

541

100

ORSTOM Dakar



Note sur la propagation de la crue
le long de l'île à Morfil
et sur les inondations 1986, 1988

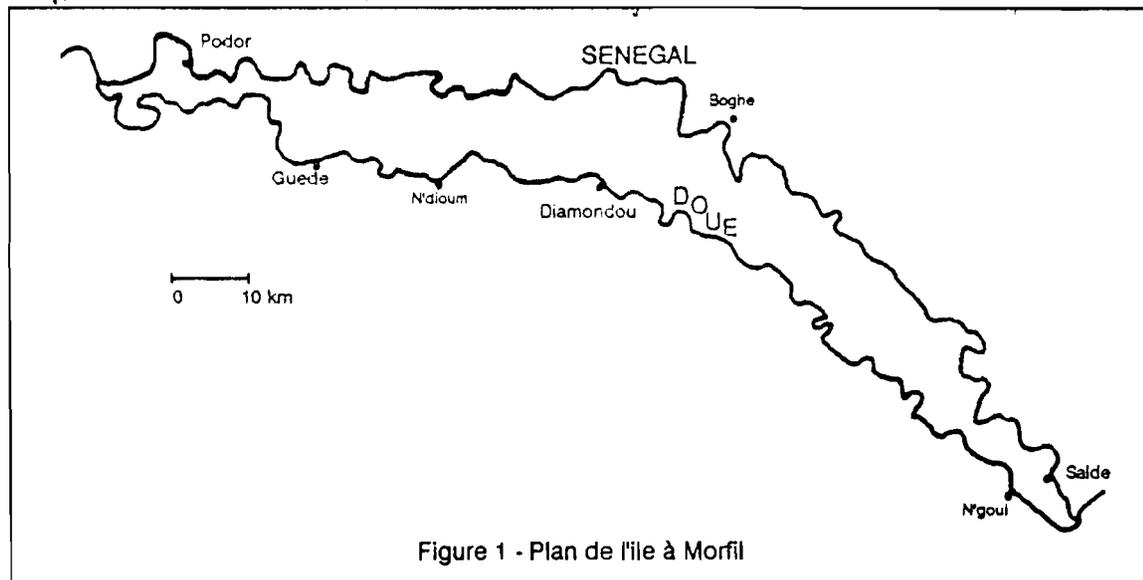
L. SEGUIS



Décembre 1990

1. Analyse des stations de N'Goui (Doué), Saldé(Sénégal), Podor(Sénégal) et Guédé (Doué).

N'Goui et Salde sont situées quelques kilomètres à l'aval de la défluence du Doué du Sénégal. Guédé et Podor sont elles situées quelques kilomètres avant le retour du Doué au Sénégal. Ces stations encadrent donc l'île à Morfil (cf. figure 1).



Leur étude devrait permettre de préciser le fonctionnement hydraulique des 2 bras et notamment de répondre aux questions suivantes :

Existe-t-il une différence de niveau entre les stations en parallèle (N'Goui-Salde et Guédé-Podor) ?

Corollairement, les temps de propagation entre Salde et Podor et entre N'Goui et Guédé sont-ils différents ?

1.1. Stations de N'Goui et Salde

D'après la monographie, les 0 des échelles sont en cote IGN de 1,32 m à Saldé et de -0,45 m à N'Goui. Lors de l'installation des limnigraphes télétransmetteurs à ces deux stations en mars 1990, nous avons mesuré le 0 à 1,31 m à Salde et à -0,31 m à N'Goui. Enfin, le groupement L.D.E. à la suite de travaux topographiques et bathymétriques donne pour Salde 1,38 m et -0,64 m pour N'Goui. En résumé, d'après la monographie, la différence entre les échelles serait de 1,77, selon nos mesures de 1,61 m et selon le groupement L.D.E. de 2,02 m.

Le graphique 2 présente les dénivelées entre les hauteurs moyennes journalières aux deux stations sur la période 1955-1990. En première lecture, on constate que les dénivelées pour les basses eaux oscillent autour de -1,77 m jusqu'en 1980, puis autour de -0,77 m jusqu'à nos jours. Sur la période 1955-1980, le nivellement L.D.E. est mis en défaut. La différence actuelle est due à un décalage de 1 m dans la lecture des hauteurs à N'Goui à partir du 6/7/1980 (les lectures se font à partir de l'élément 1-2 m pris comme 0-1 m).

Plus dans le détail, on constate que :

- l'année 1956 est inutilisable suite à de mauvaises lectures à Salde.
- du 1/1 au 30/3/1970, les lectures ont été mauvaises à Salde,
- du 10 au 23/11/1978, les lectures de Saldé sont 1 m trop hautes,
- du 14/7/1985 au 23/3/1986, les lectures à N'Goui présentent un décalage supplémentaire de 1 m,
- les fortes variations de dénivelées de saison sèche à partir de décembre 1985 (cf. graphe 3) sont dues à la construction d'un radier, une cinquantaine de mètres en amont de l'échelle de N'Goui. Ce seuil réhausse le niveau d'eau à l'amont et par conséquent la hauteur à l'échelle de Saldé. A la crue, le radier est emporté.

En annexe, nous avons porté les modifications apportées à la banque en état et aux fichiers extraits.

De 1955 à 1989, la différence entre les lectures des maximums aux échelles de Salde et N'Goui est de 1,65 m en moyenne. Nous retenons donc comme altitude des 0 d'échelle : 1,31 m I.G.N. à Salde et -0,31 m I.G.N. à N'Goui.

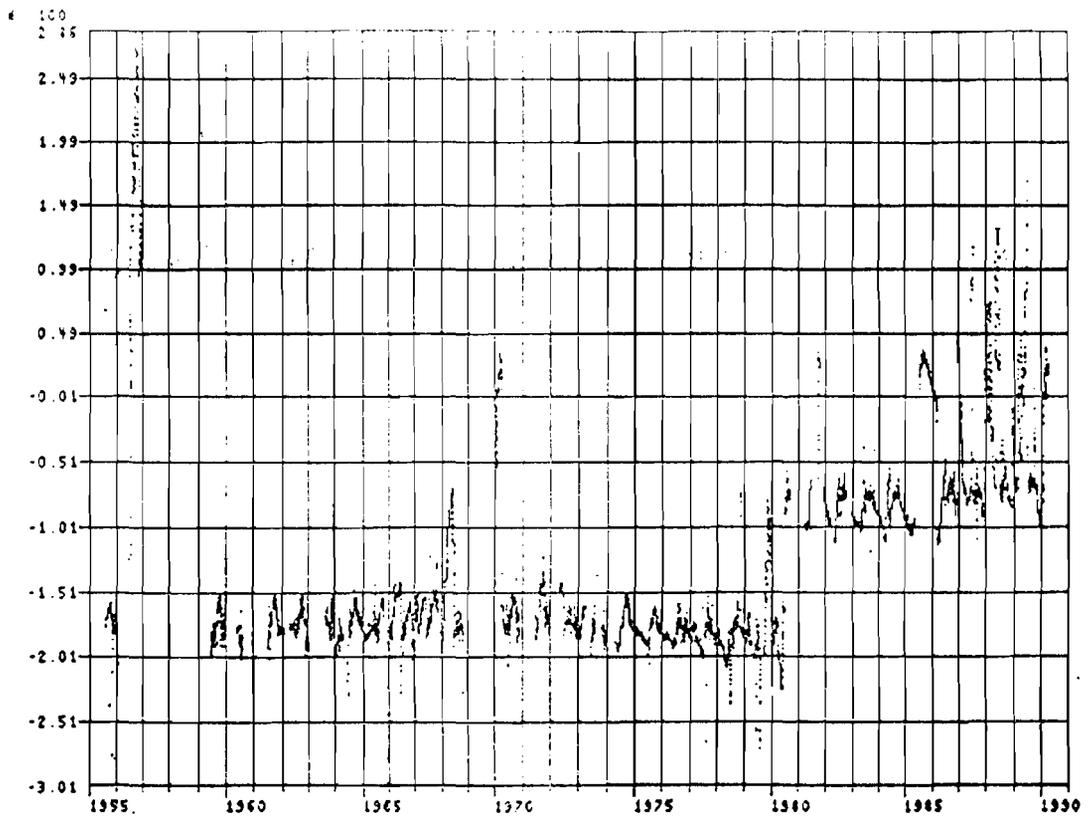


Figure 2 - Dénivelées Salde - N'goui (cm) de 1955 à 1990

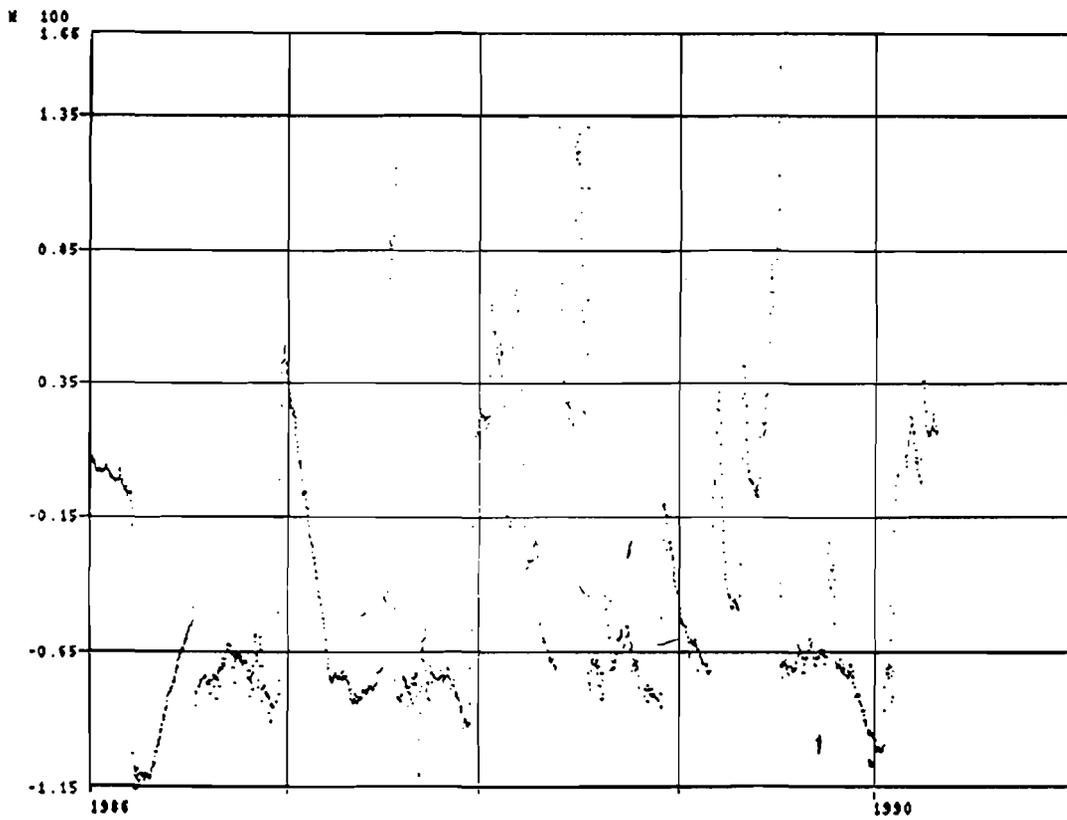


Figure 3 - Dénivelées Salde - N'goui (cm) de 1986 à 1990

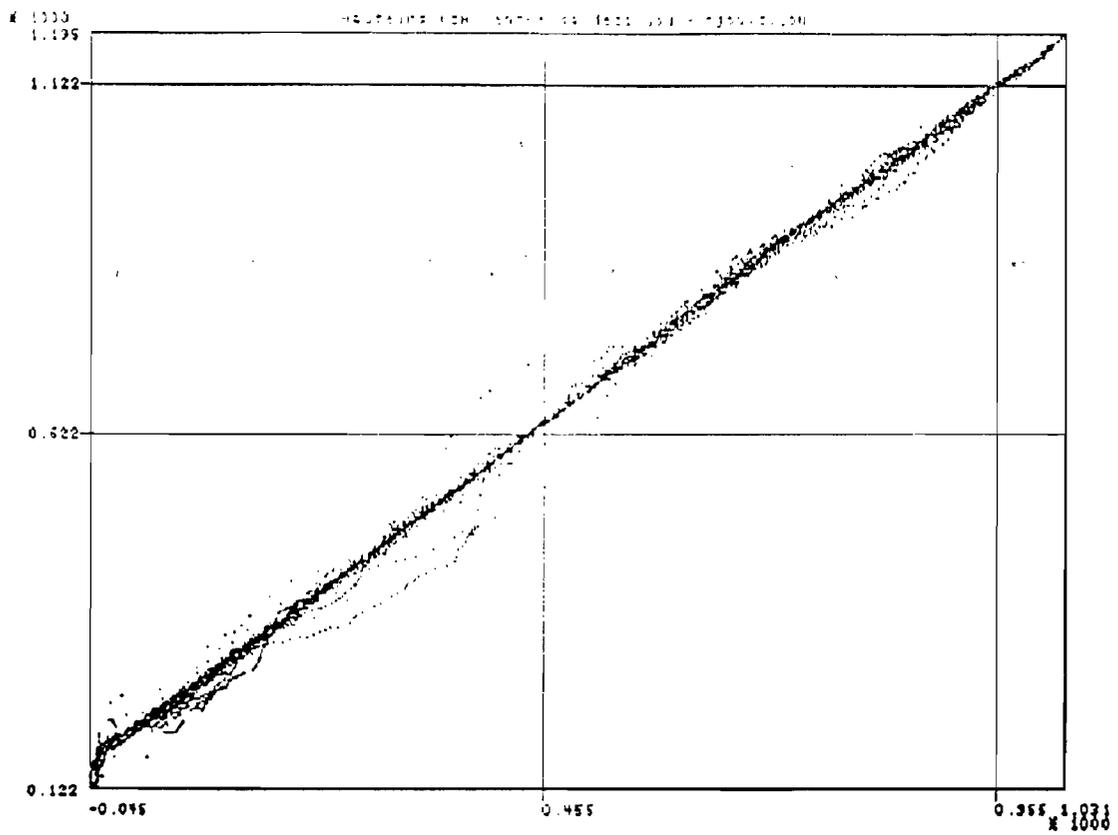


Figure 4 - Hauteur à l'échelle de N'goui en fonction de la hauteur à l'échelle de Salde (1955-1985) (cm)

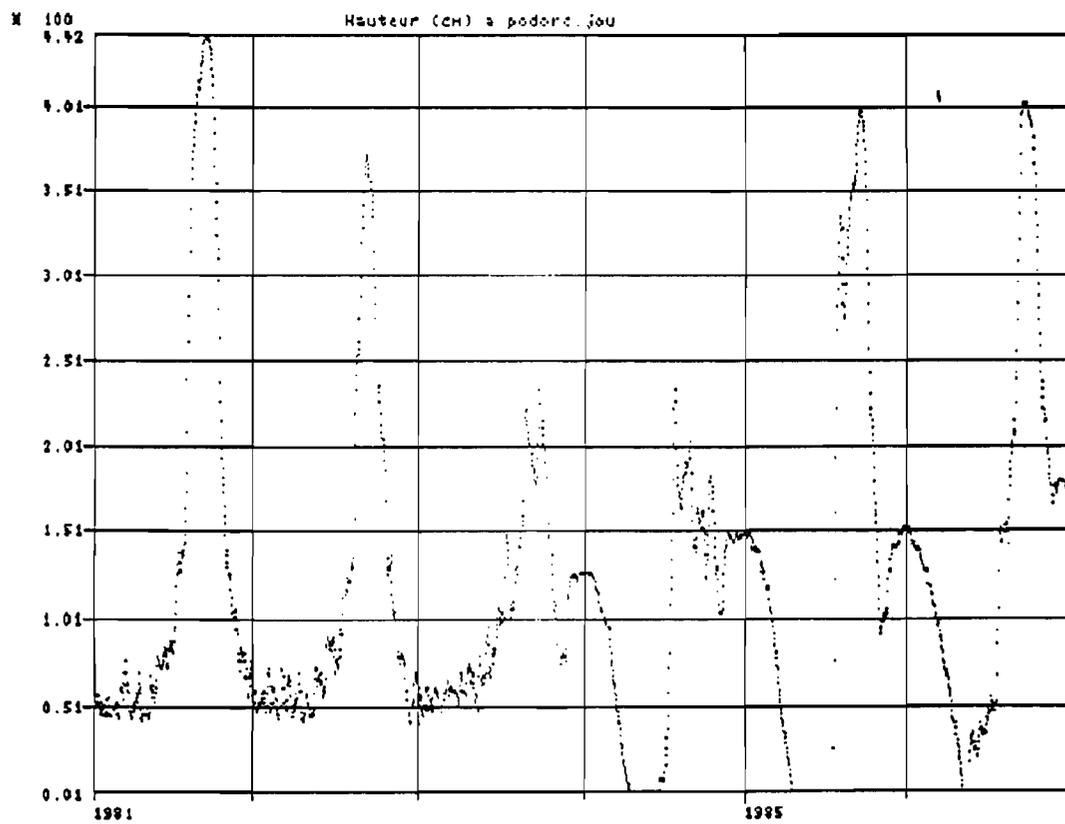


Figure 5 - Hauteur à l'échelle de Podor (1981-1986) (cm)

Après avoir supprimé les années 1986 à 1990 (influence du barrage), l'équation liant les hauteurs (cm) lues à l'échelle est :

$$H \text{ n'goui} = 0.9741 H \text{ salde} + 188 \quad (r^2=0.998)$$

soit en cote IGN,

$$H \text{ n'goui} = 0.9665 H \text{ salde} + 29$$

Pour les basses et moyennes eaux ($H \text{ n'goui} < 866 \text{ cm}$), le niveau à N'goui est légèrement supérieur à celui de Salde, c'est le phénomène inverse en hautes eaux.

1.2. Stations de Guédé et Podor

Les altitudes des échelles de Podor et Guédé sont respectivement égales à -0.44 m l.G.N. et -0.63 m l.G.N.. Les basses eaux de ces stations sont sous l'influence de la marée jusqu'à la construction de Diama. Les décrues particulières (cf. figure 5) sont dues au barrage temporaire, anti-sel de Kheune (114 km à l'amont de l'embouchure) construit en 1983, 1984 et 1985.

Sur un graphique hauteur-hauteur excluant les dernières années (cf. figure 6), les points se répartissent en raquettes pour chaque crue. Les différences de niveau d'eau aux deux stations entre la crue et la décrue sont dues essentiellement aux temps de propagation différents entre Saldé et Podor d'une part et N'goui et Guédé d'autre part. Le temps de transfert est plus long entre Saldé et Podor du fait de la longueur plus importante du bief (207 km contre 155 km). Si l'on reporte la hauteur à Guede en fonction de la hauteur au km 155 déterminée par interpolation linéaire entre Saldé et Podor, on constate que la forme en raquette s'est considérablement réduite (cf. figure 7). La propagation dans les deux biefs apparaît donc comme isochrone.

1.3. Temps de propagation et correspondance hauteur amont-hauteur aval sur le Doué et le Sénégal

En première approche, nous avons évalué ces caractéristiques à partir des hauteurs maximales annuelles (calculées par moyenne mobile sur 5 jours). La relation hauteur-hauteur entre Salde et Podor est linéaire. Entre N'Goui et Guede, la pente de la droite diminue à partir d'une hauteur à l'échelle de N'Goui de 900 cm (débordement ?). Sur la gamme des hauteurs disponibles, les temps de propagation varient de 3 à 20 jours sur le Sénégal et de 2 à 15 jours environ sur le Doué (cf. figure 8,9). La dispersion est importante pour les plus fortes crues.

Les mêmes caractéristiques déterminées à l'aide du modèle de propagation de Lamagat (1989) sont présentées sur les figures 10, 11 et par segments de droite dans les tableaux suivants :

H N'goui (cm)	Temps (jour)	H N'Goui (cm)	H Guede (cm)
300	1.4	300	86
350	1.4	331	107
400	1.6	668	425
450	1.6	1000	675
500	1.7	1075	708
550	1.8		
600	1.8		
650	2.0		
700	2.0		
750	2.2		
800	2.9		
850	3.7		
900	4.4		
950	5.6		
1000	7.0		
1050	8.8		
1100	12.9		

Tableau 1 - Bief N'Goui-Guédé

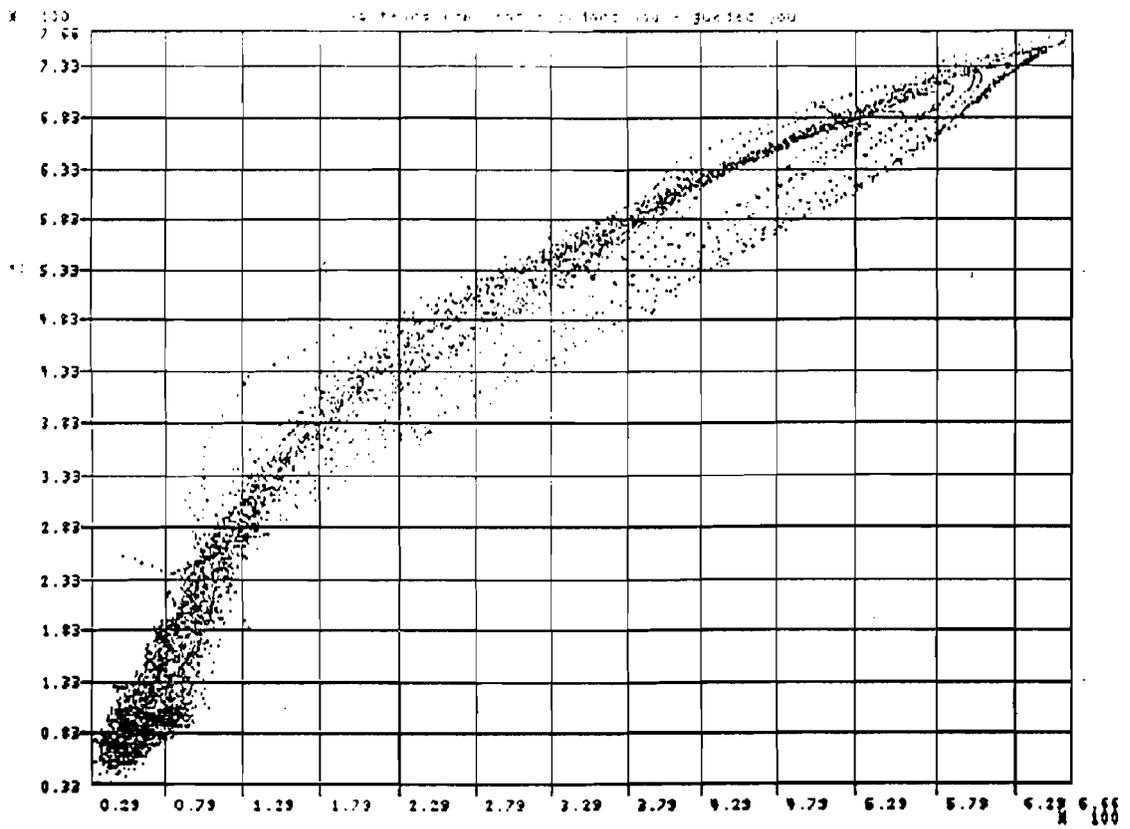


Figure 6 - Hauteur à l'échelle de Guédé en fonction de la hauteur à l'échelle de Podor (1955-1982) (cm)

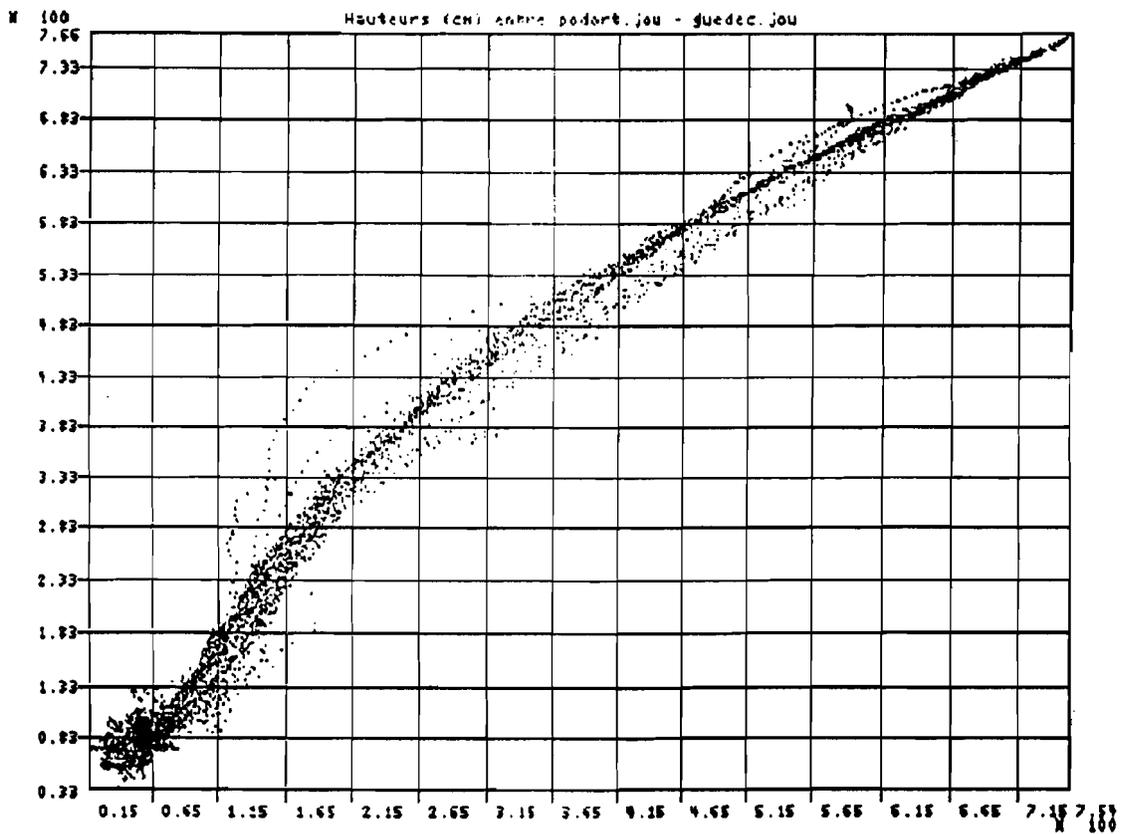
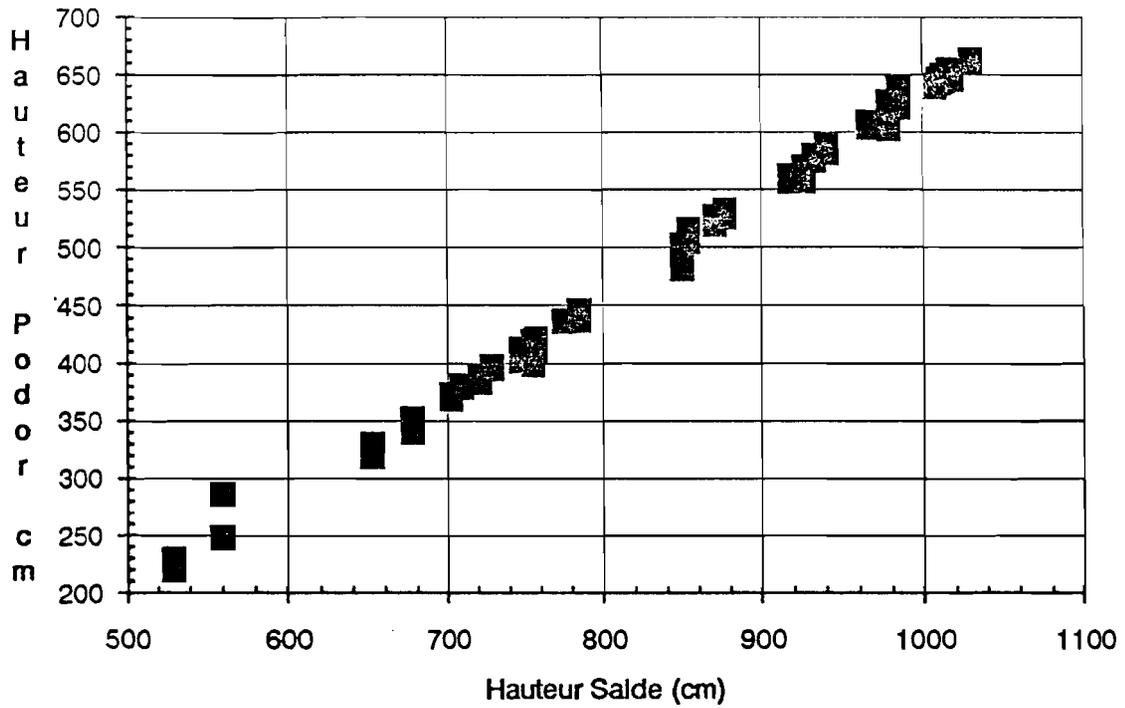


Figure 7 - Hauteur à l'échelle de Guédé en fonction de la hauteur au km 155 (Interpolation Saldé-Podor) (1955-1982) (cm)

Figure 8 - Caractéristiques de la propagation sur le bief Saldé-Podor déterminées à partir des hauteurs maximales annuelles



Temps de propagation de Saldé à Podor

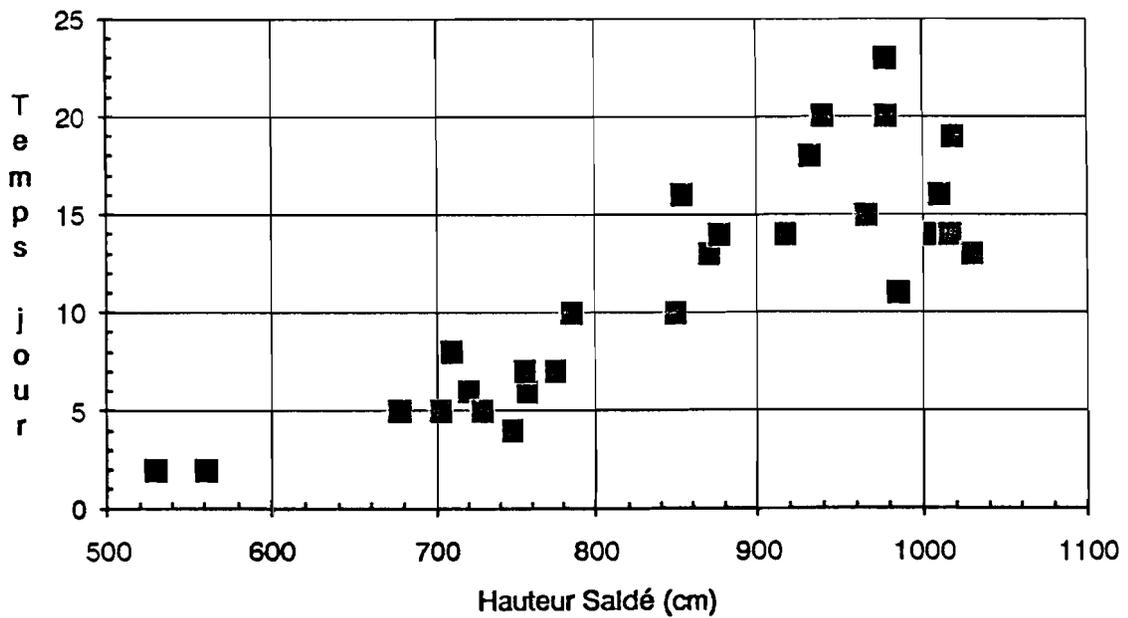
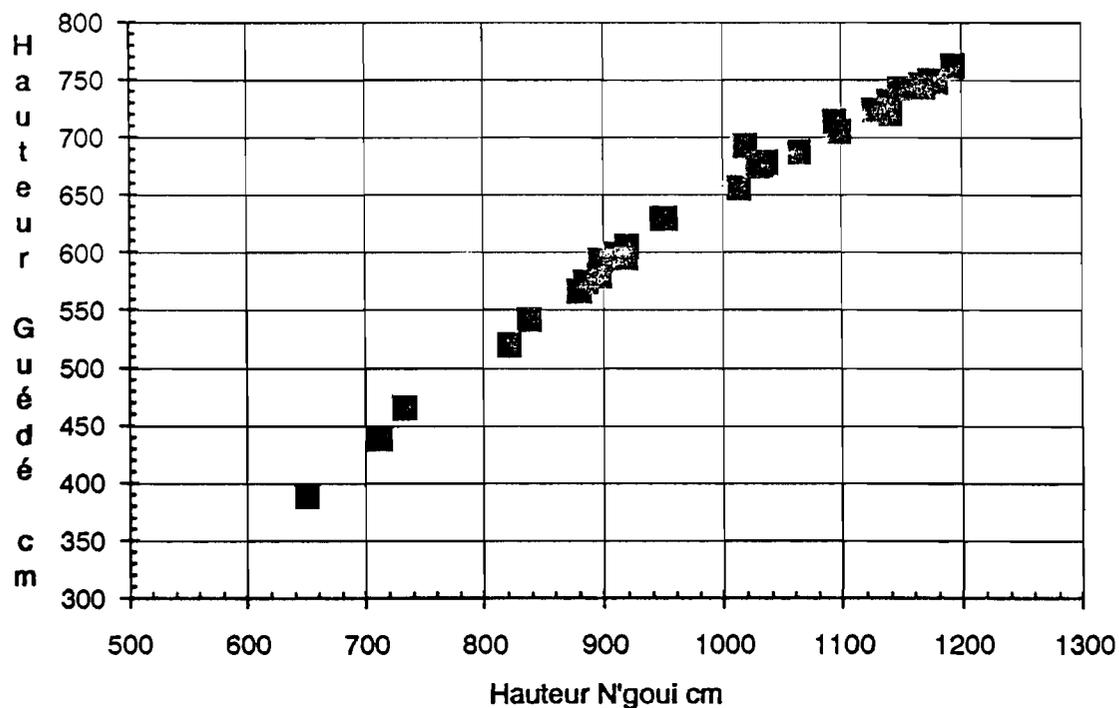


Figure 9 - Caractéristiques de la propagation sur le bief N'goui-Guédé déterminées à partir des hauteurs maximales annuelles



Temps de propagation de N'goui à Guédé

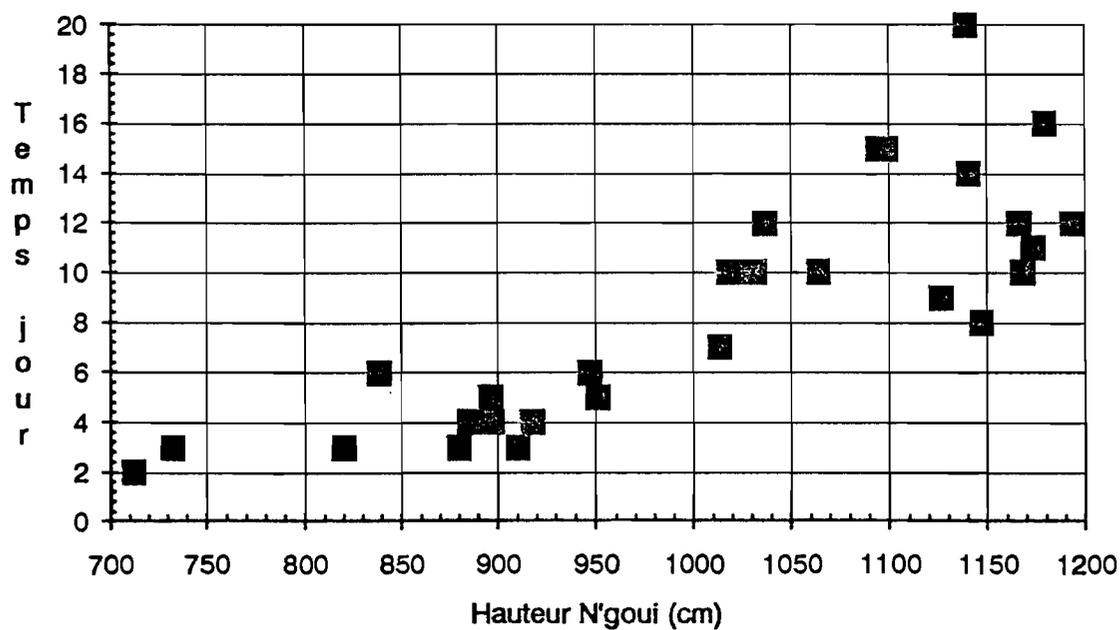
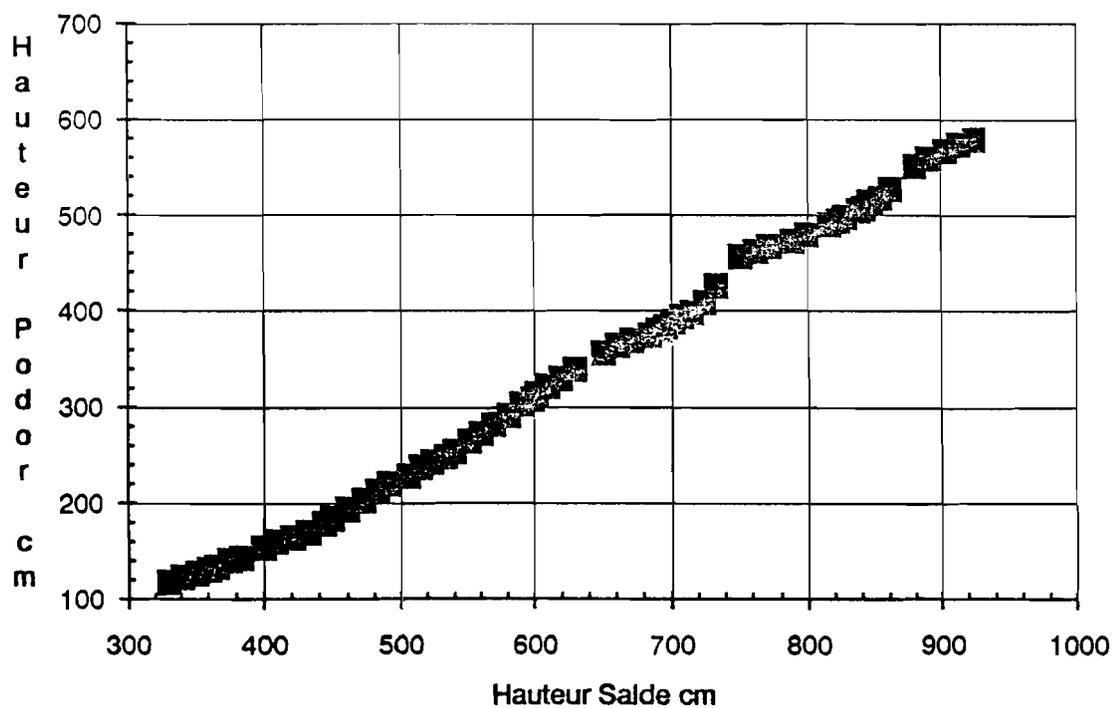


Figure 10 - Caractéristiques de la propagation sur le bief Saldé-Podor déterminées sur les crues 1974 à 1977 par le modèle Lamagat



Temps de propagation de Saldé à Podor

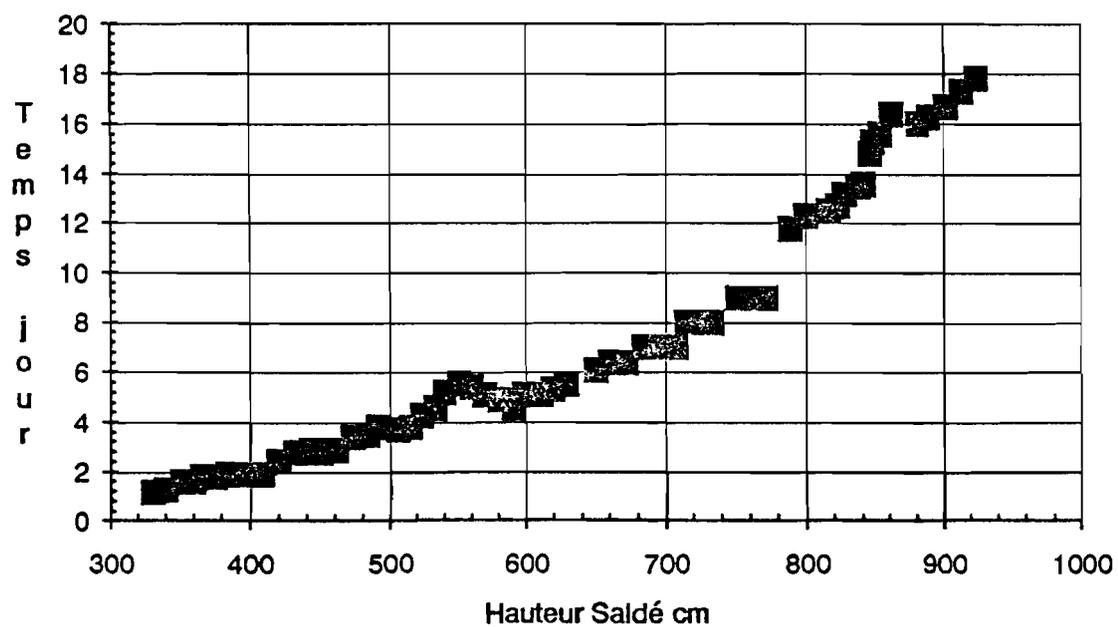
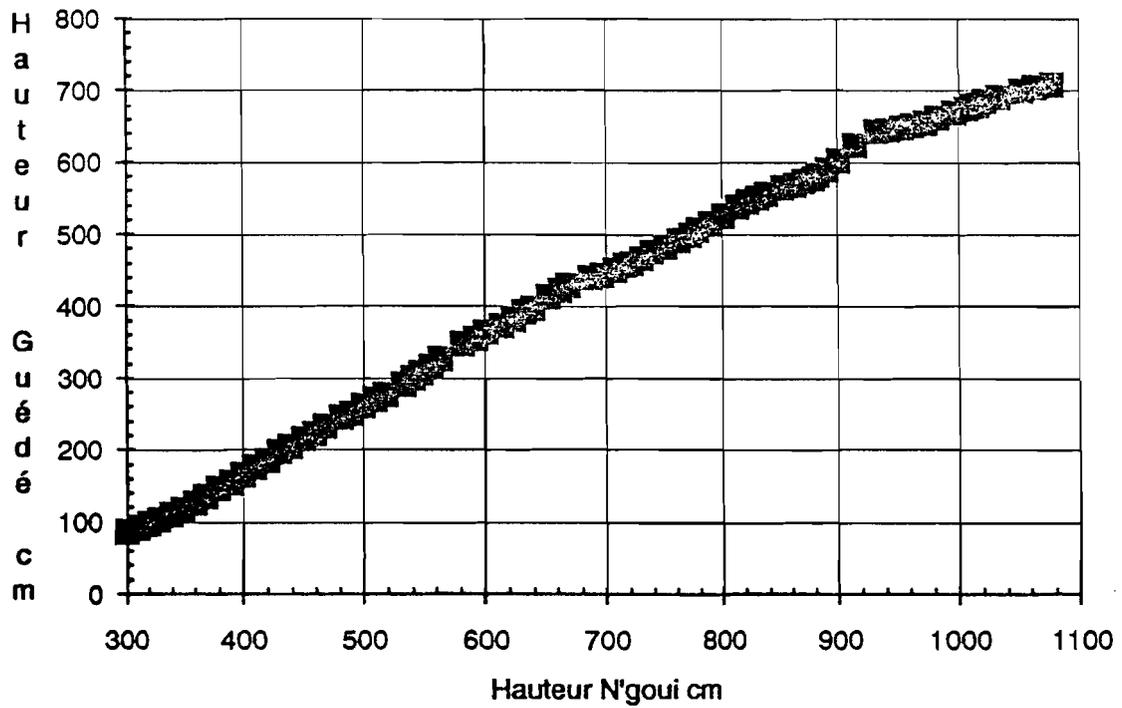
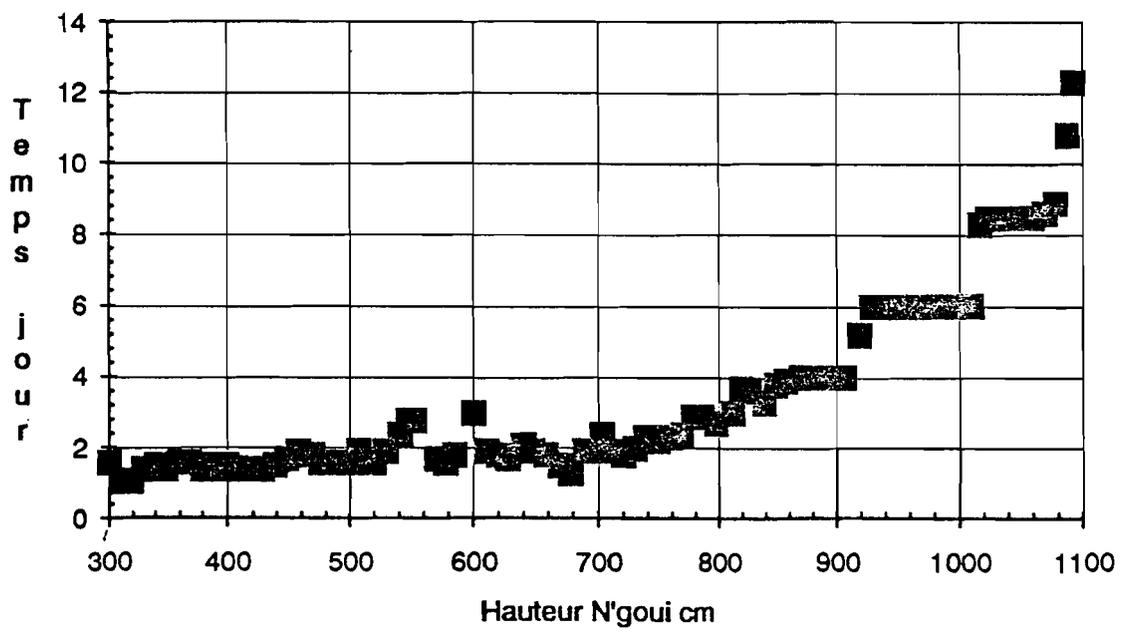


Figure 11 - Caractéristiques de la propagation sur le bief N'goui-Guédé déterminées sur les crues 1974 à 1977 par le modèle Lamagat



Temps de propagation de N'goui à Guédé



H Saïde (cm)	Temps	H Saïde (cm)	H Podor (cm)
340	1.3	329	111
400	2.1	433	167
450	2.9	900	560
500	3.7		
550	4.4		
600	5.0		
700	7.2		
750	8.7		
800	11.5		
850	14.6		
900	16.7		
926	18.0		

Tableau 2 - Bief Saïde-Podor

2. Analyse des surfaces inondées lors des crues 1986 et 1988

2.1. Documents consultés

Nous avons utilisé les cartes (au 1:50 000) des surfaces inondées établies à l'O.M.V.S. par photo-interprétation d'images SPOT. Les cartes disponibles correspondaient à la zone Boghe-Podor en 1986 et Saïde-Podor en 1988 (scènes SPOT n° 24-317, 25-317 en 1986 et n° 24-317, 25-317, 26-317 en 1988).

2.2. Dates des prises de vue

En 1986, les scènes ont été prises 5 jours après le maximum dans la zone Boghe-Diamondou et 40 jours après le maximum de Podor à N'Dioum. En 1988, les scènes ont été prises de 5 jours avant le maximum à 12 jours après (cf. figure 12).

2.3. Surfaces inondées et hauteurs d'eau

Après planimétrie, elles ont été réparties en fonction de la délimitation des Unités Naturelles d'Équipement (Chaumeny, 1973) (cf. tableau 3, figure 13).

U.N.E.	Surface inondée (ha)		U.N.E.	Surface inondée (ha)	
	1986	1988		1986	1988
MO1	1205	1614	BO1	1164	1703
MO2	3008	5653	BO2	249	618
MO3	4295	5779	BO3	127	502
MO4	1245	1891	KO5	2313	2206
MO5	2009	2593	KO6	855	1567
MO6	1082	1412	KO7		110
MO7	2950	4438	KO8		1641
MO8	525	740	MB1		2016
MO9	7875	8458	MB2		4222
MO10	1549	2057	MB3		3915
MO11	5071	8546	DO1	4368	6904
MO12		3847	DO2		1292
MO13		3102	NG4	2743	2139
MO14		1555			
MO15		2809			
MO16		1387			
MO17		1794			

Tableau 3 - Superficies inondées par cuvette (UNE)

À l'aide des courbes hypsométriques établies par Chaumeny (1973), nous avons déterminé les lames d'eau par cuvette (ou U.N.E.). À partir des altitudes des points bas de chaque cuvette, les hauteurs ont été converties en m l.G.N. (cf. figures 13, 14).

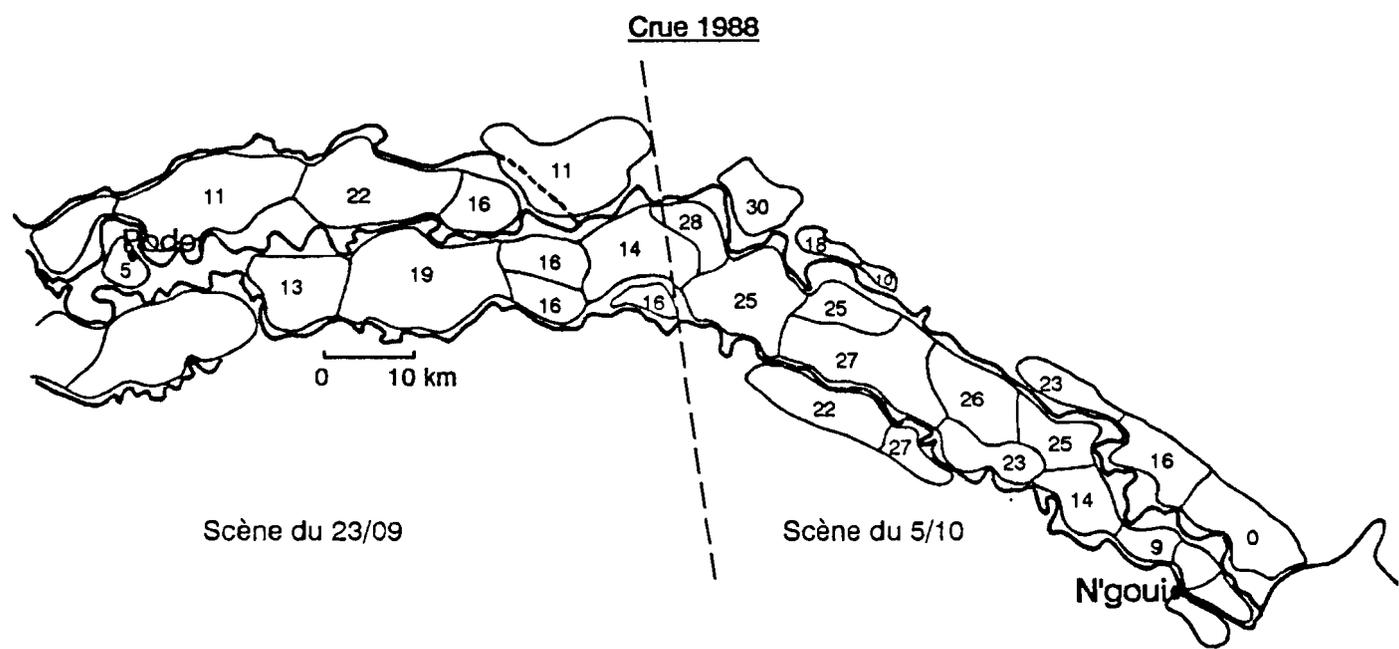
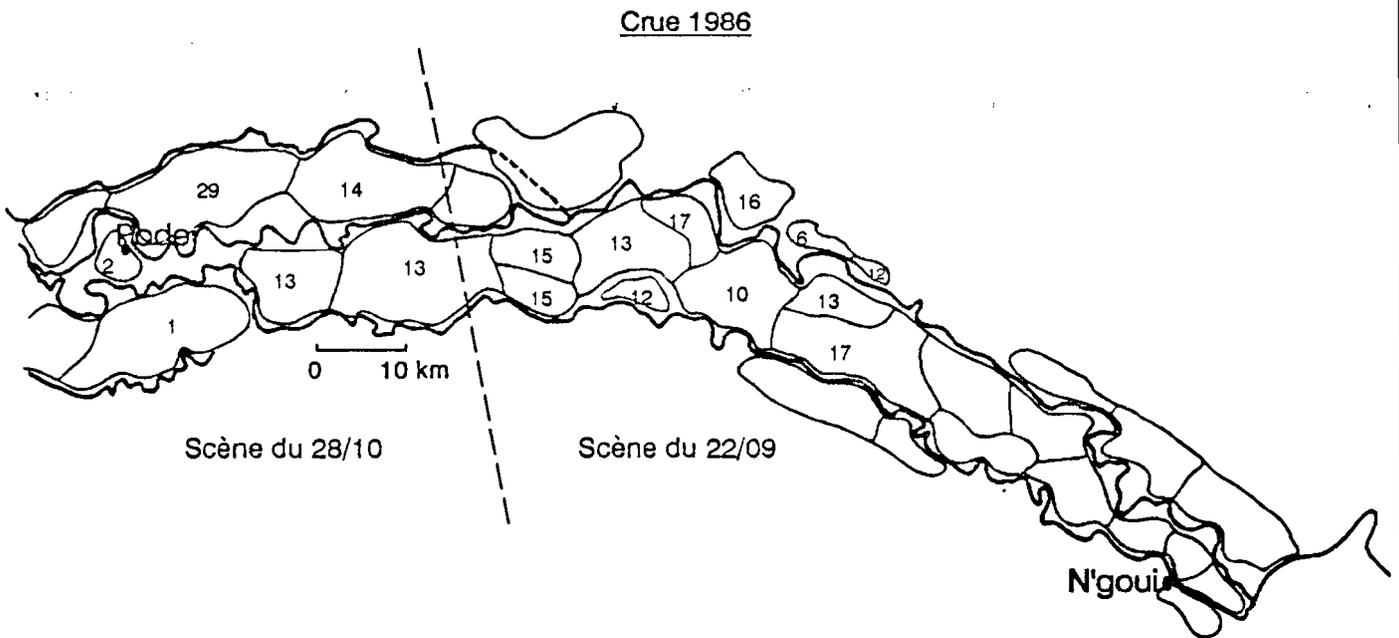


Figure 12 - Date des scènes et temps de transfert fleuve-cuvette

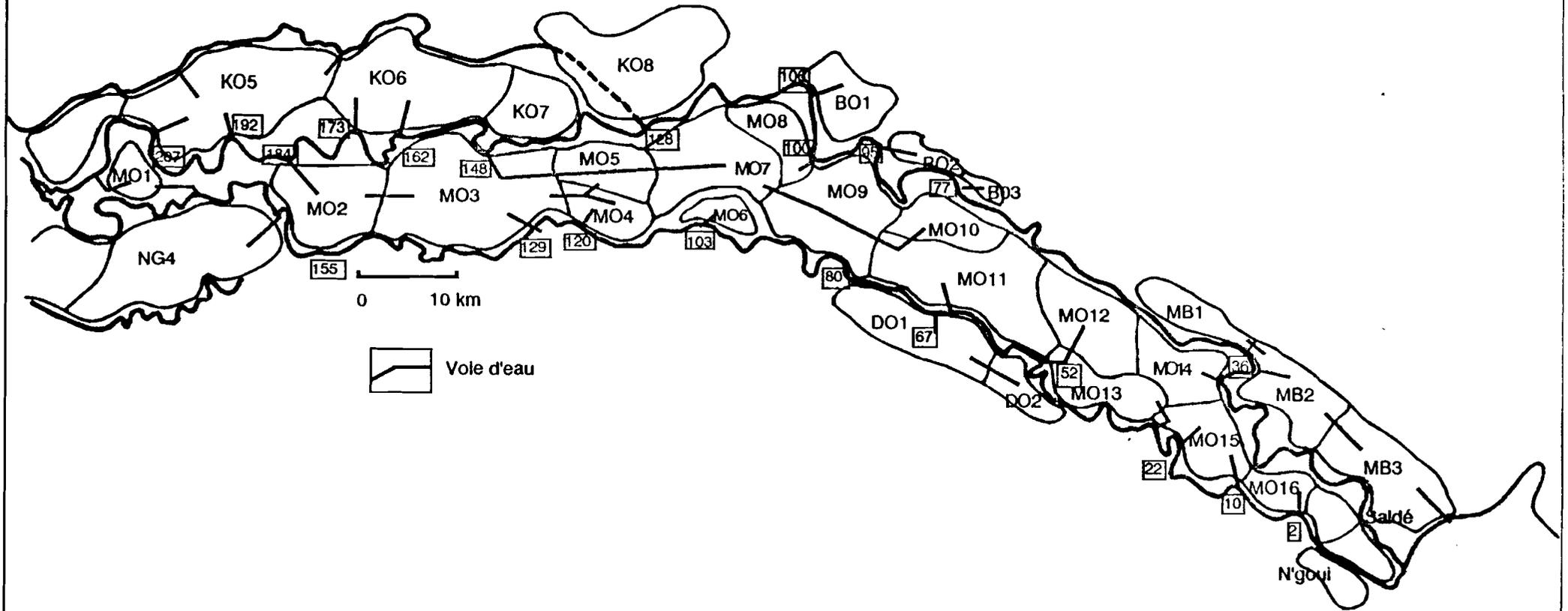


Figure 13 - Identification des cuvettes et distance (km) depuis Saldé (ou N'goui)

Les surfaces inondées des cuvettes KO5 et NG4 diminuent de 1986 à 1988. Ce qui n'est pas en accord avec la crue mesurée à Podor ou Guédé durant ces deux années (cf. tableau 4). La crue de 1988 est largement supérieure à celle de 1986 et l'image de la zone en 1986 a été prise lors de la décrue (40 jours après le maximum). Pour les autres cuvettes, les variations sont comparables à celles enregistrées aux stations limnimétriques. Mais, des différences non expliquées demeurent entre cuvettes voisines.

Station	Année			
	1986		1988	
	H (cm IGN)	Date	H (cm IGN)	Date
Salde	879	17/09	982	24/09
N'goui	880	17/09	984	24/09
Podor	359	20/09	439	5/10
Guede	537	19/09	593	27/09

Tableau 4 - Hauteur journalière maximale et date aux stations limnimétriques

2.4. Temps de transfert fleuve-cuvette

Après avoir reconnu sur les cartes des zones inondées les voies d'accès de l'eau (cf. figure 13), nous avons recherché les dates où les hauteurs déterminées dans les cuvettes ont été observés dans le Sénégal ou le Doué. La différence entre cette date et celle de la prise de vue est une première estimation du temps de transfert fleuve-cuvette. Ces temps apparaissent plus important en 1988 (de l'ordre de 20 jours) qu'en 1986 (de l'ordre de 15 jours) quelle que soit la phase de la crue (cf. tableau 5)

UNE	Année							
	1986				1988			
	(1)	(2)	dt	(3)	(1)	(2)	dt	(3)
MO1	28/10	26/10	2	-	23/09	18/09	5	+
MO2	28/10	26/10	13	-	23/09	10/09	13	+
MO3	28/10	15/10	13	-	23/09	4/09	19	+
MO4	22/09	7/09	15	=	23/09	7/09	16	+
MO5	22/09	7/09	15	=	23/09	7/09	16	+
MO6	22/09	10/09	12	=	23/09	10/09	13	=
MO7	22/09	9/09	13	=	23/09	9/09	14	=
MO8	22/09	5/09	17	=	5/10	7/09	28	=
MO9	22/09	12/09	10	=	5/10	10/09	25	=
MO10	22/09	9/09	13	=	5/10	10/09	25	=
MO11	22/09	5/09	17	=	5/10	8/09	27	=
MO12					5/10	9/09	26	-
MO13					5/10	13/09	22	-
MO14					5/10	10/09	25	-
MO15					5/10	21/09	14	-
MO16					5/10	13/09	22	-
KO5	28/10	27/04	29	=	23/09	12/09	19	+
KO6	28/10	14/10	14	-	23/09	1/09	8	+
BO1	22/09	6/09	16	=	5/10	5/09	30	=
BO2	22/09	16/09	6	=	5/10	17/09	18	=
BO3	22/09	10/09	12	=	5/10	25/09	10	-
MB1					5/10	12/09	23	-
MB2					5/10	19/09	16	-
MB3					5/10	5/10	0	-
DO1					5/10	13/09	22	-
DO2					5/10	8/09	27	-

(1) Date de la prise de vue

(2) Date où la hauteur dans la cuvette a été observée dans le Sénégal ou le Doué.

(3) Phase de la crue
 + : ascendante
 = : maximale
 - : descendante

Tableau 5 - Temps de propagation fleuve-cuvette

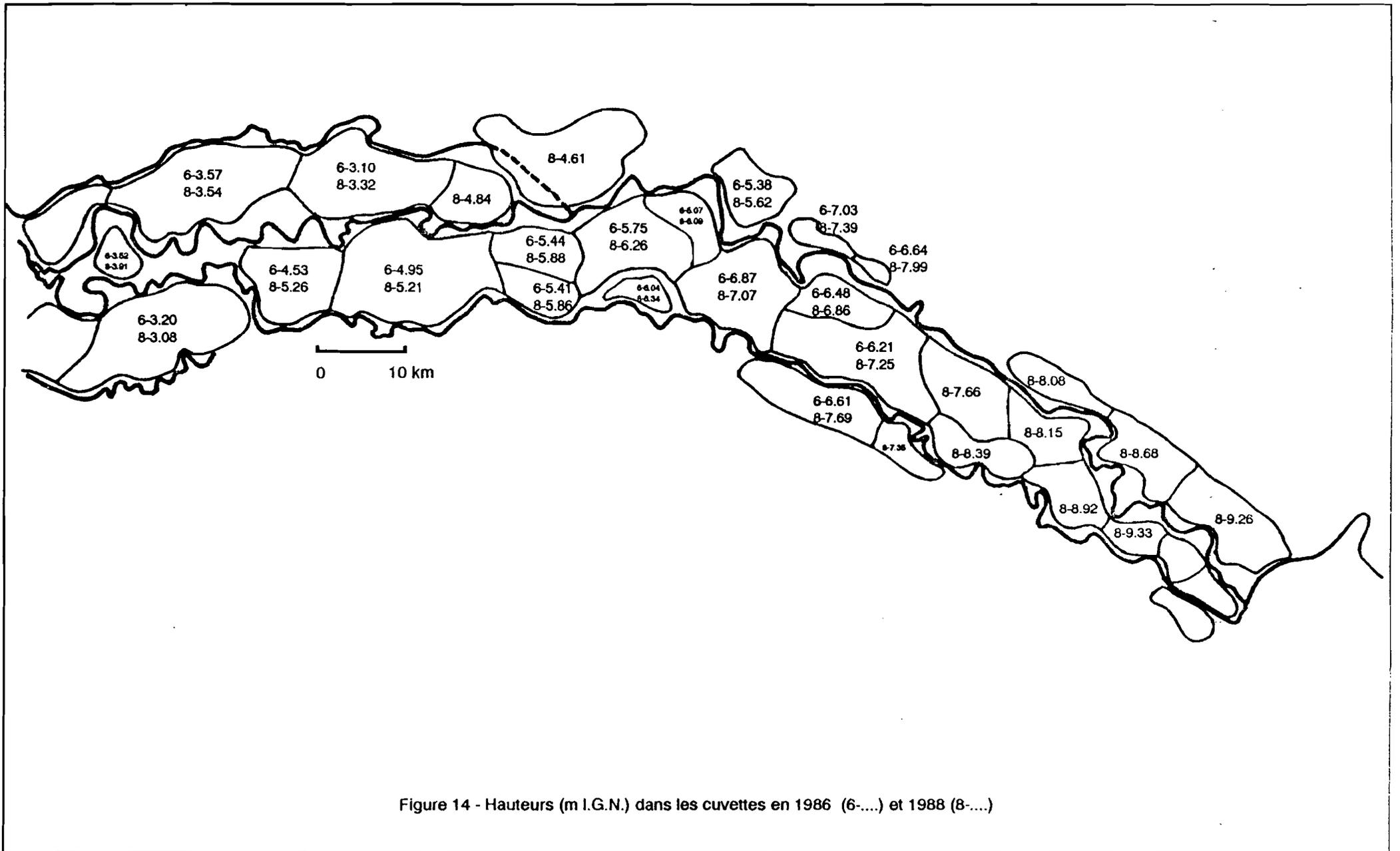
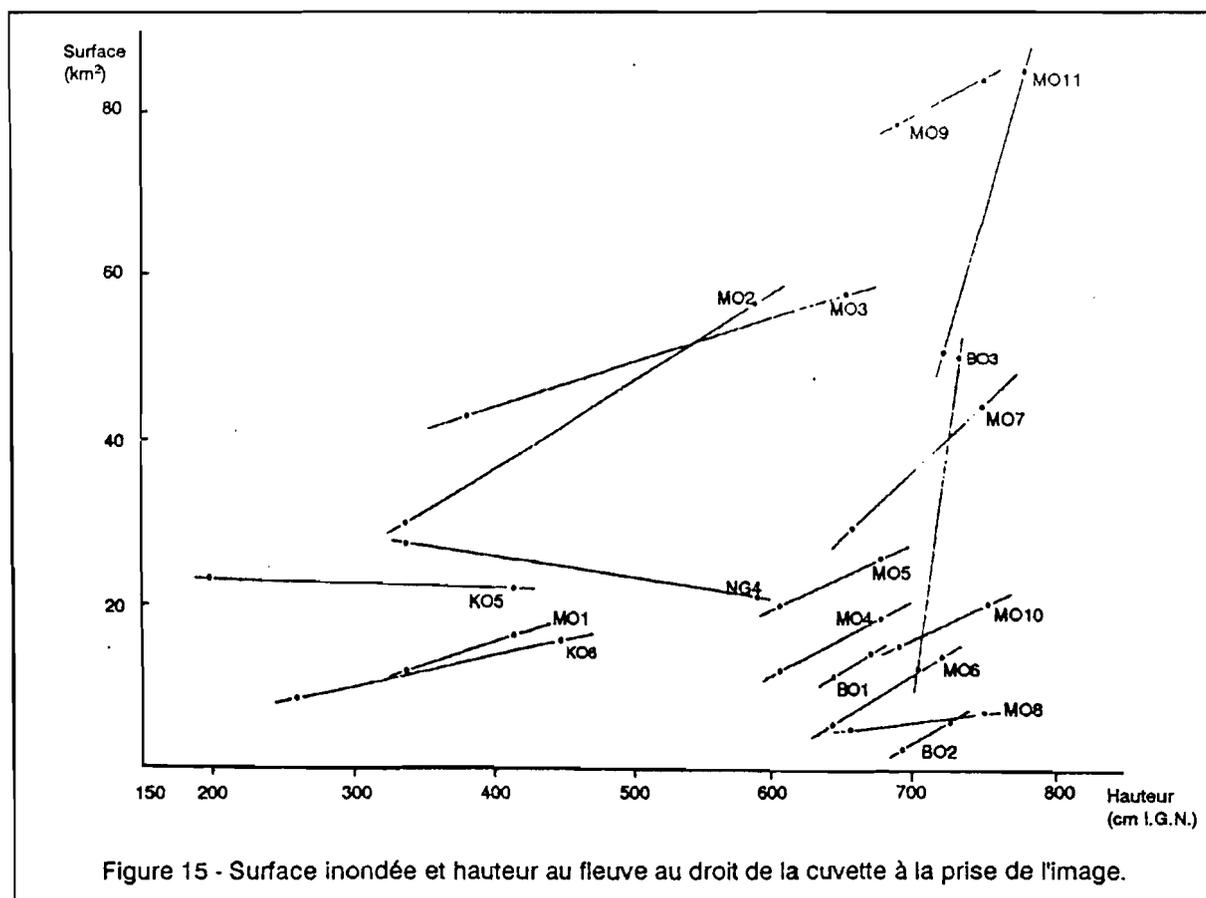


Figure 14 - Hauteurs (m I.G.N.) dans les cuvettes en 1986 (6-....) et 1988 (8-....)

2.5. Relation hauteur fleuve - superficie inondée

Du fait de l'importance des temps de transfert, les hauteurs au fleuve sont différentes de celles dans les cuvettes. Pour les cuvettes où nous disposons de deux années d'observation, la figure 14 présente les relations hauteur-surface. Elles ne sont qu'indicatives et doivent varier en fonction des temps de transfert. Hormis KO5, NG4, BO3, MO8 et MO11, le comportement des cuvettes semble analogue.



Conclusion :

Après critique des données aux stations, des relations hauteur amont - hauteur aval ont été établis sur les biefs du Sénégal et du Doué. Les vitesses de propagations sont égales dans les deux biefs. La différence de longueur des deux biefs induit des temps de transfert distincts. De la planimétrie des surfaces inondées des crues 1986 et 1988 dans l'île à Morfil a été déduit les hauteurs d'eau dans les cuvettes. Des temps de transfert relativement longs (15, 25 jours) ont été déterminés. Cependant, les résultats demeurent imprécis du fait du faible nombre de données et d'erreurs probables dans la délimitation des surfaces inondées, dans l'évaluation des courbes hypsométriques (au mètre). L'étude de l'ensemble des cartes disponibles, le traitement numérique d'images et les modèles numérique de terrain devraient permettre une amélioration des résultats.

Bibliographie :

CHAUMENY J. (1973). "Etude sur les unités naturelles d'équipement". O.M.V.S. , St. Louis, 41pp.

LAMAGAT J.-P. (1989). " Modèle de propagation des crues du fleuve Sénégal". ORSTOM - O.M.V.S., Dakar, 46 pp..

Annexe :

Modifications apportées dans la banque en état du Sénégal

N'Goui (n° 1382609008-1)

mis 564 au lieu de 664 le 13/12/1965
mis 498 au lieu de 598 le 15/08/1977 à 8 h
mis 494 au lieu de 594 le 15/08/1977 à 18 h
mis 480 au lieu de 580 le 16/08/1977 à 8 h
mis 704 au lieu de 740 le 6/10/1981 à 8 h
mis en lacune du 1/03/1982 au 30/04/1982
mis 52 au lieu de 05 le 5/6/1983
ajouté 10 cm (d'après les originaux du 1/5 à 8 h au 8/6/1984 à 8h,
mis en lacune du 5/10/1989 à 18h01 au 21/10/1989 à 17h59 (valeur constante = 600),
mis en lacune du 18/2/1990 au 28/2/1990 (valeur constante)

Saldé (n° 1382600148-1)

décalé de - 1 jour du 1/7/1979 au 13/8/1979 et correction des lectures du 5/8 au 13/8
remplacé 230, 220, 210 par 203, 202, 201 du 17/02 au 22/02/1968

Podor (n°1382600136-1)

mis 500 au lieu de 550 le 19/11/1959

Guédé (n° 1382609002-1)

mis 608 au lieu de 688 le 28/8/1956
mis 307 au lieu de 387 le 12/12/1956

Modifications apportées au fichier extrait

Ngoui.jou

mis en lacune du 1/1/1956 au 31/12/1956
ajouté 1 m du 6/7/1980 au 30/4/1990
ajouté 1 m du 14/7/1985 au 23/3/1986
mis en lacune (à la place de 194 constant) du 21/4/1980 au 31/5/1980.

Saldé.jou

mis en lacune du 17/2/1968 au 30/6/1968 (en désaccord avec la décrue à Podor)
mis en lacune du 1/1/1970 au 31/3/1970 (décrue à forme fortement convexe),
retranché 1 m du 10/11/1978 au 22/11/1978
mis en lacune du 1 au 30/10/1981.

Podor.jou

mis en lacune du 16/4/1984 au 17/6/1984 et du 22/4/1985 au 23/7/1985 (valeurs négatives extrapolées en 1984 et 1985)

Guédé.jou

mis en lacune du 18/2/1978 au 13/7/1978 (décrue linéaire très différente de celle de Podor),
mis en lacune du 18/4/1984 au 18/6/1984 et du 1/5/1985 au 18/7/1985 (valeurs négatives extrapolées en 1984 et 1985)