèles autorégressifs, faite avec le logiciel, donne les résultats suivants :

paramètres de modèles autorégressifs (cm) issus de : PARAM\AUTOREG\DIAN.AUT

```
X(t+1) = 6.21 + 1.41 * X(t-0) - 0.73 * X(t-1) + 0.30 * X(t-2)
X(t+2) = 15.60 + 1.23 * X(t-0) - 0.66 * X(t-1) + 0.40 * X(t-2)
```

paramètres de modèles autorégressifs (m3/s) issus de : PARAM\AUTOREG\FADO.AUT

```
X(t+1) = 20.60 + 1.32 * X(t-0) - 0.56 * X(t-1) + 0.16 * X(t-2)
X(t+2) = 45.40 + 1.22 * X(t-0) - 0.67 * X(t-1) + 0.28 * X(t-2)
```

paramètres de modèles autorégressifs (m3/s) issus de : PARAM\AUTOREG\DAKA.AUT

```
X(t+1) = 1.80 + 1.41 * X(t-0) - 0.53 * X(t-1) + 0.12 * X(t-2)
X(t+2) = 4.27 + 1.46 * X(t-0) - 0.68 * X(t-1) + 0.20 * X(t-2)
```

paramètres de modèles autorégressifs (m3/s) issus de : PARAM\AUTOREG\MAKA.AUT

```
X(t+1) = 3.43 + 1.17 * X(t-0) - 0.32 * X(t-1) + 0.13 * X(t-2)
X(t+2) = 7.44 + 1.05 * X(t-0) - 0.22 * X(t-1) + 0.14 * X(t-2)
```

paramètres de modèles autorégressifs (m3/s) issus de : PARAM\AUTOREG\OUAL.AUT

```
X(t+1) = 5.70 + 1.14 * X(t-0) - 0.28 * X(t-1) + 0.12 * X(t-2)
X(t+2) = 12.40 + 1.02 * X(t-0) - 0.16 * X(t-1) + 0.10 * X(t-2)
```

paramètres de modèles autorégressifs (m3/s) issus de : PARAM\AUTOREG\GOUR.AUT

```
X(t+1) = 5.80 + 1.59 * X(t-0) - 0.79 * X(t-1) + 0.18 * X(t-2)
X(t+2) = 14.80 + 1.74 * X(t-0) - 1.11 * X(t-1) + 0.31 * X(t-2)
```

Annexe 6 : format des fichiers *.MED

Les fichiers *.MED de format ASCII, situés dans le répertoire PARAMMEDIANE, doivent contenir les valeurs de paramètres suivants, séparées par des caractères vides:

- 1ere ligne : type de donnée concernée (1 = cote ; 2 = débit) ; chaîne de caractères (au plus : 15) en format libre, décrivant la teneur des données du fichier.
- 365 lignes suivantes : les valeurs médianes constatées pour chaque jour de l'année.

L'édition interprétée des fichiers de valeurs médianes, faite avec le logiciel, donne les résultats suivants :

Valeurs médianes (m3/s, 1950-1995) pour FADO:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	13	6	3	1	0	0	15	147	364	210	68	29
2	13	6	3	1	0	0	17	165	365	210	67	29
3	13	5	2	1	0	0	15	159	376	201	65	28
4	12	5	2	1	0	0	15	162	402	194	61	27
5	12	5	2	1	0	0	16	152	353	180	59	26
6	12	5	2	1	0	0	21	164	350	174	58	26
7	12	5	2	1	0	0	23	171	371	170	57	26
8	11	5	2	0	0	0	30	179	330	169	55	26
9	11	5	2	0	0	0	37	213	358	154	52	25
10	11	4	2	0	0	1	35	220	392	141	51	25
11	10	4	2	0	0	1	37	230	373	132	51	23
12	10	4	2	0	0	2	40	221	368	133	50	22
13	10	4	2	0	0	2	45	247	366	129	48	22
14	9	4	2	0	0	2	51	250	348	117	46	21
15	9	4	2	0	0	2	55	231	343	107	43	21
16	9	4	2	0	0	2	57	236	342	115	41	20
17	9	4	2	0	0	4	64	271	346	126	40	20
18	8	4	2	0	0	5	66	306	356	114	39	19
19	8	4	1	0	0	4	77	314	349	103	39	19
20	8	3	1	0	0	5	79	313	349	110	38	19
21	7	3	1	0	0	5	83	341	295	101	37	18
22	7	3	1	0	0	6	82	339	267	92	35	18
23	7	3	1	0	0	7	84	365	259	84	35	18
24	7	3	1	0	0	8	84	371	253	80	35	17
25	7	3	1	0	0	9	95	359	253	77	37	17
26	7	3	1	0	0	10	94	329	265	72	36	16
27	7	3	1	0	0	11	105	323	254	69	35	16
28	6	3	1	0	0	12	131	356	252	67	34	15
29	6		1	0	0	13	148	333	203	66	32	14
30	6		1	0	0	14	127	334	201	65	31	14
31	6		1		0		143	341		71		14

le 25-6-2001 a 22H2mn3'28''

Valeurs médianes (m3/s, 1950-1998) pour DAKA:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	49	29	14	8	4	14	94	522	795	669	257	90
2	47	29	14	8	4	14	86	540	838	645	270	87
3	47	28	13	7	4	15	94	527	903	615	260	85
4	44	27	13	7	4	17	101	527	859	616	249	84
5	43	26	13	7	5	19	120	518	846	662	234	83
6	43	25	13	7	5	18	113	561	828	634	220	81
7	42	25	12	7	5	20	121	566	835	594	209	80
8	42	24	12	6	5	22	130	598	795	575	196	80
9	41	23	11	6	5	26	144	631	809	579	186	79
10	40	23	11	6	5	29	149	619	817	580	179	76
11	39	22	11	6	5	32	181	613	816	551	167	75
12	39	23	10	7	5	36	193	603	805	503	155	73
13	38	22	10	7	5	38	193	651	818	489	148	72
14	38	21	10	6	5	38	192	667	856	468	147	70
15	37	20	10	6	5	38	215	662	831	462	142	69
16	36	19	10	6	5	45	217	728	869	452	134	68
17	35	19	10	5	5	46	227	751	898	450	130	66
18	34	19	10	6	5	48	241	730	844	426	126	65
19	34	18	9	5	6	50	276	722	801	417	122	65
20	34	18	9	5	6	51	321	751	792	420	119	63
21	32	17	9	5	6	55	320	781	799	393	115	62
22	32	17	8	5	6	59	309	819	758	415	111	61
23	32	18	9	5	6	58	314	832	739	415	108	60
24	31	16	8	5	7	62	349	780	746	405	106	59
25	31	16	8	4	7	64	368	777	720	372	102	58
26	31	15	8	4	8	67	345	768	699	340	98	57
27	32	15	8	4	9	76	376	787	711	332	96	55
28	32	15	7	4	10	77	394	774	746	313	93	54
29	31		8	5	11	82	411	781	706	298	94	53
30	31		8	4	11	86	431	795	691	287	92	52
31	30		8		11		451	790		274		51

le 25-6-2001 a 22H2mn4'16''
 Valeurs médianes (m3/s, 1950-1998) pour MAKKA:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	61	35	17	8	2	12	104	463	906	736	292	118
2	61	35	17	7	3	13	103	508	954	708	286	113
3	58	34	16	7	3	15	106	520	1018	666	283	111
4	58	33	16	7	3	16	110	516	1034	663	275	106
5	57	31	16	6	3	18	114	610	984	654	263	101
6	56	31	15	6	3	21	121	632	977	670	250	100
7	56	31	15	6	2	22	124	600	914	655	239	98
8	55	30	15	5	2	24	131	603	922	615	231	97
9	54	29	15	5	3	28	133	580	896	611	219	95
10	54	29	14	5	3	33	169	627	933	592	210	95
11	53	28	14	4	2	36	199	650	936	592	201	92
12	52	28	14	4	3	39	190	669	918	560	189	90
13	51	27	14	4	3	40	221	636	954	533	178	90
14	50	27	13	4	3	45	228	692	988	517	174	88
15	50	26	13	4	3	49	245	692	996	498	170	87
16	48	24	12	3	3	48	248	689	1002	478	165	85
17	48	23	12	3	3	53	240	774	971	471	165	83
18	47	23	12	3	2	57	248	800	994	465	161	81
19	46	23	12	3	3	58	244	805	965	459	156	80
20	45	22	11	3	2	58	263	796	926	437	150	79
21	44	22	11	2	3	62	312	868	929	435	146	78
22	43	22	11	2	4	61	332	898	896	424	140	77
23	42	21	10	2	4	71	339	895	856	414	134	76
24	41	21	10	2	5	69	327	909	828	411	134	75
25	40	20	9	2	4	73	370	870	790	405	130	72
26	39	20	9	2	5	77	378	844	791	393	127	70
27	39	18	9	2	6	77	389	887	770	350	121	68
28	38	17	9	2	8	84	369	881	853	338	117	66
29	38		8	2	9	82	417	875	845	338	121	65
30	37		8	1	9	101	432	859	758	315	123	63
31	36		8		12		448	868		306		62

le 25-6-2001 a 22H2mn6'63''
 Valeurs médianes (m3/s, 1950-2001) pour SOUK:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	75	36	12	4	1	4	107	580	999	853	365	142
2	72	35	12	4	1	4	116	608	1025	839	351	140
3	69	34	12	4	1	6	133	670	1116	820	339	136
4	66	33	11	4	1	7	132	666	1113	820	322	133
5	64	32	10	4	1	7	126	697	1102	816	307	131
6	63	31	10	3	1	8	142	699	1052	797	292	128
7	62	30	10	3	1	11	152	699	1128	787	279	126
8	60	30	9	3	1	10	155	711	1038	726	266	124
9	59	29	8	3	1	16	159	755	1013	694	260	121
10	59	28	8	3	1	14	167	738	1019	694	251	117
11	58	27	8	2	1	16	183	745	1054	689	240	112
12	57	26	8	2	1	27	219	754	1115	666	232	109
13	56	25	8	2	1	40	244	751	1025	643	222	106
14	54	24	8	2	1	41	254	791	1036	620	213	106
15	53	24	7	2	0	40	254	825	1050	607	201	104
16	51	23	7	2	0	42	282	829	1067	590	194	103
17	50	22	7	2	0	50	254	854	1094	579	189	101
18	48	21	7	2	0	56	295	924	1077	590	185	94
19	46	20	6	2	0	62	273	914	1040	568	183	92
20	45	19	6	2	0	65	307	926	985	562	178	90
21	45	19	6	2	0	67	319	1026	1007	536	167	88
22	44	18	6	2	1	71	371	996	1019	524	167	87
23	44	17	6	1	0	77	399	1043	972	537	166	85
24	43	17	5	1	1	80	408	1046	950	527	159	83
25	42	16	5	1	2	80	454	990	934	516	157	82
26	41	15	5	1	2	87	476	956	878	490	159	81
27	40	15	5	1	2	91	478	965	881	482	154	80
28	40	14	5	1	2	97	486	1002	892	463	148	80
29	39		5	1	2	100	504	983	950	444	145	79
30	38		4	1	3	98	541	993	889	417	142	76
31	37		4		3		562	957		382		73

le 25-6-2001 a 22H2mn8'72''
 Valeurs médianes (m3/s, 1950-2001) pour OUAL:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	7	2	0	0	0	0	29	213	457	278	83	23
2	8	2	0	0	0	0	28	239	508	281	81	23
3	7	2	0	0	0	0	29	231	485	264	78	22
4	7	2	0	0	0	0	29	240	492	245	73	22
5	6	2	0	0	0	0	45	239	534	237	68	21
6	6	2	0	0	0	0	38	224	525	232	63	21
7	6	2	0	0	0	0	39	238	598	218	61	20
8	6	2	0	0	0	0	40	246	589	211	59	20
9	6	2	0	0	0	0	48	241	632	198	56	19
10	6	2	0	0	0	0	56	262	600	189	52	18
11	6	2	0	0	0	0	66	259	561	188	50	17
12	5	2	0	0	0	1	64	327	550	180	48	16
13	5	2	0	0	0	2	60	296	479	174	46	15
14	5	1	0	0	0	3	72	347	527	156	44	14
15	5	1	0	0	0	3	72	318	504	148	41	14
16	5	1	0	0	0	4	86	310	472	137	40	13
17	4	1	0	0	0	4	90	307	458	131	38	13
18	4	1	0	0	0	5	85	285	461	128	37	12
19	4	1	0	0	0	7	84	340	437	128	35	12
20	4	1	0	0	0	6	93	362	447	124	33	12
21	4	1	0	0	0	9	115	411	411	119	31	11
22	4	1	0	0	0	9	111	492	445	110	30	11
23	3	1	0	0	0	10	129	442	417	106	30	10
24	3	1	0	0	0	12	138	408	433	100	28	10
25	3	1	0	0	0	14	144	385	430	100	27	10
26	3	1	0	0	0	17	159	419	379	97	26	9
27	3	1	0	0	0	18	167	456	369	99	25	9
28	3	1	0	0	0	18	184	491	341	93	25	9
29	3		0	0	0	25	204	555	363	89	25	8
30	3		0	0	0	23	202	422	319	81	24	8
31	2		0		0		223	419		84		7

le 25-6-2001 a 22H2mn11'8''
 Valeurs médianes (m3/s, 1950-2001) pour GOUR:

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	12	5	2	0	0	0	11	186	428	307	70	23
2	11	5	2	0	0	0	16	214	419	279	67	23
3	11	5	2	0	0	0	15	206	443	277	64	22
4	11	5	1	0	0	0	13	223	516	271	60	22
5	11	5	1	0	0	0	15	213	493	258	57	22
6	10	5	1	0	0	0	16	218	489	233	54	22
7	10	5	1	0	0	0	17	224	490	214	52	21
8	10	5	1	0	0	0	19	212	523	237	51	20
9	10	4	1	0	0	0	23	201	525	223	48	20
10	10	4	1	0	0	0	24	236	474	206	46	19
11	9	4	1	0	0	0	32	271	490	191	44	18
12	9	4	1	0	0	1	32	300	501	176	42	18
13	9	4	1	0	0	1	37	300	465	161	41	18
14	9	4	1	0	0	1	38	326	446	154	40	17
15	9	4	1	0	0	1	37	309	447	160	39	17
16	9	3	1	0	0	2	45	327	453	144	37	17
17	9	3	1	0	0	2	39	358	447	139	36	16
18	8	3	1	0	0	3	53	338	439	138	35	16
19	8	3	1	0	0	5	61	350	464	137	34	15
20	8	3	1	0	0	4	60	389	494	140	32	15
21	8	3	1	0	0	5	80	372	452	130	31	15
22	8	2	1	0	0	7	87	389	416	123	30	14
23	7	2	1	0	0	6	87	440	384	118	29	14
24	7	2	1	0	0	5	95	382	343	105	28	14
25	7	2	1	0	0	7	98	449	323	96	28	14
26	7	2	1	0	0	8	109	466	333	91	27	14
27	6	2	1	0	0	9	105	543	334	86	26	14
28	6	2	0	0	0	9	105	488	343	81	26	14
29	6		0	0	0	9	140	467	357	77	25	13
30	6		0	0	0	11	144	494	345	77	24	13
31	5		0		0		166	452		74		13

Annexe 7 : format des fichiers VANSUR*

Les fichiers **VANSUR*** de format ASCII, situés dans le répertoire **PARAMVANNSURF**, doivent contenir les valeurs des paramètres suivants, séparées par des caractères vides :

- 1ere ligne :
 - niveau S1 de seuil de fermeture (m)
 - niveau S2 de seuil d'écoulement (m)
 - largeur L de vanne (m)
 - niveau Hx de l'axe au dessus du seuil (m)
 - rayon R (m)
 - angle Af de fermeture (°)
 - angle Ao d'ouverture maximale (°)
 - nombre N de lignes suivantes (<4)
- N lignes suivantes, classées par charge maximale Hmax croissante :
 - charge maximale Hmax (m)
 - constante Ho
 - nombre n (<4) de paramètres M
 - paramètres M1 à Mn

Le contenu de chacun des 8 fichiers **VANSUR*** fournis avec le logiciel en juin 2001 est le suivant :

```
201.876 202 9 4.62 10 27.516239 39 3
1.8 0 2 0.1454 0.0901
3 1.8 3 0.3077 0.0633 -0.0221
50 3 2 0.3518 0.0158
```

L'édition interprétée des fichiers de paramètres de vannes de surface, faite avec le logiciel, donne les résultats suivants :

le 25-6-2001 a 22H10mn35'90''

FORMULES DONNANT LE DEBIT PASSANT PAR LES VANNES DE SURFACE

NOTATIONS :

S1 : seuil de fermeture (m) S2 : seuil d'écoulement (m)
L : largeur (m) Hx : niveau de l'axe de rotation (m)
R : rayon (m) Af : angle de fermeture (°)
Ao : angle d'ouverture maximale (°) P : pourcentage d'ouverture
Ouv : ouverture verticale (m) Z : niveau de plan d'eau

RELATIONS :

Ouv = (Hx - S1) - R * sin (Af - P * Ao)
Z < S2 ==> Q = 0
S2 < Z < (S1 + Ouv) ==> ,coulement ... surface libre : Q = Q1
(S1 + Ouv) < Z ==> ,coulement en charge : Q = Q2
Q1 = Mu * L * (2*g)^0,5 * (Z - S2)^1,5
Mu = M1 + M2 * (Z - S2 - Ho) + M3 * (Z - S2 - Ho)^2
Q2 = (2/3) * M * L * (2*g)^0,5 * [(Z - S2)^1,5 - (Z - S2 -Ouv)^1,5]
M = 0,8

Vanne n° 1 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Vanne n° 2 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Vanne n° 3 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Vanne n° 4 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Vanne n° 5 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Vanne n° 6 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Vanne n° 7 :

S1 = 201.88 ; S2 = 202.00 ; L = 9.00 ; Hx = 4.62
R = 10.00 ; Af = 27.52 ; Ao = 39.00
si (Z-S2) < 1.80 : Ho = 0.00 ; M1= 0.1454 ; M2= 0.0901 ; M3= 0.0000
si (Z-S2) < 3.00 : Ho = 1.80 ; M1= 0.3077 ; M2= 0.0633 ; M3=-0.0221
si (Z-S2) < 50.00 : Ho = 3.00 ; M1= 0.3518 ; M2= 0.0158 ; M3= 0.0000

Annexe 9 : format du fichier DEBIOBJ

Le fichier DEBIOBJ de format ASCII, situé dans le répertoire PARAM, peut contenir un nombre illimité de limnigrammes ou d'hydrogrammes objectifs. Chacun de ces objectif doit être saisi sous forme de 4 lignes successives respectant le format décrit ci-dessous :

- 1ere ligne : cette ligne doit commencer par le caractère C, suivi d'un commentaire (obligatoire) en format libre décrivant la nature de l'objectif. Seuls les 32 premiers caractères de ce commentaire sont pris en compte par le logiciel.
- 2eme ligne : cette ligne doit commencer par le caractère L, suivie des données suivantes (séparées par espace vide) :
 - code de type d'objectif : 1 = cote ; 2 = débit
 - nom de la station pour laquelle est défini l'objectif. Ce nom doit être identique aux N premières lettres du nom d'une station influencée (régime artificiel) présent dans le fichier STATION, N étant la taille d'affichage définie pour la première famille de données dans le fichier CARACTAB.
- 3eme ligne : cette ligne doit commencer par le caractère D, suivi d'une série de dates au format JJ.MM, séparées par espace vide. Ces dates dont le nombre ne doit pas dépasser 50, doivent apparaître dans l'ordre chronologique sur la ligne.
- 4eme ligne : cette ligne doit commencer par le caractère Q, suivi d'une série de valeurs objectifs séparées par espace vide, associées aux dates de la ligne précédente (et donc de même effectif).

A chaque fois que 4 lignes successives se présentent dans le fichier DEBIOBJ suivant le format décrit ci-dessus, celles-ci sont interprétées comme un objectif de cote ou de débit par le logiciel, Les lignes de format incorrect sont ignorées. Chaque limnigramme ou hydrogramme objectif est donc représenté par des points pivots (50 au maximum), entre lesquels l'objectif est évalué par interpolation linéaire. Cette interpolation est effectuée entre points pivots successifs, ainsi qu'entre le dernier et le premier point, ce qui permet au logiciel d'interpréter chaque limnigramme ou hydrogramme objectif comme une succession de 365 valeurs sur l'année entière.

Le contenu du fichier DEBIOBJ fourni avec le logiciel en juin 2001 est le suivant :

```
CORSTOM1 (2500 du 28/08 au 02/09)
L 2 BAKEL
D 22.08 28.08 02.09 16.10
Q 0 2500 2500 0
```

```
cORSTOM3 (3000 du 30/08 au 04/09)
L 2 BAKEL
d 22.08 30.08 04.09 17.10
q 0 3000 3000 0
```

```
CORSTOM4 (6 jours à 2800)
L 2 BAKEL
d 22.08 29.08 03.09 28.09 13.10
Q 0 2800 2800 1175 0
```

```
CBIDON
L 2 Bakel
d 31.05 30.06
Q 0 3000
```

```
CHydrog Bakel 1998
L 2 Bakel
d 19.08 20.08 21.08 22.08 23.08 24.08 25.08 26.08 27.08 28.08 29.08 30.08 31.08 01.09 02.09 03.09
04.09 05.09 06.09 07.09 08.09 09.09 10.09 11.09 12.09 13.09 14.09 15.09 16.09 17.09 18.09 19.09
20.09
Q 822 824 858 1006 1221 1494 1625 1575 1695 1766 1995 2335 2476 2548 2548 2546 2506 2454 2396 2511
3300 3647 3639 3429 3129 2900 2766 2745 2977 2990 2862 2725 2593
```

L'édition interprétée du fichier **DEBIOBJ**, faite avec le logiciel, donne les points pivots suivants pour chacun des objectifs présents :

ORSTOM1 (2500 du 28/08 au 02/09) à BAKE (m3/s)

22.08 28.08 02.09 16.10
0 2500 2500 0

ORSTOM3 (3000 du 30/08 au 04/09) à BAKE (m3/s)

22.08 30.08 04.09 17.10
0 3000 3000 0

ORSTOM4 (6 jours ... 2800) à BAKE (m3/s)

22.08 29.08 03.09 28.09 13.10
0 2800 2800 1175 0

BIDON à BAKE (m3/s)

31.05 30.06
0 3000

Hydrog Bakel 1998 à BAKE (m3/s)

19.08	20.08	21.08	22.08	23.08	24.08	25.08	26.08	27.08	28.08	29.08	30.08	31.08	01.09	02.09	03.09	
04.09	05.09	06.09	07.09	08.09	09.09	10.09	11.09	12.09	13.09	14.09	15.09	16.09	17.09	18.09	19.09	
20.09	822	824	858	1006	1221	1494	1625	1575	1695	1766	1995	2335	2476	2548	2548	2546
2506	2454	2396	2511	3300	3647	3639	3429	3129	2900	2766	2745	2977	2990	2862	2725	2593

Le logiciel permet d'éditer chacun des objectifs contenus dans **DEBIOBJ** sous forme de tableaux annuels. L'exemple ci-dessous concerne l'hydrogramme "ORSTOM1" :

le 25-6-2001 a 22H20mm53'10''

Objectif de débit : ORSTOM1 (2500 du 28/08 au 02/09) à BAKE (m3/s)

	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2500	852	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	2500	795	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	2443	739	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2386	682	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	2330	625	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	2273	568	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	2216	511	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	2159	455	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	2102	398	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	2045	341	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	1989	284	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1932	227	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1875	170	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	1818	114	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1761	57	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1705	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	1648	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	1591	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1534	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	1477	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	1420	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1364	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	417	1307	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	833	1250	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	1250	1193	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	1667	1136	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	2083	1080	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	2500	1023	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	2500	966	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	2500	909	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	2500	0	0	0	0

Annexe 10 : format des fichier NIVOLIM*.MIN et NIVOLIM*.MAX

Les fichiers NIVOLIM*.MIN et NIVOLIM*.MAX de format ASCII, situés dans le répertoire PARAMNIVOLAC, correspondent chacun à un niveau limite à respecter dans la retenue. Le contenu de ces fichiers doit respecter le format suivant :

- 1ere ligne : commentaire en format libre décrivant le contenu du fichier. Seuls les 41 premiers caractères du commentaire sont pris en compte par le logiciel.
- 365 lignes suivantes : valeur de niveau limite minimal ou maximal à respecter pour chacun des 365 jours de l'année.

Annexe 11 : édition du fichier RETENUE

L'édition présentée ci-dessous est effectuée à partir du fichier RETENUE fourni en juin 2001 avec le logiciel.

le 25-6-2001 a 22H25mn51'78''

COURBES DE REMPLISSAGE DE LA RETENUE:

Cote (m)	150.00	170.00	175.00	180.00	187.50	200.00	208.00	213.00	220.00
volume (Mm3)	0	750	1400	2150	3700	7700	11270	14350	17650

Cote (m)	150.00	170.00	175.00	180.00	187.50	200.00	208.00	213.00	220.00
Superficie (km2)	0	80	140	240	280	410	477	535	605

EVACUATION MAXIMALE PAR DEVERSOIR ET VIDANGE DE FOND:

Cote amont (m)	150.00	155.28	165.00	175.00	187.00	202.00	208.00	211.17	
Debit (m3.s-1)	0	0	1120	1890	2551	3180	6197	7622	

EVACUATION MINIMALE PAR DEVERSOIR:

Cote amont (m)	150.00	208.05	208.50	209.00	209.50	210.00	210.50	211.00	211.50
Debit (m3.s-1)	0	0	232	510	807	1125	1464	1823	2205

LOI HAUTEUR-DEBIT EN AVAL DU BARRAGE:

cote (m)	153.70	155.50	157.00	158.20	159.00	159.70	160.20	160.50	161.00	161.50	162.00
debit (m3.s-1)	0	555	1100	1665	2070	2500	2800	3110	3645	4325	4480

DEBIT MAXIMAL TURBINE PAR GROUPE:

Chute (m)	32.00	40.00	46.00	52.00							
Debit (m3.s-1)	85.20	96.40	98.20	86.10							

COTE MAXIMALE ADMISE DANS LA RETENUE (m): 210.50

NOMBRE DE GROUPEES EQUIPANT L'USINE: 5

PUISSANCE MINIMALE (DECROCHEMENT) DEVELOPPEE PAR GROUPE (Mw): 9.00

PUISSANCE MAXIMALE (NOMINALE) DEVELOPPEE PAR GROUPE (Mw): 41.00

EVAPORATION NETTE (mm) MENSUELLE:

mois	janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dece
Evaporation	156	184	234	234	204	98	-92	-181	-60	48	96	99

RENDEMENT (%) D'UNE TURBINE, FONCTION DE LA CHARGE (m) ET DU DEBIT (m3.s-1):

Charge-->	32.00	40.00	46.00	52.00								
debit												
v												
30.00	83.00	87.00	87.50	86.80								
40.00	87.00	89.40	89.80	89.60								
50.00	90.00	91.80	92.10	91.90								
60.00	91.60	93.10	93.40	93.40								
70.00	92.20	93.70	94.10	94.10								
80.00	92.30	93.90	94.40	94.20								
90.00	92.10	93.60	93.90	93.90								
100.00	91.80	92.80	92.90	93.50								

Annexe 12 : liste des fichiers du logiciel

Contenu obligatoire du répertoire principal du logiciel :

PARAM	<REP>		25/06/01	22:53
TEMPORAI	RE		25/06/01	23:03
PPREV	EXE	45 456	27/06/01	20:15
PGESTCON	EXE	36 352	27/06/01	20:14
DONNHYDR	<REP>		25/06/01	22:59
EXPORT	<REP>		25/06/01	22:59
PCALACH	EXE	52 752	27/06/01	20:15
PCALJUS	EXE	24 304	27/06/01	20:14
PGESPAR	EXE	62 800	27/06/01	20:16
PGESDONN	EXE	56 736	27/06/01	20:16
PMENU	EXE	14 512	27/06/01	20:26
PROGEMAN	BAT	726	27/06/01	20:19
CODEIMPR		344	03/12/00	19:01
EXISTIMP		3	27/06/01	20:44
MESSAGE	EXE	12 880	27/06/01	16:46
NOMSTAT		186	27/09/00	14:01

Contenu obligatoire (sauf DEBIOBJ) du répertoire PARAM :

CARACTAB		328	27/06/01	20:42
STATIONS		401	01/06/01	16:12
RETENUE		1 686	11/06/01	15:50
DEBIOBJ		772	13/06/01	13:21
VANNSURF	<REP>		25/06/01	22:54
VANNFOND	<REP>		25/06/01	22:54
PROPAGAT	<REP>		25/06/01	22:54
NIVOLAC	<REP>		25/06/01	22:54
MEDIANE	<REP>		25/06/01	22:54
AUTOREG	<REP>		25/06/01	22:54
ETALON	<REP>		25/06/01	22:55

Contenu du répertoire PARAM\VANNSURF :

VANSUR2		143	07/05/01	14:39
VANSUR1		143	07/05/01	14:39
VANSUR3		143	07/05/01	14:39
VANSUR4		143	07/05/01	14:39
VANSUR5		143	07/05/01	14:39
VANSUR6		143	07/05/01	14:39
VANSUR7		143	07/05/01	14:39
VANSUR8		143	07/05/01	14:39

Contenu du répertoire PARAM\VANNFOND :

VANFON2		135	07/05/01	11:29
VANFON3		135	07/05/01	11:29
VANFON4		135	07/05/01	11:29
VANFON5		135	07/05/01	11:29
VANFON6		135	07/05/01	11:29
VANFON7		135	07/05/01	11:29
VANFON1		135	07/05/01	11:29

Contenu du répertoire PARAM\PROPAGAT :

BAKE	MPP	302	11/04/01	14:35
KAYE	MPP	513	27/04/01	13:05
GOUR	MPP	250	11/04/01	14:35
KAYN	MPP	608	11/04/01	14:02
INT1	MPP	306	11/04/01	14:02
INT2	MPP	425	11/04/01	14:02
SOUK	MPP	236	11/04/01	14:02
MAKA	MPP	341	26/04/01	14:02
OUAL	MPP	356	11/04/01	14:35

Contenu du répertoire PARAM\NIVOLAC :

NIVOLIME	MIN	2 890	28/05/01	15:39
NIVOLIMY	MIN	2 916	28/05/01	15:32
NIVOLIMB	MIN	2 909	28/05/01	15:34
NIVOLIMC	MIN	2 899	28/05/01	15:35
NIVOLIMD	MIN	2 871	28/05/01	15:38
NIVOLIMA	MAX	2 670	28/05/01	15:54
NIVOLIMB	MAX	2 600	28/05/01	15:55

Contenu du répertoire PARAM\MEDIANE :

MAKA	MED	1 569	30/04/01	12:31
GOUR	MED	1 394	30/04/01	12:31
FADO	MED	1 397	30/04/01	12:31
OUAL	MED	1 391	30/04/01	12:31
SOUK	MED	1 577	30/04/01	12:31
DAKA	MED	1 548	30/04/01	12:31

Contenu du répertoire PARAM\AUTOREG :

OUAL	AUT	97	27/04/01	13:06
MAKA	AUT	96	25/04/01	15:51
FADO	AUT	95	26/04/01	9:26
GOUR	AUT	103	25/04/01	15:51
DIAN	AUT	98	26/04/01	9:26
DAKA	AUT	106	25/04/01	15:51

Contenu du répertoire PARAM\METALON :

BAKE	ETA	480	12/06/01	16:21
FADO	ETA	295	13/09/00	13:04
KAYE	ETA	283	22/09/00	9:23
MAKA	ETA	243	22/09/00	9:17
DAKA	ETA	253	26/04/01	13:43
NIVEAU	ETA	196	22/09/00	13:19
OUAL	ETA	253	22/09/00	9:23
GOUR	ETA	233	27/04/01	13:06

Les sous répertoires **PARAM\TEMPORAI.RE**, **PARAM\DONNHYDR** et **PARAM\EXPORT** peuvent être vides à l'installation du logiciel.