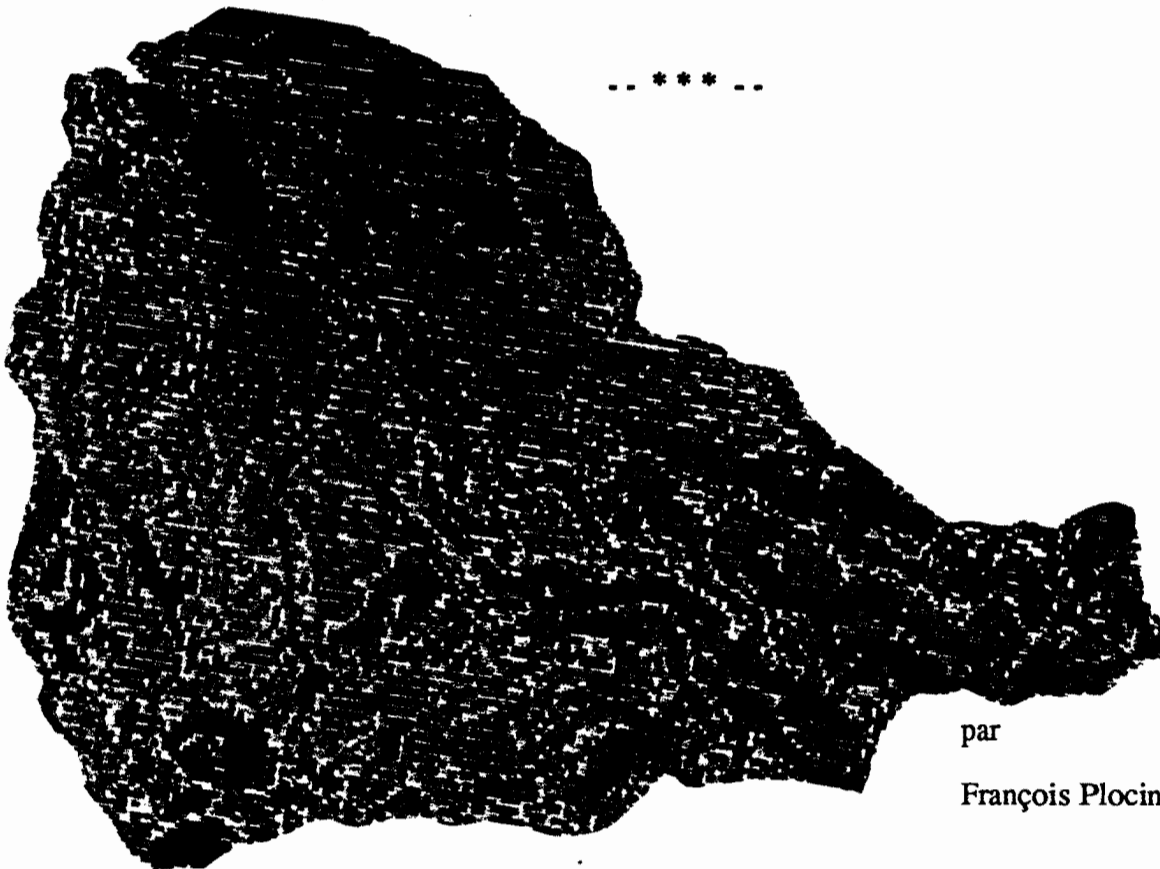


APPLICATION DE MODELES GLOBAUX

AU BASSIN VERSANT DU BRAS DAVID

-- *** --



par

François Plociniczak

2.1 - Présentation des modèles globaux

Les modèles globaux se présentent comme un ensemble d'équations à coefficients constants sur le bassin versant permettant de traduire une relation pluie-débit. On conceptualise souvent le fonctionnement de ces modèles par un ensemble de réservoirs, certains déterminent la quantité d'eau disponible pour l'écoulement, d'autres assurent le transfert vers l'exutoire. Cette distinction schématique n'est pas applicable à tous les modèles, certains (MODIBI) confondent plus ou moins ces deux fonctions.

Avant de présenter les différents modèles, on tentera de répertorier les multiples causes d'erreurs possibles intervenant dans la modélisation, ceci nous permettra de relativiser les jugements portés par la suite sur les différents modèles.

Les principales sources d'erreurs sont :

- les erreurs sur les données à tous les niveaux (estimation de la pluie moyenne, des débits, de l'évaporation, etc..),
- un mauvais calage des paramètres du modèle,
- un mauvais emploi du modèle (ex : modèle conçu pour un grand bassin versant utilisé sur un petit),
- de mauvais concepts de modélisation.

Il est donc très difficile de distinguer parmi toutes ces erreurs lesquelles sont imputables en propre au modèle. On jugera donc un modèle uniquement par son aptitude à reproduire une série de débits à partir de pluie sans préjuger de la validité des concepts utilisés.

Pour avoir plus d'informations sur les modèles utilisés se référer à Eric Servat - novembre 1986 - Présentation de trois modèles globaux conceptuels déterministes: CREC 5, MODGLO et MODIBI. Centre ORSTOM Montpellier.

2.2 - Modèle CREC 5

Le modèle CREC 5 est un modèle à 5 paramètres mis au point par le Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de l'USTL de Montpellier. Les applications de ce modèle ont été nombreuses : simulation de débits journaliers, simulation de niveaux piézométriques, etc...

Ce modèle est le plus simple des trois étudiés il se compose de trois réservoirs, l'un assurant la production et les deux autres le transfert.

Le schéma conceptuel de ce modèle est donné en annexe (Cf annexe A2).

2.3 - Modèle MODGLO

Le modèle MODGLO est un modèle global fonctionnant au pas de temps journalier conçu par G.Girard directeur de recherches à l'ORSTOM.

MODGLO est un modèle complexe à 21 paramètres, 13 contrôlent le transfert et 8 la production. L'intérêt principal de ce modèle est la prise en compte par l'intermédiaire de deux paramètres AA et BB de l'hétérogénéité spatiale de l'infiltration et de la pluie.

Une restriction importante est à apporter à cette spatialisation. Afin de simplifier le problème, on considère que la pluie minimale tombe sur un sol ayant une capacité d'infiltration minimale et vice-versa.

Les courbes débits observés- débits calculés, lames d'eau mensuelles observées et calculées, corrélations entre les lames d'eau mensuelles observées et calculées sont données en annexe (Cf. annexe A2).

3.2 - MODGLO

Nous avons réalisé le calage de MODGLO manuellement par essais successifs sur les données de l'année 1986 en comparant pour différents jeux de paramètres les valeurs des critères et les courbes débits observés / débits calculées.

Les niveaux des réservoirs au 1^{er} janvier 1987 sont pris égaux aux niveaux le 31 décembre 1986, afin d'assurer une bonne initialisation du modèle.

Les résultats sont les suivants:

LES PARAMETRES DU MODELE

PARAMETRES DE LA FONCTION DE PRODUCTION

Surface du bassin versant km² SURFBv : 33.2
Coefficient de passage pluie brute pluie au sol CPJ : 1.1
Hétérogénéité des pluies sur le bassin versant BB : 0.9
Paramètres de l'infiltration XIN : 21.12 AXIN : 0.597
Hétérogénéité AA : 0.2
Hauteur d'eau dans le réservoir sol au départ SH : 686
Capacité de rétention en eau du sol CRT : 722
Hétérogénéité DRCT : 685
Coefficient de pondération de l'évaporation mesurée CET : 0.9

PARAMETRES DE LA FONCTION DE TRANSFERT

Coefficients de répartition de EAUG dans les réservoirs :
CQ7: 0.15 CQ9: 0.52 CQ10: 0.33
Coefficients de débit des réservoirs d'étalement :
COEFFQ7: 0.244 COEFFQ8: 0.318 COEFFQ9: 0.028 COEFFQ10 : 0.925
Coefficient de reprise de l'évaporation de réservoir 9 et 10 :
ET9: 1000 ET10: 1000
Niveau d'eau dans les réservoirs d'étalement au départ:
SH7: 0 SH8: 0 SH9: 130 SH10: 0

Nous avons choisi un coefficient de passage pluie au sol / pluie brute (CPJ) supérieur à 1 ce qui peut paraître surprenant, mais nous y avons été contraint afin d'assurer une lame d'eau annuelle écoulée voisine de celle observée.

L'évaporation étant mesurée à Duclos, le paramètre de pondération choisi est égal à 0.9, ceci afin de tenir compte d'une diminution probable de l'évaporation avec l'altitude.

Le paramètre caractérisant l'hétérogénéité de l'infiltration (AA) est faible permettant de prendre en compte la relative homogénéité du bassin versant.

Le paramètre d'hétérogénéité de la pluie (BB) est assez fort, une valeur de 0.9 estime la variation pluviométrique à 20% sur le bassin versant.

Yobs = débit observé Ycalc = débit calculé

	a	b	r ²
1986	0.90	0.26	0.88
1987	0.53	1.36	0.70

On observe à nouveau une bonne valeur des critères en calage et une médiocre en validation.

La valeur du critère FREQ est médiocre et traduit une assez mauvaise restitution de la distribution des fréquences par le modèle.

Les graphiques représentant les fréquences observées et calculées sont présents en annexe (Cf. annexe A3).

Les courbes débits observés - débits calculés, lames d'eau mensuelles observées et calculées, corrélations entre les lames d'eau mensuelles observées et calculées sont données en annexe (Cf. annexe A3).

En résumé, si le modèle MODGLO se cale relativement bien sur les données, en revanche, les résultats sont décevants en validation. Le grand nombre de paramètres de ce modèle explique ce comportement. Le modèle possède un nombre de degrés de libertés important et parvient ainsi facilement à s'ajuster à une série de valeurs, en revanche sa trop grande sophistication, nuit à sa robustesse.

3.3 - MOBIDI

Nous avons réalisé le calage de MODIBI manuellement par essais successifs sur les données de l'année 1986 en comparant pour différents jeux de paramètres, les valeurs des critères et les courbes débits observés / débits calculés.

Le niveau des réservoirs au 1^{er} janvier 1987 est pris égal au niveau le 31 décembre 1986 afin d'assurer une bonne initialisation du modèle.

Les résultats sont les suivants:

LES PARAMETRES DU MODELE

PARAMETRES DE PRODUCTION

Surface du bassin versant km ²	SURFBV :	33.2
Déficit initial du réservoir nappe	HNAPO :	20
Dimension du réservoir horizon végétal	DEFDEB :	2
Dimension du réservoir de ressuyage	DEFECO :	198
Dimension du réservoir de partition	HNO1 :	80
Dimension du réservoir de nappe	HNO :	200
Coefficient de passage pluie observée - pluie réelle	A :	1.2
Coefficient de transformation de l'évaporation	COEFF :	0.9
Quantité maximum journalière d'infiltration	FN :	5
Coefficient d'hétérogénéité du couvert végétal	X :	0.9
Coefficient de fuite vers les aquifères profonds	P1 :	0.2

PARAMETRES DE TRANSFERT

Coefficient d'écoulement rapide	Q :	0.4
Coefficient de débit du réservoir de partition	XT :	0.7
Part de l'eau infiltrée vers le réservoir nappe	P2 :	0.85
Coefficient de tarissement (j-1) du réservoir nappe	AL :	0.08
Coefficient de ressuyage lent (h-1)	R2 :	0.008

Nous avons choisi un coefficient de passage de la pluie observée à la pluie réelle (A) supérieur à 1, afin d'assurer une lame d'eau annuelle calculée voisine de celle observée. En effet, la méthode de calcul de la lame d'eau moyenne semble donc sous-estimer la quantité d'eau réellement précipitée sur le bassin versant.

L'évaporation étant mesurée à Duclos, le paramètre de pondération choisi est égal à 0.9, afin de tenir compte d'une diminution probable de l'évaporation avec l'altitude.

LES CRITERES DE CALAGE

	ANNEE DE CALAGE (1986)	ANNEE DE VALIDATION (1987)
ECLAM	12.7	76.1
MOYRES	-0.013	-0.08
ECARRES	1.97	3.795
MAXABS	19.28	34.124
MOYABSRES	0.89	1.358
MOYABSRE	0.244	0.413
MOYCARES	3.89	14.41
NASH	0.896	0.640
FREQ	7.55	16.29

Les critères semblent traduire une bonne adéquation entre les valeurs observées et calculées ; l'évaluation de la lame d'eau annuelle écoulée par exemple est tout à fait correcte. Toutefois, on pourra remarquer l'incapacité du modèle à reproduire correctement les étiages (Cf. courbes débits observés débits calculés en annexe A4) ainsi que la distribution des fréquences.

Afin de comparer les valeurs observées et calculées nous calculons la droite de régression passant par ces points.

La relation est du type $Y_{obs} = Y_{calc} \times a + b$

Les coefficients a, r^2 doivent vers 1 et b vers 0 si l'ajustement est bon. Les coefficients a, b, r^2 ne sont pas significatifs individuellement d'un bon ajustement du modèle, mais pris ensemble, ils rendent bien compte de la qualité globale du modèle.

Les résultats sont les suivants :

Y_{obs} = lame d'eau mensuelle observée Y_{calc} = lame d'eau mensuelle calculée

MODIBI : 15
 CREC5 : 16
 MODGLO : 23

D'après ces critères les modèles MODIBI et CREC5 sont équivalents alors que le modèle MODGLO semble moins bien convenir. Si on tient compte de la complexité du modèle (nombre de paramètres), CREC5 apparaît alors comme celui offrant le meilleur rapport qualité / complexité.

La principale difficulté rencontrée par les modèles est la simulation des débits d'étiage. Ceux-ci restent importants, alors que la pluie moyenne calculée est nulle ou quasi nulle. Plusieurs explications sont plausibles :

- la pluie moyenne utilisée ne tient pas suffisamment compte des pluies quasi permanentes des sommets entraînant des débits d'étiage soutenus,
- les mesures des débits d'étiages ne sont pas très précises, en raison de la faible sensibilité de la section (grande largeur et faible profondeur).

Les qualités des différents modèles peuvent se juger par leur capacité à reproduire un événement exceptionnel. Ainsi, le 12 novembre 1987 après une période de sécheresse marquée, une pluie moyenne de 100 mm ne provoque pas une augmentation significative du débit journalier ($3.5 \text{ m}^3/\text{s}$). Alors que les modèles MODGLO et MODIBI prévoient des débits atteignant respectivement $42 \text{ m}^3/\text{s}$ et $20 \text{ m}^3/\text{s}$, le modèle CREC5 en revanche réagit correctement et prévoit un débit de $3.15 \text{ m}^3/\text{s}$. Ici encore, nous constatons la robustesse de ce modèle qui semble bien s'adapter au milieu.

4 - CONCLUSION

Cette étude permet de tirer certains enseignements qui ne présentent cependant guère d'originalité.

Les modèles globaux ne traduisent pas la réalité, mais traduisent qu'une représentation simplifiée de celle-ci. Il est donc bon d'avoir recours à des idées simples ayant une certaine robustesse. La sophistication dans ce domaine n'apporte rien d'intéressant si ce n'est l'obtention d'un meilleur calage numérique par une augmentation du nombre des paramètres. Mais, si on désire chercher les relations possibles entre des paramètres physiques du bassin versant et les paramètres du modèle, il est préférable que celui-ci possède un nombre réduit de degrés de liberté.

Les modèles globaux semblent bien adaptés pour reproduire des séries de débits sur des bassins versants étudiés de longue date. En revanche, ils s'avèrent tout à fait inadaptés sur les bassins versants non jaugés, les paramètres du modèle ne pouvant pas être validés. On pourra, peut être, déterminer des zones homogènes dans lesquelles les paramètres du modèle suivent certaines lois mais ces relations seront difficilement transposables sans risque d'erreur important. Un progrès important pouvant être fait par les modèles globaux, serait de lier l'approche déterministe de ces modèles à une approche stochastique permettant de donner non plus une valeur mais un intervalle de confiance lié à la détermination de cette valeur.

Il est difficile de juger de l'adéquation globale d'un modèle celui-ci parvient rarement à reproduire le comportement complet d'un bassin versant. Afin de modéliser correctement le fonctionnement d'un bassin versant il faut se donner des objectifs (modélisation des crues, des étiages, des lames d'eau mensuelles, etc...) ensuite fixer des critères de calages satisfaisant au mieux ces objectifs puis comparer les performances des différents modèles.

En résumé, on ne pourra pas demander aux modèles globaux autre chose que de reproduire une série de débits à l'exutoire d'un bassin versant sans réellement comprendre comment celui-ci fonctionne, et on préférera dans ce cas les modèles simples plus robustes. Une telle approche semble satisfaisante sur le Bras David où le modèle CREC donne globalement de bons résultats.

5 - ANNEXES

ANNEXE A1

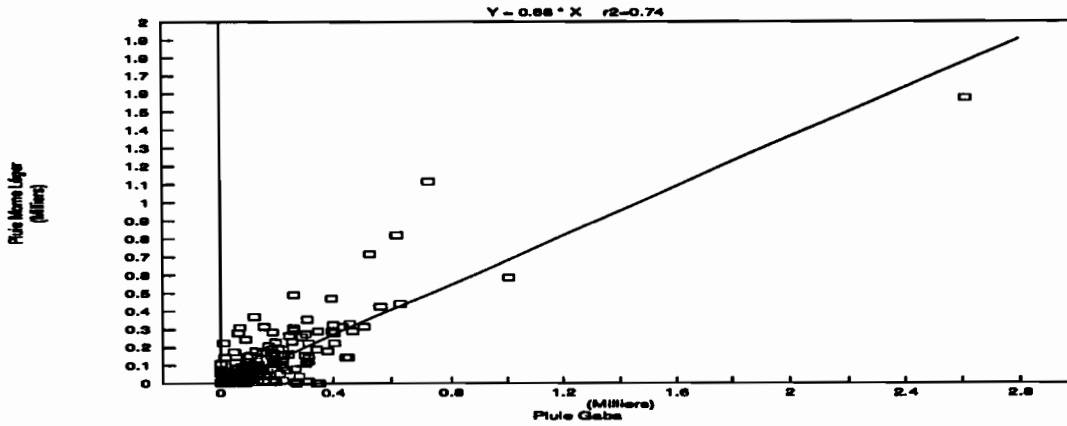
1/ Corrélations entre postes pluviométriques.

2/ Hyétogrammes annuels 1986, 1987.

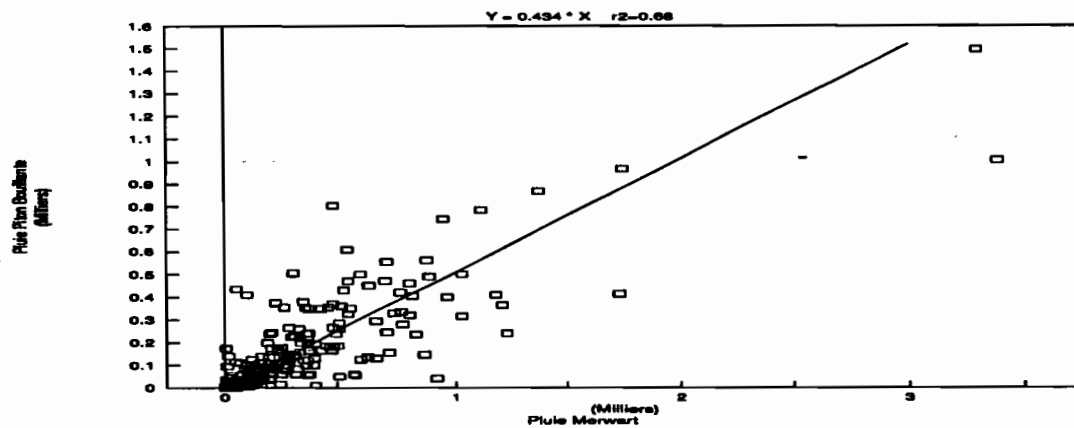
3/ Evaporations mensuelles 1986, 1987.

1/ CORRELATIONS PLUVIOMETRIQUES INTERPOSTES

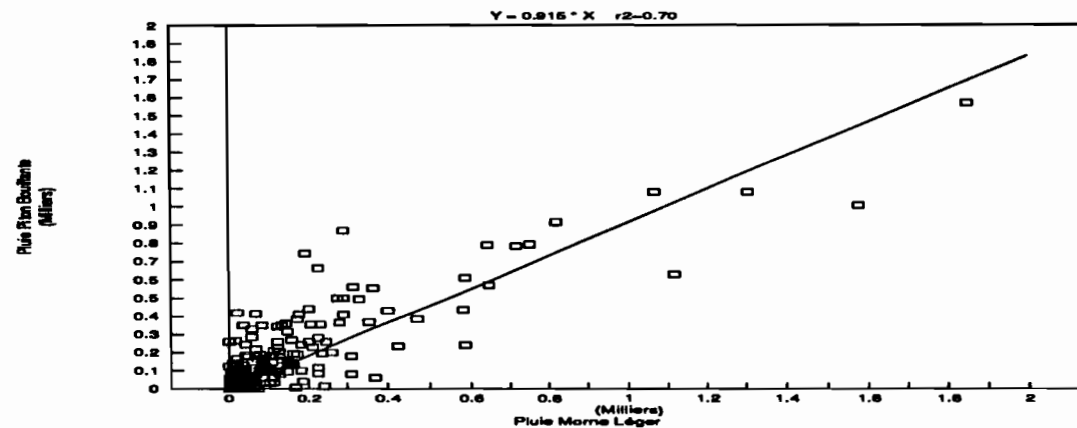
corrélation Gaba / Morne léger



corrélation Merwart / Plt. Bou.

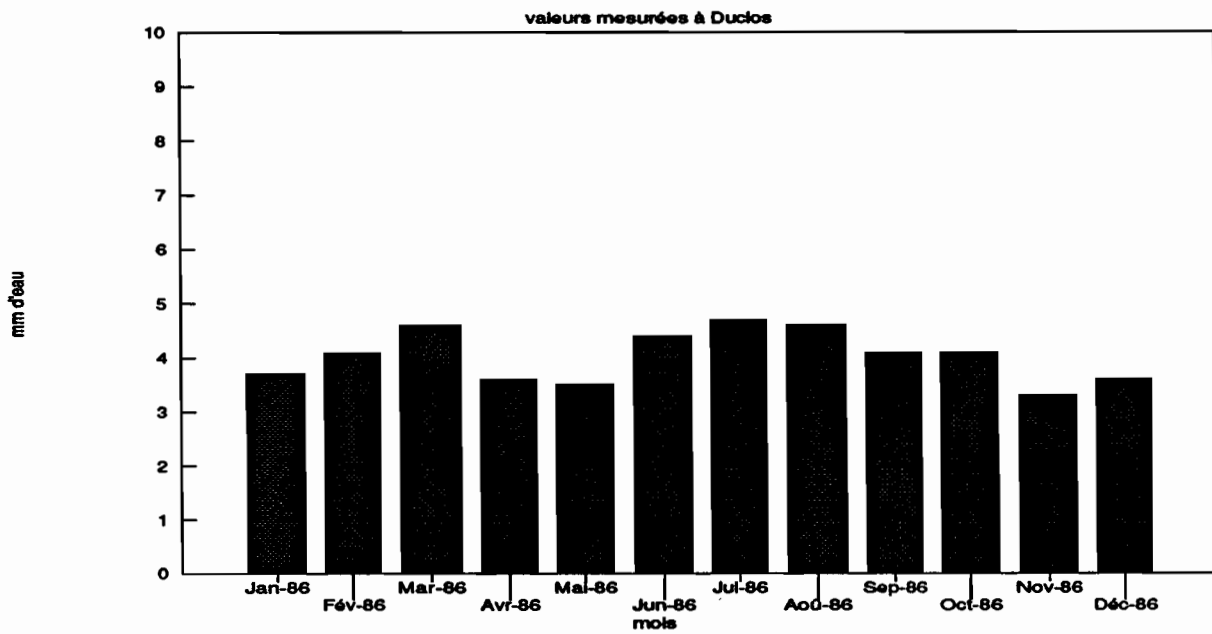


corrélation Morne Léger / Plt. Bou.

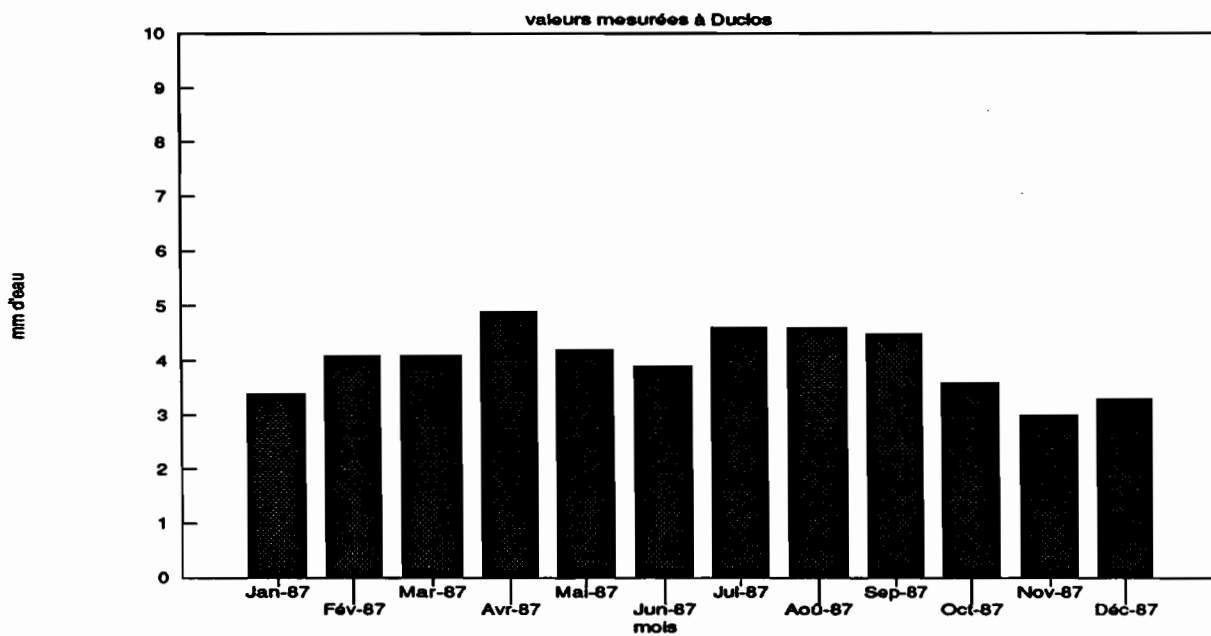


3/ EVAPORATIONS 1986-1987

EVAPORATION 1986



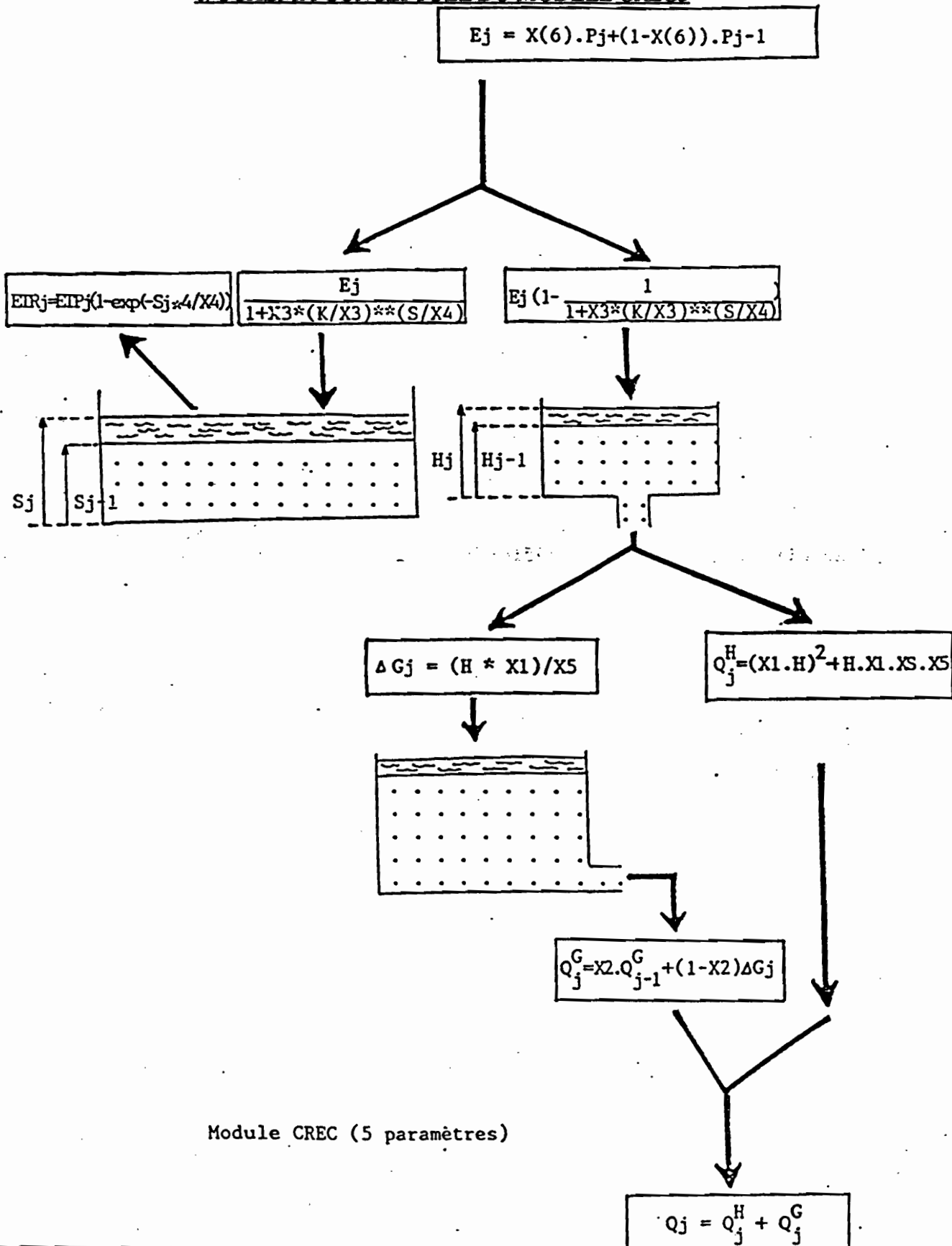
EVAPORATION 1987



ANNEXE A2

- 1/ Schéma conceptuel du modèle CREC5.
- 2/ Corrélations entre lames d'eau mensuelles observées et calculées.
- 3/ Courbes des débits observés et calculés 1986.
- 4/ Courbes des débits observés et calculés 1987.
- 5/ Courbes des fréquences observées et calculées 1986, 1987.

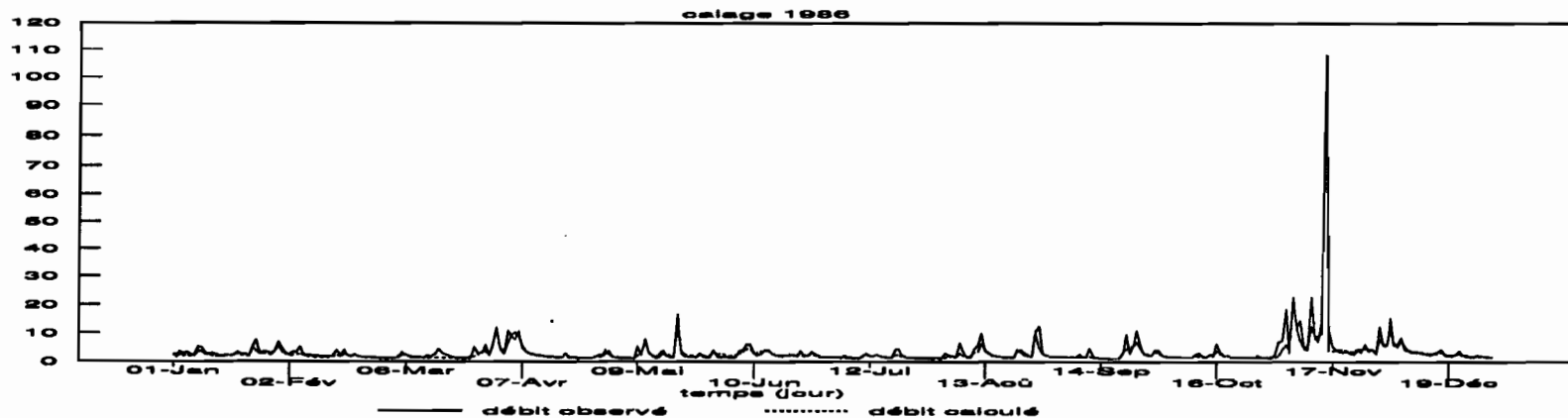
1/ SCHEMA CONCEPTUEL DU MODELE CREC5



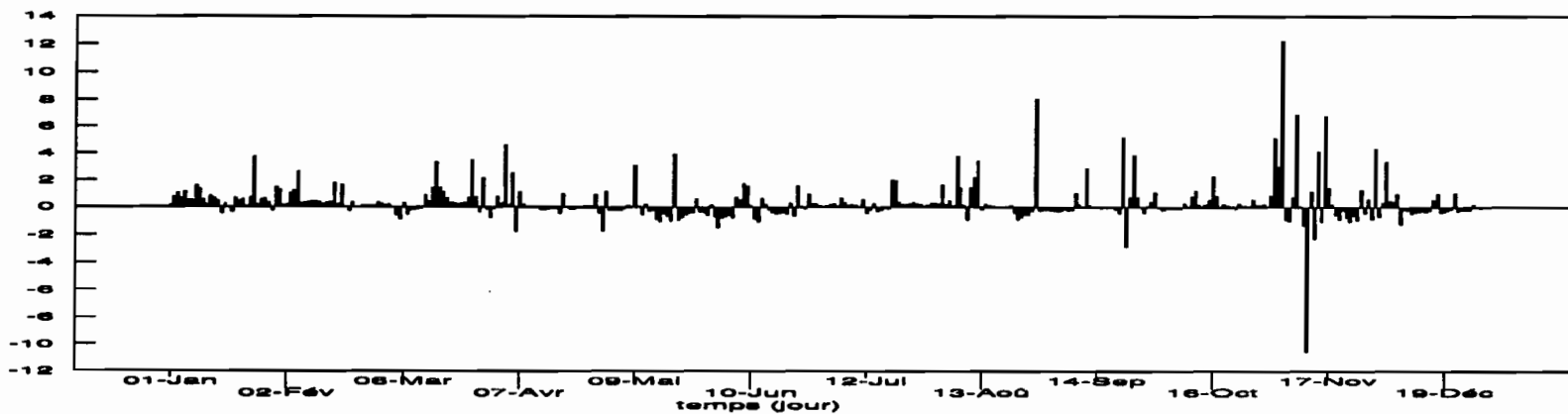
Module CREC (5 paramètres)

3/ COURBES DEBITS OBSERVES - DEBITS CALCULES 1986

débit observé et débit calculé

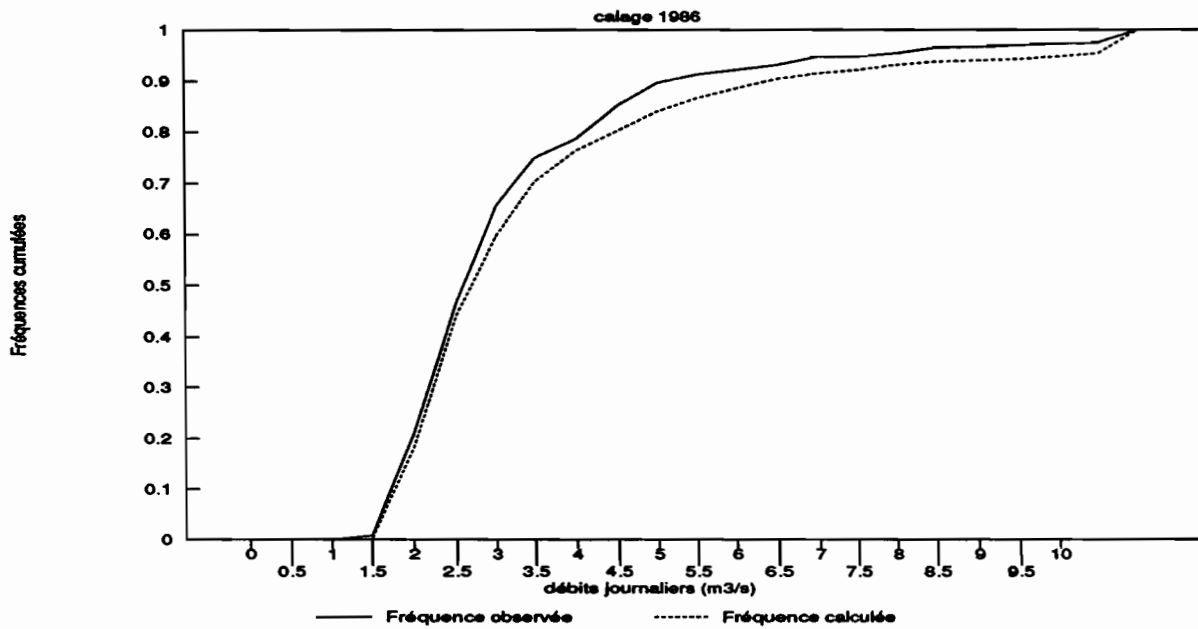


erreurs (obs.- cal.) (cal.1986)

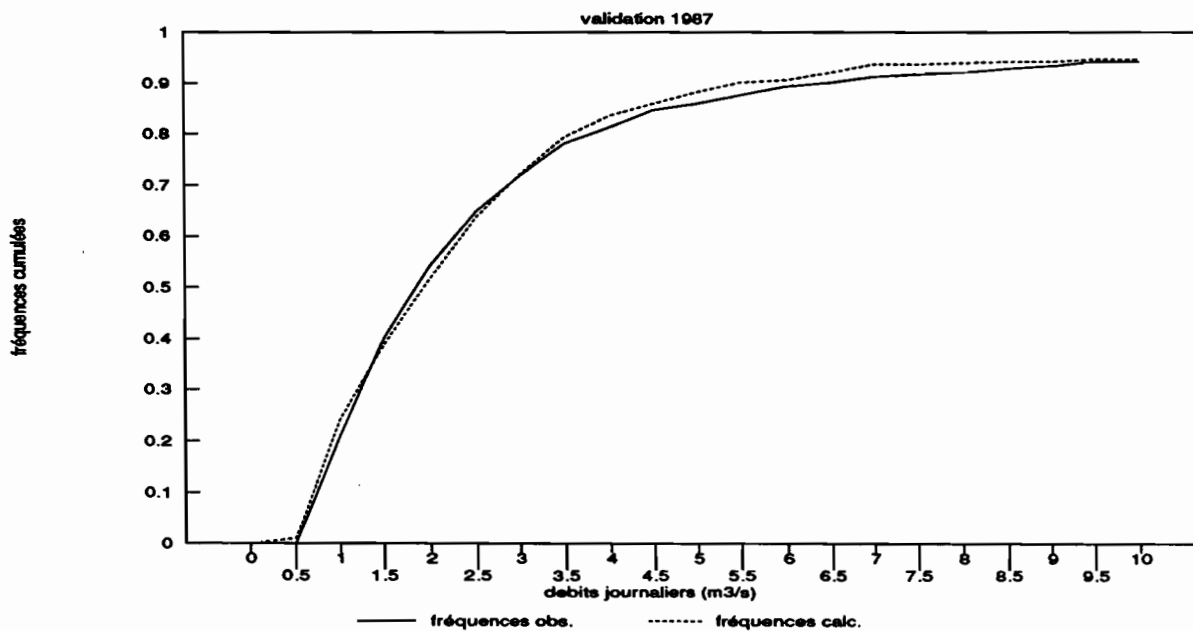


5/ COURBES DES FREQUENCES OBSERVEES ET CALCULEES 1986.1987

Fréquence obs. et fréquence cal.



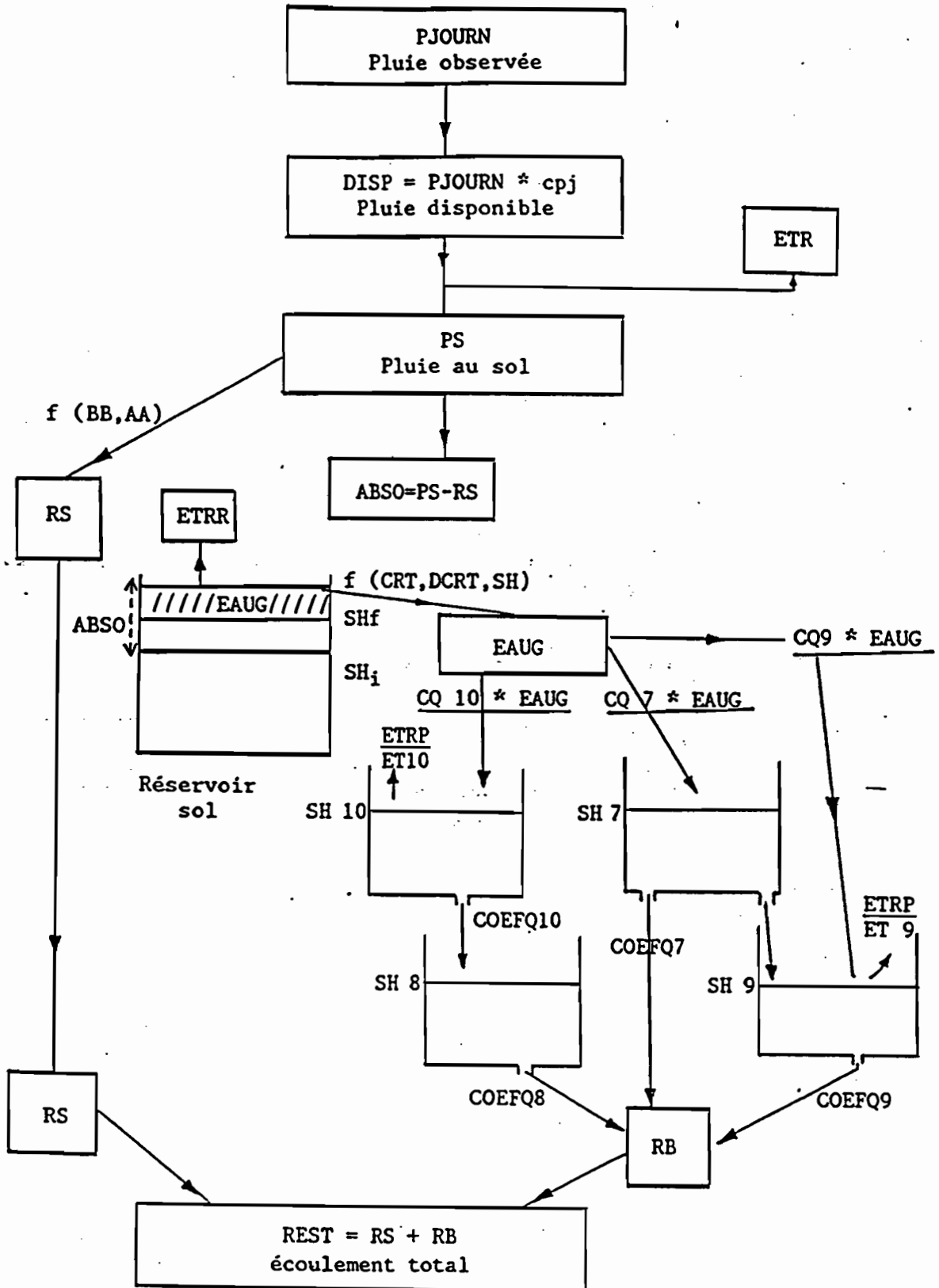
Frequencies obs. et frequences cal.



ANNEXE A3

- 1/ Schéma conceptuel du modèle MODGLO.
- 2/ Corrélations entre lames d'eau mensuelles observées et calculées.
- 3/ Courbes des débits observés et calculés 1986.
- 4/ Courbes des débits observés et calculés 1987.
- 5/ Courbes des fréquences observées et calculées 1986, 1987.

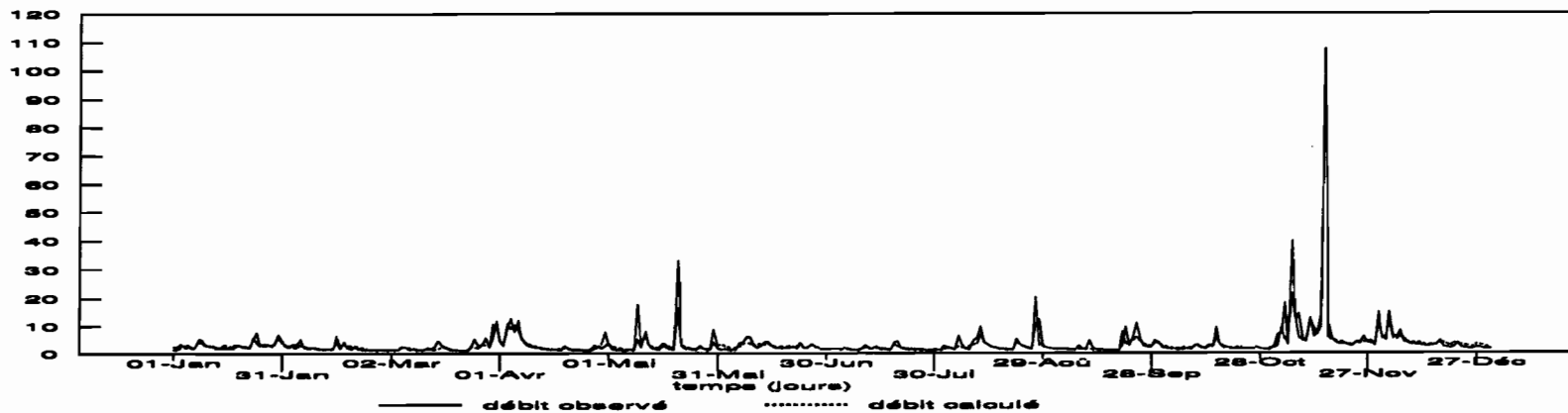
1/ SCHEMA CONCEPTUEL DU MODELE MODGLO



3/ COURBE DEBITS OBSERVES - DEBITS CALCULES 1986

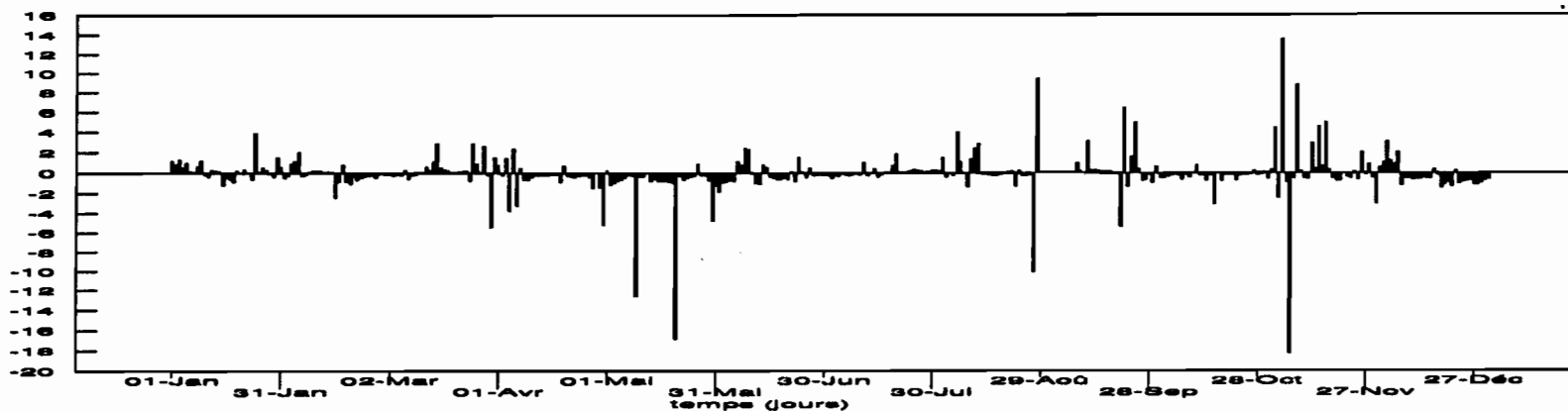
DEBIT OBS. / DEBIT CALC. (CAL. 1986)

debit (m³/s)



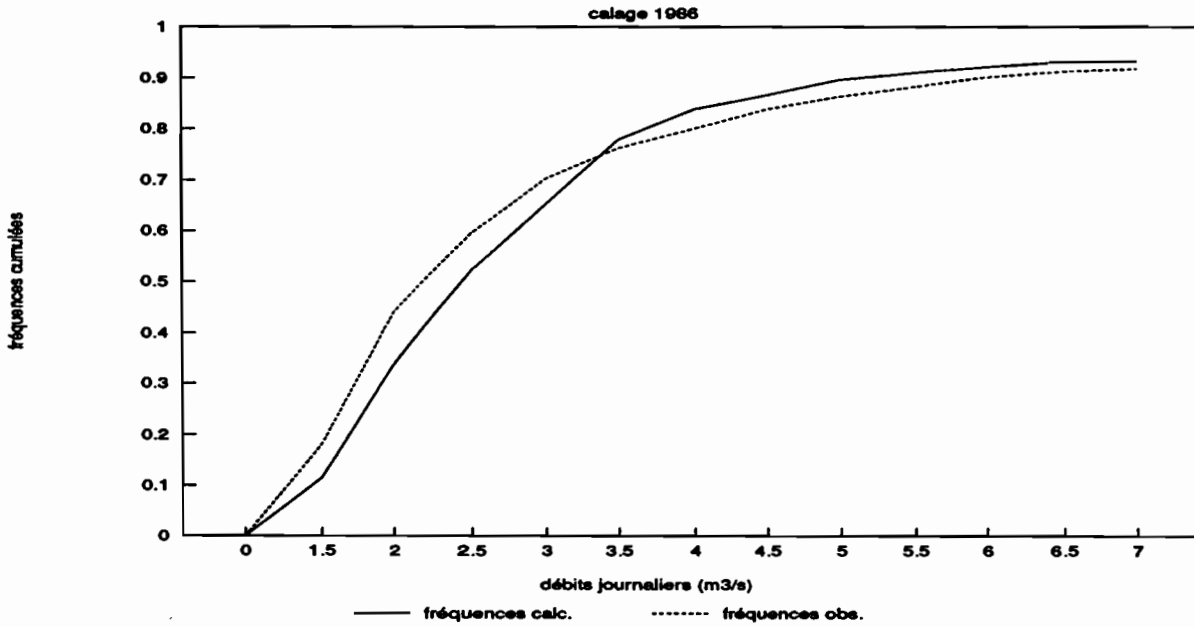
ERREURS (OBS-CALC) (CAL. 1986)

erreurs (m³/s)

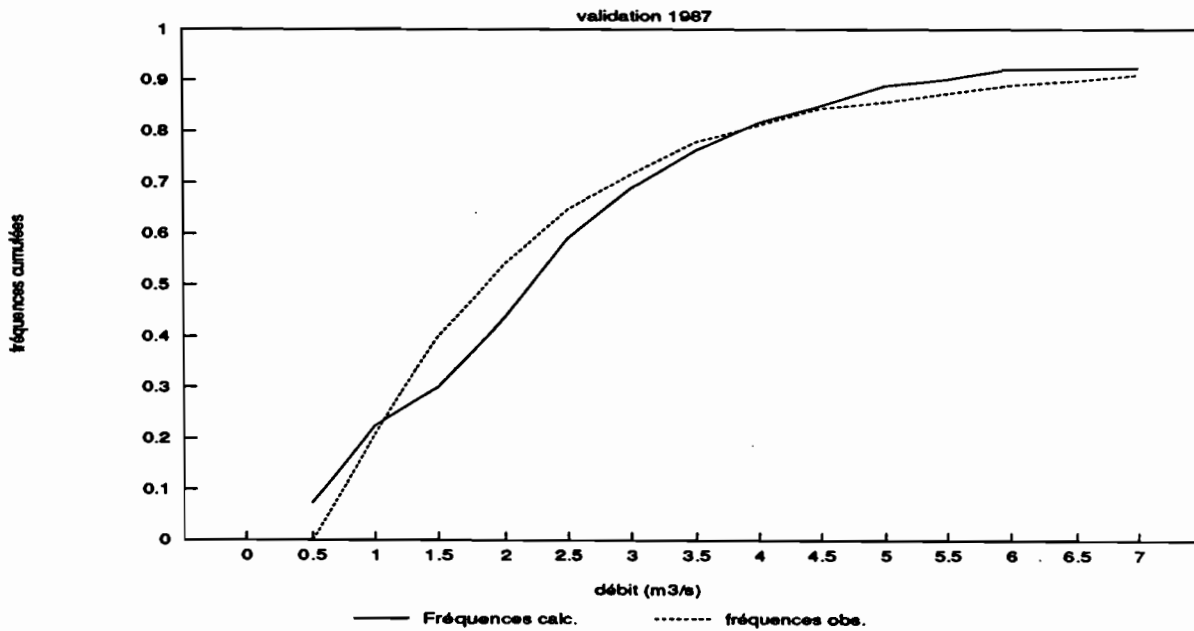


5/ COURBES DES FREQUENCES OBSERVEES ET CALCULEES 1986.1987

FREQUENCES OBSERVEES ET CALCULEES



FREQUENCES OBSERVEES ET CALCULEES

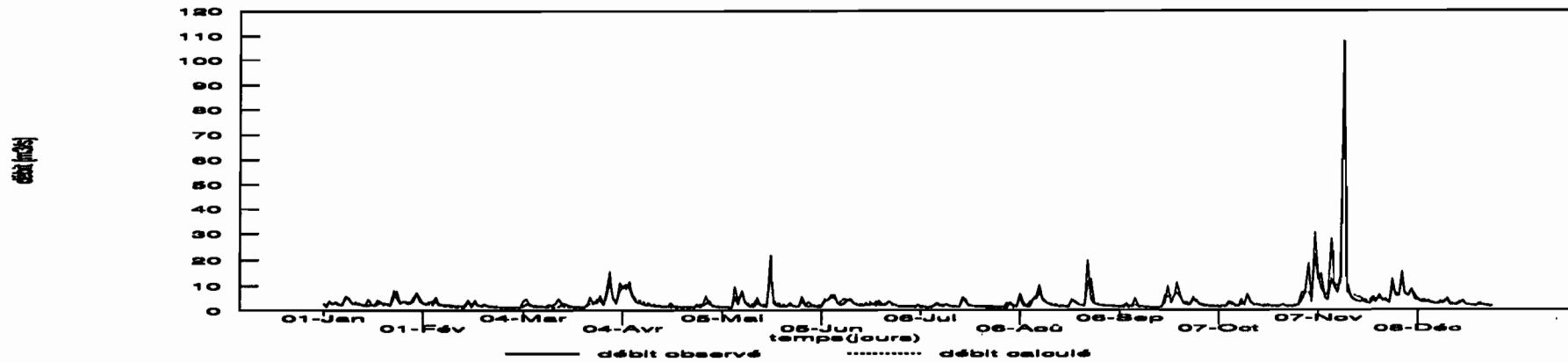


ANNEXE A4

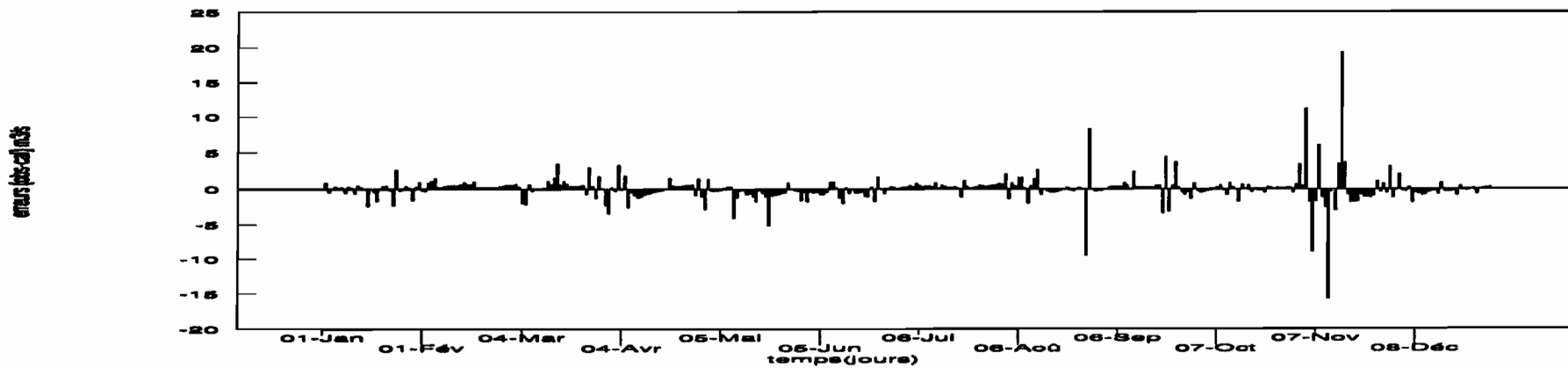
- 1/ Schéma conceptuel du modèle MODIBI.
- 2/ Corrélations entre lames d'eau mensuelles observées et calculées.
- 3/ Courbes des débits observés et calculés 1986.
- 4/ Courbes des débits observés et calculés 1987.
- 5/ Courbes des fréquences observées et calculées 1986, 1987.

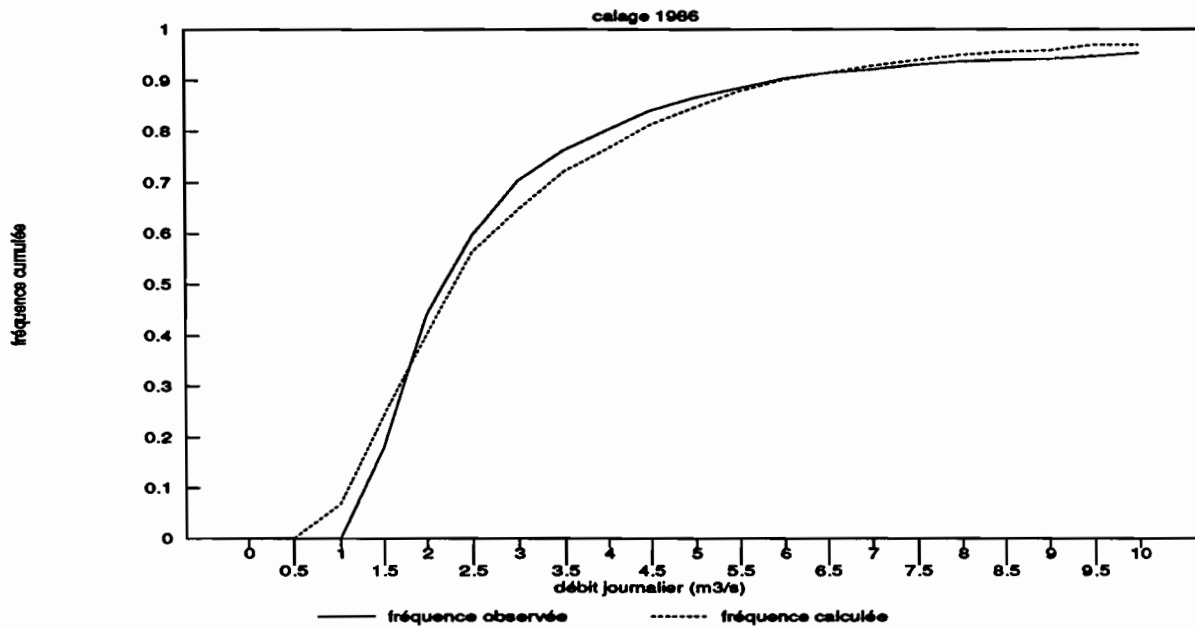
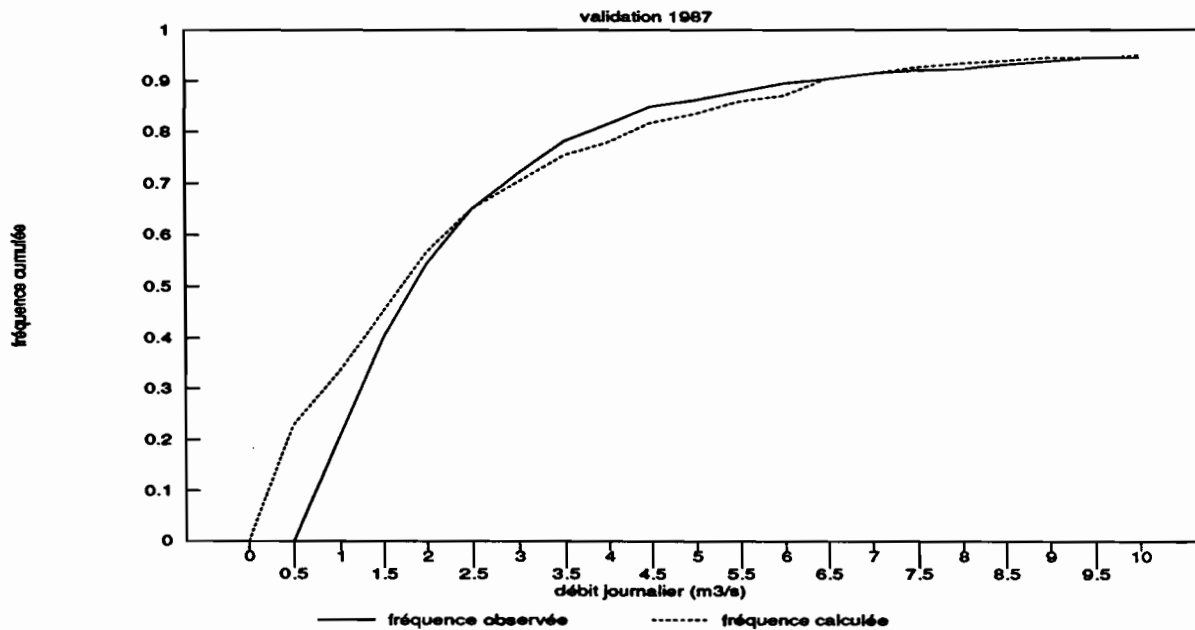
3/ COURBE DEBITS OBSERVES - DEBITS CALCULES 1986

DEBIT OBS. / DEBIT CALC. (CAL. 1986)



ERREURS (OBS. - CALC.) (CAL. 1986)



5/ COURBES DES FREQUENCES OBSERVEES ET CALCULEES 1986.1987**Fréquences obs. et fréquences cal.****Fréquences obs. et fréquences cal.**

ANNEXE A5

1/ Comparaison des résultats des trois modèles.

1/ COMPARAISON DES RESULTATS DES TROIS MODELES

comparaison des différents modèles

année de validation 1987

