

## RELATION ENTRE LES PARAMÈTRES D'UN MODÈLE GLOBAL PLUIE-DÉBIT ET LES CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES D'UN BASSIN VERSANT BRETON

Z. MAKHLOUF<sup>1</sup>, C. MICHEL<sup>1</sup>

---

### RÉSUMÉ

Cette étude présente quelques réflexions sur l'explication des paramètres d'un modèle conceptuel à l'aide d'un certain nombre de caractéristiques physiques des bassins versants correspondants.

La recherche a été entreprise avec le modèle GR4 sur 17 bassins de la région Bretagne qui avaient fait l'objet d'une investigation similaire pour deux modèles conceptuels (MAZENC., 1981).

Les résultats montrent que le faible nombre de paramètres n'est pas un handicap pour une bonne reconstitution des débits observés et que le nombre de paramètres que l'on peut préciser en fonction de caractéristiques physiques classiques est très faible (au nombre de 2 pour les 3 modèles conceptuels utilisés dans cette étude).

---

<sup>1</sup>Cémagref, division hydrologie, BP 121, 92185 Antony Cedex

## INTRODUCTION

« L'explication » des paramètres d'un modèle conceptuel pluie-débit est un objectif très recherché pour permettre l'utilisation de ce modèle sur un bassin non jaugé et par suite, la résolution d'un grand nombre de problèmes hydrologiques. On s'intéresse à la résolution de ce problème dans le cas du modèle GR4 (EDIJATNO., 1991 ; NASCIMENTO., 1991) qui est un modèle à 4 paramètres fonctionnant au pas de temps journalier.

Un modèle très simple, comme GR4, a pu être construit presque entièrement à partir du seul objectif de bonne reproduction des débits réellement observés : les fonctions et les paramètres correspondants n'ont été introduits que pour obtenir une meilleure adéquation entre les sorties du modèle et les débits réels et non pour satisfaire un certain nombre de préconceptions sur le cycle hydrologique dans un bassin versant. Ce mode de construction assez particulier et la parcimonie du modèle qui en a résulté laissent espérer une plus grande facilité d'explication des paramètres (CÉMAGREF., 1991).

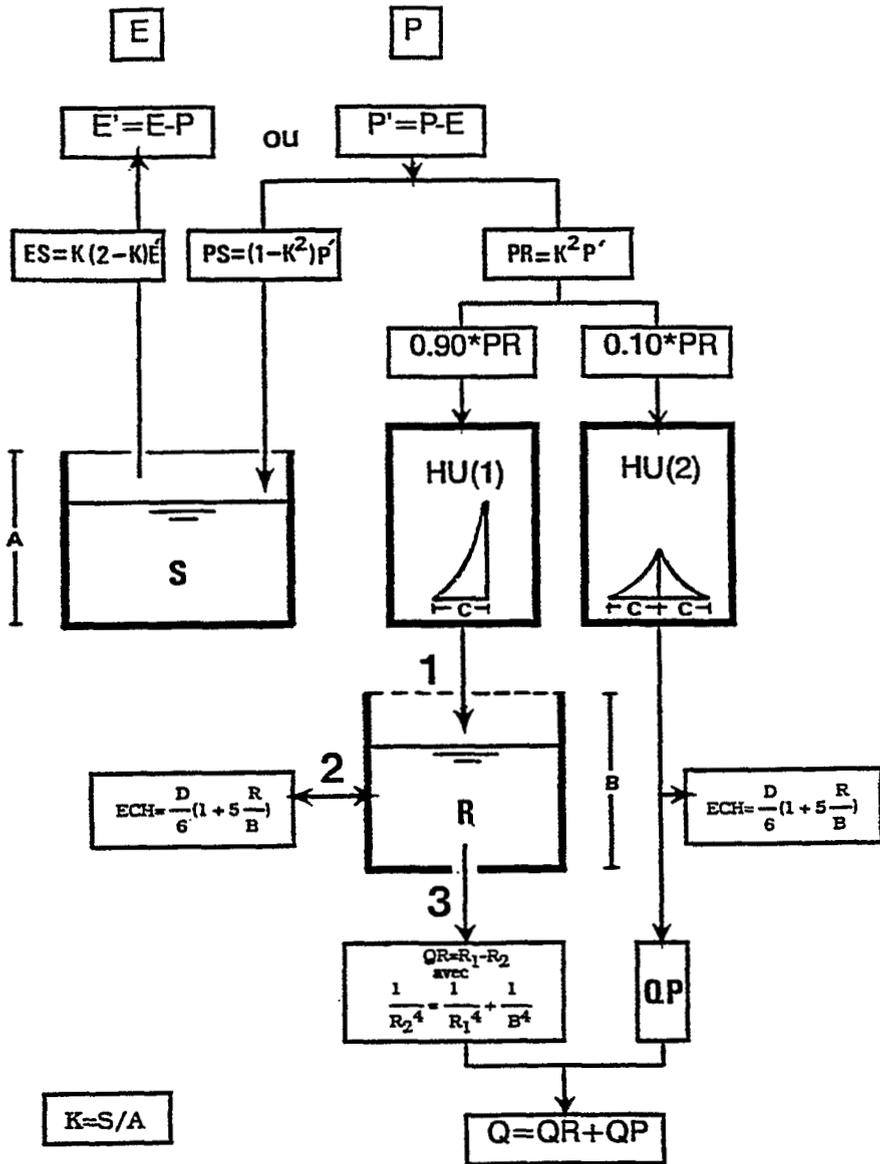
Cependant, ce problème d'explication des paramètres est trop complexe pour être abordé de front ; plusieurs études convergentes doivent être menées conjointement pour faire avancer la solution. Le présent article concerne une de ces études, à savoir un essai de mise en relation des paramètres du modèle avec certaines caractéristiques physiques pour dix sept bassins versants de la région Bretagne qui avaient fait l'objet d'une étude similaire, par le BRGM, en 1981.

## MODÈLE UTILISÉ

Le modèle utilisé (GR4) est un modèle conceptuel global qui permet de simuler le débit à l'exutoire d'un bassin versant à partir des données de pluie et d'évaporation moyenne. GR4, qui est une version modifiée de GR3 (NASCIMENTO N., ; MICHEL C., 1992), fonctionne au pas de temps journalier (ou même horaire) et n'utilise que des valeurs décennales moyennes interannuelles pour l'évapotranspiration potentielle, ce qui le rend facilement utilisable en réduisant les seules données datées aux données de pluie.

Le modèle GR4 fait intervenir un nombre maximal de 4 paramètres à caler. Le modèle GR3 (EDIJATNO., MICHEL C., 1991) correspond au cas particulier du modèle GR4 où le quatrième paramètre est nul.

L'architecture du modèle présenté (figure 1) est simple ; on distingue :



1,2 et 3: Ordre des opérations

Figure 1  
Schéma du modèle GR4 (NASCIMENTO N., MICHEL C., 1991)

**INTERACTION PLUIE-ÉVAPORATION**

En premier lieu, intervient une neutralisation pluie-évaporation. Si  $P$  est la pluie et  $E$  l'évapotranspiration moyenne du jour considéré, on prend en compte pour la suite, une pluie  $P' = P - E$  si  $P \geq E$  et une évapotranspiration  $E' = E - P$  si  $E > P$ .

**PREMIÈRE PARTIE DE LA FONCTION DE PRODUCTION**

La première partie de la fonction de production s'organise autour d'un réservoir appelé réservoir-sol. Il est caractérisé par sa capacité  $A$ . Il est alimenté par les pluies  $P'$  et sa seule sortie est l'évapotranspiration. Le niveau  $S$  du réservoir sol permet de définir la pluie nette comme expliqué ci-après.

Si à l'entrée du modèle une quantité de pluie élémentaire  $dP'$  arrive, la pluie nette correspondante sera :

$$[ (S/A)^2 ] dP' \quad (1)$$

et la quantité

$$[ 1 - (S/A)^2 ] dP' \quad (2)$$

entre dans le réservoir-sol.

Comme l'évaporation ( $E'$ ) de ce même jour est nulle, la pluie  $dP'$  est seule responsable de l'augmentation de  $S$  :

$$dS = [ 1 - (S/A)^2 ] dP' \quad (3).$$

La relation (3) peut être intégrée sur le pas de temps sans complication notable. Cela permet de tenir compte de la pluie  $dP'$  dans l'évolution de  $S$  au cours d'un même jour. Soit  $S_1$  la valeur de  $S$  en début du pas de temps considéré et soit  $S_2$  la valeur de  $S$  en fin du même pas de temps. Le calcul d'intégration montre que l'on obtient :

$$S_2 = \frac{S_1 + A \tanh(P'/A)}{1 + (S_1/A) \tanh(P'/A)} \quad (4)$$

où

$$\tanh(x) = (e^{2x} - 1) / (e^{2x} + 1) \quad (5).$$

Si, un jour donné, il se produit une évaporation élémentaire  $dE'$ , elle donnera lieu à une évaporation réelle égale à :

$$S/A ( 2 - S/A ) dE' \quad (5)$$

et comme au même moment  $dP' = 0$ , cette évaporation réelle est égale en valeur absolue à la réduction du niveau du réservoir sol :  $dS$ , d'où :

$$dS = - ( S/A [ 2 - S/A ] ) dE' \quad (6)$$

ce qui donne après intégration :

$$S_2 = S_1 \frac{1 - \tanh(E'/A)}{1 + [1 - (S/A)] \tanh(E'/A)} \quad (7)$$

### PREMIÈRE PARTIE DE LA FONCTION DE TRANSFERT

Le transfert de la pluie nette est, dans une première étape, assuré par deux hydrogrammes unitaires dépendant d'un seul et même paramètre C exprimé en jours.

La pluie nette est fractionnée en deux parties :

- une première partie de 90 % sera traitée par le premier hydrogramme unitaire (HU1) et sera ensuite introduite dans un réservoir de routage ;
- la deuxième partie (10 %) sera traitée par le deuxième hydrogramme unitaire (HU2) et contribuera directement au débit à l'exutoire.

Soit  $q(t)$  la fonction déterminant le premier hydrogramme unitaire, HU1 : (EDIJATNO., 1991) a montré qu'une expression satisfaisante est :

$$q(t) = 3t^2 / C^3 \quad \text{pour } t \leq C \quad (8)$$

$$q(t) = 0 \quad \text{pour } t > C \quad (9)$$

Le deuxième hydrogramme unitaire HU2, s'obtient en complétant le premier par symétrie par rapport à la droite  $t = C$  et en divisant par deux les ordonnées de façon à conserver un volume unité. Les lames d'eau dispatchées par ce deuxième hydrogramme unitaire donnent lieu, après sommation, aux flux QP de la figure N°1. En revanche les lames d'eau dispatchées par le premier hydrogramme unitaire (HU1) sont introduites dans un réservoir appelé « eau-gravitaire » dont nous décrivons le fonctionnement au paragraphe suivant.

### DEUXIÈME PARTIE DE LA FONCTION DE TRANSFERT :

#### LE RÉSERVOIR EAU-GRAVITAIRE

Ce réservoir reçoit de la pluie nette apportée par l'hydrogramme unitaire HU1. L'apport est instantané en début de pas de temps, puis le réservoir se vidange graduellement. Le niveau R du réservoir détermine le débit QR(t) qu'il peut relâcher, selon la relation :

$$QR(t) = \beta [R(t)]^\alpha \quad \text{avec } \alpha \geq 1 \quad (10)$$

Selon (EDIJATNO., 1991) la meilleure valeur de  $\alpha$  est voisine de 5.

Comme ce débit de vidange (débit QR) est la cause unique de la baisse de niveau du réservoir, R, on peut écrire en respectant le principe de la continuité :

$$QR(t) = - dR / dt \quad (11)$$

En utilisant l'expression (10) et en intégrant l'équation obtenue sur un pas de temps de durée  $\Delta t$ , on a :

$$\frac{1}{R_2^4} - \frac{1}{R_1^4} = 4\beta\Delta t \quad (12)$$

où  $R_2$  est le niveau du réservoir en fin de pas de temps et  $R_1$  le niveau en début de pas de temps.

En posant :  $4\beta\Delta t = \frac{1}{B^4}$ , il s'ensuit :

$$\frac{1}{R_2^4} = \frac{1}{R_1^4} + \frac{1}{B^4} \quad (13)$$

La valeur de  $R_2$  est au maximum égale à  $\beta$  quand  $R_1$  est infini. Ainsi  $\beta$  peut être appelée « capacité maximale à un jour » du réservoir eau-gravitaire.

La lame d'eau libérée par le réservoir « eau-gravitaire » pendant ce pas de temps est donc égale à QR avec :

$$QR = R_1 - R_2 \quad (14)$$

Il reste à présenter une quatrième fonction liée aux échanges extérieurs non atmosphériques (échanges souterrains).

### ÉCHANGES SOUTERRAINS

Un dernier paramètre D est utilisé dans la modélisation des échanges souterrains susceptibles de se produire notamment dans le cas de bassins soumis à un effet de drainance ou encore à écoulement très intermittent.

Si ce paramètre D est positif, il s'agit d'un apport externe au réservoir « eau-gravitaire » égal à ECH donné par l'expression :

$$ECH = \frac{D}{6} \left( 1 + 5 \frac{R}{B} \right) \quad (15)$$

Si ce paramètre est négatif, il s'agit d'une perte du système qui s'applique à la fois au réservoir « eau-gravitaire » et à l'écoulement QP produit après l'application de l'hydrogramme unitaire HU2 (figure 1).

La description de cette dernière fonction du modèle GR4 achève la présentation du modèle. Nous devons préciser que cette architecture a été développée et testée (EDIJATNO., 1991 ; NASCIMENTO., 1991) sur plus de 120 bassins versants dont les tailles varient entre 1 et 4 000 km<sup>2</sup>. Tous les bassins disponibles au début de l'étude ont été pris en compte sans aucune exclusion. Les fonctions intégrées

dans le modèle peuvent parfois aller à l'encontre de principes ou d'idées *a priori* sur le fonctionnement d'un bassin versant. Si ces fonctions ont été intégrées c'est pour la seule raison qu'elles ont permis, avec une grande économie de moyens, de rendre compte le mieux possible de la transformation qui a réellement lieu entre les pluies et les débits tels que l'on peut les mesurer.

Le modèle va maintenant être utilisé sur des bassins de la région Bretagne.

## LES BASSINS VERSANTS UTILISÉS

La présente étude a été entreprise avec un souci de comparaison avec l'étude réalisée par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), (MAZENC B., 1981). On a conservé les mêmes bassins versants et utilisé les mêmes caractéristiques descriptives de ces bassins versants.

Les différents bassins versants, au nombre de 17, sont situés sur quatre départements bretons (figure 2). Le fichier physiographique, mis au point par le BRGM (département eau) apparaît sur le tableau 1. Chaque bassin est caractérisé par les variables suivantes :

- BV : code du bassin sur la carte de la figure (2) ;
- SURF : surface du bassin versant (km<sup>2</sup>) ;
- IALL : indice d'allongement du plus long cours d'eau (sans unité) ;
- PENT : pente moyenne du plus long cours d'eau (°/∞) ;
- LONG : longueur du plus long cours d'eau (km) ;
- ALTI : altitude moyenne du bassin versant (m) ;
- PGRA : pourcentage de superficie à affleurement de granite ;
- PSCH : pourcentage de superficie à affleurement de schiste ;
- PFOR : pourcentage de superficie de forêts ;
- PPRA : pourcentage de superficie de prairies ou de culture.

Ces variables représentent les caractéristiques physiques des bassins versants (morphologie, géologie et végétation).

Une analyse en composantes principales a montré qu'il fallait prendre en compte 3 axes principaux pour atteindre 67 % de l'inertie totale et 5 axes principaux pour 89 %. Cela montre une certaine variété dans la description des bassins versants telle que permise par ces données.

Tableau 1  
Fichier physiographique de 17 bassins bretons

BV	C.D'EAU	SURF	IALL	PENT	LONG	ALTI	PGRA	PSCH	PFOR	PPRA
3	TRIEUX	376	2,04	4,9	36,0	94	92,0	7,0	10,0	25
4	BLAVET	104	3,25	5,9	22,0	216	88,0	4,0	5,0	30
5	HYERES	526	2,52	3,7	39,0	90	12,0	87,0	5,0	30
6	SCORFF	292	3,14	4,1	39,5	97	70,0	30,0	5,0	30
7	ELLE	580	2,06	4,6	41,0	92	46,0	45,0	5,0	30
8	ISOLE	225	4,75	4,5	43,0	70	53,0	19,0	5,0	30
9	AVEN	184	3,38	6,3	30,0	103	66,0	30,0	5,0	30
11	JET	107	3,20	5,8	24,0	52	62,0	37,0	5,0	30
12	ODET	195	4,43	3,2	35,0	78	37,0	57,0	5,0	30
13	EVEL	316	2,01	2,3	32,0	59	0	96,0	5,0	30
14	LIE	379	2,99	3,1	45,0	110	31,0	63,0	10,0	25
16	AFF SUPERIEUR	45	2,08	7,4	8,5	103	0	0	30,0	40
17	CAREIL	14	2,02	6,4	6,5	82	0	89,0	5,2	26
18	MEU	468	3,36	2,4	51,0	63	0	93,0	10,0	25
19	SEICHE	820	3,75	0,8	77,0	39	3,0	97,0	12,0	23
22	COUESNON	510	2,84	2,7	47,0	58	26,0	74,0	15,0	15
23	NANCON	70	1,97	4,5	12,5	127	95,0	5,0	18,0	17

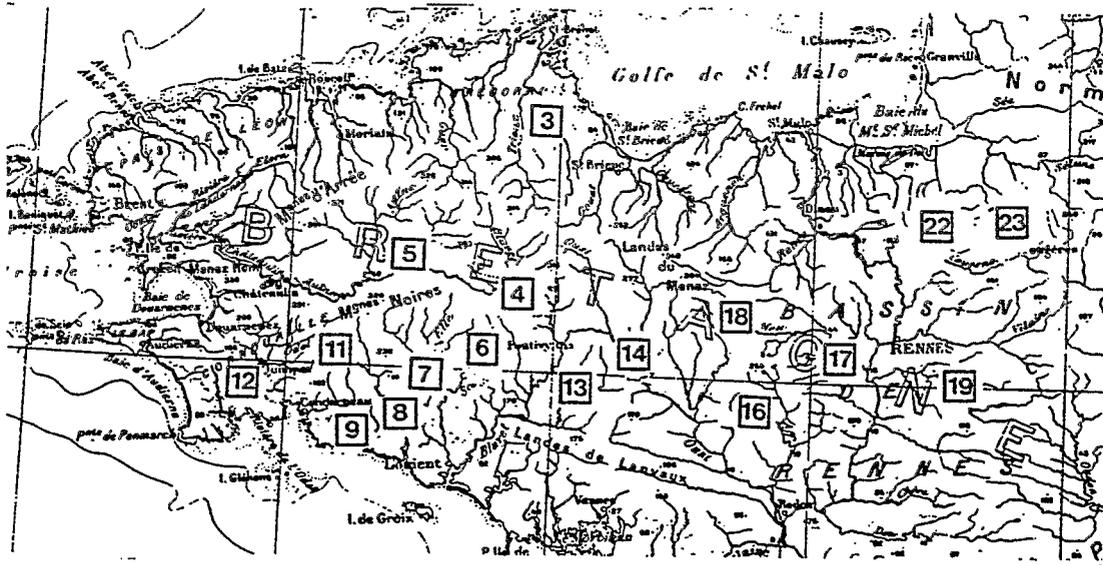


Figure 2  
Carte de situation de 17 bassins versants

## CALAGE DU MODÈLE GR4 SUR LES BASSINS UTILISÉS

Les quatre paramètres qui caractérisent ce modèle global ne peuvent pas être mesurés sur le bassin. Les valeurs optimales de ces paramètres sont alors déterminées par un processus itératif à partir de valeurs initiales par recherche du meilleur ajustement entre les débits observés et les débits calculés par le modèle.

Pour ajuster les paramètres du modèle, il faut disposer des données suivantes :

- une série de pluies journalières ;
- une série de débits concomitants à l'exutoire du bassin ;
- des évaporations potentielles décennales qui sont les moyennes interannuelles de l'évaporation calculée selon la formule de H.L. PENMAN par la météorologie nationale pour une station synoptique proche.

Les résultats du calage de GR4 sur les 17 bassins disponibles, apparaissent sur le tableau 2. Les variables a, b, c et d sont des transformées des paramètres A, B, C et D par les relations suivantes :

$$a = \ln A$$

$$b = \ln B$$

$$c = \ln (C - 0.5)$$

$$d = \ln (1 + D) \quad \text{si } D \leq 0$$

$$d = - \ln (1 - D) \quad \text{si } D < 0$$

« E.BL » représente l'erreur de bilan en % et « NASH » représente le coefficient d'efficacité de Nash :

$$F = 100 \left[ 1 - \frac{\sum (Q_i - C_i)^2}{\sum (Q_i - \bar{Q})^2} \right]$$

où  $Q_i$  : débit observé

$\bar{Q}$  : moyenne des  $Q_i$

$C_i$  : débit calculé

**Tableau 2**  
**Résultats des optimisations sur 17 bassins bretons avec le modèle GR4.**

CODE B.V.	MODÈLE GR4					
	a	b	c	d	E.BL	NASH
3	6,34	5,40	-0,03	-0,18	-0,7	88,0
4	5,82	5,52	0,37	-0,23	-1,8	89,8
5	5,15	5,37	0,44	0,17	1,4	93,1
6	6,46	5,72	0,39	-0,28	0,7	86,2
7	6,88	5,71	0,38	0,18	-0,5	91,1
8	6,83	5,87	0,21	-0,13	0,5	85,4
9	6,30	6,18	0,18	-0,34	-1,6	94,0
11	6,52	6,30	0,03	-0,11	-1,3	88,9
12	5,50	6,19	0,21	-0,47	-0,7	93,5
13	5,91	5,47	0,50	0,08	-4,4	93,7
14	6,52	5,12	0,20	-0,04	-1,1	83,7
16	5,69	4,90	0,16	0,09	2,9	91,9
17	5,46	3,27	0,17	0,04	-0,6	80,9
18	5,53	4,09	0,59	-0,05	-2,2	84,3
19	6,06	4,60	0,96	0,20	-6,3	86,0
22	6,15	4,89	0,48	-0,18	-0,3	80,6
23	6,51	5,70	0,01	-0,26	0,2	79,9

### RECHERCHE DES RELATIONS ENTRE PARAMÈTRES DU MODÈLE GR4 ET CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES

Un certain nombre de relations entre les paramètres du modèle GR4 et les caractéristiques physiques ont été étudiées à l'aide du modèle linéaire général appliqué à des transformées (en général logarithmiques) des paramètres et des caractéristiques.

Les résultats obtenus à partir de cette recherche n'incluent que des variables explicatives dont le rapport de Student est supérieur à 3 (seuil de signification théoriquement supérieur à 99 %).

Les seules variables retenues en définitive sont la pente moyenne du plus long cours d'eau et le pourcentage de superficie à affleurement de granite.

Seuls les paramètres B et C ont pu donner lieu à des relations permettant de réduire leur variabilité. Les variables transformées, b et c, sont expliquées de la façon suivante :

$$b = 4,25 + 0,36 \ln(1 + \text{PGRA})$$

$$\begin{aligned} \text{avec : erreur standard} &= 0,55 \\ \text{coefficient de détermination} &= 0,60 \end{aligned}$$

$$c = 0,83 - 0,40 \ln(\text{PENT})$$

$$\begin{aligned} \text{avec : erreur standard} &= 0,15 \\ \text{coefficient de détermination} &= 0,68. \end{aligned}$$

Les paramètres A et D n'ont donné lieu à aucune relation significative. L'interprétation de ces résultats est assez délicate. On peut avancer, entre autres, deux hypothèses :

- 1 - Le modèle GR4 est trop simple. Ses paramètres sont obligés d'intégrer un trop grand nombre de phénomènes. Leur explication en est rendue plus floue.
- 2 - Les paramètres sont liés à des caractéristiques que l'on ne sait pas identifier et qui ne se retrouvent pas dans les variables descriptives usuellement utilisées.

Le paramètre D apporte une amélioration marginale sur le critère de NASH pour les bassins pérennes ; son intérêt se manifeste essentiellement sur le bilan. Puisqu'on ne peut pas expliquer les paramètres A et D, essayons de voir ce que l'on peut obtenir en fixant D à 0 et A à sa valeur moyenne qui est de 5,96.

Le fait de ne pas pouvoir caler les paramètres A et D peut influencer sur les paramètres B et C et il est donc apparu nécessaire de reprendre le calage.

Les résultats de ce nouveau calage apparaissent dans le tableau 3. Nous avons repris avec ce modèle la même recherche d'explication et obtenu les régressions ci-après. La variance expliquée pour le paramètre C diminue en passant de 68 % pour le modèle complet à 55 % pour le modèle avec 2 paramètres fixes :

$$b = 3,88 + 0,52 \ln(1 + \text{PGRA})$$

$$\begin{aligned} \text{avec : erreur standard} &= 0,71 \\ \text{coefficient de détermination} &= 0,65 \end{aligned}$$

$$c = 0,75 - 0,32 \ln(\text{PENT})$$

$$\begin{aligned} \text{avec : erreur standard} &= 0,16 \\ \text{coefficient de détermination} &= 0,55 \end{aligned}$$

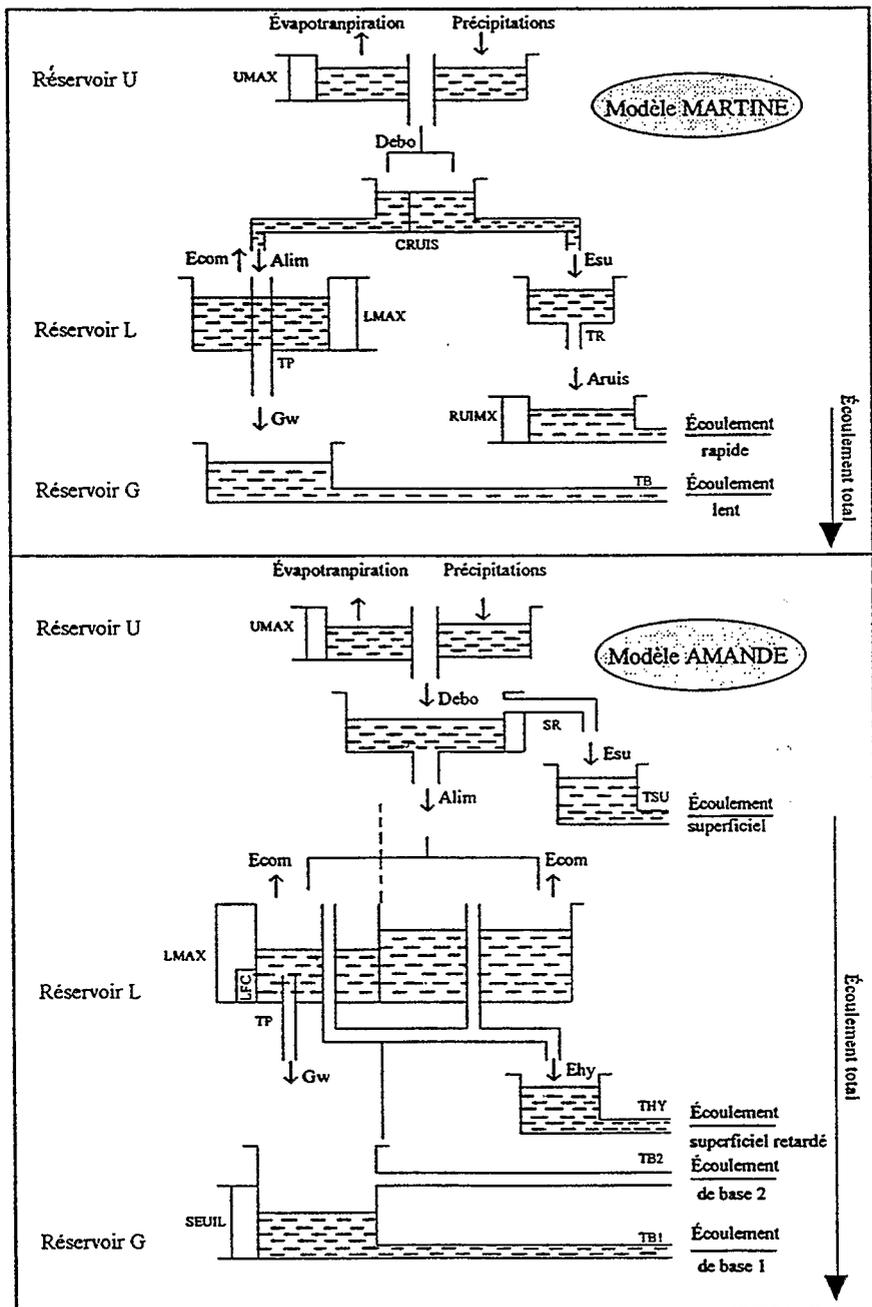
**Tableau 3**  
**Résultats des optimisations sur 17 bassins bretons avec le modèle GR4**  
**(avec a et d fixés)**

CODE B.V.	PERIODE DE CALAGE	MODÈLE GR4 (a et d fixés)			
		b	c	E.BL	NASH
3	71/75	5,71	-0,04	3,4	86,0
4	73/75	5,36	0,37	8,7	88,7
5	73/75	4,94	0,48	2,0	90,3
6	73/78	5,95	0,36	8,9	83,8
7	70/77	6,47	0,35	-23,6	77,7
8	70/77	6,65	0,18	-7,0	77,8
9	70/77	6,34	0,19	7,5	92,6
11	70/78	6,59	0,03	-3,4	87,8
12	72/77	5,80	0,24	18,4	89,3
13	70/77	5,47	0,50	-11,5	93,3
14	70/72	5,52	0,18	-5,2	79,4
16	77/81	4,02	0,22	2,0	90,4
17	73/76	2,52	0,40	13,3	75,9
18	71/78	3,32	0,65	20,2	78,9
19	70/76	4,99	0,87	-53,1	76,9
22	70/77	5,02	0,48	9,4	79,0
23	71/75	6,32	0,10	6,6	76,8

### COMPARAISON AVEC L'ÉTUDE DU BGRM

Dans cette partie, nous comparons la tentative d'explication des paramètres de GR4 avec celle entreprise par le BRGM (MAZENC., 1981) pour deux modèles conceptuels comparables.

Les deux modèles globaux à réservoirs utilisés par le BRGM (MAZENC., 1981), le modèle Amande et le modèle Martine, ont respectivement 8 et 6 paramètres dans les versions utilisées. L'architecture des deux modèles est présentée dans la figure 3. On se référera à l'étude précitée (MAZENC., 1981) pour une description plus complète de ces modèles.



**Figure 3**

Schémas des deux modèles Amande et Martine (extrait de l'étude du BRGM ; MAZENC., 1981)

### ESSAI DE RECHERCHE DES RELATIONS

Disposant des résultats de calage des deux modèles Amande et Martine, une analyse a été entreprise pour établir des équations liant les paramètres avec les caractéristiques des bassins en appliquant les mêmes critères que précédemment pour le modèle GR4.

Seuls deux paramètres du modèle Amande ont donné lieu à des relations significatives (au seuil de 1 %) ; ce sont les paramètres THY (constante de temps du tarissement de l'écoulement superficiel différé) et SHY (pourcentage de surface de la zone semi-perméable) respectivement avec des coefficients de détermination de 0,52 et 0,40. Deux caractéristiques seulement ont été retenues pour l'explication : la longueur du plus long cours d'eau et le pourcentage de surface à affleurement en granite.

$$\text{THY} = 4,71 + 0,07 \text{ LONG}$$

avec : erreur standard	= 1,14
coefficient de détermination	= 0,52

$$\text{SHY} = 59,21 - 0,23 \text{ PGRA}$$

avec : erreur standard	= 10,13
coefficient de détermination	= 0,40

Pour le modèle Martine, un seul paramètre a donné lieu à une relation significative ; c'est le paramètre HMAN (capacité maximale du réservoir intermédiaire) avec un coefficient de détermination de 0,70, et deux caractéristiques de bassin ont été retenues pour l'explication : le pourcentage de surface à affleurement en schiste et le pourcentage de surface en prairies ou en culture.

$$\text{HMAM} = 246,57 - 0,79 \text{ PSCH} - 4,52 \text{ PPRA}$$

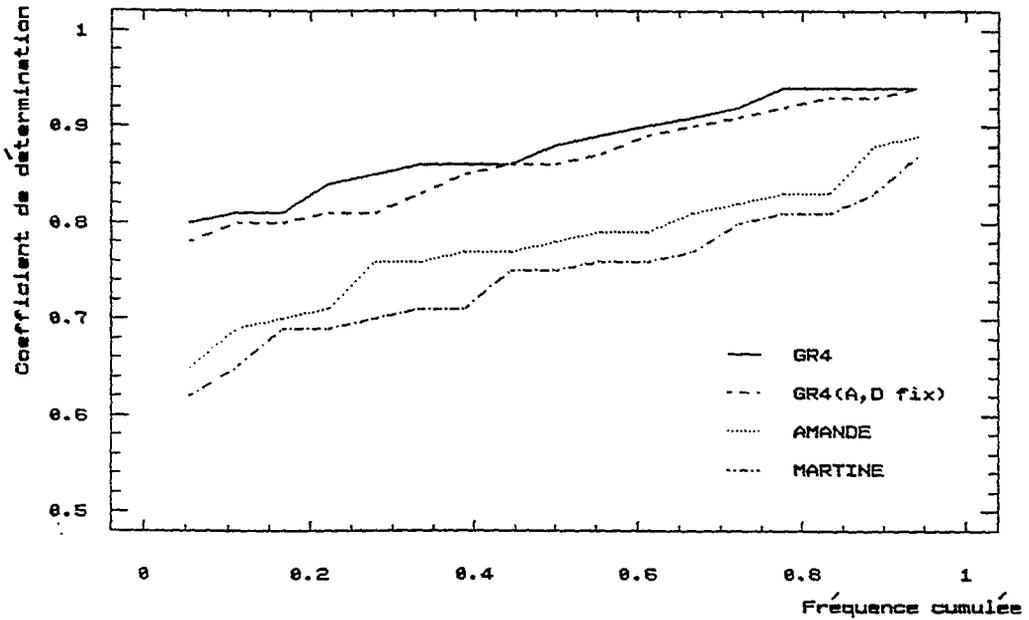
avec : erreur standard	= 28,63
coefficient de détermination	= 0,70

### COMPARAISON DES EXPLICATIONS DES PARAMÈTRES DES DIFFÉRENTS MODÈLES

Nous avons procédé au calcul des coefficients de détermination pour le modèle GR4 afin de les comparer aux coefficients correspondants dont on dispose dans l'étude citée antérieurement pour les modèles Amande et Martine. Les distributions de ces coefficients apparaissent sur la figure 4.

Le but de cette étude est plutôt la comparaison des possibilités d'explication des paramètres. Le tableau 4 illustre cette comparaison. Dans ce tableau, NPT représente le nombre de paramètres à optimiser, NPE le nombre de paramètres (partiellement) explicables et NV le nombre de caractéristiques physiques des bassins versants entrant dans l'explication des paramètres. La dernière colonne

donne le coefficient de détermination moyen par paramètre de chaque modèle, c'est-à-dire, la somme des coefficients de détermination des différentes régressions divisée par le nombre de paramètres à expliquer.



**Figure 4**

Comparaison des distributions des coefficients de détermination pour les modèles testés

**Tableau 4**

Comparaison des succès dans l'explication des paramètres

MODÈLE	NPT	NPE	NV	$\Sigma P^2/NP$
AMANDE	8	2	2	0,11
MARTINE	6	1	2	0,12
GR4 (A, B, C, D)	4	2	2	0,32
GR4	2	2	2	0,60

## DISCUSSION ET CONCLUSION

On vient donc de présenter les tentatives d'explication des paramètres de 3 modèles conceptuels globaux de complexité croissante : GR4 (4 paramètres), Martine (6 paramètres) et Amande (8 paramètres).

On peut constater que l'accroissement du nombre de paramètres ne permet pas d'accroître la précision du modèle. Il est préférable de faire porter l'effort sur la recherche d'une architecture efficiente plutôt que sur le nombre des processus pris en compte.

Lorsque le nombre de paramètres augmente, le nombre de ceux que l'on peut expliquer en fonction des caractéristiques physiques classiquement disponibles est pratiquement invariable et égal à 2. Le modèle GR4 pourrait donner des résultats encourageants si l'on pouvait expliquer le paramètre A. Il est probable que ce but ne sera atteint qu'en utilisant un très grand nombre de bassins versants et en faisant preuve de beaucoup de perspicacité pour entrevoir les variables explicatives potentielles. L'explication du quatrième paramètres D est encore plus lointaine et ne pourra être entreprise que postérieurement à celle du paramètre A, ou pour les seuls bassins versants où le paramètre D joue un rôle important.

## BIBLIOGRAPHIE

- CÉMAGREF., 1991. Hydrologie appliquée aux petits bassins ruraux. Cémagref, Antony, 413 p.
- EDIJATNO., MICHEL C., 1989. Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres. La houille blanche, N°2, 113-121.
- EDIJATNO., 1991. Mise au point d'un modèle élémentaire pluie-débit au pas de temps journalier. Rapport de thèse, Université Louis Pasteur de Strasbourg.
- MAZENC B., 1981. Étude des relations entre les paramètres d'un modèle global pluie-débit et les caractéristiques physiques d'un bassin versant correspondant. Application à 17 bassins versants bretons. Rapport du BRGM 81 SGN 525 EAU, 120 p.
- MICHEL C., EDIJATNO., 1989. Recherche sur la mise au point d'un modèle journalier pluie-débit pour les petits bassins non jaugés. Cémagref, Antony, 18 p.

NASCIMENTO N.O., 1991. Adaptation d'un modèle conceptuel journalier (GR3-J) aux bassins versants de cours d'eau intermittents. Mémoire de D.E.A, Université Paris XII - Créteil.

NASCIMENTO N., and MICHEL C., 1992. Some epistemological aspects of the development and use of hydrologic conceptual models. 4<sup>th</sup> European Junior Scientist Course. Assessment of Modelling Uncertainties and measurement error in hydrology. Saint-Victor sur Loire, Ecole des Mines de Saint-Etienne, France, 9-12 April 1992.