

AGS : FS/DAH 2

Rapport technique 3

PROJET d'AMENAGEMENT HYDROAGRICOLE PILOTE
dans la VALLEE de l'OUEME

D A H O M E Y

ETUDE HYDROLOGIQUE

Tome III - Prévion des crues dans la basse Vallée

Rapport préparé pour

l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
(agissant en qualité d'agence d'exécution du
Programme des Nations-Unies pour le Développement)

par

l'ORSTOM

SEDAGRI

Paris 1972

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 32732, ex 1

Cote : B

12 MAI 1972

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

S O M M A I R E

	Pages
I. <u>DONNEES GEOGRAPHIQUES</u>	1
II. <u>CHOIX d'un MODELE de PREVISION</u>	2
III. <u>DELAIS de PROPAGATION des CRUES</u>	2
IV. <u>PREVISION à COURT TERME des HAUTEURS MAXIMALES de CRUES</u>	4
V. <u>PREVISION à COURT TERME des HAUTEURS JOURNALIERES</u>	7
V.1 Equation de régression	7
V.2 Méthode des corrélations multiples	7
V.3 Résultats	9
VI. <u>PREVISIONS à LONG TERME</u>	14
VII. <u>QUALITE de la PREVISION</u>	14

Cette note rend compte de l'élaboration d'un modèle simple de prévision des crues à court terme dans le delta de l'OUEME et des possibilités d'établir une prévision à plus long terme à partir de la pluviométrie dans le haut bassin.

Dans cette étude, on s'est intéressé essentiellement à la prévision des niveaux d'eau aux deux stations de référence du lit mineur de l'OUEME inférieur pour lesquelles on a effectué au préalable une correspondance avec les niveaux d'inondation sur la rive gauche du lit majeur (Cf. Tomes I et II).

I - DONNEES GEOGRAPHIQUES

Au niveau d'ADJONON, l'OUEME inférieur est formé de la jonction de trois cours d'eau principaux :

- l'OUEME amont,
- l'OKPARA qui fait sa jonction avec l'OUEME au Sud de SAVE,
- le ZOU qui rejoint l'OUEME à DEOUNTA.

L'OUEME supérieur est contrôlé par la station du PONT de SAVE où son bassin versant a une superficie de 23 600 km² et où sa longueur est de 400 km.

L'OKPARA est contrôlé par la station de KABOUA où son bassin versant a une superficie de 9 600 km² et où sa longueur est de 280 km.

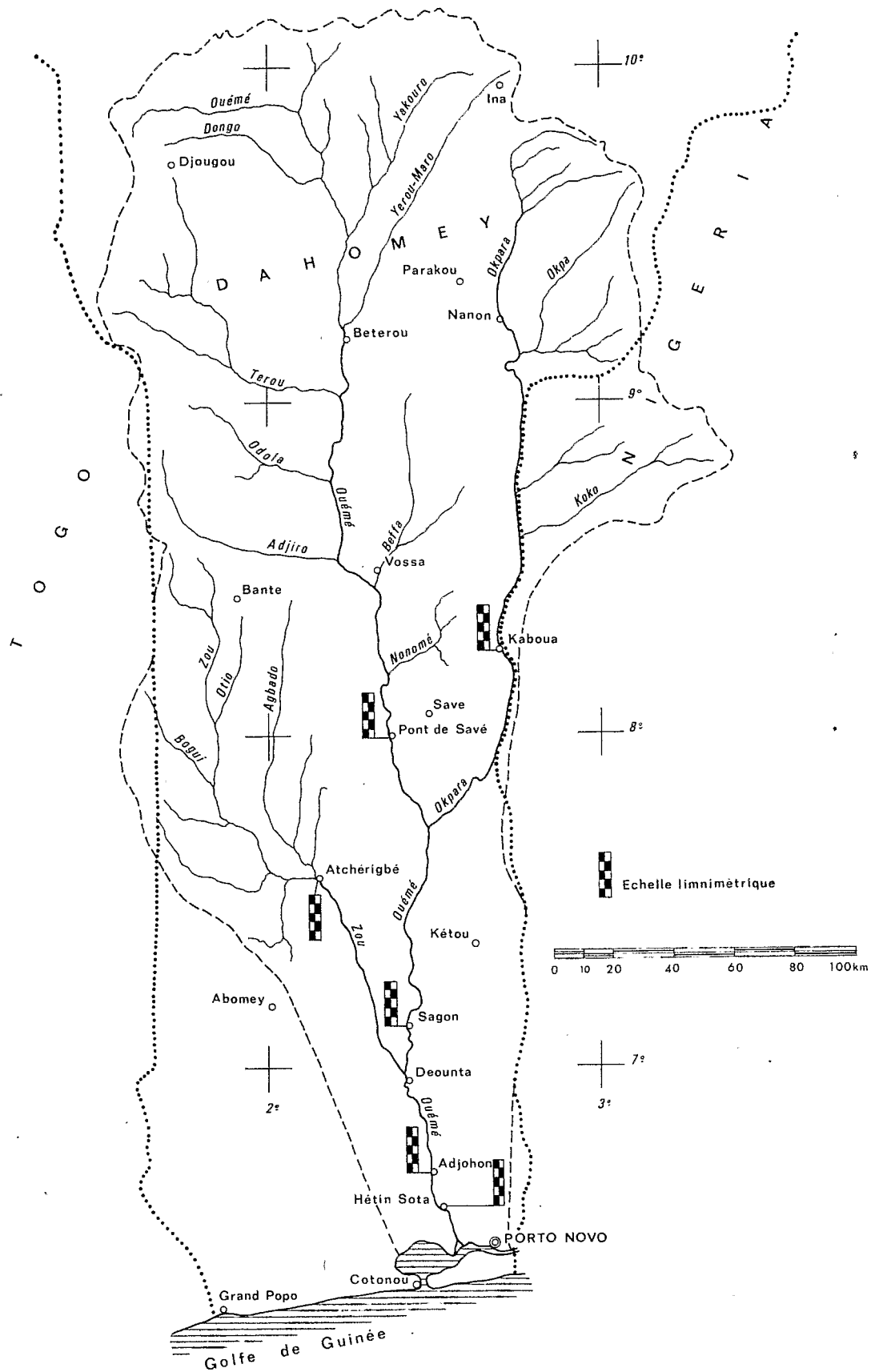
Le ZOU est contrôlé par la station d'ATCHERIGBE où son bassin versant a une superficie de 6 950 km² et où sa longueur est de 155 km.

A ADJONON, la superficie totale du bassin de l'OUEME est d'environ 40 000 km².

Les bassins versants de ces trois rivières ont des formes très allongés suivant une direction Nord-Sud.

Les distances de parcours entre les stations du delta et les stations situées en amont sur les principales branches sont les suivantes :

PONT de SAVE - SAGON	123 km
PONT de SAVE - ADJONON	195 km
PONT de SAVE - HETIN SOTA	217 km
KABOUA - SAGON	160 km
KABOUA - ADJONON	230 km
KABOUA - HETIN SOTA	252 km
ATCHERIGBE - ADJONON	133 km
ATCHERIGBE - HETIN SOTA	155 km.



BASSIN DE L'OUEME

Le bassin de l'OUEME présente des particularités géomorphologiques qui ont une très nette incidence sur le mécanisme de propagation des débits. En effet dans sa partie supérieure, le fleuve coule sur des formations métamorphiques précambriennes relativement imperméables tandis qu'à partir de SAGON, il entre brutalement dans les formations sablo-argileuses où l'écoulement est fortement retardé.

A ces variations de la structure géologique du lit correspondent des profils caractéristiques que l'on retrouve sur chacune des branches principales. Ainsi pour l'OUEME, on observe une pente torrentielle dans les premiers kilomètres du cours supérieur, suivie d'un long parcours monotone de plusieurs centaines de kilomètres dans la région des plateaux avec une pente régulière mais élevée, puis sur les 150 kilomètres précédant la zone deltaïque un accroissement de la pente avec présence de chutes et rapides.

Enfin au niveau de la confluence avec l'OKPARA, l'OUEME n'est plus qu'à 34 m d'altitude et la pente devient inférieure à 20 cm/km. Dans la zone deltaïque le réseau hydrographique devient très complexe, une rivière parallèle à l'OUEME (la SO) drainant une partie des eaux du fleuve avec de nombreuses intercommunications.

II - CHOIX d'un MODELE de PREVISION

Le problème de la propagation des crues le long de l'OUEME, entre PONT de SAVE et ADJOHON, est particulièrement complexe en aval de SAGON en raison de la possibilité de submersion des plaines d'inondation et de l'influence aval sur l'écoulement.

Il s'agit d'un processus d'écoulement non stationnaire où les méthodes usuelles de calcul des crues ne peuvent être appliquées et qui nécessiterait la construction d'un modèle physique faisant intervenir de nombreux paramètres tels que la rugosité ou la topographie dans le lit majeur. Nous avons préféré utiliser une méthode purement statistique en cherchant à élaborer un modèle pratique ne faisant intervenir que la seule information facilement disponible.

III - DELAIS de PROPAGATION des CRUES

Pour la prévision à courte échéance (c'est-à-dire de l'ordre de 5 à 10 jours), il convenait tout d'abord d'examiner si les délais de propagation étaient suffisamment importants entre les stations amont et la station d'ADJOHON afin de pouvoir utiliser l'information recueillie à ces stations.

Pour estimer ces délais, nous avons sélectionné l'ensemble des pointes de crue observées successivement à PONT de SAVE, SAGON et ADJOHON (Cf. tableau I). Le temps de propagation est donné en jours à partir de la date d'occurrence du maximum de crue à PONT de SAVE.

TABIEAU I

DELAIS de PROPAGATION des CRUES sur l'OUEME

entre PONT de SAVE et ADJONON

Année	PONT de SAVE			SAGON			ADJONON		
	Date du maximum	H (m)	Date du maximum	H (m)	Δ j (jours)	Date du maximum	H (m)	Δ j (jours)	
1957	15/9	9,40	16/9	9,23	1	21/9	5,54	6	
1963	3/9	9,40	6/9	9,09	3	-	-	-	
1963	11/9	8,35	14/9	8,86	3	-	-	-	
1955	3/8	8,10	6/8	8,78	3	12/8	4,57	9	
1959	30/9	7,80	2/10	8,66	2	-	-	-	
1955	9/9	7,70	11/9	8,52	2	17/9	4,56	8	
1962	5/10	7,70	7/10	8,70	2	-	-	-	
1960	9/9	7,65	13/9	8,50	4	-	-	-	
1968	12/9	7,49	14/9	8,79	2	20/9	5,18	8	
1953	3/8	7,40	5/8	8,60	2	12/8	4,52	9	
1955	5/10	7,10	7/10	8,52	2	13/10	4,75	8	
1967	20-21/9	7,10	23/9	8,36	3	28-30/9	4,45	8	
1962	2/9	7,00	5-6/9	8,70	3	-	-	-	
1969	3/9	6,77	5/9	7,62	2	13-17/9	4,37	10	
1968	25/8	6,72	27/8	8,40	2	2/9	4,73	8	
1964	11/9	6,70	15/9	8,05	4	23/9	4,41	12	
1970	26/9	6,55	28/9	8,25	2	7/10	4,51	11	
1953	5/9	6,45	7/9	8,20	2	22/9	4,32	17	
1952	12/10	6,40	15/10	8,46	3	24/10	4,53	12	
1965	30/8	6,00	4-5/9	7,95	5	9/9	4,41	10	
1966	21/8	5,98	22/8	7,08	1	3-5/9	4,28	13	
1967	23/8	5,95	24/8	7,10	1	30/8	4,29	6	
1951	7/10	5,80	7/10	7,75	0	11/10	4,27	4	
1965	15/9	5,58	16/9	7,93	1	22/9	4,43	7	
1951	21/9	5,40	22/9	7,75	1	25/9	4,19	4	
1951	2/11	5,00	4/11	7,75	2	7/11	4,27	5	
1954	19/10	4,85	21/10	7,80	2	23-26/10	4,30	4	
1961	17/9	4,70	22/9	6,52	5	-	-	-	
1956	22/9	4,50	23/9	6,09	1	27-28/9	3,71	5	
1954	28/8	4,00	29/8	5,65	1	14/9	3,72	17	
1961	8/10	3,35	11/10	6,88	3	-	-	-	
1958	10/10	1,02	10/10	2,85	0	-	-	-	

Dans ce tableau, nous avons classé les crues dans l'ordre des hauteurs décroissantes à PONT de SAVE afin de mettre en évidence une éventuelle influence de l'intensité de la crue sur la vitesse de propagation.

On constate que les délais de propagation entre PONT de SAVE et ADJOHON sont de l'ordre de 2 à 3 jours pour une distance de 123 km et de l'ordre de 5 à 6 jours entre SAGON et ADJOHON pour une distance de 72 km. Ce freinage s'accompagne d'un très fort amortissement des fluctuations des niveaux.

Nous avons complété ces résultats en examinant les délais de propagation entre KABOUA (sur l'OKPARA), SAGON et ADJOHON (Cf. Tableau II).

On constate que sur l'OKPARA, les crues se produisent généralement en même temps que sur l'OUEME ce qui s'explique par la situation et la similitude de forme des deux bassins.

La propagation se fait également de façon analogue avec un très net ralentissement à partir de SAGON.

Les effets de l'apport du au ZOU, en période de crues, sont beaucoup plus difficiles à mettre en évidence, car ils sont généralement masqués par les fluctuations de l'OUEME et de l'OKPARA réunis.

Cependant pour les quelques crues indépendantes de cet affluent, nous avons pu estimer un temps de propagation entre ATCHERIGBE et ADJOHON de l'ordre de 3 à 5 jours.

IV - PREVISION à COURT TERME des HAUTEURS MAXIMALES de CRUES

Dans une première étape, nous nous sommes intéressés aux pointes de crue et à l'estimation de la hauteur maximale de crue à ADJOHON à partir de la connaissance de la hauteur maximale correspondante observée aux stations amont.

Nous avons calculé la corrélation directe et établi l'équation de régression entre les maxima à ADJOHON et les maxima correspondants à SAGON et PONT de SAVE.

1 - PONT de SAVE - ADJOHON :

H_1 = Hauteur maximale à ADJOHON (mètres)

H_2 = Hauteur maximale à PONT de SAVE (mètres)

période : 1951-1970

nombre de points : 23

coefficient de corrélation : 0,857

équation de régression :

$$H_1 = 0,267 H_2 + 2,74$$

TABLEAU II

DELAIS de PROPAGATION des CRUES

entre KABOUA et ADJ OHON

Année	KABOUA		SAGON			ADJ OHON		
	Date du maximum	H (m)	Date du maximum	H (m)	Δj	Date du maximum	H (m)	Δj
1957	15/9	5,80	16/9	9,23	1	21/9	5,54	6
1963	5/9	5,65	6/9	9,09	1	-	-	-
1963	14/9	5,53	14/9	8,86	0	-	-	-
1968	12/9	5,18	14/9	8,79	2	20/9	5,18	8
1955	3/8	4,89	6/8	8,78	3	12/8	4,57	9
1962	6/10	4,78	7/10	8,70	1	-	-	-
1959	29/9	4,63	2/10	8,66	3	-	-	-
1952	17/10	4,62	19/10	8,45	2	24/10	4,53	7
1955	9/9	4,32	11/9	8,52	2	17/9	4,56	8
1960	5/10	4,32	7/10	8,40	2	-	-	-
1962	4/9	4,13	5-6/9	8,70	1	-	-	-
1954	18/10	3,88	21/10	7,80	3	23-26/10	4,30	5
1955	3/10	3,80	7/10	8,52	4	13/10	4,75	10
1968	25/8	3,79	27/8	8,40	2	2/9	4,73	8
1953	16/9	3,74	18/9	8,30	2	22/9	4,32	6
1970	27/9	3,65	28/9	8,25	1	7/10	4,51	10
1965	12/9	3,55	16/9	7,93	4	22/9	4,43	7
1963	5/8	3,50	5/8	8,60	0	12/8	4,52	7
1951	4/11	3,25	4/11	7,75	0	7/11	4,27	3
1965	2/9	3,25	4-5/9	7,95	2	9/9	4,53	7
1967	19/9	3,24	23/9	8,36	4	28-30/9	4,45	9
1951	4/10	3,20	7/10	7,75	3	11/10	4,27	7
1969	9/9	3,07	10/9	7,36	1	13-17/9	4,37	4
1964	14/9	2,82	15/9	8,05	1	23/9	4,41	9
1954	6/9	2,47	10/9	5,99	4	14/9	3,72	8
1951	21/9	2,42	22/9	7,75	1	25/9	4,19	4
1966	26/8	2,41	29/8	7,10	3	3-5/9	4,28	8
1956	25/9	2,22	-	-	-	27-28/9	3,71	2

2 - SAGON - ADJOHON :

H_1 = Hauteur maximale à ADJOHON (mètres)

H_2 = Hauteur maximale à SAGON (mètres)

période:1951-1970

nombre de points : 23

coefficient de corrélation : 0,856

équation de régression :

$$H_1 = 0,393 H_2 + 1,33$$

3 - PONT de SAVE - SAGON :

H_1 = Hauteur maximale à SAGON (mètres)

H_2 = Hauteur maximale à PONT de SAVE (mètres)

période:1951-1970

nombre de points : 32

coefficient de corrélation : 0,901

équation de régression :

$$H_1 = 0,650 H_2 + 3,72$$

- Ces corrélations sont relativement bonnes et permettent donc une estimation correcte de la hauteur maximale de crue à ADJOHON à partir de la connaissance du maximum observé en amont.

Pour estimer le délai de propagation de ce maximum, on peut utiliser les résultats figurant dans le tableau I en prenant les valeurs moyennes et médianes suivantes :

délais observés entre PONT de SAVE et ADJOHON :	moyenne :	8 jours
	médiane :	8 jours,
délais observés entre SAGON et ADJOHON :	moyenne :	2 jours
	médiane :	2 jours.

- En outre, comme on pouvait s'y attendre, on constate que la corrélation forte entre PONT de SAVE et SAGON est nettement plus faible entre SAGON et ADJOHON. Ce résultat est dû à l'amortissement considérable des fluctuations de niveaux et à la non permanence de l'écoulement à partir de SAGON. Il eut donc été préférable d'établir les corrélations entre ces stations par l'intermédiaire des débits, ce qui n'a pas été possible, la station d'ADJOHON n'étant pas étalonnée (relation hauteur-débit non univoque).

V - PREVISION à COURT TERME des HAUTEURS JOURNALIERES

V.1 Equation de régression

Nous avons cherché à établir un modèle journalier de prévision des hauteurs en période de crue dans la vallée de l'OUEME inférieur.

Si nous considérons la chronique des hauteurs journalières à la station pour laquelle on établit la prévision, nous pouvons envisager la prévision des hauteurs du jour $J + P$ à cette station à partir des hauteurs du jour $J - N_1$ à cette station et des hauteurs respectives des jours $J - N_2, J - N_3, \dots, J - N_k$ aux $k - 1$ stations situées en amont sur les branches principales.

P est le délai de prévision qui peut être fixé à priori (par exemple, dans le cas où ce délai est imposé par la nécessité de prendre d'éventuelles mesures de protection).

Nous avons donc tout d'abord recherché les équations de régression entre la hauteur du jour J à la station aval et les hauteurs du jour $J - D_1$ à cette station et $J - D_2, J - D_3, J - D_4$ aux trois stations amont, en envisageant une relation linéaire simple de la forme :

$$H_1(J) = a H_1(J - D_1) + b H_2(J - D_2) + c H_3(J - D_3) + d H_4(J - D_4) + e$$

avec $H_1(J)$ Hauteur le jour J à ADJONON (ou HETIN SOTA)
 $H_1(J - D_1)$ Hauteur le jour $J - D_1$ à ADJONON (ou HETIN SOTA)
 $H_2(J - D_2)$ Hauteur le jour $J - D_2$ à PONT de SAVE
 $H_3(J - D_3)$ Hauteur le jour $J - D_3$ à KABOUA
 $H_4(J - D_4)$ Hauteur le jour $J - D_4$ à ATCHERIGBE

a, b, c, d étant les coefficients de régression, e le terme constant
 D_1, D_2, D_3, D_4 des paramètres à déterminer.

Il est évident qu'un tel modèle n'a d'intérêt que dans la mesure où les paramètres D_1, D_2, D_3, D_4 sont supérieurs ou égaux au délai de prévision, ce qui nécessite que la durée moyenne de propagation entre les stations amont et la station aval soit sensiblement égale au délai de prévision.

Pour établir cette relation, nous avons utilisé le procédé des corrélations multiples.

V.2 Méthode des corrélations multiples

Si nous considérons une population finie de n observations portant elles mêmes sur k variables $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$, l'approximation de X_1 en fonction des autres variables aléatoires, peut s'envisager sous la relation stochastique suivante :

$$X_1 = f(X_2, X_3, \dots, X_k) + \epsilon$$

X_1 étant la variable dépendante,
 X_2, \dots, X_k les variables explicatives,
 ϵ le résidu qui est une variable aléatoire de moyenne nulle.

Si nous faisons l'hypothèse d'une relation linéaire (cas de l'OUEME), nous pouvons écrire :

$$X_1 = a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_k X_k + \epsilon$$

Les paramètres d'ajustement sont déterminés par la méthode des moindres carrés.

- Pour l'OUEME la variable dépendante est la hauteur du jour J à la station pour laquelle on effectue la prévision.

Les variables explicatives sont les hauteurs observées à cette stations et aux trois stations amont avec des décalages en temps variables par rapport au jour J.

Ainsi pour chaque station amont i , on prend en compte comme variables explicatives p_i variable correspondant aux hauteurs $H_i (J - N_{1i}), H_i (J - N_{2i}), \dots, H_i (J - N_{pi})$ observées à cette station avec des décalages N_1, N_2, \dots, N_p par rapport au jour J. La lecture des données et la constitution de la matrice des variables dépendantes et explicatives sont effectuées par traitement automatique sur ordinateur. Ce procédé nous permettra ensuite de déterminer pour chaque station retenue, le décalage optimum permettant la meilleure adéquation du modèle.

- Après le choix des variables, il fallait s'assurer qu'elles répondaient aux hypothèses fondamentales de l'analyse de corrélation multiple qui sont les suivantes :

a) les variables explicatives doivent être connues avec une erreur de mesure négligeable par rapport à leur variabilité.

Cette hypothèse peut être considérée comme respectée par les séries de hauteurs d'eau sur l'OUEME.

b) L'autocorrélation des valeurs observées successives de la variable dépendante et des variables explicatives doit être négligeable.

Pour respecter cette deuxième hypothèse, nous avons procédé de la façon suivante :

- Pour chaque année d'observations communes aux quatre stations, nous avons sélectionné les périodes de montée des niveaux correspondant à la crue annuelle.

- Pour chacune de ces périodes indépendantes, nous avons pris en compte les hauteurs mesurées à 8 h avec un pas de temps de 10 jours entre deux hauteurs successives.

c) La distribution des résidus doit être "homoscédastique", c'est-à-dire que la distribution de X_1 liée par X_2, \dots, X_k doit être normale et de même variance quels que soient les éléments $\Delta X_2, \dots, \Delta X_k$ considérés.

Cette dernière hypothèse est, en général, difficile à remplir avec des données hydrologiques, mais de toutes façons le nombre des observations pris en compte est trop insuffisant pour vérifier correctement l'homogénéité de la variance des résidus.

- Le calcul de la régression multiple avec sélection des variables explicatives, significatives a été ensuite effectué par la méthode STEPWISE qui procède par paliers successifs (1) :

Pour le premier palier, on sélectionne la variable qui a le coefficient de corrélation total le plus élevé avec la variable dépendante. Ensuite pour les autres paliers, on introduit successivement la variable qui permet d'expliquer la plus grande part de la variance résiduelle. A chacun de ces paliers, on applique à la variable retenue un test basé sur un seuil de signification fixé à l'avance ainsi qu'un test sur la variable préalablement retenue pour voir si elle reste significative quand on introduit la nouvelle variable.

V.3 Résultats

L'étude des régressions entre les hauteurs du jour J à la station pour laquelle on émet la prévision (ADJOHON ou HETIN SOTA) et les hauteurs des jours antérieurs sur les différentes stations situées en amont, montre que le délai maximum permettant une prévision satisfaisante est de neuf jours.

Ce délai de prévision correspond au délai moyen de propagation des crues observées entre POMI de SAVE et les stations d'ADJOHON ou HETIN SOTA.

Nous avons donc choisi une gamme de délais de prévision de 5, 7 et 9 jours.

V.3.1 Prévision à ADJOHON

- Délai de prévision de 5 jours

La variable dépendante est la hauteur H1 (J + 5) à ADJOHON. Le programme a sélectionné trois variables explicatives considérées comme significatives et qui sont :

(1) Pour le détail de cette méthode, on se reportera à l'article de M. TOUCHEBEUF de LUSSIGNY : "Régressions et Corrélations multiples en Hydrologie" - Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie, vol. VIII, n° 4, 1971 -

Variable 1 : H1 (J) Hauteur à ADJOHON du jour J
Variable 2 : H2 (J) Hauteur à PONT de SAVE du jour J
Variable 3 : H2 (J - 2) Hauteur à PONT de SAVE du jour J - 2

Les caractéristiques de la corrélation sont les suivantes :

- coefficient de corrélation multiple : 0,945
- écart-type résiduel : 20,724

Cet écart-type résiduel caractérise la distribution des écarts entre la valeur calculée et la valeur observée.

Il permet de calculer la fourchette de prévision. Si nous adoptons l'intervalle de confiance à 80 % qui donne les valeurs que l'on a 10 chances sur 100 de ne pas atteindre et 10 chances sur 100 de dépasser, la fourchette de prévision est dans le cas présent de ± 26 cm.

- Coefficients de régression :

Variable 1 : 0,6108 écart-type 0,0499
Variable 2 : 0,2120 écart-type 0,0321
Variable 3 : -0,1019 écart-type 0,0365

- terme constant : 116,827

L'équation de régression s'écrit :

$$H1 (J + 5) = 0,6108 H1 (J) + 0,2120 H2 (J) - 0,1019 H2 (J - 2) + 116,827$$

- Délai de prévision de 7 jours

La variable dépendante est la hauteur H1 (J + 7) à ADJOHON. Les variables explicatives sélectionnées sont :

Variable 1 : H1 (J) Hauteur à ADJOHON du jour J
Variable 2 : H2 (J) Hauteur à PONT de SAVE du jour J
Variable 3 : H4 (J) Hauteur à ATCHERIGBE du jour J

- coefficient de corrélation multiple : 0,918,
- écart-type résiduel : 25,348,
- fourchette de prévision au seuil de confiance à 80 % : ± 32 cm

- coefficients de régression :

Variable 1 : 0,4214 écart-type 0,0526
Variable 2 : 0,1222 écart-type 0,0259
Variable 3 : 0,0694 écart-type 0,0163

- terme constant : 162,331

Equation de régression :

$$H1 (J + 7) = 0,4214 H1 (J) + 0,1222 H2 (J) + 0,0694 H4 (J) + 162 331$$

- Délai de prévision de 9 jours

Variable dépendante : Hauteur H1 (J + 9) à ADJCHON.

Ici encore, le programme a sélectionné trois variables explicatives :

Variable 1 : H1 (J) Hauteur à ADJCHON au jour J

Variable 2 : H2 (J) Hauteur à PONT de SAVE au jour J

Variable 3 : H4 (J) Hauteur à ATCHERIGBE au jour J

- coefficient de corrélation multiple : 0,891

- écart-type résiduel : 28,887

- fourchette de prévision au seuil de confiance à 80 % : ± 37 cm

- coefficients de régression :

Variable 1 : 0,3027 écart-type 0,0533

Variable 2 : 0,1541 écart-type 0,0294

Variable 3 : 0,0693 écart-type 0,0198

- terme constant : 199,977

Equation de régression :

$$H1 (J + 9) = 0,3027 H1 (J) + 0,1541 H2 (J) + 0,0693 H4 (J) + 199,977$$

On remarque que pour des délais de prévision de 7 et 9 jours la hauteur à KABOUA n'a pas été retenue comme variable explicative, significative ce qui s'explique par le fait que les hauteurs journalières à KABOUA sont assez bien corrélées avec les hauteurs du même jour à PONT de SAVE, les crues sur les deux bassins se formant et se propageant de façon simultanée.

V.3.2 Prévision à HETIN SOTA

Les résultats obtenus sont tout à fait analogues à ceux d'ADJOHON.

- Délai de prévision 7 jours

Variable dépendante : hauteur H1 (J + 7) à HETIN SOTA.

Variables explicatives sélectionnées :

Variable 1 : H1 (J) Hauteur à HETIN SOTA au jour J
Variable 2 : H2 (J) Hauteur à PONT de SAVE au jour J
Variable 3 : H4 (J) Hauteur à ATCHERIGBE au jour J

- coefficient de corrélation multiple : 0,978
- écart-type résiduel : 12,321
- fourchette de prévision au seuil de confiance à 80 % : ± 16 cm

- coefficients de régression :

Variable 1 : 0,6700 écart-type 0,0320
Variable 2 : 0,0773 écart-type 0,0121
Variable 3 : 0,0467 écart-type 0,0080

- terme constant : 4,307

Equation de régression :

$$H1 (J + 7) = 0,6700 H1 (J) + 0,0773 H2 (J) + 0,0467 H4 (J) + 4,307$$

- Délai de prévision de 9 jours

Variable dépendante : Hauteur H1 (J + 9) à HETIN SOTA

Variables explicatives sélectionnées :

Variable 1 : H1 (J) Hauteur à HETIN SOTA au jour J
Variable 2 : H2 (J) Hauteur à PONT de SAVE au jour J
Variable 3 : H4 (J) Hauteur à ATCHERIGBE au jour J

- coefficient de corrélation multiple : 0,964
- écart-type résiduel : 15,859
- fourchette de prévision au seuil de confiance à 80 % : ± 20 cm

- coefficients de régression :

Variable 1 : 0,6108 écart-type 0,0417
Variable 2 : 0,0960 écart-type 0,0160
Variable 3 : 0,0481 écart-type 0,0114

- terme constant : 8,723

Equation de régression :

$$H1 (J + 9) = 0,6108 H1 (J) + 0,0960 H2 (J) + 0,0481 H4 (J) + 8,723$$

Ces résultats nous conduisent aux quelques remarques suivantes :

- les coefficients de corrélation multiple sont nettement plus forts pour HETIN SOTA que pour ADJOHON.

Ce résultat est intéressant car dans l'étude précédente (Cf. tome II : "Etude des inondations dans le lit majeur"), nous avons mis en évidence une bonne correspondance d'échelle entre cette station et les différentes échelles d'inondation situées dans le lit majeur de l'OUEME inférieur.

- Pour chaque régression, le programme n'a sélectionné que trois variables significatives et ce choix semble correspondre à la réalité physique. En effet, la première variable sélectionnée est toujours la hauteur du jour J à la station pour laquelle on émet la prévision, ce qui est d'autant plus normal que sur l'OUEME inférieur la hauteur du jour J caractérise à la fois le niveau au moment où l'on effectue la prévision et également les conditions futures d'écoulement aval à la station considérée.

La deuxième variable sélectionnée est la hauteur du jour J à PONT de SAVE qui est effectivement la station amont située sur le bras de l'OUEME supérieur le plus important.

Pour les délais de prévision de 7 et 9 jours, la troisième variable sélectionnée est la hauteur de jour J à ATCHERIGBE. Ce choix peut s'expliquer en raison de la dépendance non négligeable observée entre la hauteur sur l'OKPARA à KABOUA et sur l'OUEME à PONT de SAVE. La variance résiduelle de la régression est donc mieux expliquée par l'introduction de la hauteur sur le ZOU à ATCHERIGBE.

- La recherche préliminaire des délais de prévision à prendre en compte nous a permis d'établir la régression multiple entre la hauteur du jour J à ADJOHON et les hauteurs des jours antérieurs aux seules stations amont.

Nous obtenons l'équation de régression suivante :

$$H1 (J) = 0,2320 H2 (J - 9) + 0,1175 H4 (J - 3) + 0,1061 H3 (J - 9) + 240,5$$

H1 (J)	Hauteur du jour J	à ADJOHON
H2 (J - 9)	Hauteur du jour J - 9	à PONT de SAVE
H3 (J - 9)	Hauteur du jour J - 9	à KABOUA
H4 (J - 3)	Hauteur du jour J - 3	à ATCHERIGBE

- coefficient de corrélation multiple : 0,892

- écart type résiduel : 28,807

Ce résultat peut être utilisé pour une éventuelle reconstitution des hauteurs à ADJOHON.

En outre, il met en évidence les délais moyens de propagation des débits qui sont donc :

PONT de SAVE - ADJ OHON : 9 jours
KABOUA - ADJ OHON : 9 jours
ATCHERIGBE - ADJ OHON : 3 jours

VI - PREVISIONS à LONG TERME

Une prévision à long terme peut être intéressante pour l'estimation de l'intensité de la crue annuelle dans la basse vallée de l'OUEME.

Nous avons vu qu'il ne fallait pas espérer un délai de prévision de plus de 9 jours à partir de l'information recueillie sur les stations principales de l'OUEME supérieur.

Par contre, si nous examinons les limnigrammes d'ADJ OHON et les hyétogrammes correspondants sur les postes pluviométriques du haut bassin, nous constatons un décalage de l'ordre d'un mois entre les précipitations les plus fortes (mois le plus pluvieux) et le maximum annuel à ADJ OHON.

On pourrait donc envisager un modèle de prévision à l'échelle du mois entre les hauteurs à ADJ OHON (ou HETIN SOTA) et les précipitations des mois précédents sur une ou plusieurs stations du haut bassin.

VII - QUALITE de la PREVISION

Pour tester l'efficacité du modèle de prévision à courte échéance, nous l'avons utilisé pour l'année 1970 dont les données n'ont pas servi au calage.

Nous avons effectué le calcul de la hauteur journalière à HETIN SOTA avec un délai de prévision de 9 jours et nous avons confronté les résultats du calcul aux observations (Cf. Tableau III).

L'écart moyen entre la hauteur estimée et la hauteur observée est de 4 cm pour la période du 1er Août au 18 Octobre 1970 (montée de la crue annuelle).

Pour HETIN SOTA et pour un délai de prévision de 9 jours, nous avons vu que la fourchette de prévision pour un seuil de confiance de 80 % est de ± 20 cm, or sur les 80 valeurs du tableau III, on ne constate que cinq observations en dehors de la fourchette de prévision.

Ces résultats peuvent donc être considérés comme satisfaisants pour une première estimation, bien que nous pensons que le modèle utilisé nécessitant un lissage qui permettrait de tenir compte d'avantage du très fort effet d'amortissement des variations de hauteur sur les stations de la basse vallée.

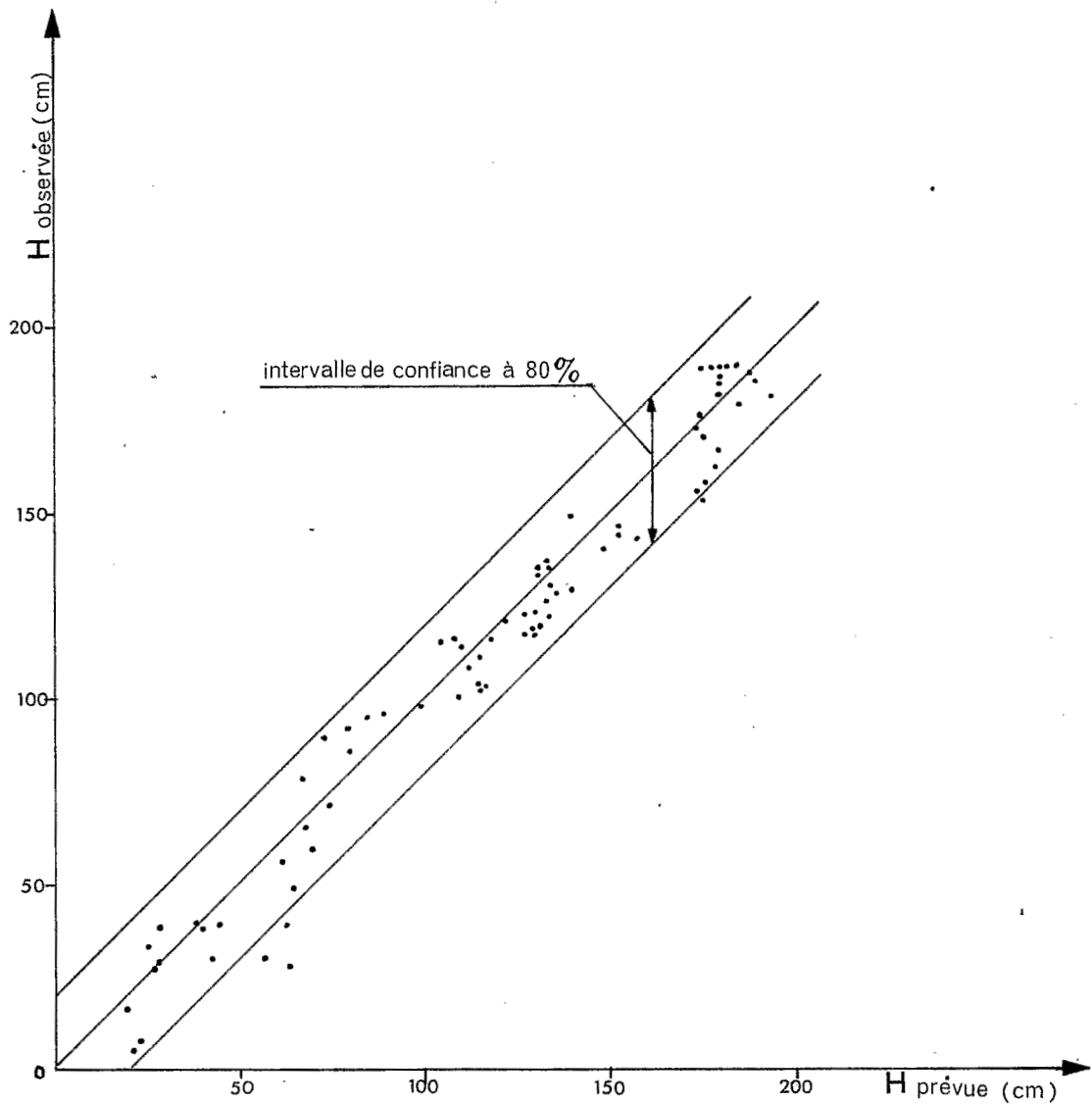
TABLEAU n° III

CRUE de 1970 - PREVISION des HAUTEURS à HETIN SOTA
avec un DELAI de 9 JOURS

Dates	H. estimée (cm)	H. observée (cm)	H obs - H est (cm)	Dates	H. estimée (cm)	H. observée (cm)	H obs - H est (cm)
1-8	24	7	-17	10-9	122	121	-1
2-8	22	4	-18	11-9	127	122	-5
3-8	20	16	-4	12-9	134	122	-12
4-8	27	27	0	13-9	130	123	-7
5-8	28	28	0	14-9	133	126	-7
6-8	26	33	7	15-8	136	128	-8
7-8	28	38	10	16-9	140	129	-11
8-8	38	39	1	17-9	134	130	-4
9-8	44	39	-5	18-9	131	133	3
10-8	40	38	-2	19-9	131	135	4
11-8	43	30	-13	20-9	135	135	0
12-8	57	30	-27	21-9	135	137	2
13-8	64	28	-36	22-9	149	140	-9
14-8	63	39	-24	23-9	158	143	-15
15-8	65	48	-17	24-9	153	144	-9
16-8	61	56	-5	25-9	143	146	3
17-8	70	59	-11	26-9	140	149	9
18-8	68	65	-3	27-9	175	153	-22
19-8	74	71	-3	28-9	175	155	-20
20-8	67	78	11	29-9	176	157	-19
21-8	80	85	5	30-9	181	159	-22
22-8	73	89	16	1-10	179	162	-17
23-8	79	92	13	2-10	180	166	-14
24-8	84	95	11	3-10	174	172	-2
25-8	89	96	7	4-10	175	175	0
26-8	99	98	-1	5-10	185	179	-6
27-8	109	100	-9	6-10	194	181	-13
28-8	116	102	-14	7-10	190	185	-5
29-8	117	103	-14	8-10	188	187	-1
30-8	115	104	-11	9-10	184	189	5
31-8	112	108	-4	10-10	180	189	9
1-9	115	111	-4	11-10	181	189	8
2-9	110	114	4	12-10	183	189	6
3-9	104	115	11	13-10	180	189	9
4-9	108	116	8	14-10	175	188	13
5-9	118	116	-2	15-10	178	189	11
6-9	127	117	-10	16-10	180	186	6
7-9	130	117	-13	17-10	180	185	5
8-9	130	118	-12	18-10	180	181	1
9-9	131	119	-12				

Prévision des hauteurs journalières à HETIN-SOTA

crue de 1970



Délai de prévision de 9 jours