

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER

BUREAU CENTRAL HYDROLOGIQUE

19, Rue Eugène Carrière,
75018 PARIS

MINISTÈRE DE LA QUALITÉ DE LA VIE

Secrétariat Général du Haut Comité
de l'Environnement

Comité Scientifique Eau

14, Bd. du Général Leclerc,
92521 NEUILLY

ETUDE DE L'EFFICACITÉ RELATIVE ET DU DOMAINE D'APPLICATION
DE DIFFÉRENTS MODÈLES HYDROLOGIQUES
POUR PRÉVOIR LES ÉTIAGES

par

G. GIRARD

Directeur de Recherche - Hydrologue

SOMMAIRE

	Pages
RESUME	2
Exposé Général	3
Première partie - ELLE à PONT TY NADAN	16
Deuxième partie - MARNE à SAINT DIZIER	33
Troisième partie - DORE à GIROUX	50

RESUME - Dans le cadre du contrat de Recherche 75/98 entre le Comité Scientifique EAU du Ministère de la Qualité de la Vie et l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer sur le Thème :
"EFFICACITE RELATIVE ET DOMAINE D'APPLICATION DE DIFFERENTS MODELES HYDROLOGIQUES POUR PREVOIR LES ETIAGES", le présent rapport fait le point détaillé des études réalisées et des résultats obtenus par l'ORSTOM sur chacun des trois bassins versants retenus pour l'étude en accord avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières et le Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de MONTPELLIER.

Les méthodes basées sur l'exploitation des modèles mathématiques à réservoirs et sur l'utilisation des courbes de tarissement présentées ci-après ont été appliquées à la prévision des étiages des trois bassins :

- (1) - ELLE à PONT TY NADAN
- (2) - MARNE à ST DIZIER
- (3) - LA DORE à GIROUX

Objet des 3 parties de ce rapport précédé d'un exposé général.

EXPOSE GENERAL

1 - Choix des bassins versants

Au cours du second semestre 1975 plusieurs réunions de travail ont eu lieu à ORLEANS et MONTPELLIER pour choisir les bassins versants de superficie supérieure à 500 km² et inférieure à 10.000 km² dont les caractéristiques physiographiques sont représentatives de grandes régions. Ces bassins devaient être choisis parmi ceux n'ayant fait l'objet d'aucune étude expérimentale mais faisant partie du réseau national et sur lesquels nous pouvions disposer de mesures de pluie, de débit et de température sur au moins 10 années.

Les bassins choisis ont été : ELLE à PONT TY NADAN (Bretagne)
MARNE à ST DIZIER
ALLIER à VIEILLE BRIOUDE

Le troisième de ces bassins a du être abandonné par suite des mouvements d'eau très importants provenant d'une retenue sur un gros affluent amont. Il fut remplacé au profit de la DORE à GIROUX.

Les caractéristiques physiques et générales de ces bassins seront présentées dans les rapports de M. GUILBOT et M. THIERY. Citons les principales :

<u>BASSINS</u>	<u>ELLE</u>	<u>MARNE</u>	<u>DORE</u>
Superficie en Km ²	570	2380	823
Altitude moyenne en m	150	341	860
Altitude maximale en m	303	492	1640
Altitude minimale	17	137	384
<u>GEOLOGIE</u>			
Granite	80		56%
Micaschistes	10		35%
Sédimentaires	10	4	9%
Terrains Imperméables		35	
Calcaires		61	

2 - Critiques des données

L'ensemble des données pluviométriques, hydrologiques et hydropluviométriques des bassins a été critiqué préalablement avant toutes les études. L'exploitation des modèles à réservoirs a permis par ailleurs de retrouver les anomalies déjà signalées et d'en trouver de nouvelles .

Il s'avère que la presque totalité des données pluviométriques ne présente pas d'inhomogénéité marquée sur les trois bassins. L'absence de mesures de précipitations en altitude sur le bassin de la DORE à GIROUX et le nombre réduit de postes pluviométriques sur le bassin de l'ELLE sont à signaler.

Par contre sur les trois stations hydrométriques étudiées de nombreuses et parfois sérieuses anomalies ont été détectées on peut signaler la très mauvaise évaluation des débits d'étiage à la station de l'ELLE à PONT TY NADAN et la très grande irrégularité d'estimation des débits de crue de la MARNE à ST DIZIER. Sur la station de la DORE à GIROUX une certaine instabilité, en étiage seulement, serait à noter.

3 - Etude de la période de tarissement et prévision du débit minimal garanti

L'étude de la période de tarissement prend en considération la chronologie des débits écoulés à partir d'une certaine époque de l'année. Ces débits, provenant essentiellement de la vidange des réserves peu profondes ou très profondes en eau du sous-sol du bassin, décroissent régulièrement au cours du temps selon une courbe de tarissement parmi un ensemble de courbes d'autant plus perturbées que les précipitations efficaces successives alimentant les réserves peu profondes sont importantes et variables.

Comme bien souvent un bassin versant naturel n'est jamais strictement homogène du point de vue géologique, il en résulte que la sommation des réponses données par les surfaces partielles homogènes du bassin peut engendrer, selon les conditions antérieures d'état des diverses nappes et des conditions climatiques à venir, des réponses variables en tarissement. Dans la réalité, si certaines de ces conditions se maintiennent autour de leur valeur moyenne, il existe pour de nombreux bassins des courbes de tarissement dites "annuelles" qui présentent entre elles une analogie marquée au début de

la période sèche et même au coeur de la saison d'été. De fait par suite de l'existence même de faibles précipitations au cours de la période d'été, la courbe de tarissement effectivement observée est modifiée par rapport à celle que l'on observerait en cas d'absence totale de précipitations.

Le problème de la prévision des étiages en l'absence de précipitations n'est qu'une partie du problème général de la prévision des débits en période d'étiage. L'étude réalisée sur les bassins versants de l'ELLE à PONT TY NADAN, de la MARNE à ST DIZIER et de la DORE à GIROUX, montre qu'à l'aide de l'observation de la variation des débits journaliers en coordonnées semi-logarithmiques sur une période d'une ou deux décennies il est possible malgré les incertitudes décelées sur la qualité des données des débits moyens journaliers observés à ces trois stations, d'obtenir une courbe-type de tarissement applicable à la prévision du débit minimal garanti.

Donnons les valeurs des prévisions pour l'année exceptionnellement sèche de 1976.

Bassin de l'ELLE à PONT TY NADAN

Le 1er juin : prévision du 1er juillet 0,250 m³/s observé 0,830 m³/s

Le 1er juillet : prévision du 1er août 0,150 m³/s observé 0,730 m³/s

Le 1er août : prévision du 1er septembre 0,135 m³/s observé 0,930 m³/s

Signalons les anomalies énormes faites pour l'évaluation des débits observés à cette station au cours de l'année exceptionnellement sèche de 1976. L'application du modèle à réservoirs donnent les débits suivants :

0,239 m³/s le 1er juillet
 0,109 m³/s le 1er août
 0,023 m³/s le 1er septembre
 0,013 m³/s à l'étiage absolu

Par ailleurs à la station hydrométrique amont de LE
 FAOUEY, les débits moyens mensuels mesurés sont de 0,046 m³/s en juillet
 0,005 m³/s en août
 0,099 m³/s en septembre
 0,002 m³/s à l'étiage absolu

pour un bassin de superficie 142 km². En rapport des superficies des bassins
 versants, les débits à la station de PONT TY NADAN devraient être de l'ordre
 de quatre fois ceux-ci, soit :

0,184 m³/s en Juillet
 0,020 m³/s en Août
 0,396 m³/s en septembre
 0,008 m³/s à l'étiage absolu

Indiquons que le modèle donne l'étiage absolu le 9 septembre
 tandis que celui observé à la station amont l'était le 23 août.

Bassin de la DORE à GIROUX

Le 1er juin : prévision du 1er juillet 0,380 m³/s observé 1,98 m³/s
 Le 1er juillet : prévision du 1er août 0,150 m³/s observé 1,30 m³/s
 Le 1er août : prévision du 1er septembre 0,120 m³/s observé 3,64 m³/s

Signalons que la méthode du tarissement pur semblerait
 inadaptée pour ce bassin versant très sensible aux faibles apports pluvio-
 métriques (10 à 15 mm) même en période estivale.

Cependant il est à signaler également que les débits
 observés en 1976 présentent de sérieuses anomalies :

- Chute de débit de 363 m³/s à 1,98 m³/s du 5 au 6 juin
- Maintient du débit journalier à 1,98 m³/s sur plus de 16 jours
 en l'absence totale de précipitation à tous les postes pluviométriques.

L'application du modèle à discrétisation spatiale aux données pluviométriques de 1976 permet de situer l'étiage minimal à la même date du 8 août avec un débit calculé de 0,107 m³/s le minimum observé étant de 0,500 m³/s.

Bassin de la Marne à St dizier :

1er juin : prévision du 1er juillet 2,20 observé 2,55 m³/s
 1er juillet : prévision du 1er août 1,56 observé 2,05 m³/s
 1er août : prévision du 1er septembre 1,22 observé 1,7 m³/s
 1er septembre : prévision du 1er octobre 1,05 observé 7,2 m³/s

Les prévisions du débit minimal garanti à 30 jours sur ce bassin en 1976, bien que valables, nécessitent une certaine interprétation de la variation des débits artificiels (résidus après prélèvements d'apport en amont pour alimenter le réservoir "MARNE") à la station de ST DIZIER. Il n'a pas été tenu compte de la brusque variation des débits de 6,1 m³/s à 3,23 m³/s le 21 juin, mais de la recession de février et début mars pour la prévision du 1er juillet.

Nous donnons au tableau S1 les prévisions du débit minimal garanti aux émissions du 1er juin, du 1er juillet, du 1er août et du 1er septembre des années 1974 à 1955 de la MARNE à ST DIZIER ainsi que le débit observé. La présentation graphique S2 montre la validité de cette prévision.

Conclusions :

La méthode de la courbe de tarissement qui nous permet d'assurer, pour les bassins versants non soumis à de fréquents épisodes pluvieux en période estivale, une prévision du débit minimal garanti à 30 jours relativement précise, particulièrement dans le cas où les débits observés sont correctement mesurés.

Les moyens à mettre en oeuvre pour établir la courbe de tarissement la plus valide pour un bassin versant donné, consiste à tracer systématiquement tous les graphiques annuels de variation des débits moyens journaliers observés en coordonnées semi-logarithmiques, graphiques portant également les résultats des jaugeages réalisés. Puis à rechercher la portion de droite de tarissement dont la pente est maximale pour un débit donné, ou mieux celle qui est très proche de la pente maximale s'il y a de nombreuses anomalies. Une critique des données sera obligatoire au moment du choix et nécessitera peut être l'appel aux données pluviométriques.

Pour la prévision du débit minimum garanti, le tracé fait d'une manière identique à ceux précédemment décrits pour la période antérieure du jour d'émission de la prévision est nécessaire. La prévision elle-même demande une certaine interprétation hydrologique dans le cas où le bassin versant est influencé (Marne à ST DIZIER).

PREVISION MINIMUM GARANTI

MARNE ST DIZIER	Emission 1er Juin		Emission 1er juillet		Emission 1er Août		Emission 1er Septembre	
	Prévu	Obs 1er juillet	Prévu	Obs 1er Août	Prévu	Obs 1er Sept.	Prévu	Obs 1er Aout
1974	X	X	X	X	2,5	1,4		Crue
1973	6,4	6,4	3,9	6,8	4,1	5,1	3,2	3,2
1972	6,5	15,0	7,0	13,0	5,8	12,0 ⁽¹⁾	5,8	5,0 ⁽³⁾
1971	5,6	14,0	4,5	5,0 ¹	3,2	4,6	2,8	2,5
1970	8,0	42,0	9,0	9,8 ¹	6,0	6,3	4,0	5,2
1969	X	X	10,0	9,2 ³	4,8	5,5	3,2	3,7
1968	6,9	7,3	4,5	8,8	4,5	55,0 ¹	14,0	48,0 ¹
1967	5,5	6,3 ¹	4,1	4,9	2,8	3,5	2,3	8,9
1966	8,0	8,5	5,0	7,2	4,0	7,8	4,7	5,6
1965	10,0	14,5	6,0	8,5	4,7	6,6		Crue
1964	4,7	6,0	3,0	2,6 ²	1,8	3,0		Crue
1963	5,8	18,0	8,0	4,1 ²	X	X	X	X
1962	9,5	7,0	4,8	4,8	2,9	3,2	1,9	2,8
1961	5,0	6,8	4,0	6,0	3,4	1,4 ²	1,6	1,7
1960	2,6	23,0	6,0	37,0		Crue		Crue
1958	10,0	20,5	8,2	8,6	5,0	12,8	6,3	8,2
1957	4,9	7,0	3,8	8,2 ¹	4,3	6,2	3,8	13,5
1956	6,0	10,2 ¹	5,7	7,0	4,3	32,0	10,5	13,0
1955	5,6	11,0	6,0	8,5	4,9	5,0	3,3	5,1

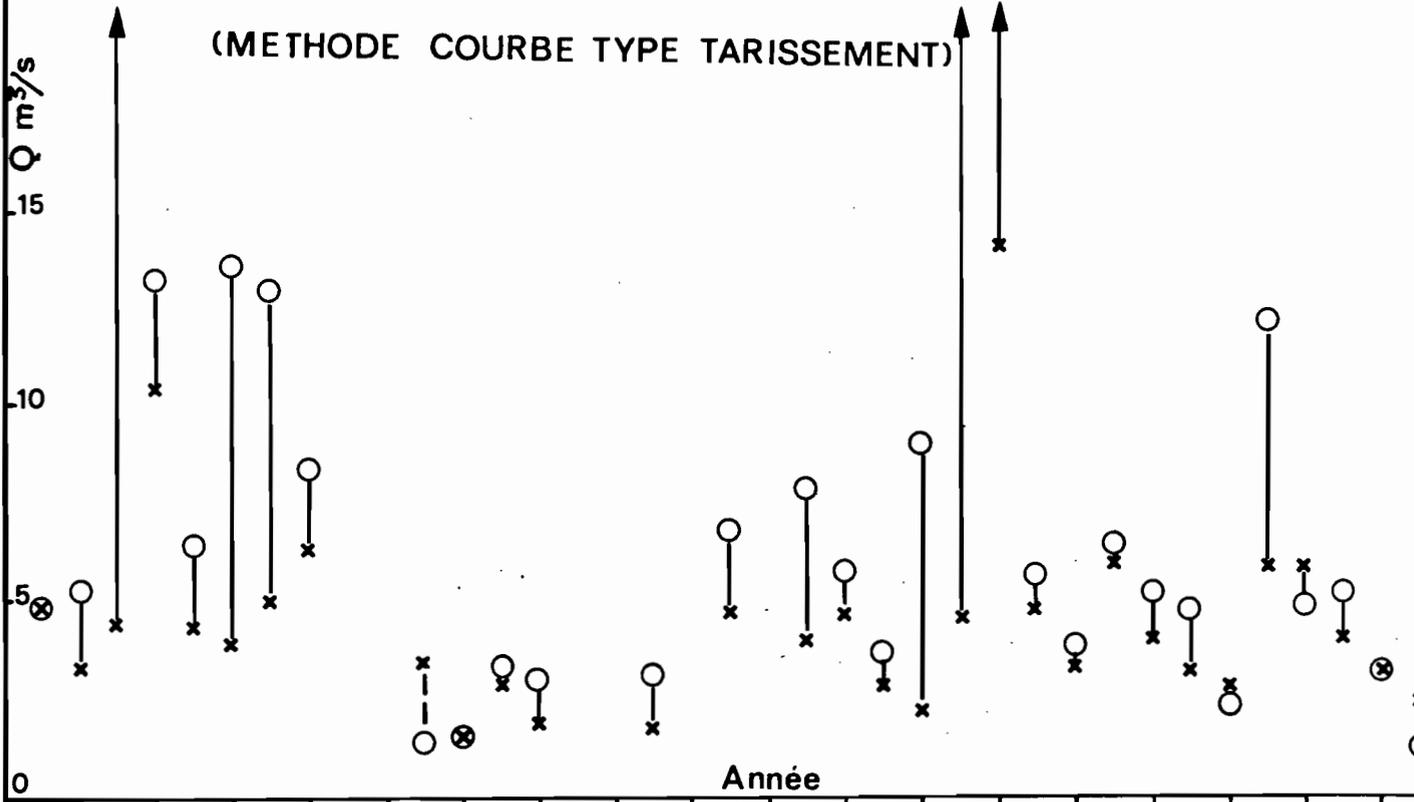
1 Décalage 10 jours

2 Anomalie décroissance débit

3 Décalage 10 jours à cause crue et anomalie décroissance débit

PREVISION DU MINIMUM GARANTI

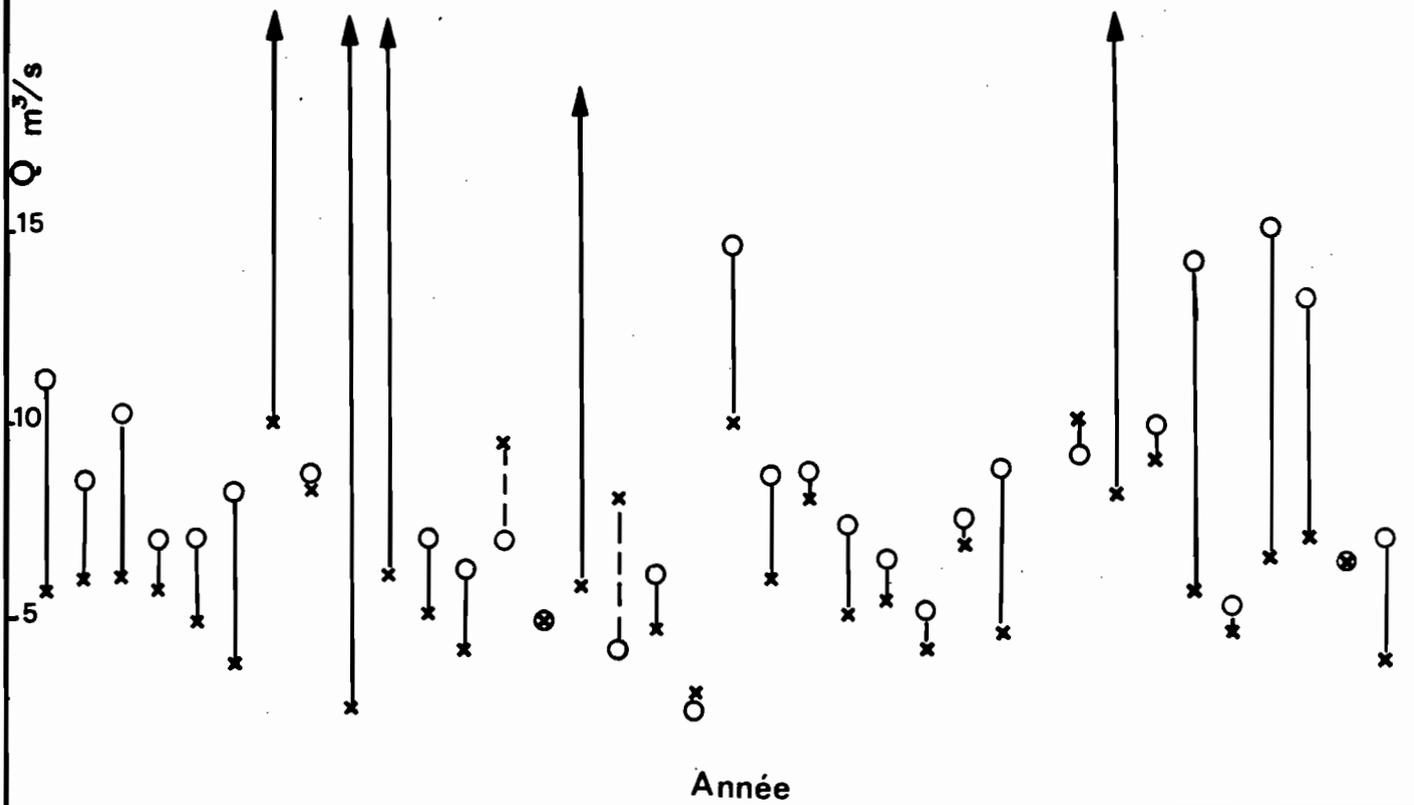
(METHODE COURBE TYPE TARISSEMENT)

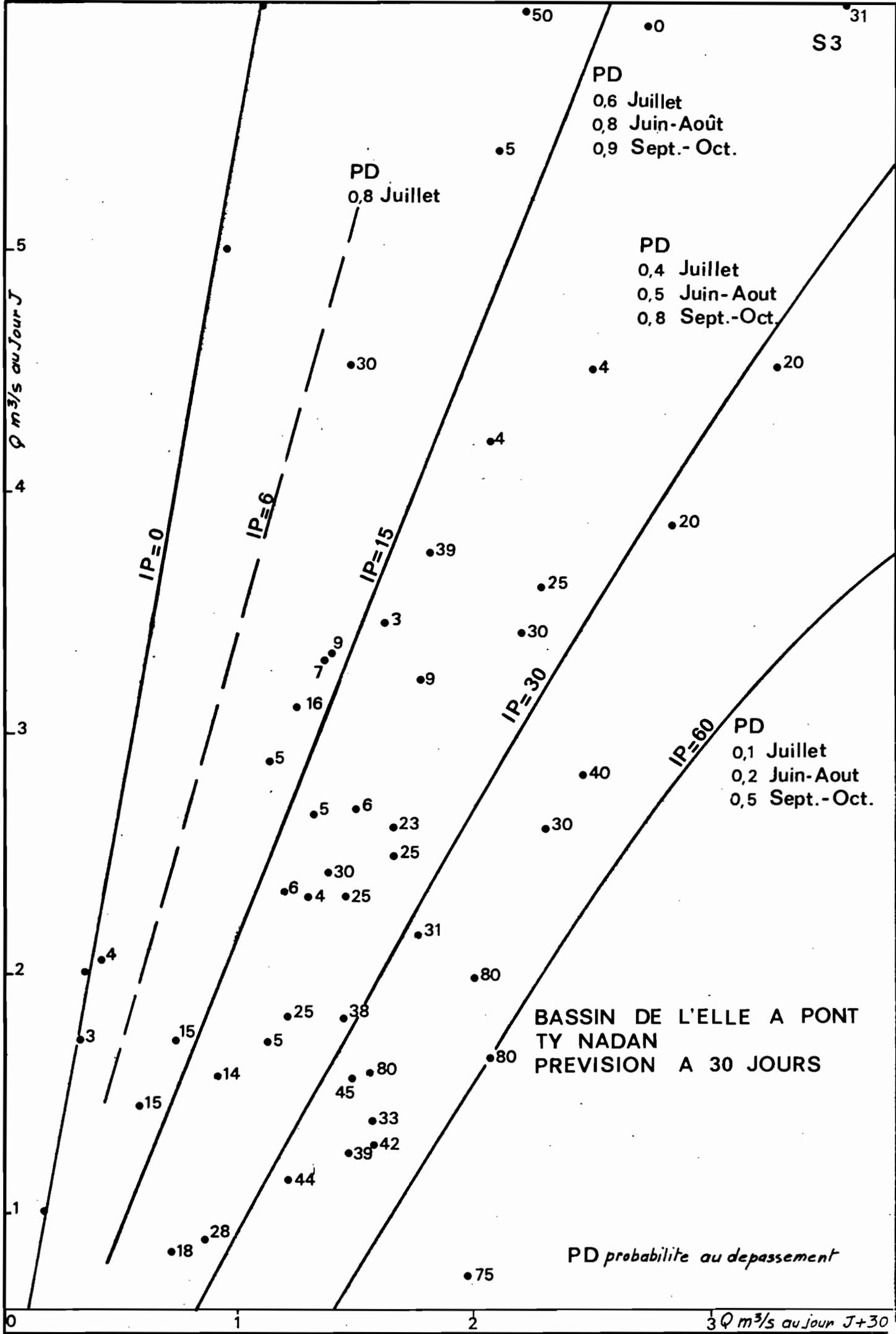


Emission 1^{er} Août pour 1^{er} Septembre puis 1^{er} Septembre pour 1^{er} Dec.

x Prevu o Observe

Emission 1^{er} JUIN pour 1^{er} JUILLET puis 1^{er} JUILLET pour 1^{er} AOÛT





4 - Etude et mise au point d'abaque pour la prévision des étiages

Nous exposons dans les parties 1 et 3 au chapitre 5, la construction des abaques donnant au jour J pour un débit moyen antérieur de 5 jours (QJ) une prévision au jour J + 30 du débit QJ + 30 selon la valeur d'un indice pluviométrique I.P.

$$(IP = \sum_{J=1}^{J=30} \text{valeurs positives de } P_J - ETP_J). \text{ L'extrême dispersion}$$

des points représentatifs est le fait aussi bien des anomalies sur les débits observés et les pluies mesurées que de la méthode rudimentaire du calcul de l'indice pluviométrique ne tenant pas compte de la répartition temporelle des précipitations.

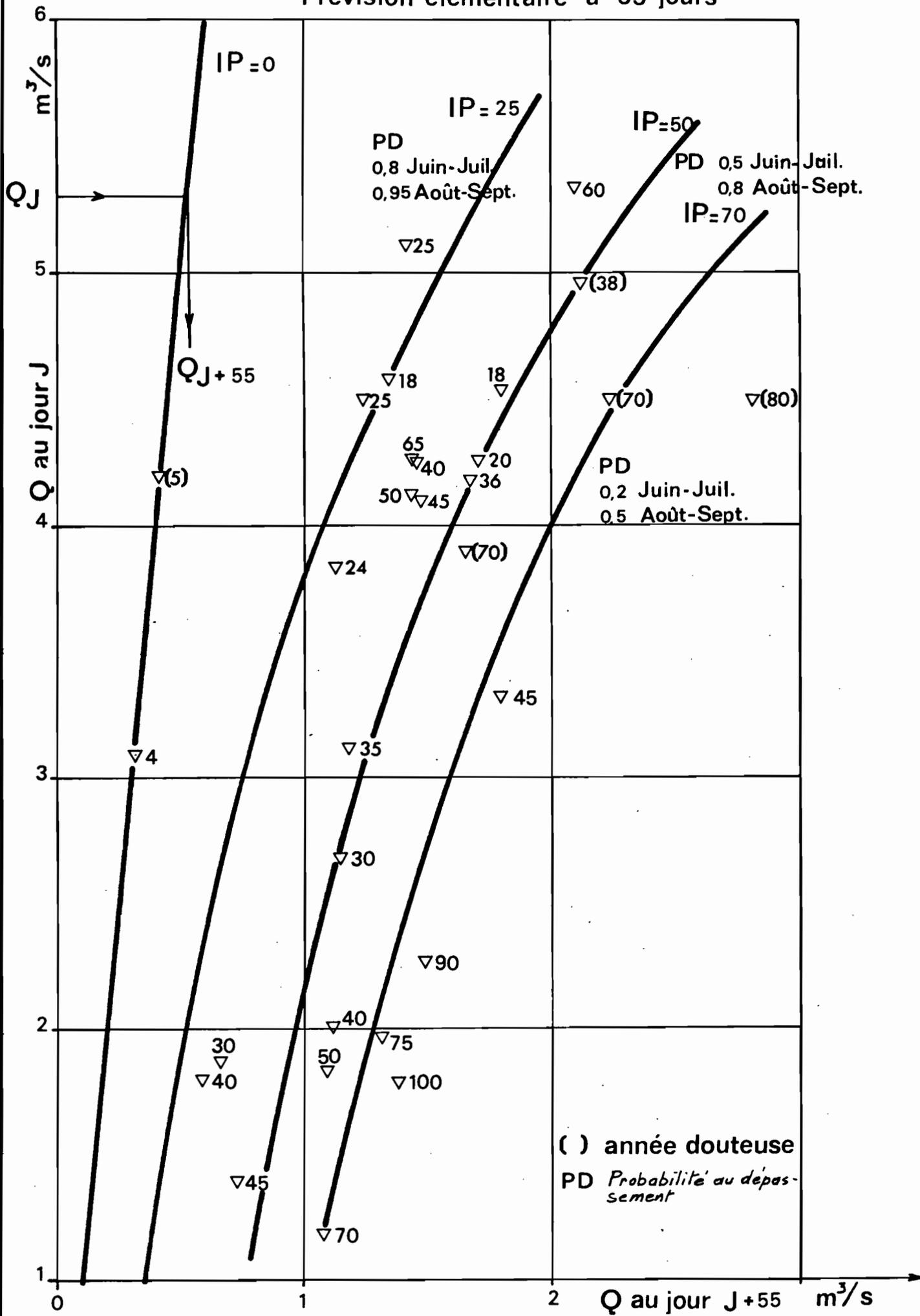
Bassin de l'ELLE à PONT-TY-NADAN

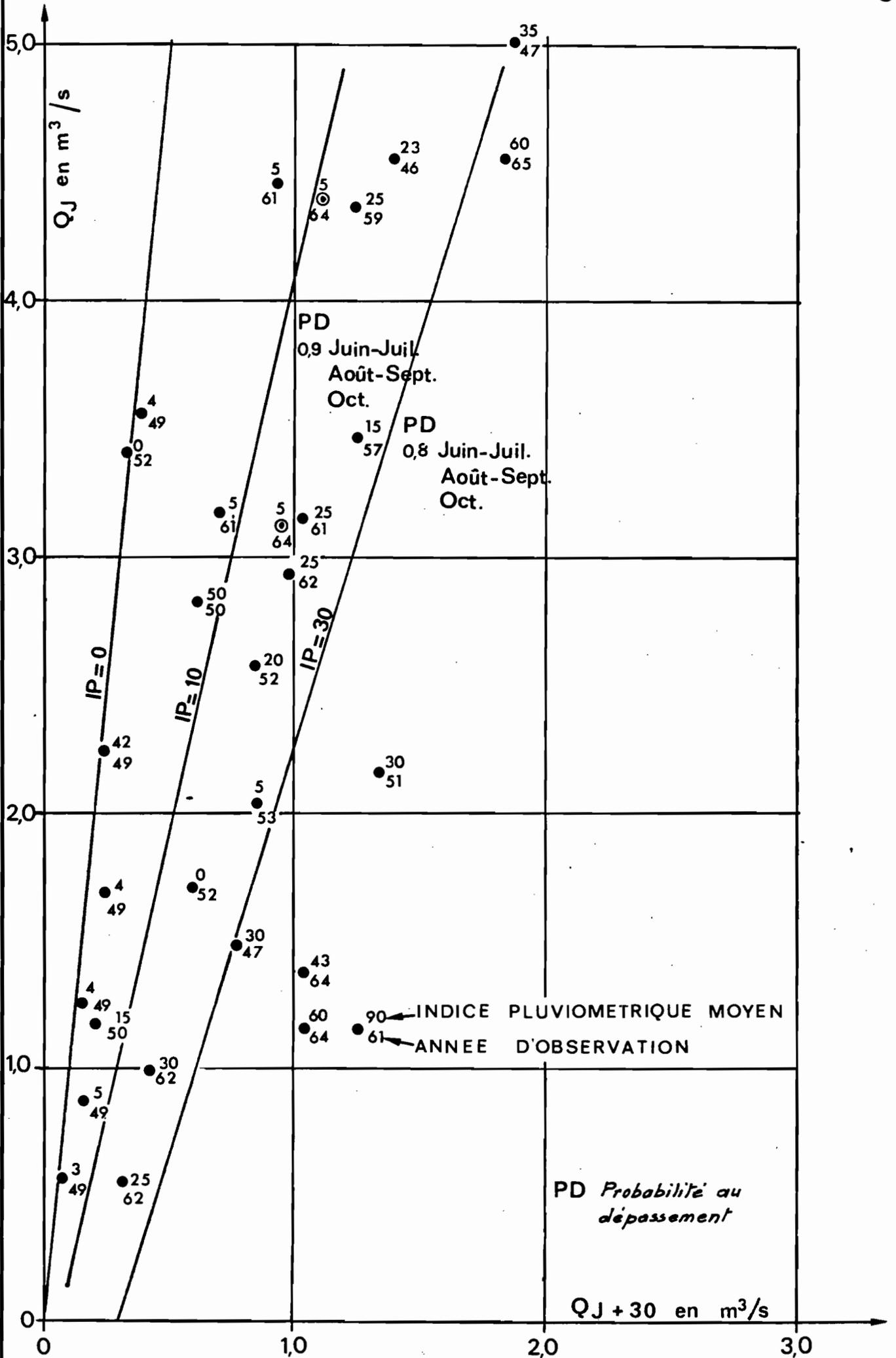
L'étude de la variation de l'indice IP pour toutes les stations du bassin versant de l'ELLE et pour chaque mois a donné selon les fréquences au dépassement :

MOIS	FREQUENCE	Valeurs de IP				
		0,9	0,8	0,5	0,2	0,1
Juin		5	11	30	54	70
Juillet		3	7	20	39	54
Août		8	16	37	60	89
Septembre		22	30	58	89	124
Octobre		19	29	60	118	176

Ainsi reportées sur le graphique nous obtenons la valeur du débit prévu au jour J + 30 avec une probabilité donnée pour un mois choisi. (graphique S3). Le graphique S4 est valable pour la prévision à j + 55 jours .

Prévision élémentaire à 55 jours





Bassin de la DORE à GIROUX

L'étude de la variation de l'indice IP a donné, pour l'ensemble des stations, les valeurs caractéristiques pour les fréquences au dépassement

MOIS	FREQUENCE	Valeurs de Ip				
		0,9	0,8	0,5	0,2	0,1
Juin		11	35	68	100	123
Juillet		11	22	42	67	103
Août		19	31	60	120	163
Septembre		24	34	65	100	130
Octobre		16	23	51	75	88

Notons pour ce bassin, une plus faible dispersion des points représentatifs sur le graphique QJ, QJ + 30 (S5).

Conclusion :

Cette méthode très rudimentaire est d'une application très aisée. Elle demande par contre pour la construction de l'abaque de disposer de l'ensemble des données de débits et des pluviométries journalières à l'ensemble des postes. Si la critique des données est beaucoup plus aisée pour un hydrologue, le tracé de l'ensemble des courbes IP = constante pose toutefois quelques problèmes de précision.

La transformation des indices de ces courbes en valeur de probabilité au dépassement pour chacune d'elles ne présente aucune difficulté.

Nous n'avons pas jugé nécessaire d'améliorer la précision de l'abaque par utilisation d'un autre indice pluviométrique plus performant de la forme $JP_i = JP_{i-1} \cdot a + IP_i$ par période i de 5 jours avec a coefficient constant voisin de 0,8.

Il faut bien reconnaître que cette méthode exige un ensemble de données parfaitement homogène et précis.

5 - Applications des modèles hydrologiques à réservoirs

Une application d'un modèle hydrologique à réservoirs est présentée dans chacune des trois parties du rapport. Rappelons brièvement les résultats.

Bassin de l'ELLE à PONT TY NAJAN

Le modèle global à l'aide d'un seul poste pluviométrique détecte à l'échelle annuelle une hétérogénéité notable des données. A l'aide de la pluie moyenne sur le bassin, ce même modèle permet de reproduire les étiages, malgré les nombreuses incertitudes sur les débits, avec une précision de 50% dans 50% des cas.

En prévision du débit minimal, le modèle est un outil trop complexe pour fournir la décroissance des débits en l'absence de précipitations sur des petits bassins versants de 200 à 1000 km². Prévoir les débits d'étiages avec une probabilité donnée, à l'aide de ce modèle, exigerait la fourniture de la série chronologique des précipitations journalières adéquates. Dans les conditions actuelles la précision de la prévision semble insuffisante.

Comme nous l'avons vu au paragraphe 3, le modèle reproduirait des débits plus proches de la réalité que ceux dits "observés" en particulier en 1976. (Q/calculé 13 l/s le 9 septembre, contre 730 l/s le 20 août, Q observé).

Bassin de la MARNE à ST DIZIER

En reproduction, le modèle à discrétisation spatiale, donne pour les débits d'étiage une erreur supérieure à 100% dans 30% des cas.

En injectant des précipitations nulles, le modèle peut fournir le débit minimum à la date désirée. Pour obtenir une prévision des débits d'étiage avec une probabilité donnée de réalisation il serait nécessaire de rechercher la série chronologique des précipitations journalières qui conviendrait et de l'appliquer à partir du jour de l'émission de la prévision. Cette recherche n'a pas été abordée dans la présente étude.

En reproduction des débits pour 1976, l'étiage minimal observé sur 5 jours de 1,53 m³/s a eu lieu du 3 au 7 septembre, celui reproduit de 0,780 m³/s a eu lieu du 30 août au 30 septembre.

Bassin de la DORE à GIROUX :

Le modèle à discrétisation spatiale, appliqué en reproduction, donne pour les débits d'étiage une erreur supérieure à 100 % dans 60% des cas et des écarts entre date d'apparition de plus de 10 jours dans 30% des cas.

Une meilleure connaissance des précipitations sur l'ensemble du bassin en période estivale permettrait un meilleur calage du modèle en période estivale. En reproduction des débits pour 1976, l'étiage minimal observé sur 5 jours de 0,690 m³/s a eu lieu du 4 au 8 octobre, celui reproduit de 0,116 m³/s a eu lieu du 5 au 9 octobre.

Conclusion :

Nous devons signaler les difficultés qui se sont présentées au moment des réglages des modèles sur ces trois bassins versants : imprécision des données hydrologiques sur l'ELLE, inhomogénéité spatiale des stations pluviométriques sur la DORE, inconsistance des débits d'étiage sur la Marne.

Comme conséquence directe les modèles n'ont pu être correctement calés en toute période et particulièrement en étiage.

L'aptitude des modèles à prévoir le débit minimal d'étiage est certaine, puisqu'il suffit d'introduire à partir de la date une série de précipitations journalières nulles, mais l'inconvénient majeur de ces modèles est d'être d'un maniement peu aisé, exigeant du personnel qualifié pour un résultat qui peut être obtenu plus facilement par d'autres méthodes.

6 - Conclusions générales :

La prévision des débits d'étiages comporte deux options :

- l'une consiste en la détermination du débit minimal garanti au jour $J + P$ connaissant toutes les données hydropluviométriques antérieures au jour J de la date d'émission de la prévision de durée P jour étant donné que ces P jours seront sans pluie.

- l'autre consiste en la prévision du débit d'étiage avec une probabilité de réalisation.

Des trois modèles utilisés sur les bassins versants de l'ELLE à PONT TY NADAN, de la Marne à ST DIZIER et de la DORE à GIROUX, il ressort que le modèle basé sur la courbe type de tarissement est le plus apte à réaliser la première option pour des bassins de superficie inférieure à quelques milliers de km^2 .

- que le modèle basé sur les informations hydropluviométriques incluses sur l'abaque de prévision est également apte à réaliser la seconde option pour des bassins de superficie inférieure à 1000 km^2 . Comme sur cet abaque, la courbe type de tarissement peut y être tracée, la prévision des étiages est réalisable dans son ensemble.

- que la méthode basée sur l'application du modèle hydrologique à réservoirs présente un intérêt réduit pour la prévision des étiages compte tenu de la complexité de sa mise en route et de son exploitation, mais par contre semble être très utile pour contrôler la validité des données hydropluviométriques disponibles nécessaire à l'élaboration du second modèle basé sur l'abaque. Ces deux premiers modèles ont l'avantage d'être d'une facilité remarquable pour tout utilisateur.

La prévision des débits d'étiages avec une certaine probabilité de réalisation est envisageable en utilisant les modèles à réservoirs. Il s'agit de fournir au modèle au jour de l'émission de la prévision la série chronologique des précipitations journalières adéquates mais cette dernière étant obtenue après de nombreux essais initiaux. Bien que théoriquement utilisable pour la prévision des étiages, les modèles à réservoirs présentent l'inconvénient d'être complexe et de nécessiter une infrastructure très importante.

LE BASSIN VERSANT DE L'ELLE A PONT TY NADAN

Première partie

S O M M A I R E

Première partie

	Pages
1. <u>LES DONNEES UTILISEES</u>	16
1.1 <u>Les précipitations annuelles et journalières</u>	16
1.1.1 Données existantes	16
1.1.2 Critique des données pluviométriques	16
1.1.3 Données pluviométriques	17
1.1.4 Lames mensuelles d'eau précipitée sur le bassin versant de l'ELLE	18
1.1.5 Lame journalière ou consécutive sur N jours précipitée sur le bassin de l'ELLE	19
1.1.6 Conséquence au niveau de l'étude	19
1.2 <u>Les débits journaliers</u>	19
1.2.1 Données existantes et remarques générales	19
1.2.2 Critiques des données hydrologiques	20
1.2.2.1 A l'échelle régionale	20
1.2.2.2 A l'échelle temporelle	20
1.2.2.3 Au niveau de l'étude	22
1.2.3 Données hydrologiques	22
1.3 <u>Critique des données hydropluviométriques</u>	23
1.4 <u>L'évapotranspiration</u>	24
1.5 <u>Données diverses</u>	24
2. <u>OBJECTIF DE L'ETUDE :</u>	25
2.1 <u>Choix du modèle</u>	25
2.1.1 Les résultats du modèle global avec les données pluviométriques de la FAUET	25
2.1.2 Les résultats du modèle global avec la pluie moyenne	26
3. <u>UTILISATION DU MODELE EN PREVISION DES ETIAGES</u>	26
4. <u>APPLICATION D'UNE METHODE GRAPHIQUE DE LA COURBE TYPE DE TARISSEMENT POUR LA PREVISION DES ETIAGES MINIMAUX</u>	30
5. <u>APPLICATION D'UN ABAQUE POUR LA PREVISION DES ETIAGES</u>	30
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	31

1. LES DONNEES UTILISEES :

1.1 Les précipitations annuelles et journalières :

1.1.1 Données existantes :

Cinq postes pluviométriques situés sur le bassin versant fournissent des données qui peuvent être utilisées pour la période 1958-1973.

On peut leur ajouter onze postes pluviométriques complémentaires situés à l'extérieur du bassin mais à moins de 10 km de celui-ci.

Antérieurement à 1958, seules quelques données très éparses nous ont été communiquées aimablement par le Bureau de l'Eau pour la station du FAOUET.

Dans la Monographie n° 55 de la Météorologie Nationale "valeurs normales des hauteurs de précipitations" de M. GARNIER la présence des hauteurs normales pour 6 postes observés au cours des années 1931 à 1960 indique que des données existent. Le Service Climatologique Régional de RENNES ne possède aucune donnée journalière antérieure à 1946. Par contre celui de PARIS possède quelques données du FAOUET depuis 1941.

La récolte des données de base est difficile et nous considérons que nous n'avons rassemblé que 60 à 80 % de l'information totale des mesures effectivement réalisées.

1.1.2 Critique des données pluviométriques :

Un premier travail fut de compléter les données mensuelles annuelles et journalières manquantes par transposition des relevés aux postes très voisins. Si le nombre de journées manquantes dépassait 6 par mois, le mois était éliminé. S'il y avait plus de 3 mois reconstitués par an, l'année était éliminée. La critique des séries d'informations pluviométriques ainsi complétées a été réalisée par la méthode du simple cumul et par la méthode des doubles masses sur les valeurs annuelles brutes ou reconstituées.

Bien que la durée des séries soit très courte (8 à 25 années), nous n'avons pas constaté d'anomalies systématiques. Cependant quelques hétérogénéités ponctuelles apparaissent pour les stations de GOURIN, GLOMEL et GUISCRUFF. Seules les données des années 1948, 1949 et 1950 à GLOMEL doivent être éliminées. Pour les deux autres stations, des causes non identifiées engendrent des écarts inférieurs à 9 %.

1.1.3

DONNEES PLUVIOMETRIQUES
CARACTERISTIQUES OBTENUES

Station	Nombre d'années	Période	Moyenne annuelle estimée en mm	écart-type en mm	Coefficient de variation
BONEN	19	1955-1973	1 002	153	0,153
ROSTREMEN					
GLOMEL	11	1948-1958	1 015	254	0,250
QUIMPERLE	8	non continu	1 105	263	0,238
LE FAOUET	26	1948-1973	949	205	0,217
GOURIN	16	1958-1973	1 124	204	0,182
GUISCRIFF	12	non continu	1 244	276	0,222
LANGONNET	10	1964-1973	1 070	189	0,177
PLOERDU	6	1968-1973	1 119	-	-

PLUVIOMETRIE MOYENNE MENSUELLE BRUTE

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
BONEN	119,5	93,2	80,9	66,3	68,7	60,6	48,6	58,6	80,2	86,4	112,6	122,8
GLOMEL	93,9	112,3	66,3	53,3	62,9	62,3	56,0	84,4	108,5	83,5	117,6	111,9
QUIMPERLE	123,2	92,6	87,6	77,2	73,6	55,6	41,5	86,6	74,6	107,3	127,9	138,0
LE FAUET	110,7	83,3	69,9	59,1	66,0	4,95	4,05	72,3	80,3	90,5	115,1	112,2
GOURIN	130,5	100,0	87,6	85,1	81,8	62,8	45,2	73,4	77,0	115,2	128,9	144,1
GULSCRIF	147,3	91,3	89,0	83,3	89,2	76,6	52,2	67,0	94,1	123,0	140,9	164,8
LANGONNET	130,8	108,4	82,2	74,2	96,8	68,4	45,2	51,7	89,6	85,1	112,0	118,9
PLOERDU	166,0	117,5	83,0	77,2	94,8	83,9	58,3	57,0	93,3	56,8	129,3	102,0

Le groupement des valeurs mensuelles des précipitations en mm de ROSTRENEEN et de LE FAUET permet d'extraire les fréquences expérimentales suivantes :

Fréquence	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
0,02	186	156	141	114	202	203
0,1	147	109	84	77	148	154
0,2	97	86	80	69	102	113
0,5	52	64	59	43	62	78
0,8	24	34	21	19	20	40
0,9	14	24	16	11	13	32
0,98	8	5	6	5	0	14

1.1.4 Lames mensuelles d'eau précipitée sur le bassin versant de l'ELLE :

De 1948 à 1973, le nombre de postes pluviométriques observés situés sur le bassin ou à proximité varie de 2 à 7 selon l'année et les mois. Quelle que soit la méthode de calcul de la pluie moyenne sur le bassin la série des pluies moyennes obtenues sera inconsistante. Prendre pour pluie moyenne sur le bassin la précipitation enregistrée à l'un des postes situés au centre du bassin conduit à estimer cette valeur avec une précision moyenne de 11 % à l'échelle mensuelle. Cette détermination faite à partir de la pluie moyenne arithmétique et de la pluie au poste de LE FAUET, nous assure que dans 68 % des cas étudiés (mois de juin, juillet et août) l'écart se situe

entre - 15,4 mm et + 2,4 mm. La moyenne des écarts est de - 6,5 mm et l'écart type de ceux-ci de 8,9 mm pour une précipitation moyenne mensuelle de 60,7 mm.

Les données à la station de LE FAOUEY majorées de 12 % seraient représentatives de la pluie moyenne sur le bassin avec une précision de 40 % dans 95 % des cas.

1.1.5 Lame journalière ou consécutive sur N jours précipitée sur le bassin de l'ELLE :

Seule la station de LE FAOUEY nous permet, de par sa longue série d'observations, d'estimer la lame d'eau précipitée sur le bassin étudié en N jours en tenant compte de la correction vue précédemment.

Cependant il est bon de rappeler l'étude expérimentale, effectuée par le Ministère de l'Agriculture [1], sur la précision des résultats obtenus pour la pluie moyenne sur un bassin suivant la densité des appareils. Pour un bassin de 105 km², dans 80 % des cas, les écarts sur la précipitation journalière moyenne sont de 52 % lorsqu'un seul poste est observé. Il ne sont plus que de 31 % pour l'estimation de la précipitation moyenne sur 5 jours à partir de ce même seul poste. Ces résultats sont d'après l'auteur applicables aux régions françaises de régime océanique.

Comme la densité des postes sur le bassin versant de l'ELLE est trop faible pour que la formule soit utilisée, nous pouvons, dans 80 % des cas, par extrapolation de la courbe fournie, estimer très approximativement à 60, 70 % les écarts sur la pluie moyenne de durée 5 jours.

Cette même étude indique également qu'avec cinq postes d'observations pluviométriques sur ce bassin, les écarts sur la précipitation moyenne seraient inférieurs à 25 % dans 80 % des cas.

1.1.6 Conséquences au niveau de l'étude :

Les données disponibles aux cinq postes pluviométriques pour la période 1958-1973 permettent d'estimer avec une précision moyenne de 25 % la pluviométrie moyenne sur le bassin par période de 5 jours. Avec celles du seul poste de LE FAOUEY pour la période 1941 à 1973 nous n'obtiendrons qu'une précision de 60 à 70 % s'élevant à 11 % pour une période de 30 jours.

Il en résulte qu'au niveau de l'établissement des relations purement déterministes, ces imprécisions auront pour effet de rendre les ajustements d'autant plus délicats que la période d'observation est plus courte.

1.2 Les débits journaliers :

1.2.1 Données existantes et remarques générales :

Les débits moyens journaliers de l'ELLE au pont TY NADAN (570 km²) mesurés depuis 1928 par la Circonscription Electrique (C.E)

Centre et Ouest, nous ont été aimablement communiqués par le Service Hydrologique de la C.E. d'ORLEANS. Aucun débit journalier n'a été fourni pour la période 1940-1950. La période recommandée pour l'étude débute en 1954 pour laquelle 4 courbes de tarage ont été utilisées. Signalons que depuis 1967, une station hydrométrique installée par le SRAE de BRETAGNE sur l'ELLE au FAOUEY fournit les débits journaliers pour ce bassin de 142 km².

La station hydrologique de l'ELLE au Pont TY NADAN visitée en décembre 1975 comportait un limnigraphe enregistreur en rive gauche sur la culée et deux stations limnimétriques, l'une située 30 m à l'amont du pont, l'autre à l'aval immédiat du pont sur l'avant-dernière travée.

La section de contrôle du limnigraphe actuelle, composée de gros galets semble stable. Quatre courbes de tarage ont été utilisées de 1954 à 1975 et nous ont été communiquées ; la première de 1964 à 1965 se rapportant à l'échelle amont, avant la construction du radier sous le pont, les deuxième et troisième de 1967 à 1973 pour les périodes Août à Février et Mars à Juillet se rapportant à l'échelle sur le pont et la quatrième de 1974 et 1975 pour cette même échelle mais après la destruction du radier (crue de février 1974).

Quelques commentaires sont nécessaires. Pour un même débit en moyennes et basses eaux, la cote déduite de la quatrième courbe de tarage est supérieure à celle déduite de la troisième ou seconde courbe. En décembre 1975, à la pente de la ligne d'eau près, les échelles amont et aval possédaient le même zéro. Il semblerait nécessaire de procéder à un examen sérieux des jaugages effectués au cours de la période 1967-1973 pour confirmer l'existence de ces deux courbes de tarage valables périodiquement et de contrôler le mode de dépouillement des enregistrements limnigraphiques .

1.2.2 Critiques des données hydrologiques :

1.2.2.1 A l'échelle régionale

Pour la période 1961-1972, disposant des annuaires nationaux des débits des cours d'eau, nous avons comparé la lame écoulée sur le bassin de l'ELLE à la moyenne des lames écoulées aux deux bassins du SCORFF au pont KERLO et de l'ISOLE à QUIMPERLE qui lui sont contigus. L'on observe deux groupements de points représentatifs des années 1961 à 1968 et 1969 à 1972 exceptées les deux années 1965 et 1966. En 1965 l'on note également une lame annuelle écoulée très forte sur le bassin de l'ELLE ainsi qu'un DC 11 très élevé en comparaison des valeurs observées sur les deux autres bassins.

1.2.2.2 A l'échelle temporelle :

Les débits moyens minimaux pour des périodes consécutives de 10, 30, 60 et 120 jours de chaque année calendaire ont permis d'établir les graphiques de leur cumul par années successives. L'examen de ces graphiques indique que les données sur la période globale présentent une hétérogénéité marquée et que les deux années 1951 et 1958 sont très exceptionnelles. La période 1959-1974 ne présente aucune hétérogénéité majeure.

Quelques courbes de tarissement annuel d'avril à septembre ont été tracées en coordonnées semi-logarithmiques. Elles permettent de déterminer le nombre de jours (NJ) sans pluie pour que le débit passe de Q à $Q/10$.

	Nombre de jours
: 1930:	70
: 1934:	71
: 1954:	(125)
: 1955:	53
: 1962:	94
: 1963:	74
: 1965:	70
: 1966:	41
: 1967:	47
: 1969:	(?)
: 1971:	(132) et 44 au-dessous de 3,0 m ³ /s
: 1972:	71 et 30 " de 3,8 m ³ /s
: 1973:	72
: 1974:	(68)

(?) détermination impossible
 (132) estimation valable.

Si la valeur la plus fréquente de NJ est de 71 jours approximativement, nous constatons l'existence de valeurs suspectes de 41, 47, 125, 132 en 1966, 1967, 1954 et 1971. De plus en 1971 et 1972, le changement de valeurs de NJ au-dessous de 3,0 et 3,8 m³/s provient certainement d'une mauvaise estimation des débits journaliers due, nous semble-t-il, au fait qu'en très basses eaux le plan d'eau au limnigraphe est différent de celui observé à l'échelle aval.

Compte tenu de l'ensemble des anomalies relevées manuellement, nous avons tracé à la table "BENSON" en coordonnées semi-logarithmiques, la variation des débits journaliers pour toutes les années d'observations à PONT TY NADAN. A l'aide d'un calque unique, nous avons porté pour chaque phase de tarissement de durée de plus de 12 jours la portion de droite élémentaire représentative du tarissement calée exactement dans le temps.

Le graphique N° E1 ainsi obtenu permet de juger de la qualité des données exploitées et fait ressortir les anomalies. Nous sommes persuadés que, malgré les diverses recharges possibles des nappes, l'ensemble du bassin versant devrait avoir des réponses en tarissement très nettement semblables aux mêmes périodes de l'année.

Le comportement hydrologique du bassin pour les années 1952-1961-1969 n'est pas compréhensible, seules les données doivent être mises en doute.

Les graphiques N° E 2 à E 6 présentent les variations des débits journaliers tracés à la table "BENSON" pour des années particulières.

HEX-00257

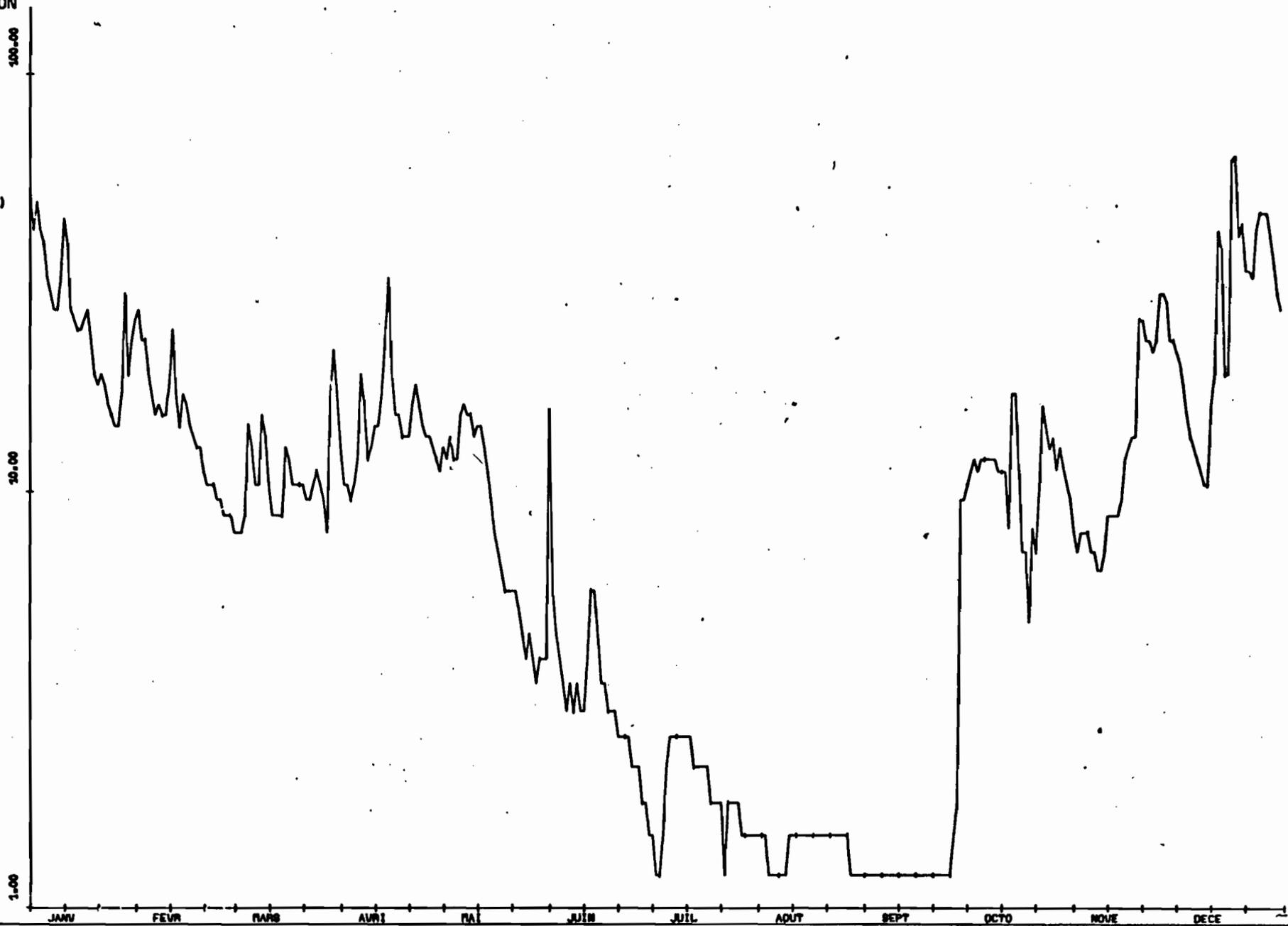
GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

E2

ANNEE : 52

STATION (S)

1047 4801



HEX 00258

GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

E3

ANNEE : 54

STATION (S)

■ 1047 4801

100.00

10.00

1.00

JANV

FEVR

MARS

AVRI

MAI

JUN

JUIL

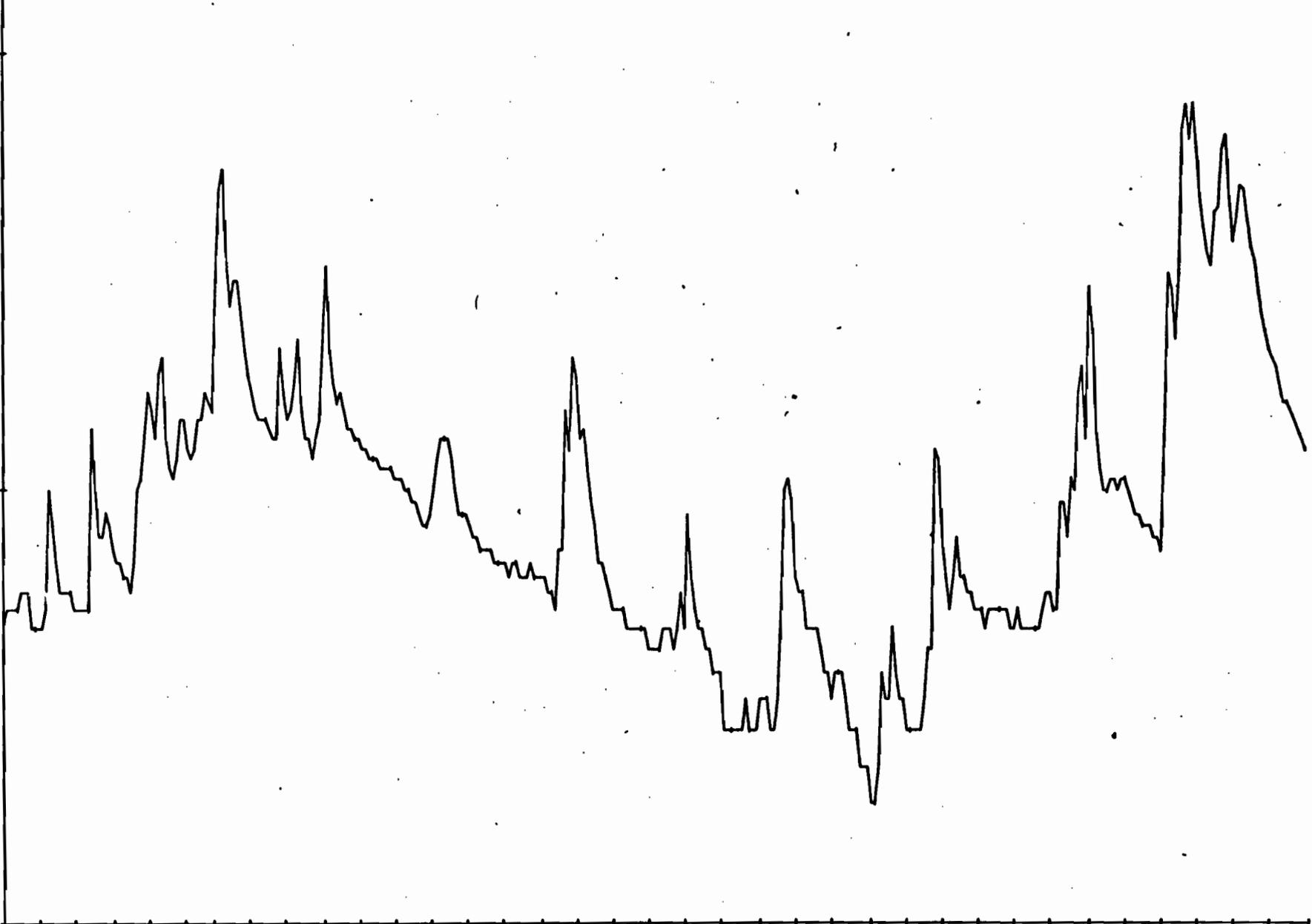
AOUT

SEPT

OCTO

NOVE

DECE



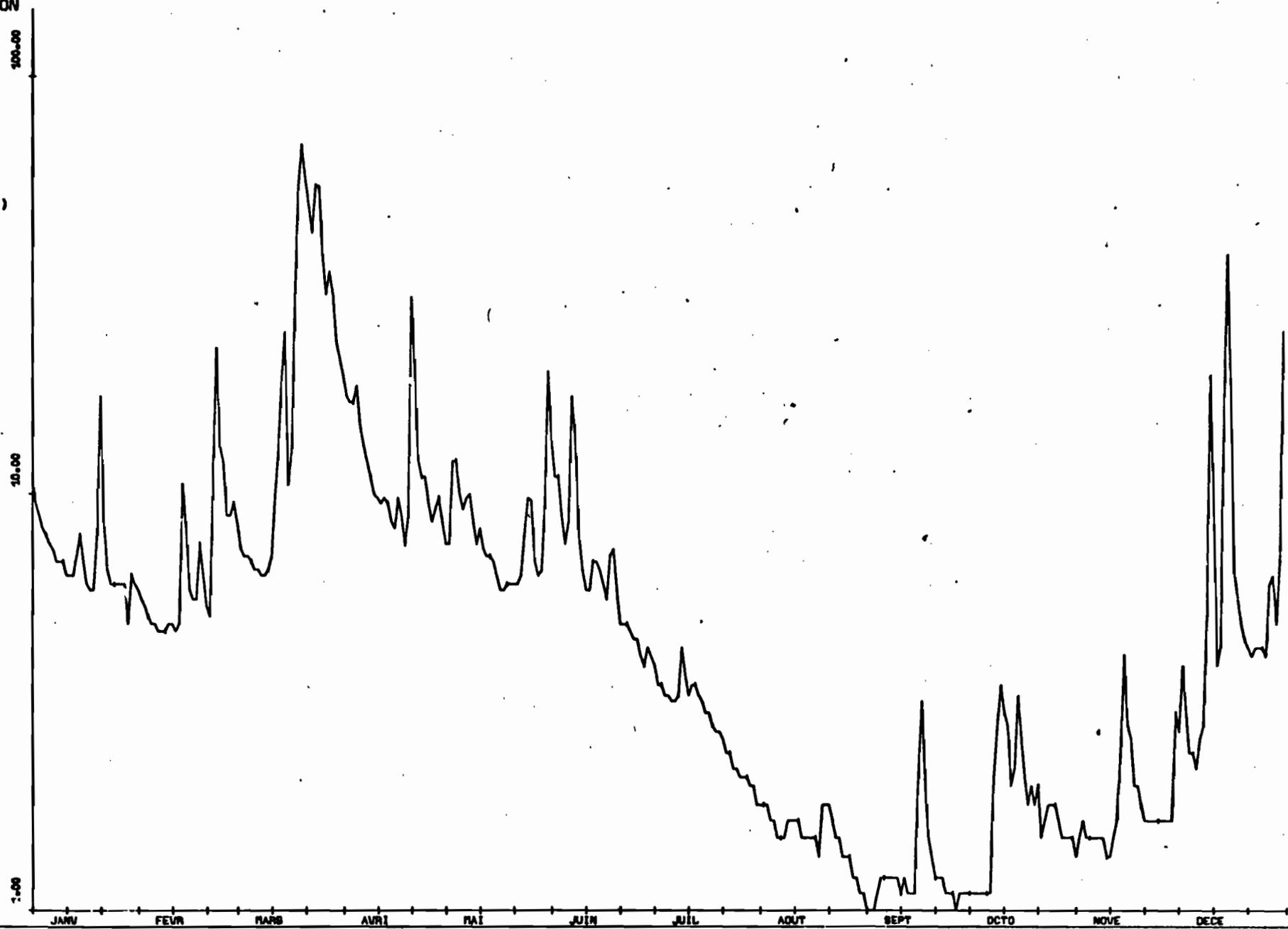
GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

E4

ANNEE : 64

STATION (S)

■ 1047 4991



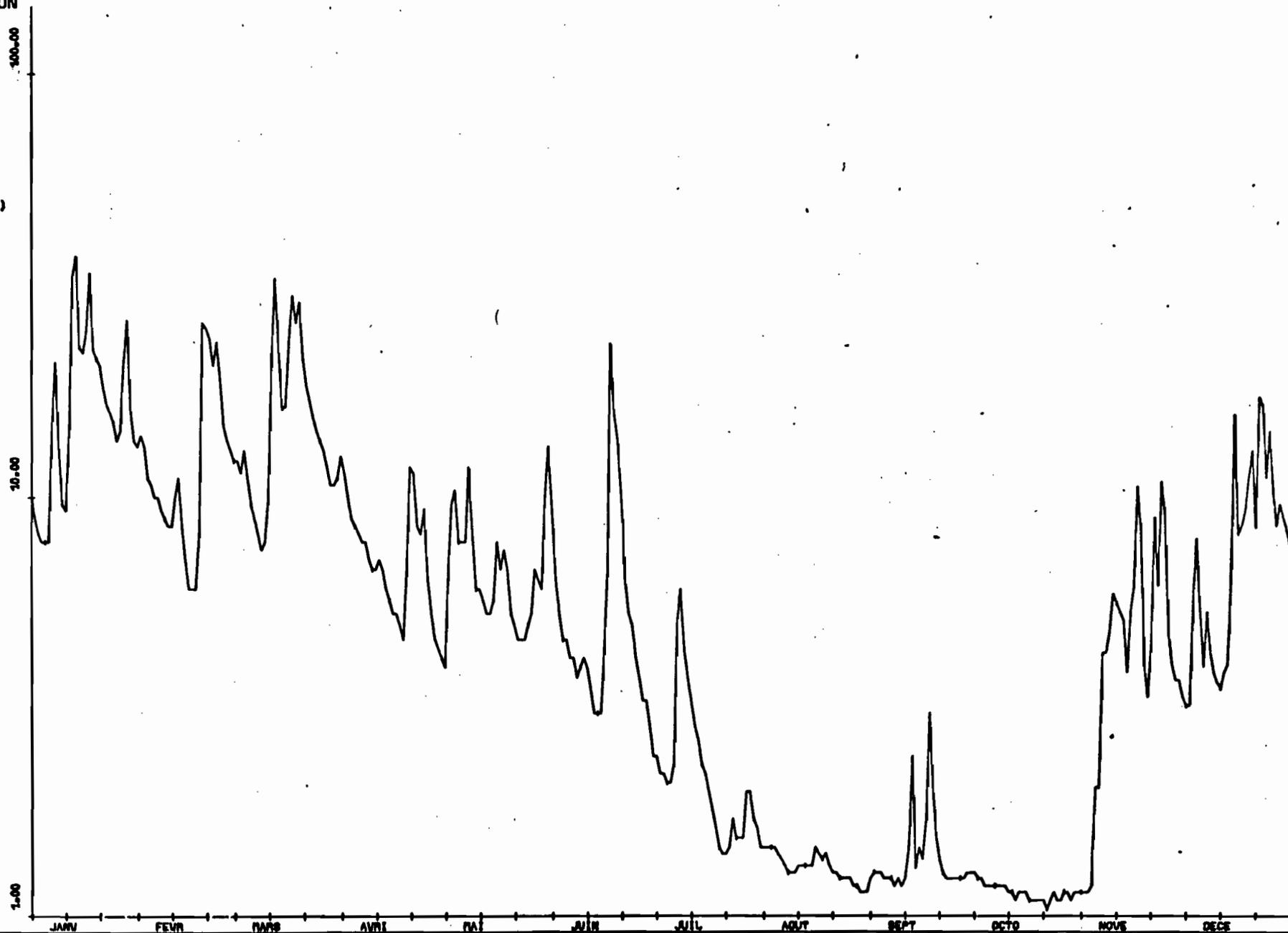
GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

E5

ANNEE : 69

STATION (S)

■ 1047 4801



GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

ANNEE : 70

STATION (S)

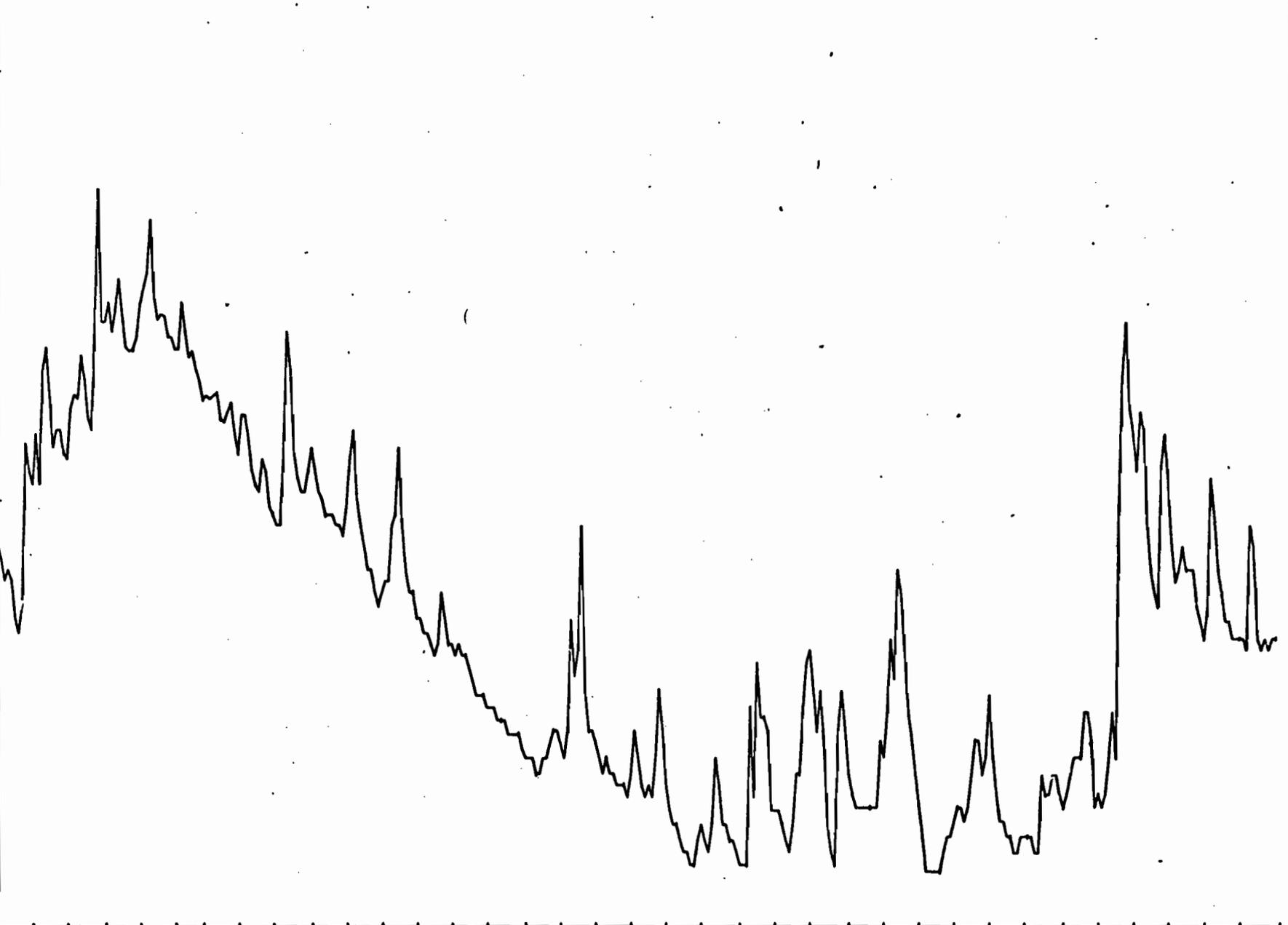
1047 4801

100.00

10.00

1.00

JANV FEVR MARS AVRI MAI JUIN JUIL AOÛT SEPT OCTO NOVE DECE



1.2.2.3 Au niveau de l'étude :

L'objectif de cette critique est de mettre en évidence les points singuliers et de pouvoir rechercher, au cours de l'étude qui fait suite, si l'existence de ces points singuliers s'explique physiquement.

Le passage du modèle à discrétisation spatiale pour l'ensemble du bassin versant de l'ELLE au pont TY NADAN pour les années 1967 à 1974 nous permettra, en fin d'étude, de porter un jugement de valeur sur l'ensemble des données hydropluviométriques obtenues sur ce bassin. Il semble bien que la qualité des données est dans son ensemble acceptable ; mais que la représentativité des données pluviométriques est par contre très insuffisante pour cette simulation.

1.2.3 Données hydrologiques

Quelques données hydrologiques tirées des informations brutes obtenues sont citées ci-après :

DEBITS MOYENS MINIMAUX en m ³ /s				
	10	30	60	120
Minimum observé	0,28	0,403	0,433	0,642
fréquence 0,9	0,47	0,70	0,88	1,42
fréquence 0,8	0,66	0,79	1,13	1,56
Médiane	1,15	1,52	1,66	2,14
fréquence 0,2	2,11	2,41	2,85	4,01
fréquence 0,1	2,42	2,94	3,5	5,00
Maximum observé	0,63	5,35	6,83	7,85

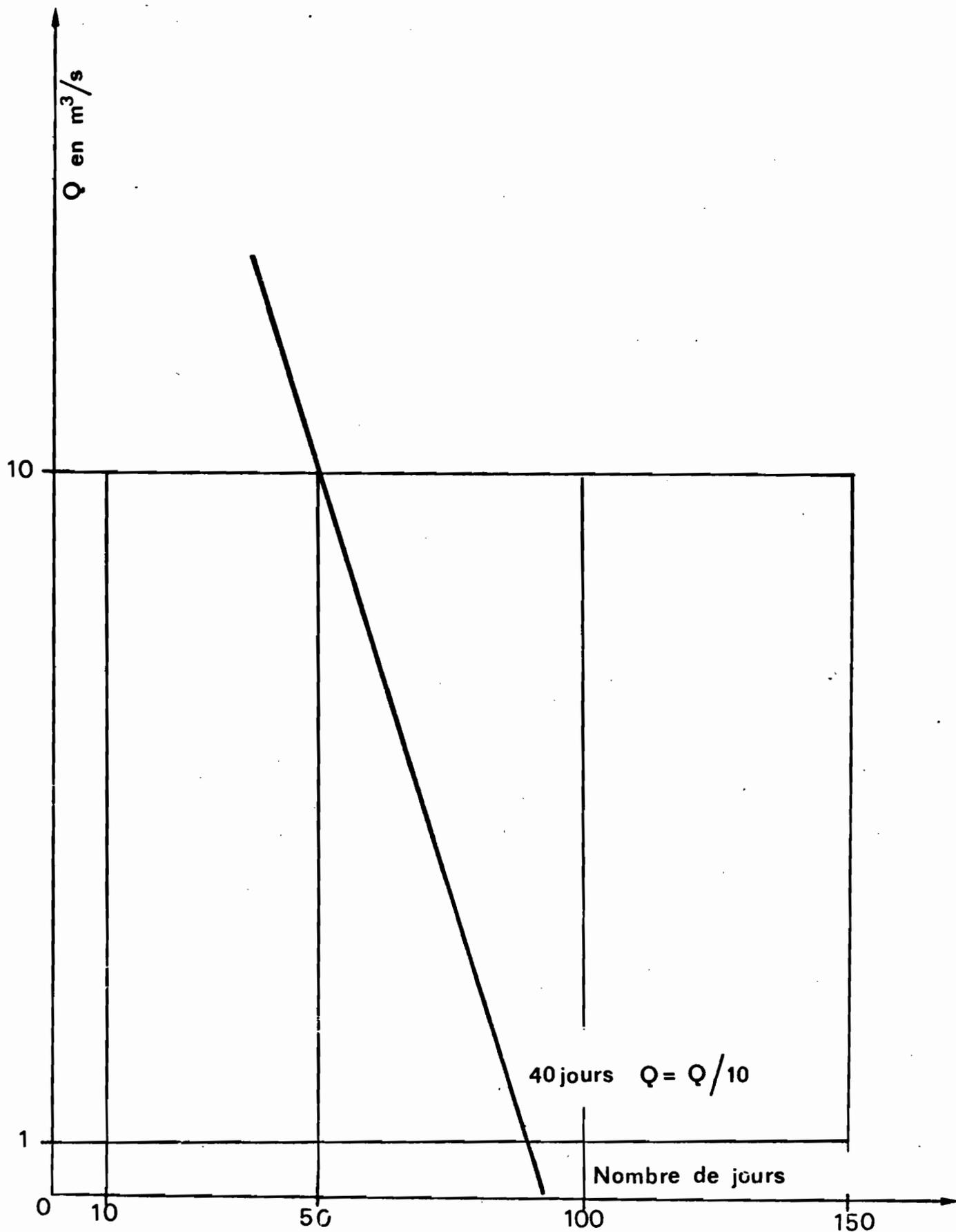
Le débit moyen minimal de 10 jours s'observe, pour notre échantillon, entre le 1er juillet et le 25 octobre et, dans 50 % des cas, entre le 8 août et le 8 septembre.

Notons que les débits prélevés en amont de la station peuvent se chiffrer à 50 l/s au maximum pendant quelques heures (lavage avec rejet) [2].

L'alimentation en eau et l'utilisation de l'eau comptée en eau perdue ne semblent pas devoir dépasser 10 litres par seconde en étiage. On ignore par contre la quantité d'eau utilisée en agriculture par irrigation et qui est considérée comme perdue. De toutes façons ces prélèvements ne peuvent expliquer les anomalies du tarissement des années 1971 et 1972, car pour les débits très faibles de 1972, nous n'observons aucune anomalie.

BASSIN DE L'ELLE A PONT TY NADAN

Courbe type de tarissement



1.3 Critique des données hydropluviométriques :

Aux deux précédents paragraphes, un examen critique des données pluviométriques et hydrologiques a été réalisé séparément. Il a permis de fournir des caractéristiques sur chacun des groupes de données et de préciser la validité temporelle ou spatiale de chacun d'eux.

Dans ce paragraphe, nous essayerons de mettre en évidence certaines liaisons normales entre ces données et, éventuellement, de porter un jugement sur leur validité. A partir du 1er juin de chaque année, nous avons calculé pour les 30 premières périodes de 5 jours le débit moyen écoulé à la station de l'ELLE à Pont TY NADAN et les indices pluviométriques à chaque station pluviométrique du bassin. L'indice pluviométrique sur 5 jours est la somme des valeurs positives représentées par $P_j - ETP_j$ (P_j pluie du jour j , ETP_j évapotranspiration potentielle du jour j , prise égale à l'ETP moyenne du mois).

L'examen visuel de chaque tableau de présentation des résultats obtenus permet de faire la constatation suivante :

- pour des périodes de 60 jours consécutifs avec des indices pluviométriques de 15 à 30 mm, le débit moyen est divisé par 3,6 au maximum.

Par contre de nombreuses remarques très importantes peuvent être faites :

- fin octobre 1971 : malgré des indices pluviométriques élevés les débits décroissent,
- août 1969 : malgré des indices pluviométriques très faibles les débits ne décroissent que très faiblement,
- juillet 1966 : malgré des indices pluviométriques nuls, les débits croissent énormément de 700 l/s à 3 000 l/s,
- 1965-1963-1958-1956-1954-1951 : années très abondantes.
- juillet-août 1955 : pour une période de 70 jours sans indice pluviométrique pentadaire notoire (1 valeur égale à 5,1 mm) le tarissement relativement homogène présente une décroissance localisée très anormale des débits du 14 au 18 août: 1 300 l/s à 400 l/s.

Il aurait été particulièrement intéressant d'obtenir la liste exhaustive des jaugeages effectués sur l'ELLE au Pont TY NADAN de la Circonscription Electrique du Centre Ouest pour préciser la courbe de décroissance des débits mesurés dans le temps.

Cette critique des données hydropluviométriques est, avant tout essai de modélisation ou d'études approfondies, d'une nécessité absolue pour éviter l'introduction de données aberrantes ou même pour éliminer certains résultats plus que douteux.

1.4 L'évapotranspiration :

Le Service Météorologique National dispose pour la station météorologique de ROSTRENEN de la valeur de l'évapotranspiration potentielle mensuelle calculée à partir de la formule de PENMAN pour la période complète 1956-1975. La valeur moyenne interannuelle s'établit à 617,8 mm avec des valeurs extrêmes qui s'écartent plus ou moins de 15 % (742,5 mm en 1959 et 523,6 mm en 1972). Nous donnons les valeurs moyennes mensuelles suivantes en mm :

	: moyenne :	maximale :	minimale :
:Avril :	62,4 :	74,7 :	52,1 :
:Mai :	87,3 :	97,8 :	62,9 :
:Juin :	97,3 :	134,3 :	73,5 :
:Juillet :	103,2 :	134,4 :	85,0 :
:Août :	82,3 :	105,0 :	70,1 :
:Septembre :	55,1 :	82,1 :	41,8 :
:Octobre :	28,9 :	35,2 :	24,1 :

Les fluctuations de ces valeurs mensuelles d'un mois sur l'autre et d'une année à l'autre aussi importantes auront une influence non négligeable sur les résultats que nous obtiendrons en utilisant que les valeurs de l'ETP.

1.5 Données diverses :

Les données météorologiques qui s'avèreraient nécessaires au cours de l'étude ci-dessous proviendront de la station météorologique de ROSTRENEN située à l'extérieur immédiat de la limite Nord-Est du bassin versant de l'ELLE.

Les caractéristiques physiographiques du bassin versant ont été tirées en particulier de l'étude de la qualité des eaux de la rivière de l'ISOLE et des affluents de la rivière l'ELLE, du Ministère de l'Agriculture et des cartes jointes à celle-ci.

2. OBJECTIF DE L'ETUDE :

L'objet de la convention est : "L'étude de l'efficacité relative et du domaine d'application de différents modèles hydrologiques pour prévoir les étiages". L'objectif général des études et travaux, défini au paragraphe 1.2a de la convention, est d'envisager une étude systématique et expérimentale des modèles "rustiques" et de définir avec objectivité les conditions d'emploi.

Pour respecter le principe méthodologique du partage de la période de référence en une période d'ajustement et une période de vérification, nous choisirons pour le bassin de l'ELLE comme période d'ajustement la période 1965-1974 qui comprend une année très humide 1969 et une année sèche 1972. Nous verrons l'intérêt de la critique des données déjà réalisée au moment du calage du modèle.

2.1 Choix du modèle :

Compte tenu du faible nombre de postes pluviométriques en service sur le bassin au cours de la période, nous avons utilisé un modèle global pour la simulation et nous n'avons utilisé, tout d'abord, qu'une station pluviométrique celle de LE FAOJET pour représenter les précipitations puis pour la période 1958-1974 la moyenne pondérée des précipitations aux stations de ROSTREVEN, LE FAOJET, GOURIN et GUISCRIF.

2.1.1 Les résultats du modèle global avec les données pluviométriques de LE FAOJET :

L'essai porte sur la totalité des observations (1947-1974) à cette station après un calage très sommaire (1971-1974).

Nous constatons que les déficits d'écoulement annuels varient de 55 mm à 695 mm au cours de cette période (années 1957 et 1974).

Les écarts moyens entre lame écoulée et lame calculée sur les périodes intermédiaires présentent une variation continue d'où une hétérogénéité des données :

1951-1958	Ec = + 275 mm
1959-1968	Ec = + 170 mm
1969-1974	Ec = + 36 mm.

C'est la période 1969-1974 qui correspond aux meilleures données. On ne note également pour cette période aucun écart entre lame mensuelle calculée et lame mensuelle observée supérieur à 40 mm.

Nous avons donc préféré utiliser ce même modèle global mais avec comme entrée les précipitations moyennes journalières calculées à partir de quatre postes qui ont été observés d'une manière continue entre 1958 et 1974.

2.1.2 Les résultats du modèle global avec la pluie moyenne :

La précipitation moyenne journalière calculée par la méthode de THIESSEN à l'aide des 4 postes de ROSTRENEN, LE FAUET, GOURIN et GUISCRIF est utilisée pour la simulation à l'aide du modèle global.

Les résultats obtenus présentent sur les lames annuelles des écarts encore très importants de telle sorte qu'aucun réglage n'apporterait une amélioration notable dans la simulation.

Il est à noter que pour les années à faible précipitation les écarts, en valeur relative, entre lame annuelle simulée et lame observée, diminuent (2 % en 1973, 15 % en 1971, 10 % en 1964). L'écart maximal est observé en 1974 avec 33 %.

Le tableau E 8 donne les lames mensuelles observées et simulées sur le bassin de l'ELLE de 1958 à 1974. Les écarts les plus importants se remarquent au début des années et en fin de saison sèche (octobre et novembre).

Le tableau E 9 récapitule les principaux résultats obtenus.

Au niveau de la simulation des étiages, malgré les incertitudes nombreuses sur la validité des débits, l'imprécision sur les précipitations, et l'inadéquation du modèle, on note que le débit minimal annuel est dans 50 % des cas obtenu à 50 % près. La date d'apparition de l'étiage et la valeur de celui-ci ne sont prévues avec la précision indiquée ci-dessous qu'une fois sur cinq.

Les graphiques E 10 et E 13 de variation des débits journaliers observés et simulés au cours des années 1962-1970-1973 et 1974 permettent de visualiser les écarts obtenus par la simulation.

3. UTILISATION DU MODELE EN PREVISION DES ETIAGES :

Au paragraphe précédent, nous avons noté que le modèle global avec utilisation de la pluviométrie moyenne sur le bassin versant ne permet pas de reproduire avec une certaine précision les étiages journaliers. Il en serait d'ailleurs de même pour les débits moyens minimaux sur une période de 5 jours. Pour ce bassin versant de l'ELLE, nous avons également noté au début de l'étude combien les données hydrologiques utilisées présentaient d'anomalies certaines et rendaient délicat un meilleur calage du modèle.

Même en supposant que le modèle convienne et soit particulièrement bien calé, il serait nécessaire, pour prévoir les débits d'étiage à 30, 60 jours, de fournir au modèle la série chronologique des précipitations journalières. A défaut de cette série chronologique, le modèle peut fournir une estimation du débit minimal en l'absence des précipitations à partir des éléments connus au moment de la prévision. Il ne semble pas envisageable actuellement pour ce type de bassin versant d'utiliser des modèles à réservoirs pour prévoir les étiages.

BASSIN DE L'ELLE A PONT TY NADAN
COMPARAISON DES LAMES ECOULEES MENSUELLEMENT

E 8

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
1958:Lo	90,9	98,2	112,4	79,2	55,9	69,9	4,87	41,8	25,3	47,0	31,1	83,9	784,5
:Lc	65,6	73,8	74,7	34,4	33,8	47,1	36,3	33,0	22,6	42,8	26,2	82,1	572,4
1959:Lo	168,4	45,2	41,0	95,9	60,9	22,8	9,54	6,2	3,5	10,9	24,8	168,7	657,7
:Lc	119,9	23,1	45,5	87,8	33,3	15,8	11,0	7,7	5,3	53,2	35,5	176,2	664,6
1960:Lo	149,1	83,2	115,5	50,0	25,9	17,1	12,8	26,7	18,8	96,3	190,1	114,4	899,9
:Lc	123,7	86,1	101,8	43,0	31,8	21,9	15,3	37,6	26,6	102,3	155,0	104,5	855,7
1961:Lo	149,1	98,7	38,2	47,4	37,6	23,0	10,9	7,0	5,3	17,6	17,9	110,0	562,8
:Lc	128,2	70,3	37,0	58,5	42,4	23,9	14,5	10,8	7,8	48,6	50,2	135,4	636,6
1962:Lo	142,3	47,1	48,8	71,4	49,6	19,5	12,0	9,0	8,7	10,1	25,3	28,0	471,7
:Lc	131,3	35,5	56,7	61,7	33,2	15,0	11,3	8,5	9,3	10,7	58,8	43,2	475,2
1963:Lo	41,2	47,8	127,9	125,5	79,4	48,3	23,2	13,2	11,5	16,1	101,4	90,8	726,4
:Lc	52,2	53,8	88,3	70,3	32,5	27,5	13,2	9,4	7,2	7,1	113,1	73,2	547,6
1964:Lo	34,6	32,0	113,2	55,6	38,9	32,6	13,7	7,2	5,8	8,8	8,3	34,8	385,5
:Lc	36,0	44,4	99,8	43,9	31,1	33,1	12,1	8,6	6,1	16,9	13,8	79,1	424,7
1965:Lo	84,1	33,8	52,1	32,4	36,4	31,8	19,6	13,0	16,4	17,8	54,6	182,4	574,5
:Lc	97,4	27,9	68,0	19,7	26,1	19,5	9,1	6,7	7,8	8,3	46,6	146,6	483,7
1966:Lo	164,2	157,4	70,4	97,8	35,6	11,3	8,3	12,7	13,3	37,3	42,7	72,8	723,8
:Lc	117,6	133,6	63,7	112,8	64,4	34,1	20,1	14,7	12,6	56,3	55,6	84,6	770,0
1967:Lo	83,2	107,0	92,5	25,3	41,4	20,8	8,9	7,2	19,9	29,9	63,1	53,9	553,1
:Lc	89,6	97,6	80,2	27,7	57,7	21,1	13,5	9,9	36,6	64,9	65,1	68,4	632,3
1968:Lo	103,9	44,0	20,9	19,9	47,9	25,6	21,9	11,5	11,9	21,0	22,7	46,9	398,3
:Lc	85,9	66,9	32,1	37,9	53,7	29,4	28,6	11,1	14,7	42,2	31,1	63,2	496,8

BASSIN DE L'ELLE A PONT FY NADAN
COMPARAISON DES LAMES ECOULEES MENSUELLEMENT

E. 8
(suite 1)

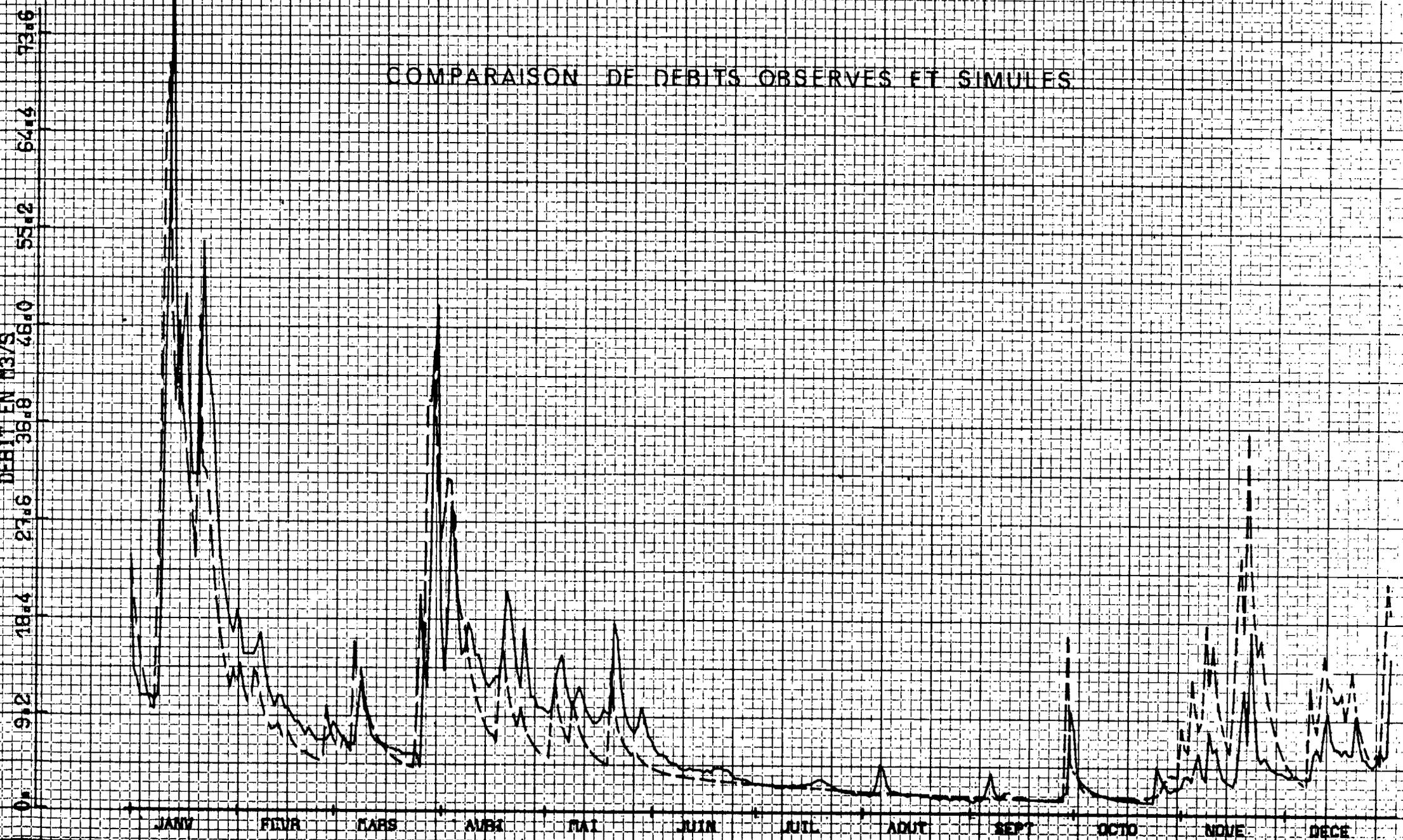
	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	oct	Nov	Déc	Année
1969:Lo	81,8	54,4	73,7	33,7	32,4	26,8	10,9	6,1	6,4	5,4	21,9	38,1	391,6
:Lc	91,9	62,7	75,6	28,6	38,5	33,9	18,1	9,4	8,9	5,9	47,1	69,8	490,6
1970:Lo	70,8	111,3	65,5	40,5	18,7	13,4	9,3	11,9	11,4	9,4	33,5	29,4	425,0
:Lc	89,8	112,7	57,4	34,2	17,5	14,2	10,0	8,9	10,3	6,9	32,8	26,6	421,0
1971:Lo	59,2	46,1	42,0	32,5	23,8	14,2	7,3	6,8	4,0	3,8	7,4	11,7	258,7
:Lc	86,0	54,5	47,3	27,4	18,6	10,1	7,0	5,0	3,4	2,6	12,3	25,2	299,4
1972:Lo	39,2	85,8	63,2	43,4	40,1	40,9	15,6	8,9	9,9	9,6	36,1	77,3	470,0
:Lc	71,0	102,1	60,0	51,2	42,2	28,7	11,3	8,4	10,7	11,7	65,2	95,7	558,2
1973:Lo	56,9	53,1	32,9	22,1	31,6	17,8	11,0	5,8	7,8	11,7	10,8	23,6	285,0
:Lc	55,2	46,4	20,5	20,0	35,9	14,2	9,5	6,3	6,9	20,1	16,7	39,1	290,7
1974:Lo	81,0	152,4	68,6	36,4	31,9	15,1	10,2	8,7	19,5	21,5	67,5	61,1	573,8
:Lc	116,0	194,1	98,9	37,7	52,7	17,3	14,0	10,6	23,1	35,1	103,5	56,0	759,1

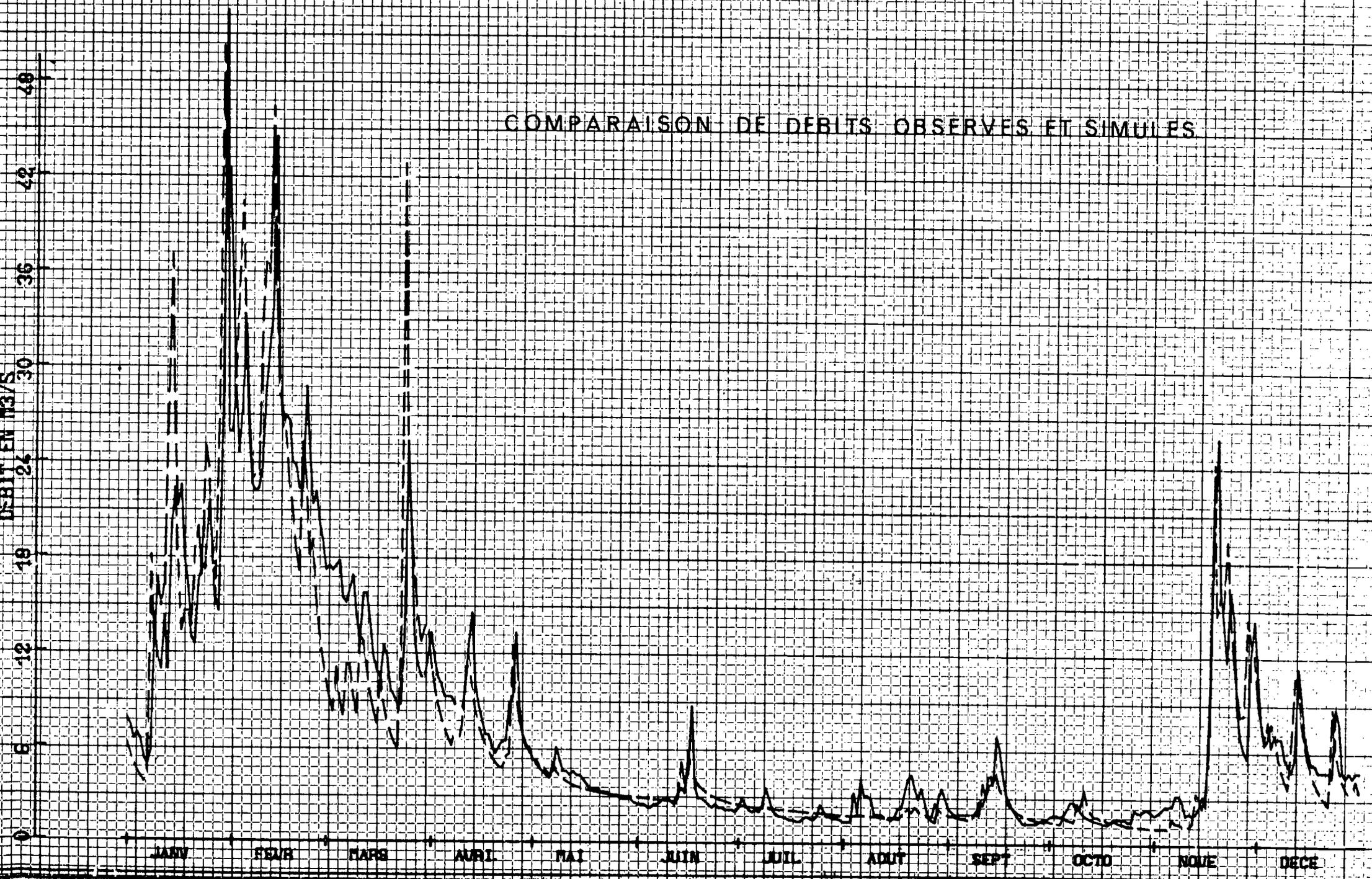
Lo lame mensuelle observée
Lc lame mensuelle simulée

ELLE A PONT TY NADAN

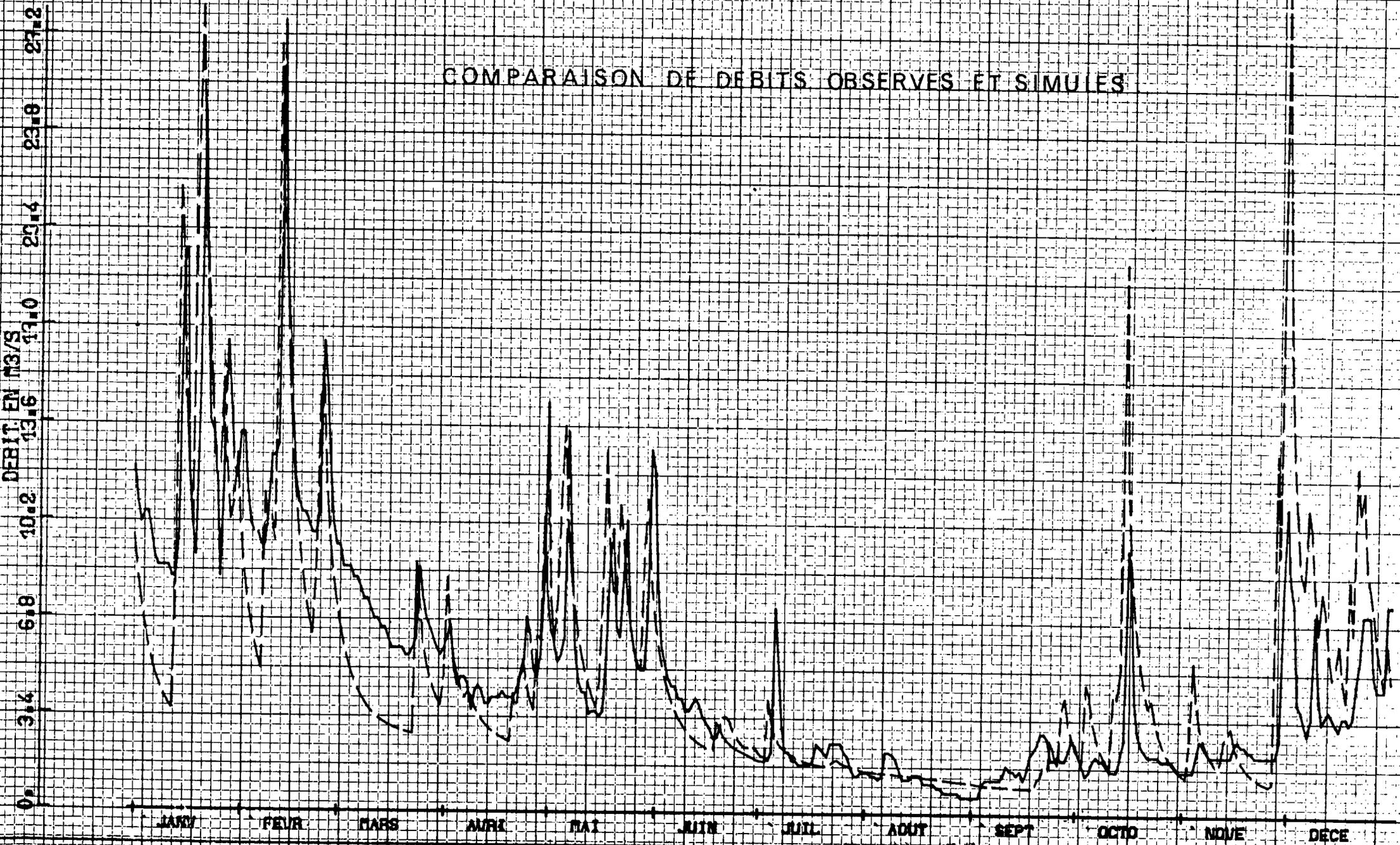
E 9

Etiage minimal									
	LQs	LQc	L(Qo-Qc)	Pluie	ETR	Qc	Qo	Date	Date
	en mm	en mm	en mm	P1,02 en mm	en mm	en m ³ /s	en m ³ /s	cal	obs
:1958:	784,5	572,4	+213,1	:1 189	: 560	: 2,186	: 4,50	: 8 déc	:27 sept:
:1959:	657,7	664,6	- 6,9	:1 139	: 447	: 0,925	: 0,60	: 5 oct	: 5 sept:
:1960:	899,9	855,7	+44,2	:1 420	: 550	: 2,563	: 1,80	: 9 août	: 6 août:
:1961:	562,8	636,6	-73,8	:1 077	: 491	: 1,490	: 0,90	: 2 oct	:13 sept:
:1962:	471,7	475,2	- 3,5	: 901	: 496	: 1,145	: 1,10	: 9 oct	: 2 sept:
:1963:	726,4	547,6	+178,8	:1 108	: 535	: 1,178	: 2,00	:29 oct	: 2 oct :
:1964:	385,5	424,7	- 39,2	: 881	: 484	: 1,112	: 1,00	: 6 oct	: 3 sept:
:1965:	574,5	483,7	+ 90,8	:1 071	: 532	: 1,118	: 2,00	:13 oct	:21 août:
:1966:	723,8	770,0	- 46,2	:1 271	: 531	: 2,231	: 0,700	: 1 oct	:12 juil:
:1967:	553,1	682,3	-129,2	:1 123	: 507	: 1,695	: 0,985	:10 sept:	:31 août:
:1968:	390,1	496,8	- 98,7	:1 018	: 552	: 1,857	: 1,770	:12 sept:	:13 sept:
:1969:	391,6	490,6	- 99,0	: 983	: 505	: 1,050	: 1,040	: 5 nov	: 7 oct.:
:1970:	425,0	421,0	+ 4,0	: 913	: 536	: 1,041	: 1,350	: 5 nov	:27 sept:
:1971:	259,7	299,4	- 40,7	: 741	: 476	: 0,445	: 0,540	: 7 nov	:30 oct :
:1972:	470,0	558,2	- 88,2	:1 160	: 521	: 1,295	: 1,180	: 8 oct	: 2 sept:
:1973:	285,0	290,7	- 5,7	: 751	: 522	: 0,932	: 0,560	:18 sept:	: 1 sept:
:1974:	573,8	759,1	-185,3	:1 332	: 514	: 1,953	: 1,150	: 2 sept:	:31 août:

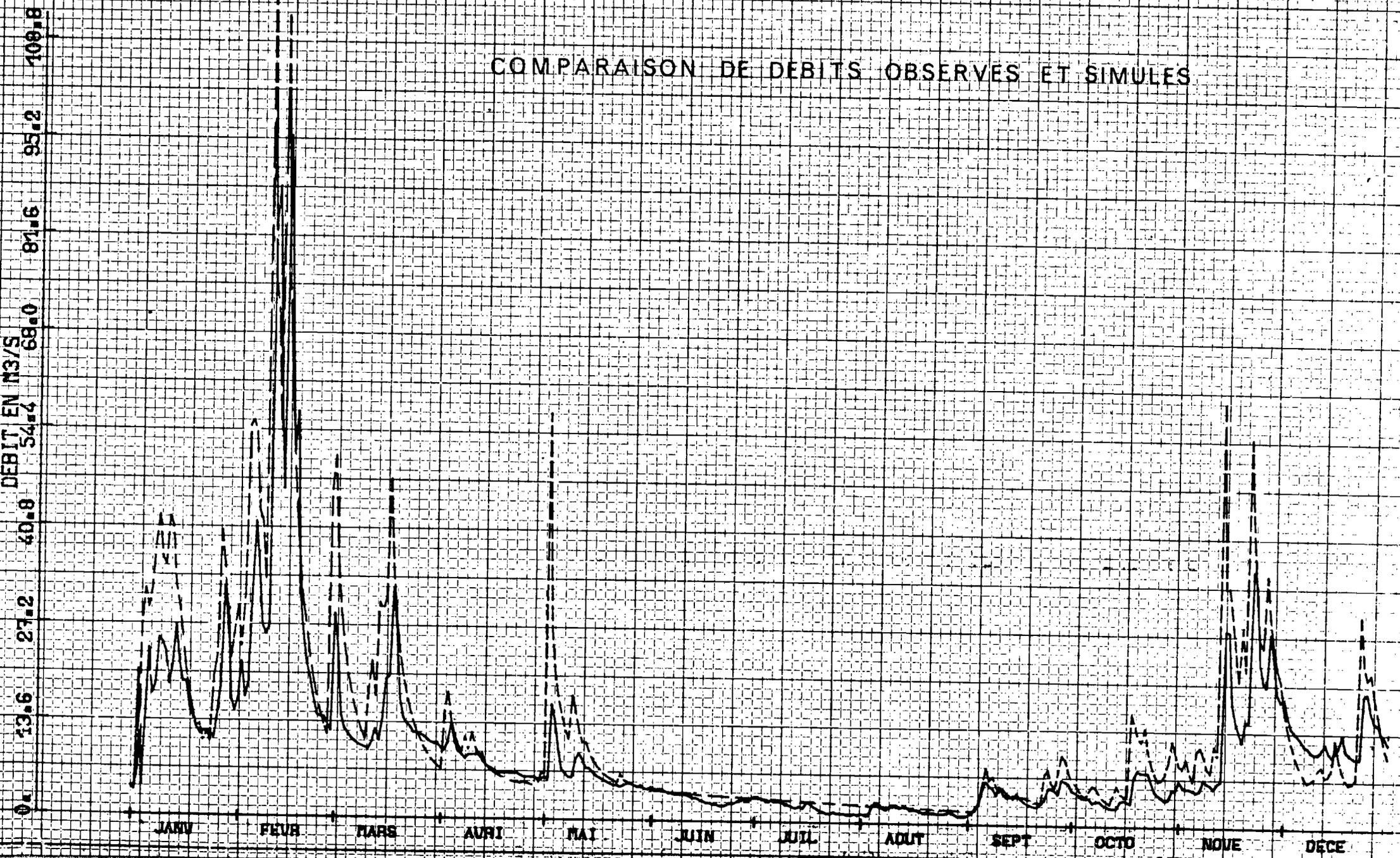




COMPARAISON DE DEBITS OBSERVES ET SIMULES



COMPARAISON DE DEBITS OBSERVES ET SIMULES



4. APPLICATION D'UNE METHODE GRAPHIQUE DE LA COURBE TYPE DE TARISSEMENT POUR LA PREVISION DES ETIAGES MINIMAUX :

En reprenant le graphique E 1 qui présente tous les éléments de droite de tarissement tracés au cours de la période d'observation à cette station, nous estimons, malgré les incertitudes déjà notées, être en mesure de tracer une courbe type de tarissement qui représenterait le tarissement pur du bassin versant en l'absence de toute précipitation. Certains de ces éléments de droite présentent des pentes moins fortes, par suite de la présence de petites pluies perturbatrices qui soutiennent les débits de basses eaux. Sur le graphique E 7 nous avons tracé la courbe type de tarissement admise comme probable. Le débit de l'ELLE au Pont TY NADAN passe d'une valeur Q à une valeur $Q/10$ en 40 jours approximativement.

Il faut être prudent, dans le cas d'une année très exceptionnellement sèche, surtout si le bassin versant présente deux systèmes de vidange des réserves aquifères. L'un assez rapide, celui que l'on observe, un second beaucoup plus lent, que l'on observerait seulement au cours d'une longue période sèche et qui favoriserait le maintien d'un débit minimal. Ce ne semble pas être le cas pour le bassin de l'ELLE, aussi nous pouvons utiliser cette courbe type de tarissement pour prévoir les débits d'étiage en période sans précipitation.

Ainsi pour un débit médian de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ le 1er avril à PONT TY NADAN nous aurions :

$1 \text{ m}^3/\text{s}$	le 10 mai
$0,1 \text{ m}^3/\text{s}$	le 20 juin
10 l/s	le 1er août

dans le cas où l'on n'enregistrerait aucune précipitation entre le 1er avril et le 1er août sur le bassin.

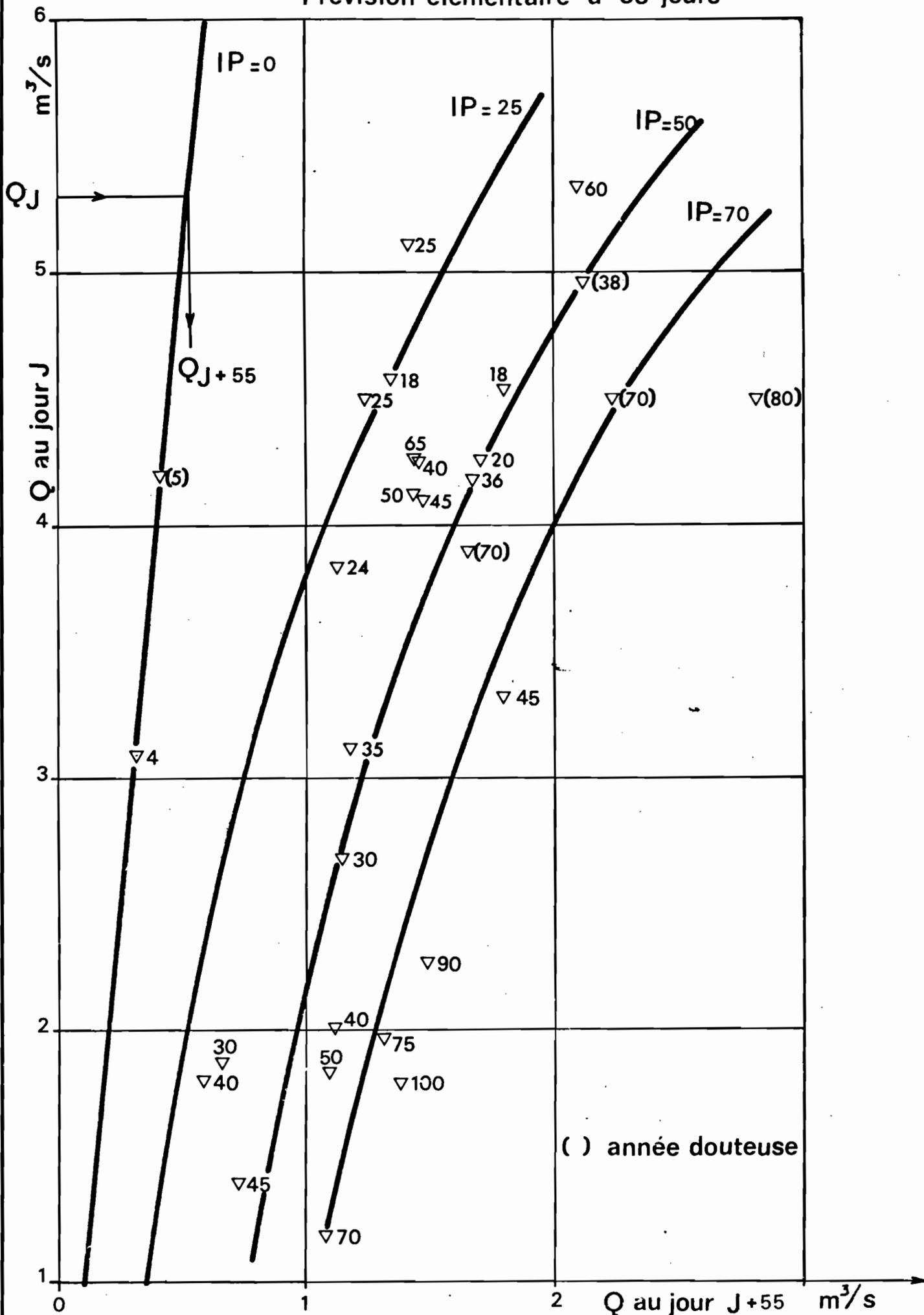
Cette méthode graphique de la courbe type de tarissement demande que soit tracée en coordonnées semi-logarithmiques la courbe de variation des débits journaliers observés pour ne réaliser la superposition de cette courbe avec la courbe de variation que 6 à 8 jours après un maximum de crue au cours de l'étiage.

La détermination du débit minimal garanti est donc possible grâce à cette méthode graphique qui reste très simple lorsque la courbe type de tarissement a été tracée judicieusement.

5. APPLICATION D'UN ABAQUE POUR LA PREVISION DES ETIAGES :

Au paragraphe 1.3 de la critique des données hydropluviométriques du bassin de l'ELLE, nous avons dressé les tableaux donnant pour les 30 premières périodes de 5 jours après le 1er juin de chaque année le débit moyen journalier et l'indice pluviométrique à chacun des postes pluviométriques. Ces données vont nous permettre de dresser le graphique E 14 construit de la manière suivante : en ordonnée le débit moyen de la période J , en abscisse le débit moyen de la période $J + 11$ et pour chaque point représentatif l'on porte la valeur moyenne de l'indice pluviométrique de tous les postes communs.

Prévision élémentaire à 55 jours



Nous voyons qu'il est possible de tracer les courbes pour des indices IP = 0, IP = 25, IP 50, IP = 70.

Il suffit alors de rechercher quelle est la probabilité d'avoir un indice : IP = 25, IP = 50, IP=70 pour obtenir une prévision de l'étiage à 55 jours avec une probabilité donnée. Remarquons que cette méthode à l'avantage sur la précédente de ne pas demander la mise à jour continuelle du graphique de variation des débits journaliers en coordonnées semi-logarithmiques et de pouvoir obtenir une prévision des débits d'étiage avec une probabilité donnée.

Signalons qu'il existe entre les deux méthodes présentées ci-dessus un écart assez important au niveau de la prévision des étiages en l'absence des précipitations.

La première méthode graphique donne, pour un débit au jour J de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, une prévision de débit au 55^{ème} jour à $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ en l'absence de précipitation. La présente méthode donne une prévision de débit, dans les mêmes conditions, à $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Nous devons remarquer que cet écart compte tenu des imprécisions dans le tracé des courbes (IP = constante) avec un nombre plus faible d'années, n'est pas excessif. La valeur de $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ représente réellement le débit minimal garanti, tandis que celle de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ est une valeur approchée compte tenu du faible nombre de points de détermination de la courbe IP = 0.

BIBLIOGRAPHIE :

- (1) Société Hydrotechnique de France - Juin 1976 -
- (2) Etude de la qualité des eaux de la rivière l'ISOLE et des affluents de la rivière l'ELLE - Ministère de l'Agriculture - Région Bretagne Mars 1975 -

LE BASSIN VERSANT DE LA MARNE A ST DIZIER

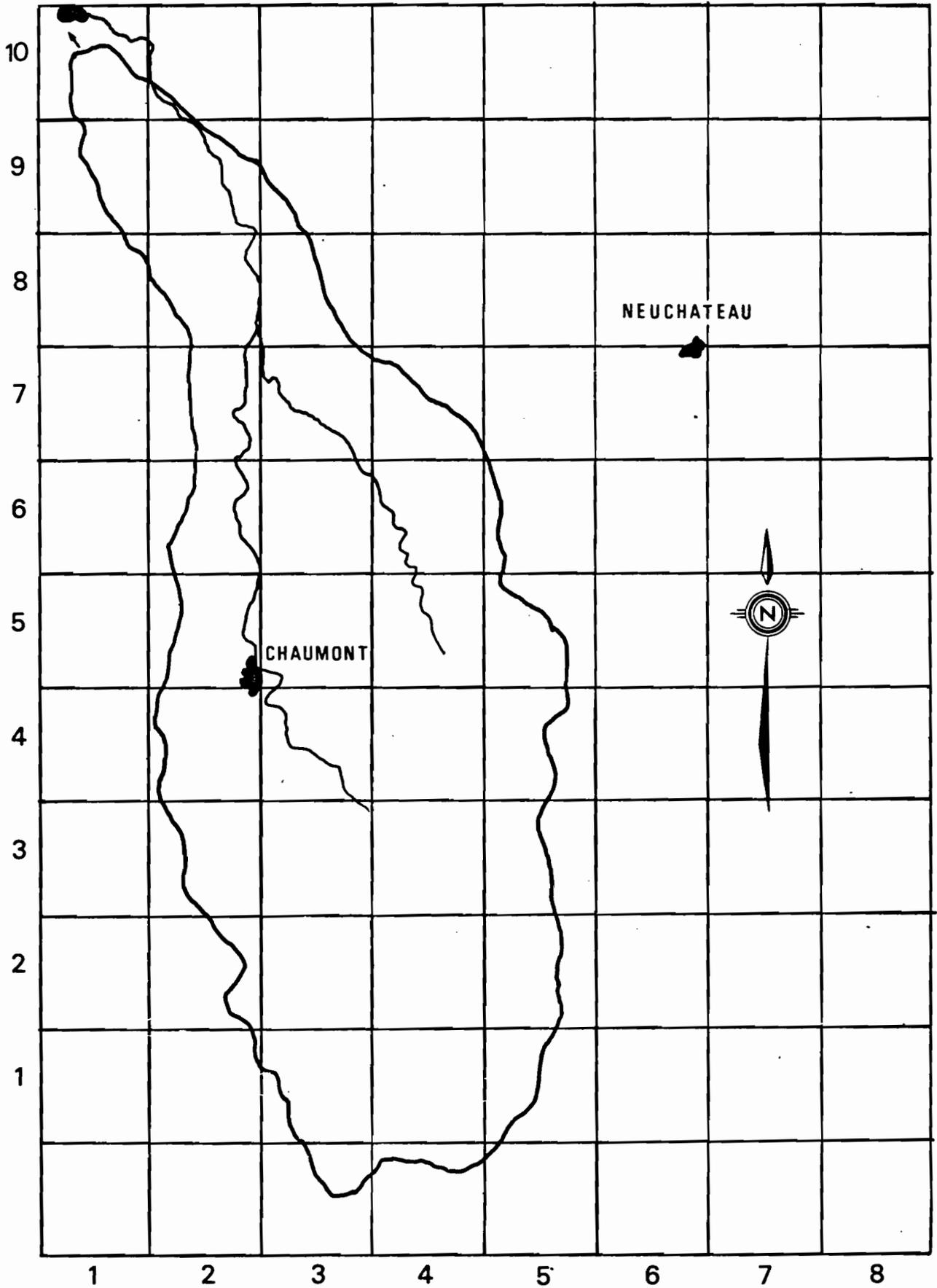
Deuxième partie

S O M M A I R E

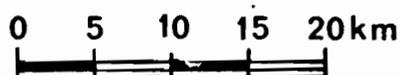
Deuxième partie

Pages

1. <u>LES DONNEES UTILISEES</u>	33
1.1 <u>Les précipitations journalières mensuelles et annuelles</u>	33
1.1.1 Stations retenues au niveau de l'étude	33
1.2 <u>Les débits journaliers</u>	33
1.2.1 Les données existantes	33
1.2.2 Critique des données hydrologiques	34
1.2.2.1 A l'échelle spatiale	34
1.2.2.2 A l'échelle temporelle	35
1.2.2.3 Au niveau de l'étude	35
1.2.3 Données hydropluviométriques	36
1.3 <u>Critique des données hydropluviométriques</u>	36
1.4 <u>L'évapotranspiration</u>	37
1.5 <u>Données diverses</u>	37
2. <u>LES CARACTERISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA MARNE A ST-DIZIER :</u>	38
2.1 <u>Relation entre les données hydrogéologiques et les paramètres du modèle</u>	39
2.2 <u>Les résultats obtenus sur la période 1950-1954</u>	40
2.3 <u>Les résultats obtenus sur la période 1950-1973</u>	40
3. <u>LES APPLICATIONS DU MODELE A DISCRETISATION SPATIALE</u>	42
3.1 <u>Efficacité du modèle à reproduire les étiages</u>	42
3.2 <u>Utilisation en modèle à reproduire les étiages</u>	42
4. <u>APPLICATION D'UNE METHODE GRAPHIQUE DE LA COURBE TYPE DE TARISSEMENT POUR LA PREVISION DES ETIAGES MINIMAUX :</u>	43

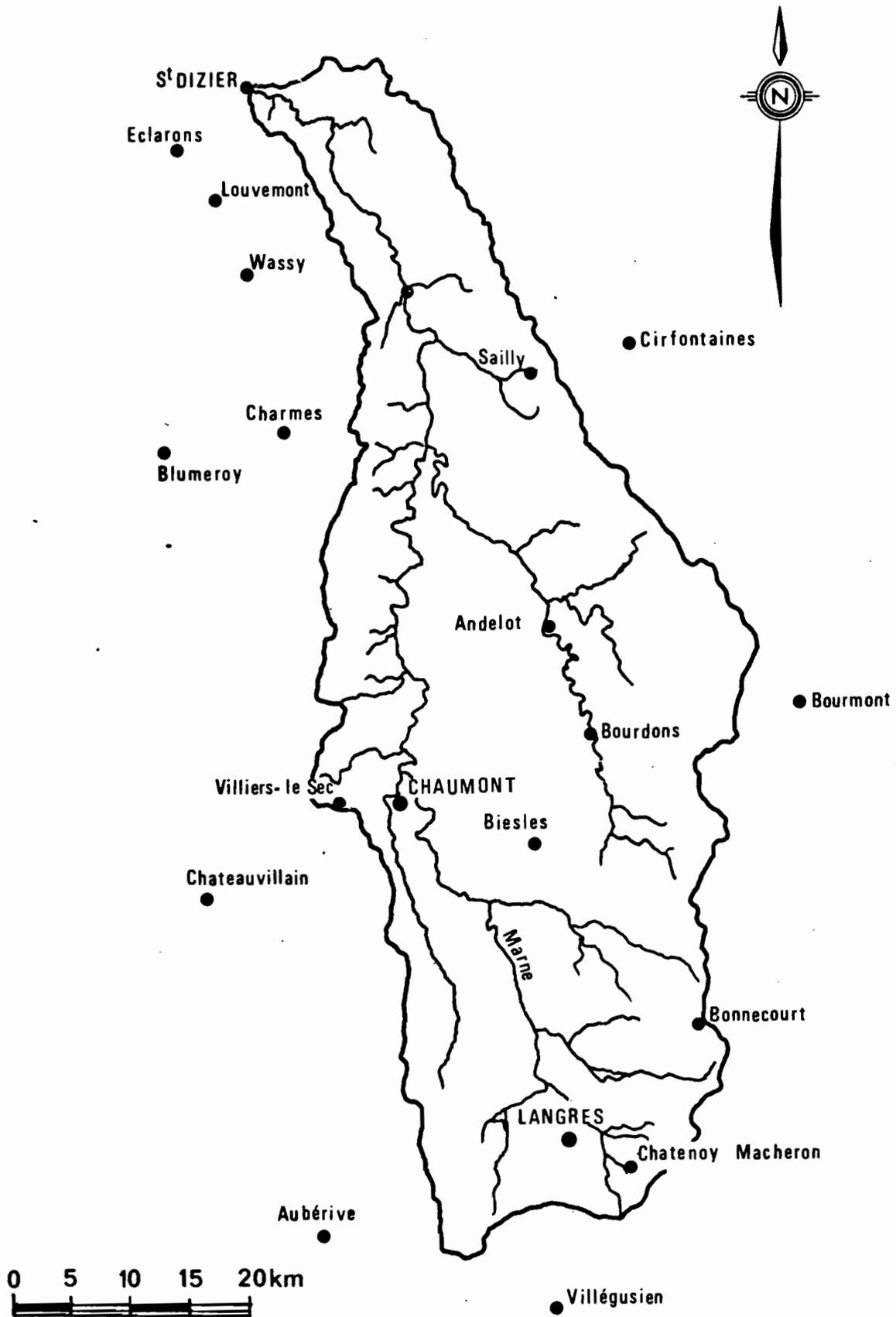


BASSIN DE LA MARNE A ST DIZIER



EMPLACEMENT DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES
DU BASSIN VERSANT DE LA MARNE A S^t DIZIER

M 2



1. LES DONNEES UTILISEES :

1.1 Les précipitations journalières mensuelles et annuelles :

Le fichier des précipitations journalières a été fourni par le Bureau Géologique de Recherches Minières pour 54 stations pluviométriques, dont 23 ont été retenues pour l'étude complète sur la période 1947-1973.

Aucune critique systématique de ces données n'a été faite par nous-mêmes. Nous pouvons cependant indiquer les valeurs extrêmes qui ont été observées au cours de la période 1950-1973 à l'ensemble des postes.

Hauteur pluviométrique annuelle minimale 420 mm en 1971 au poste n° 520571 de BLUMERAY.

Hauteur pluviométrique annuelle maximale 1 357 mm en 1958 au poste N° 522241 de la CHAPELLE-EN-BLAISY.

Equivalent en eau des chutes annuelles de neige 277 mm en 1952 au poste n° 522691 de LANGRES.

Seuls six postes pluviométriques ont fourni des données au cours de l'année 1968, dont quatre seulement sont situés sur le bassin ou à proximité immédiate. Le graphique M2 donne la position des pluviomètres utilisés pour l'étude.

La pluviométrie mensuelle minimale à LANGRES est de 2,8 mm, celle maximale de 230,1 mm.

La pluviométrie médiane mensuelle varie de 60 à 73 mm selon les mois de l'année.

1.1.1 Stations retenues au niveau de l'étude :

L'exploitation du modèle hydrologique rustique à réservoirs demande la connaissance des précipitations journalières en divers points du bassin versant. Pour le bassin versant de la MARNE à ST DIZIER, le nombre de postes pluviométriques situés sur le bassin ou localisés à proximité de ses limites est de 17. Pour la période d'étude de 24 années (1950-1973), on note pour 7 années une information pluviométrique complète, pour 15 années une information pluviométrique est connue sur au moins 12 stations et pour 3 années l'information pluviométrique n'est connue que sur 8 stations au plus.

Du manque de continuité dans l'information pluviométrique il résultera, au niveau de l'étude, une incertitude sur la consistance des résultats que nous obtiendrons.

1.2 Les débits journaliers :

1.2.1 Les données existantes

Le fichier critiqué des débits journaliers de la MARNE à St DIZIER, nous a été fourni par le B.R.G.M. pour la période 1948-1974 sous forme de cartes perforées.

Nous avons constitué le fichier des débits journaliers de la MARNE à FRIGNICOURT à partir des annuaires dont nous disposions pour la période 1961-1972.

Il aurait été intéressant de constituer le fichier des débits journaliers de la station du ROGON ouverte en 1969 pour procéder au calage du modèle sur la période récente (1969-1973) ; mais les données de 1969 à 1971 ne figurent pas dans les annuaires.

1.2.2 Critique des données hydrologiques :

Le fichier des débits ayant été obtenu en juillet 1976, bien avant celui des précipitations (décembre 1976), la critique des données hydrologiques a été réalisée d'une manière complète.

Nous ne possédons aucune documentation concernant la station hydrométrique de la MARNE à St DIZIER et des autres stations utilisées :

- emplacement des échelles de crues
- date de mise en service du limnigraphe enregistreur
- date de validité des étalonnages utilisés

informations qui nous auraient permis de mieux préciser les anomalies détectées.

1.2.2.1 A l'échelle spatiale :

La comparaison journalière des débits de la MARNE aux stations de ST DIZIER et de FRIGNICOURT, pour la période commune 1961-1972, permet, compte tenu des superficies de chacun de ces bassins (2 400 et 3 150 km²), de noter des anomalies spatiales de débits aux crues de février 1961

janvier 1962

janvier, mars et décembre 1965

décembre 1966

décembre 1967

janvier 1968 (débit journalier

de crue et volume de crue supérieur aux valeurs de la station aval).

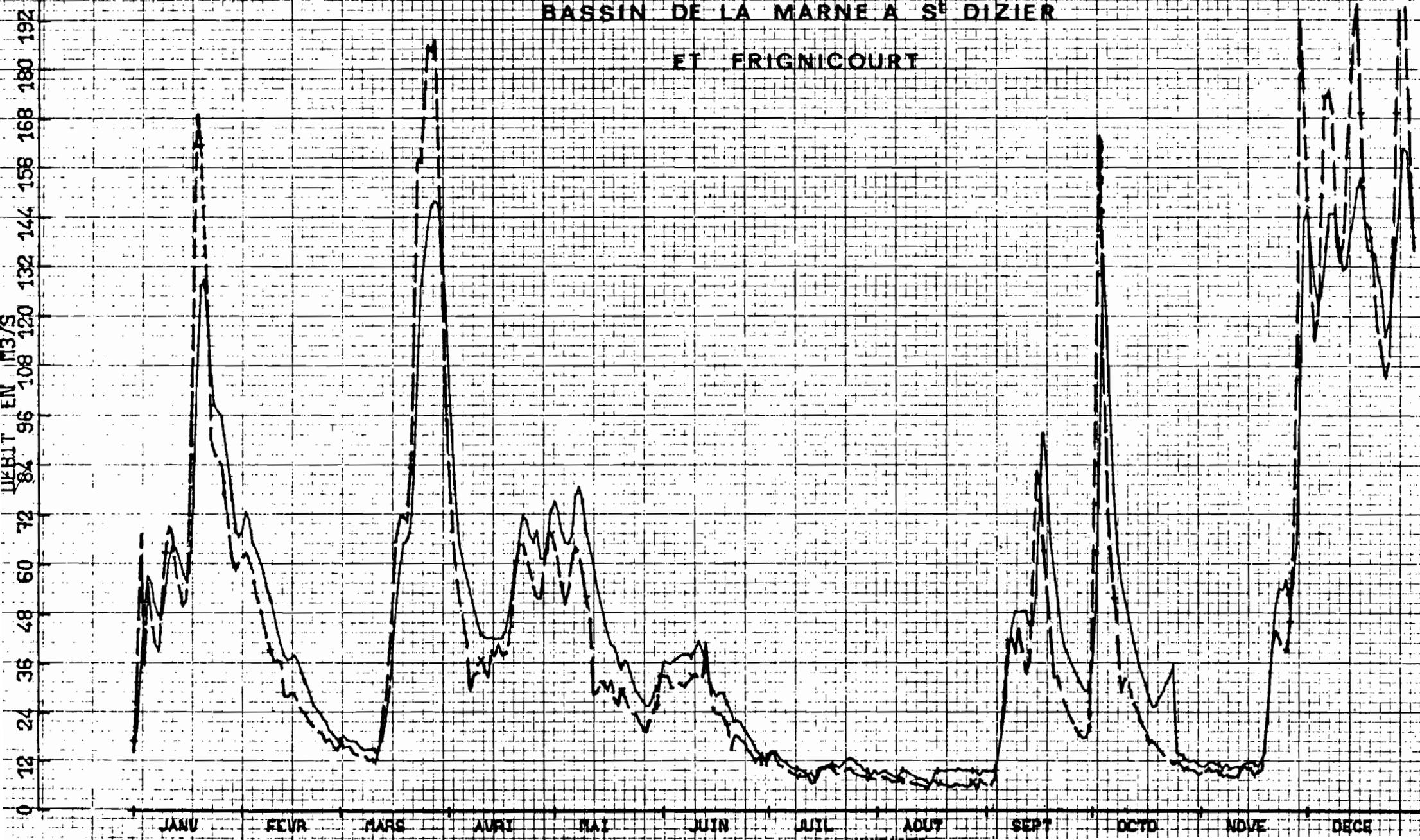
Les anomalies de débits de 1965 et de 1968 apparaissent très nettement sur les graphiques M3 et M4 donnés à titre d'exemple. On note une meilleure concordance des débits journaliers dès 1969 ; mais il subsiste encore une anomalie pour les fortes crues de février 1970.

Ces discordances proviennent du mauvais étalonnage en hautes eaux à l'une des deux stations. Nous verrons l'intérêt de cette critique au paragraphe relatif à l'exploitation des résultats du modèle.

Notons encore qu'en période de basses et moyennes eaux, il existe des écarts assez significatifs des débits à ces deux stations. En 1961, ces débits aux deux stations sont assez semblables, alors qu'en 1972 la station aval reçoit en septembre-octobre deux fois plus d'eau que la station amont (graphiques M5 et M6).

0 1811
4 2728

BASSIN DE LA MARNE A S^t DIZIER
ET FRIGNICOURT

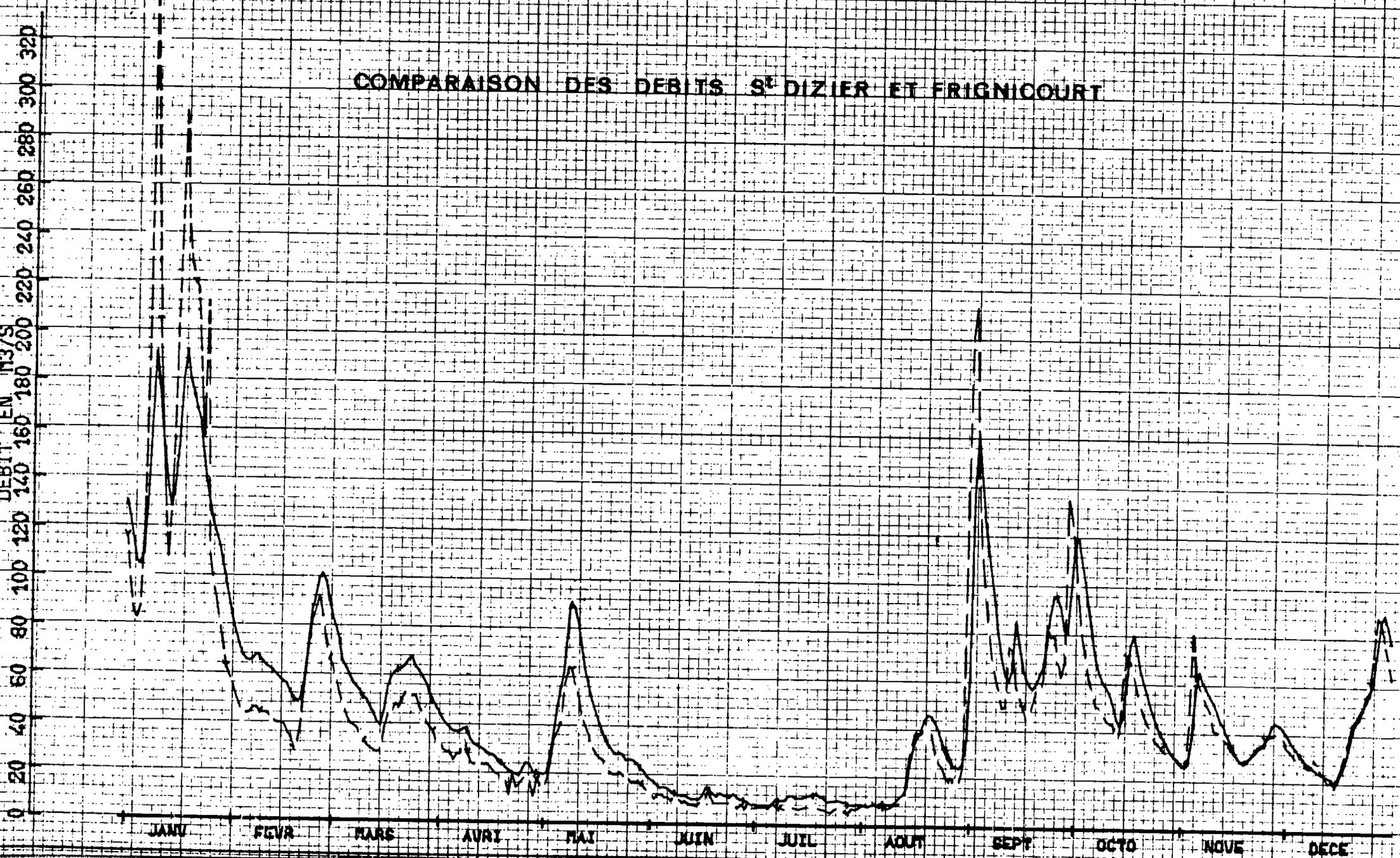


00228

8 1911

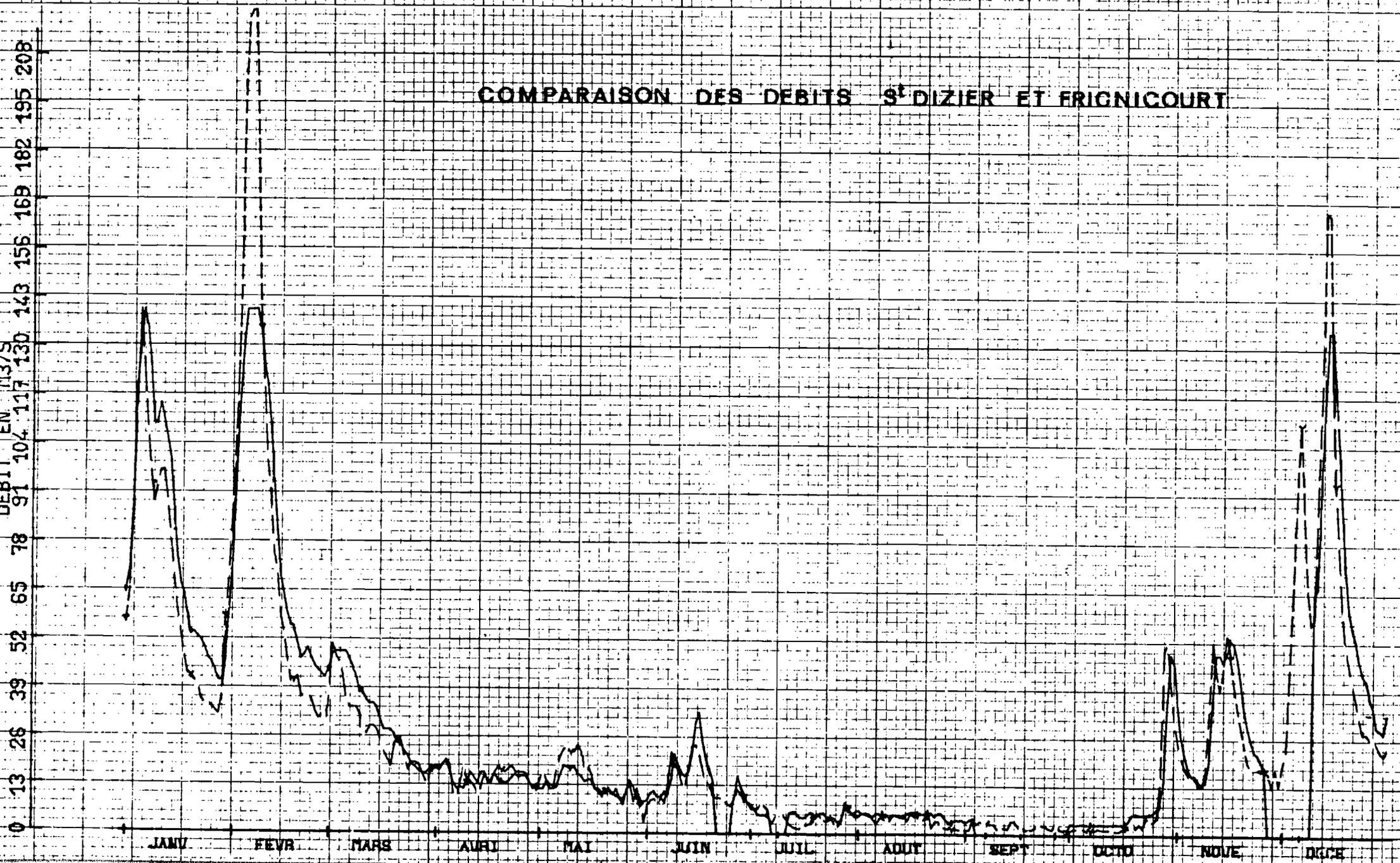
5 2408

COMPARAISON DES DEBITS ST DIZIER ET FRIGNICOURT



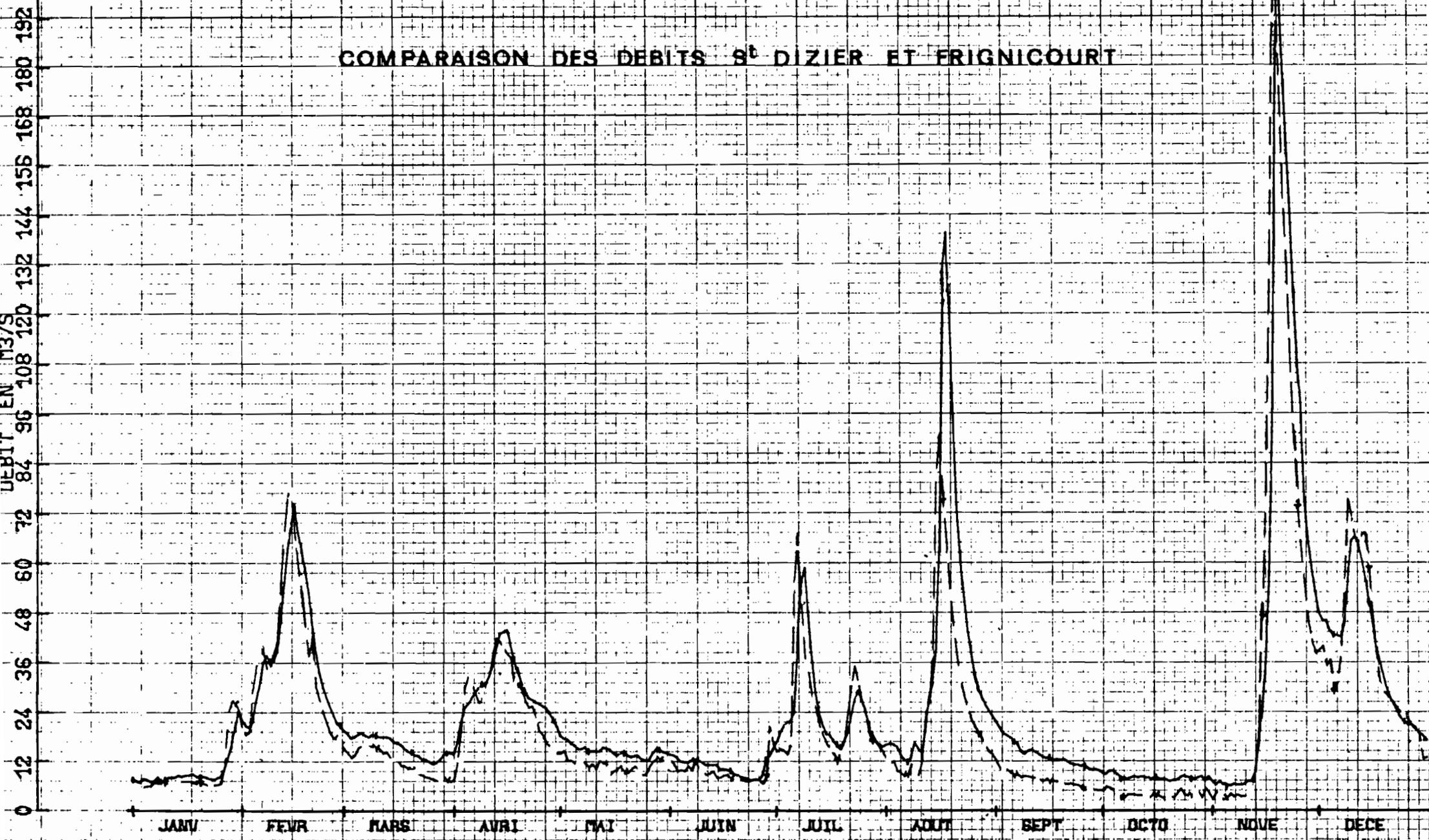
0 1811
5 2428

COMPARAISON DES DEBITS S^t DIZIER ET FRIGNICOURT



0 1611
5. 2448

COMPARAISON DES DEBITS S^t DIZIER ET FRIGNICOURT



Le tableau comparatif des débits moyens mensuels de la MARNE à St DIZIER et de la MARNE à FRIGNICOURT, non présenté ici, révèle, pour la période commune, de nombreuses anomalies au cours de la période 1961-1972.

1.2.2.2 A l'échelle temporelle :

Les graphiques de variations annuelles des débits de la MARNE à St DIZIER en coordonnées semi-logarithmique pour la période 1974 permettent d'apporter un jugement de valeur sur la qualité de ces données qui seront utilisées. Nous présentons, ci-après, les graphiques M7 à M11 sur lesquels nous constatons :

- en 1953 : des oscillations journalières très importantes des débits ne permettant d'utiliser ces données qu'au pas de temps mensuel ou peut-être décadaire avec prudence
- en 1964 : une chute très brutale des débits en août, anormale
- en 1969 : un tarissement normal en août-septembre-octobre avec cependant un décrochement des débits au début de juillet
- en 1973 : une chute très brutale des débits en septembre, anormale
- en 1974 : une constance quasi anormale des débits de mai à août avec une chute fin août-début septembre tout à fait inexplicable. Il semblerait que l'on assiste à un stockage des eaux à la suite de chaque crue et ensuite d'un destockage de ces eaux en période sèche.

Nous avons reporté sur un graphique M12 unique l'ensemble des éléments de droite de tarissement que l'on peut tracer à l'aide des graphiques ci-dessus. Nous remarquons que certains éléments de droite ont des pentes excessivement fortes (année 1964-1973-1974) ou excessivement faibles (année 1962) témoignant ainsi une très grande inconsistance des données de débits.

En éliminant, tous les tracés n'ayant pas une certaine homogénéité, il est possible de trouver une courbe continue dont la tangente en chaque point est sensiblement parallèle à l'élément de droite le plus fréquent. Cette courbe type de tarissement portée sur le graphique M 13 donne, en quelque sorte, la réponse du bassin versant de la MARNE à St DIZIER soumis à une période pluvieuse intense. Elle n'a qu'un caractère représentatif compte tenu de l'imprécision des éléments qui ont été utilisés. Cependant cette courbe type de tarissement peut contribuer efficacement à la prévision des débits de basses eaux en période sèche comme nous le verrons au chapitre IV.

1.2.2.3 Au niveau de l'étude

Le but de cette critique préalable des données utilisées est de mettre en évidence les points singuliers sur lesquels nous ne pourrions jamais obtenir, au cours de l'étude à venir, des concordances entre les débits simulés et les débits observés.

L'information pluviométrique étant assez importante pour ce bassin versant, nous supposons au niveau de l'étude qu'elle reste valablement bonne, mais comme nous l'avons vu parfois insuffisante par exemple au cours de l'année 1968.

HEX-00231

GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

M 7

ANNEE : 53

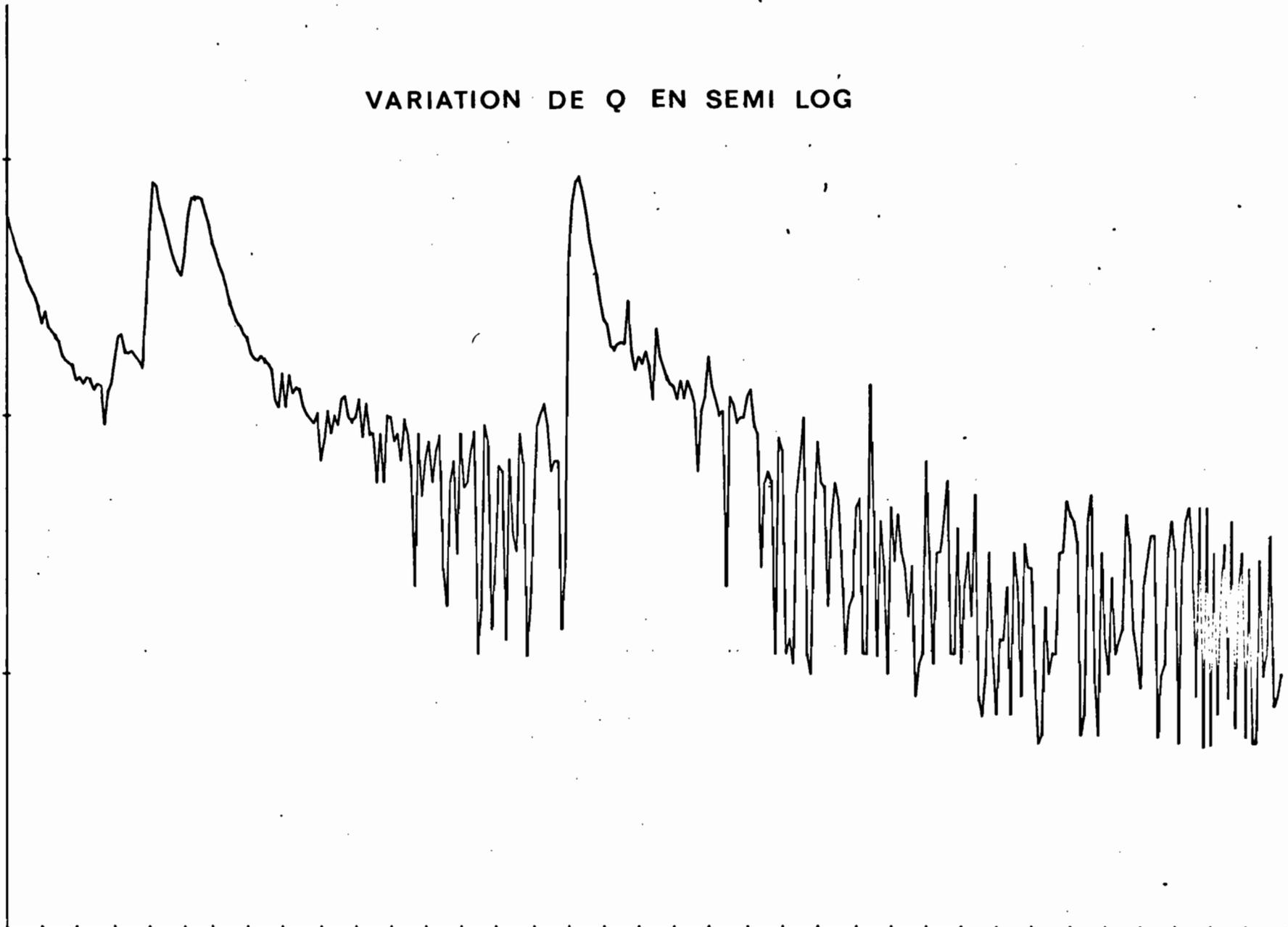
VARIATION DE Q EN SEMI LOG

STATION (S)

□ 8 8448

100.00
10.00
1.00
0.10

JANV FEVR MARS AVRI MAI JUIN JUIL AOÛT SEPT OCTO NOVE DECE



GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

M 8

ANNEE : 64

VARIATION DE Q EN SEMI LOG

STATION (S)

□ S 2448

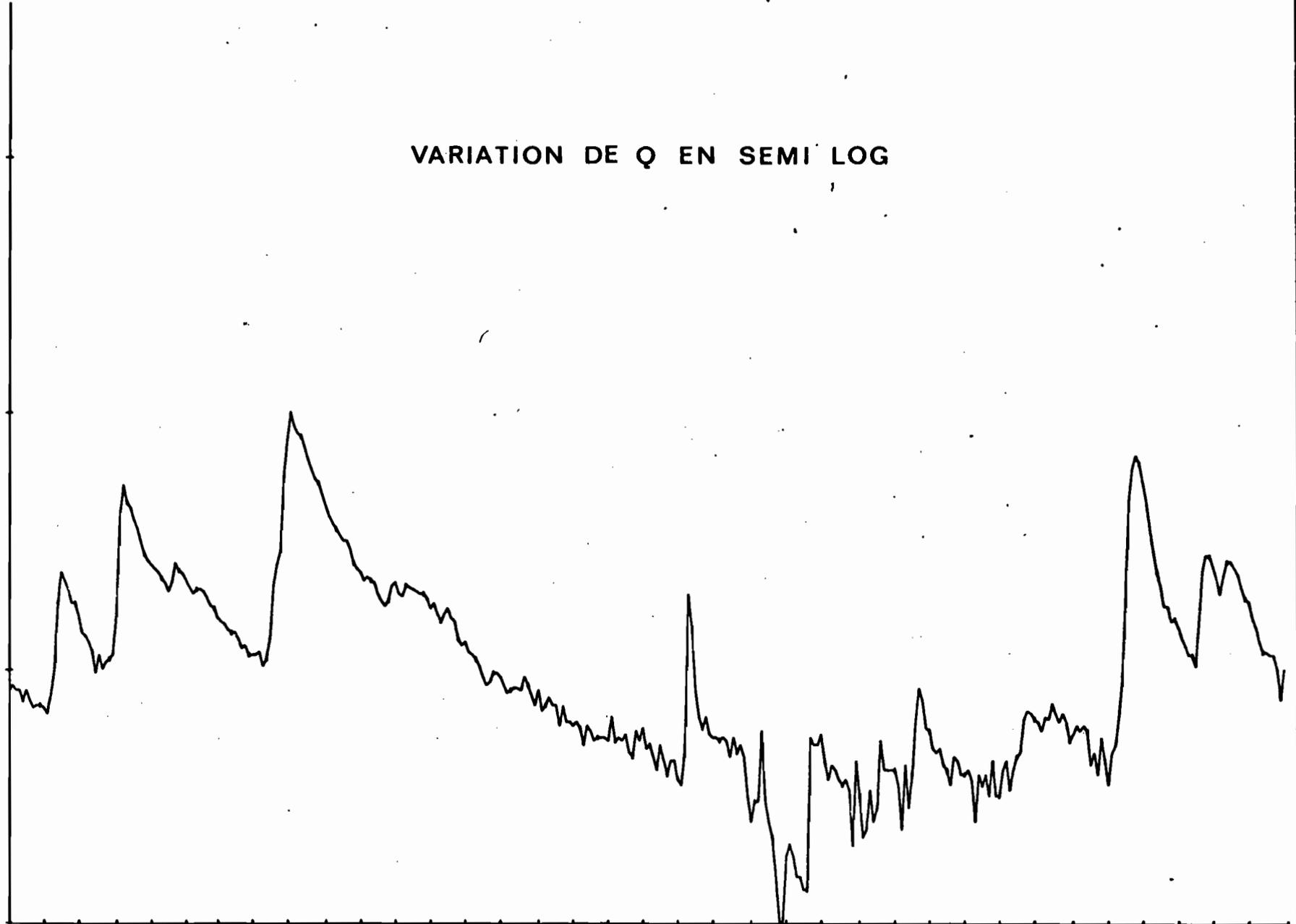
10000.00

1000.00

100.00

1.00

JANU FEVR MARS AVRI MAI JUIN JUIL AOÛT SEPT OCTO NOVE DECE



GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

M 9

ANNEE : 69

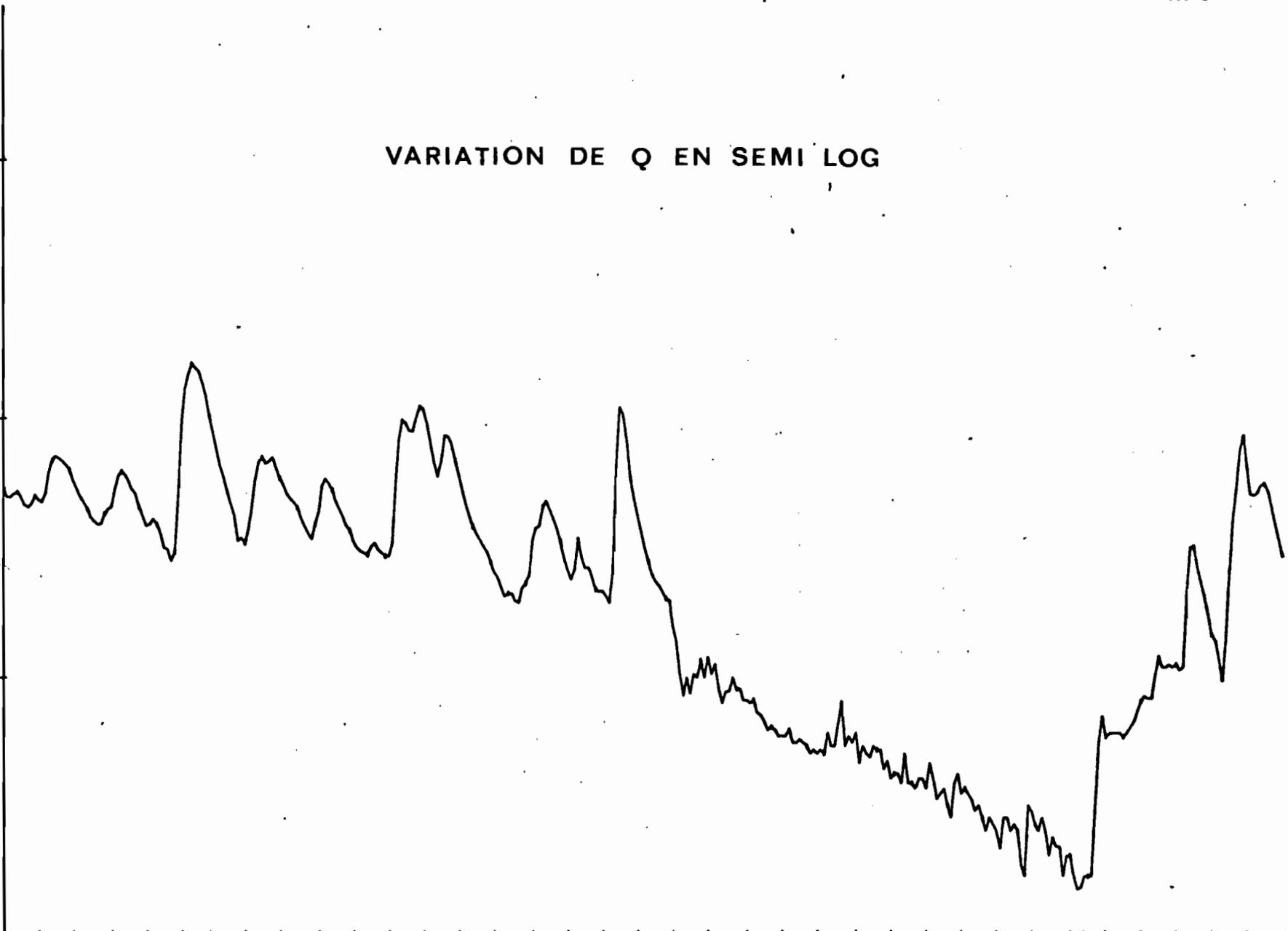
VARIATION DE Q EN SEMI LOG

STATION (S)

5 2448

1000.00
100.00
10.00
1.00

JANV FEVR MARS AVRI MAI JUIN JUIL AOÛT SEPT OCTO NOVÉ DECE



GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

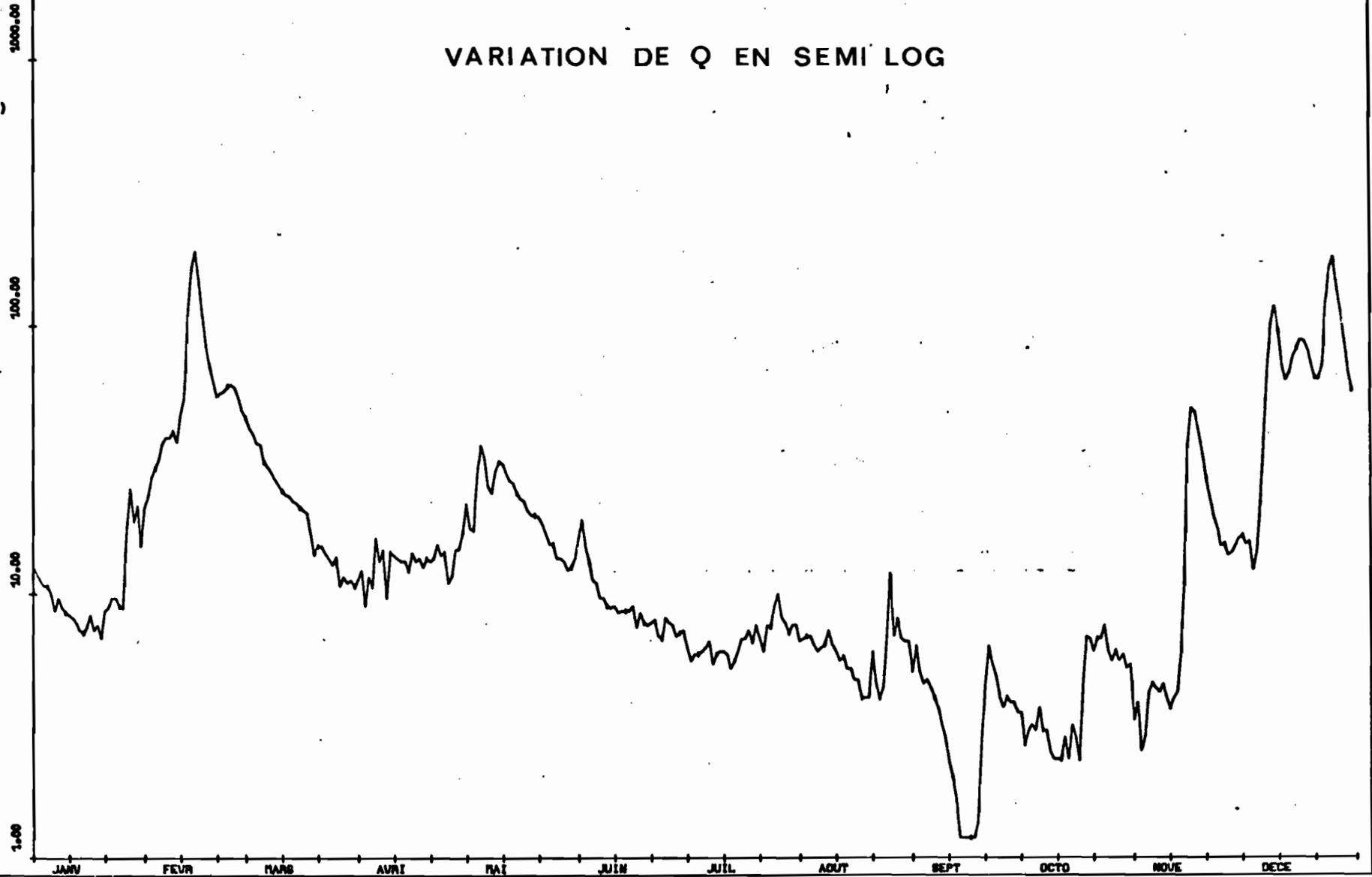
M 10

ANNEE : 73

VARIATION DE Q EN SEMI LOG

STATION (S)

□ 8 2448



GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

M 11

ANNEE : 74

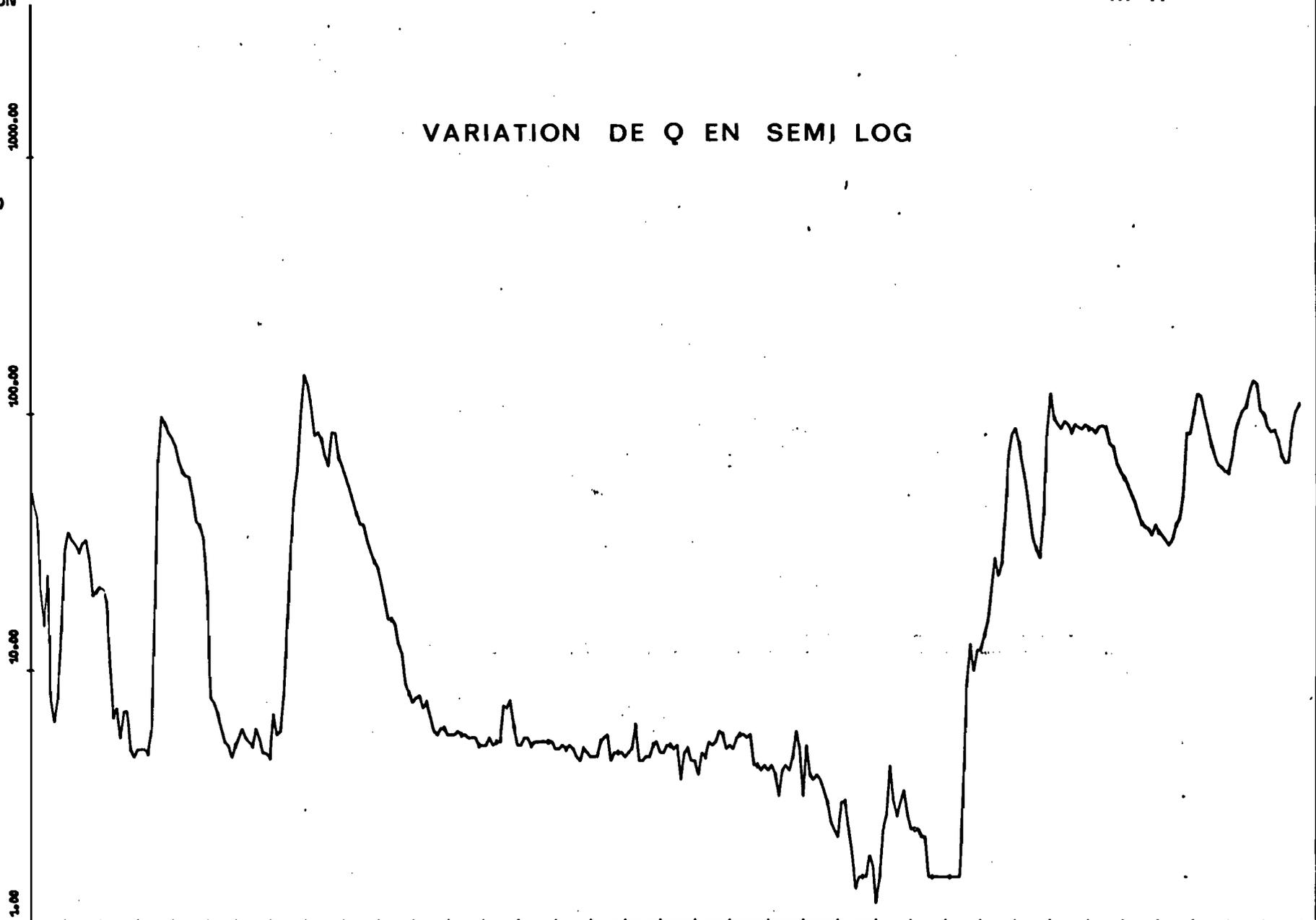
VARIATION DE Q EN SEMI LOG

STATION (S)

□ 3 2448

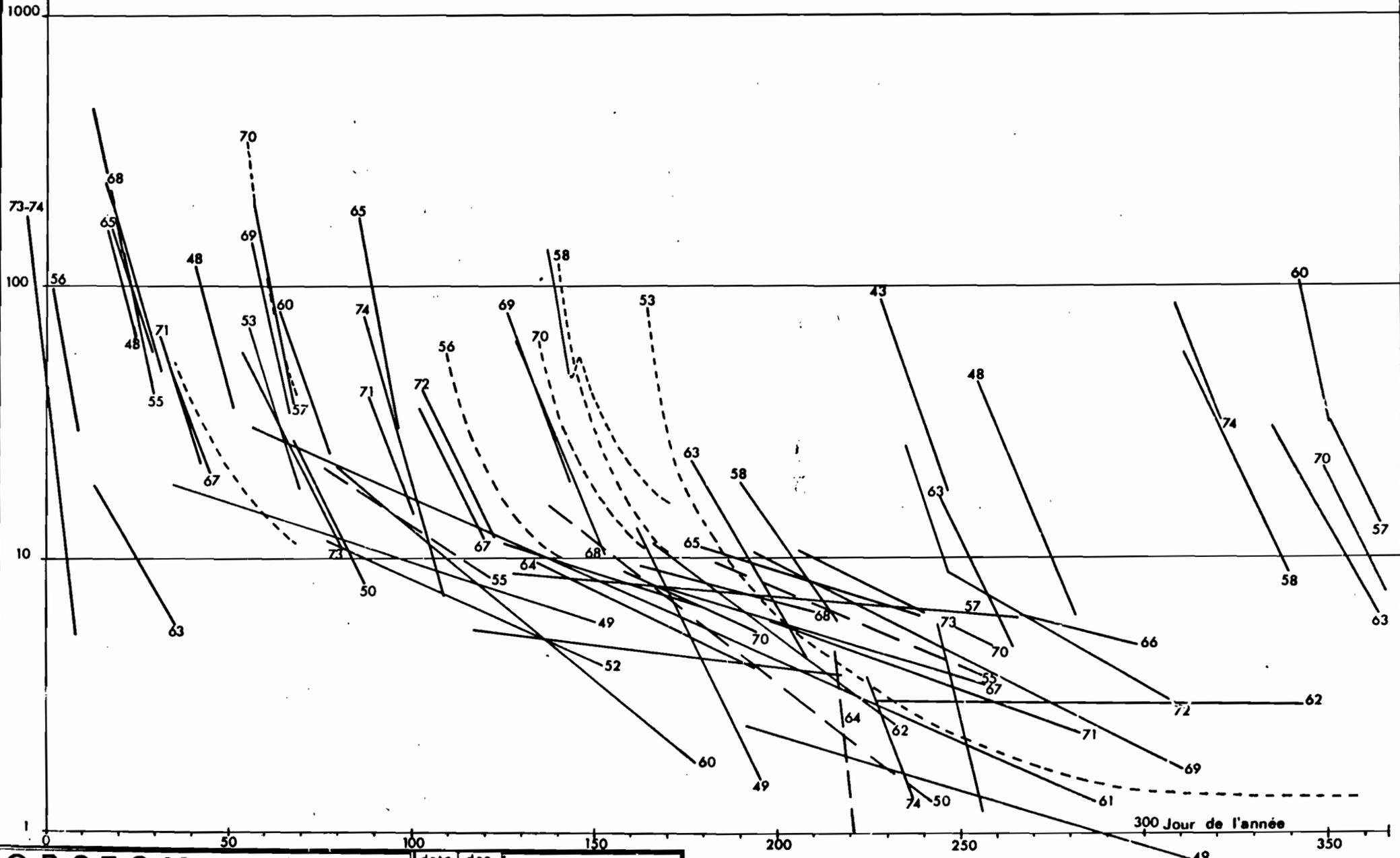
1000.00
100.00
10.00
1.00

JANV FEVR MARS AVRI MAI JUIN JUIL AOÛT SEPT OCTO NOVÉ DECE



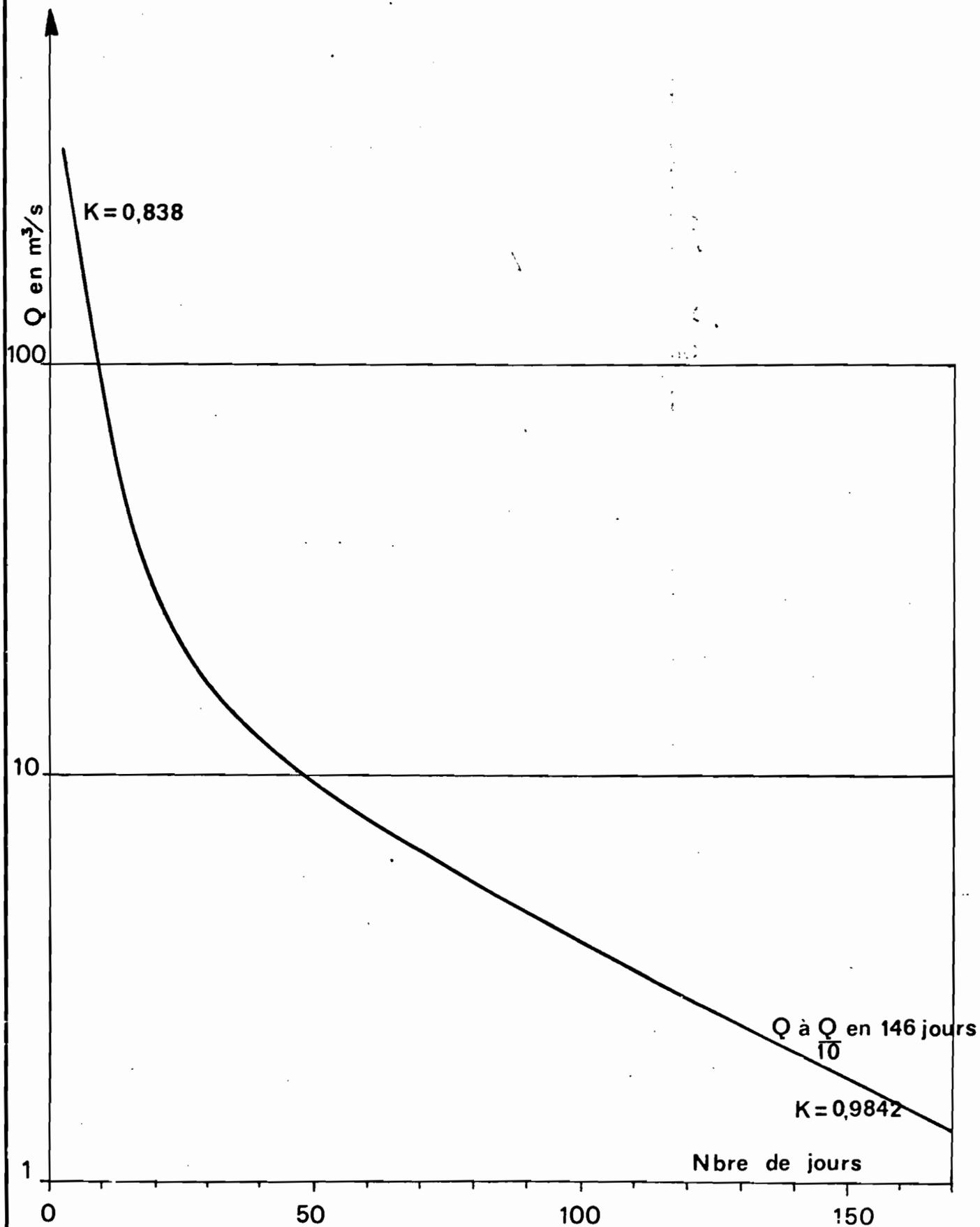
BASSIN DE LA MARNE à ST DIZIER

Courbes élémentaires de tarissement



BASSIN DE LA MARNE à ST DIZIER

Courbe type de tarissement



1.2.3 Données hydrologiques :

Pour la période d'observation 1948-1974, nous avons tiré les quelques données hydrologiques brutes suivantes :

- débits moyens minimums en m^3/s de fréquence expérimentale au dépassement (période 27 années) :

	NOMBRE DE JOURS CONSECUTIFS				
fréquence	10	30	60	90	120
Minimum observé	0,671	0,952	1,080	1,170	1,350
0,9	0,90	1,09	1,40	1,75	2,20
0,8	1,30	1,65	2,05	2,85	2,90
0,5	2,50	3,30	4,00	4,60	5,50
0,2	5,25	6,16	7,95	10,20	12,30
0,1	6,50	7,40	8,30	12,6	15,9
Maximum observé	6,960	7,770	13,100	13,800	16,600

Le débit moyen minimal de 10 jours consécutifs s'observe pour notre échantillon entre le 15 juin et le 15 novembre et, dans 50 % des cas, entre le 14 août et le 7 octobre.

La valeur la plus faible a été observée le 27 août 1952 avec $0,671 m^3/s$.

Notons que les débits prélevés en amont de la station pour alimenter en eau le canal latéral à la MARNE doivent être relativement constants au cours des années. Par contre, nous ignorons quelles sont les valeurs des débits prélevés pour assurer en période de sécheresse, un appoint d'eau pour la culture irriguée. Les chutes brutales dans la variation des débits, observées au cours des années 1969-1973-1974, proviennent très certainement d'un ensemble de prélèvements par pompage destinés à l'irrigation. Si tel est le cas, l'étude menée ici même présente un intérêt réduit, puisque l'ensemble des données utilisées ne forment pas un tout homogène.

1.3 Critiques des données hydropluviométriques :

Compte tenu de la dimension de ce bassin versant $2\ 400 km^2$, du fait de l'existence d'un couvert neigeux en hiver sur les parties hautes du bassin versant, il est extrêmement délicat de mettre en évidence des anomalies hydropluviométriques. Par contre, après l'exploitation du modèle hydrologique sur

ce bassin, nous aurons la possibilité d'analyser les résultats obtenus par la simulation et de comparer les lames d'eau écoulées mensuellement aux lames d'eau précipitées à chacun des postes pluviométriques. Nous aurons l'occasion de retrouver un certain nombre d'anomalies déjà décelées au cours de la critique des débits.

1.4 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration potentielle moyenne mensuelle présentée dans le fascicule III : données climatiques des bassins de la série et des cours d'eau normands, a été utilisée dans les modèles hydrologiques :

:-----:-----:	
: ETP en mm/jour :	: ETP en mm/jour :
:-----:-----:	
: janvier 0,2 :	: juillet 3,9 :
: février 0,4 :	: août 3,6 :
: mars 1,1 :	: septembre 3,0 :
: avril 1,8 :	: octobre 1,3 :
: mai 3,2 :	: novembre 9,5 :
: juin 3,6 :	: décembre 0,2 :
: : :	: : :

Il est certain que la connaissance mensuelle de chacune des années étudiées permettrait une meilleure simulation des débits mais nécessiterait en retour une prévision de celles-ci dans le cas d'une simulation anticipée.

Par ailleurs, nous aurions dû tenir compte d'une variation de l'évapotranspiration potentielle sur le bassin versant avec l'altitude (140 m à 520 m). Liée à l'altitude et à la saison, cette variation pourrait être introduite dans le modèle utilisé.

1.5 Données diverses :

Compte tenu du fait que le couvert neigeux existe sur les parties hautes du bassin versant, il était nécessaire d'introduire dans le modèle un ensemble d'algorithmes permettant de suivre l'évolution du couvert neigeux et d'évaluer la lame d'eau de fusion. Nous avons été tenus d'utiliser les températures maximale et minimale journalières de la station de CHATILLON-Sur -SEINE. Ces températures ont été modulées en fonction de l'altitude de chacune des parties du bassin versant.

2. LES CARACTERISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES DU BASSIN VERSANT DE LA MARNE A ST DIZIER

La carte IGN au 1/250 000è nous a permis de procéder au découpage de ce bassin versant à l'aide d'un carroyage de 10 km par 10 km. Selon la méthode exposée dans les cahiers hydrologie de l'ORSTOM, Vol. IX, n° 4 1972 : "Modèle précipitations-débits à discrétisation spatiale", nous avons obtenu un ensemble de 37 carreaux entiers et de 57 carreaux partiels. Pour chaque carreau entier ont été définis :

- l'altitude moyenne,
- le pourcentage de lac et marais,
- la couverture végétale,
- les caractéristiques hydrogéologiques du carreau,
- le nombre de carreaux partiels qu'il comprend et pour chacun de ceux-ci, sa superficie et le numéro du carreau partiel dans lequel il se déverse.

D'après la carte hydrogéologique (C) du bassin parisien BRGM 1967 au 1/500 000e nous donnons, ci-joint, la correspondance entre le numéro du classement des formations géologiques de la carte (C) et celui entré dans le modèle (M) :

M	C	M	C
1	13	6	22
2	11	7	24
3	10	8	58
4	17	9	21
5	19		

Reprenons les définitions données sur le document cité :

- 13 : Calcaires (Bathonien-Bajocien-Aalenien) Karst assez développé. Perméabilité élevée mais irrégulière. Pertes totales ou partielles des cours d'eau de surface.
Résurgences et exurgences importantes souvent à proximité du toit oxfordien. Ces calcaires sont parfois recouverts par des sables et argiles à Chailles
- 11 : Argiles et Marnes : Lias supérieur. Perméabilité très faible. Substratum des calcaires aquifères du DOGGER.
- 10 : Calcaires, marnes, grès, grès argilo-calcaires, sables. Perméabilité variable plus élevée dans les grès. Petites nappes étagées dans le bassin.
- 17 : Marnes et argiles : oxfordien-callovien. Perméabilité très faible.
- 19 : Calcaires : lusitanien. Calcaires parfois très fissurés, karst ancien ou récent assez développé. Présence de niveaux marneux. Perméabilité variable en relation avec l'état de fissuration.
- 22 : Calcaires, marnes et calcaires : Portlandien. Calcaires en général bien fissurés, Karst assez développé, nombreux gouffres et dolines. Perméabilité élevée mais irrégulière en rapport avec les diaclases

- 24 : Sables, argiles, calcaire, marnes : Perméabilité très variable en rapport avec l'alternance des niveaux marneux, gréseux, calcaires et argileux.
- 58 : alluvions récentes : alluvions sablo-graveleuses et limoneuses perméabilité élevée. Nappe ou parfois localement captives sous une couverture limoneuse, souvent en liaison avec les rivières, parfois alimentées ou le plus souvent drainées par elles.
- 21 : Marnes et calcaires marneux : Perméabilité faible.

2.1 Relation entre les données hydrogéologiques et les paramètres du modèle

La quantité d'eau retenue par les sols et mobilisable par la végétation est liée au type de couvert végétal. Nous prendrons 50 mm pour un sol non boisé et 300 mm pour un sol boisé.

Le paramètre QNU(IE, 5) du modèle représentant la valeur maximale de la rétention sur chaque carreau sera lié à la couverture végétale par la relation $QNU(IE, 5) = HOX \times MACE(IE, 2) \times XVG$ MACE(IE 2) indice de la couverture végétale - XVG indice moyen sur le bassin .

Les données hydrogéologiques interviennent au niveau du ruissellement de l'infiltration profonde, de l'écoulement des nappes profondes. Le problème qui se pose est d'utiliser ces données judicieusement afin de reconstituer tous les régimes hydrologiques issus des bassins versants ayant l'un de ces types de formation géologique ou un assemblage donné de ceux-ci.

Chaque formation peut être classée selon sa perméabilité définie par la légende de la carte. Dans une échelle 0 à 100 le classement suivant sera fait :

Carte	Modèle
13 - 100	1
11 - 5	2
10 - 10	3
17 - 5	4
19 - 20	5
22 - 70	6
24 - 30	7
58 - 70	8
21 - 5	9

L'importance de l'alimentation de la nappe est liée à cette caractéristique. Le maximum d'alimentation de la nappe à partir de l'eau gravitaire disponible sera calculé par une formule de la carte $QNU(IE, 6) C * INF \times MACE(IE, 9)$ tandis que le coefficient de vidange de cette nappe sera de la forme $QNU(IE, 3) = 0,008 + 1 \text{ MACE}(IE, 9) \times 100$.

Nous donnerons des valeurs particulières obtenues après le calage du modèle sur une partie de données du bassin de la MARNE :

- Rétention maximale : 45 mm à 157 mm
- Maximum d'alimentation de la nappe : 4,7 à 52,6
- Coefficient de vidange de la nappe : 0,015 à 0,038

Compte tenu des possibilités du modèle à discrétisation spatiale, il aurait été souhaitable, pour effectuer un calage plus fin, de pouvoir disposer de stations hydrométriques secondaires sur le bassin ou les sous-bassins à l'amont de St DIZIER. Le principe du modèle accepte de modifier la liaison entre les caractéristiques physiographiques des carreaux et les paramètres hydrologiques cités plus haut de manière à obtenir des réponses hydrologiques sur les sous-bassins ayant des caractéristiques marquées.

Dans le cas particulier du bassin versant de la MARNE, le calage peut être réalisé pour obtenir des débits simulés comparables dans le temps aux débits observés.

2.2 Les résultats obtenus sur la période 1950-1954 :

Nous avons choisi la période 1950-1954 pour procéder au calage du modèle hydrologique. Cinq essais ont permis de caler le modèle avec une précision de 1 % pour la lame moyenne annuelle écoulée, l'écart maximal annuel ne dépassant pas 6%.

On notait un seul écart mensuel de près de 100 % en hiver (février 1952) et un seul de 300 % en été (juillet 1952). Dans plus de 50 % des cas l'erreur sur les lames mensuelles ne dépassait pas 20 %, et dans 80 % des cas l'erreur était inférieure à 50 %.

2.3 Les résultats obtenus sur la période 1950-1973 :

La simulation des débits journaliers de la MARNE à St DIZIER pour la période 1950-1973 a été réalisée en 4 minutes de temps machine.

L'exploitation du document sortie permet de tirer les conclusions suivantes : par période de 5 années, les écarts moyens entre lame annuelle simulée et lame observée sont :

- | | |
|--------------|------------|
| a) + 3,6 mm | 1950-1954 |
| b) -47,1 mm | 1955-1959 |
| c) -50,0 mm | 1960-1965 |
| d) -118,7 mm | 1965-1969 |
| e) -54,9 mm | 1970-1973. |

Les trois périodes b, c et e sont homogènes entre elles et diffèrent de la période 1950-1954 de réglage du modèle. Nous ignorons les raisons pour lesquelles la première période n'est pas homogène.

On peut supposer une modification de l'étalonnage de la station ou bien une sous-estimation des précipitations sur les parties hautes du bassin versant.

Le manque de données pluviométriques pour cette période avait été signalé au paragraphe 1.1.1.

En regardant les résultats du modèle au niveau des lames mensuelles écoulées au cours de la période 1965-1969, on s'aperçoit en comparant ces valeurs à la précipitation moyenne sur le bassin que les mois de certaines années présentent de sérieuses anomalies du point de vue hydropluviométrique.

Année 1965 :

La pluviométrie moyenne du mois de décembre 1965 y compris l'équivalent en eau de la neige tombée est approximativement de 165 mm. Celle d'octobre étant de 6 et celle de novembre de 110 mm, la reconstitution des réserves en eau du sol s'est encore réalisée au cours du mois de décembre et l'on doit s'attendre à un écoulement en décembre bien inférieur aux précipitations. En fait l'écoulement observé est légèrement supérieur aux précipitations totales de ce mois, ce qui indique une anomalie hydrologique notoire.

Année 1968 :

Nous disposons des données pluviométriques à seulement 5 postes du bassin versant au lieu des 17 retenus pour l'étude. Une erreur peut être commise dans le calcul de la précipitation moyenne mensuelle des mois d'août et septembre. Mais avec un équivalent en eau du stock de neige au 1er janvier, évalué à 10 mm, (maximum 28 mm, minimum 0 mm) et une précipitation totale (neige + pluie) en janvier de 120 mm, on ne peut espérer obtenir un écoulement mensuel supérieur à 130 mm. Comme la lame d'écoulement observé en janvier a pour valeur 178 mm nous devons tout de même mettre en doute la validité des données de débits malgré le peu de stations pluviométriques disponibles.

Année 1969 :

L'écoulement observé des trois premiers mois de l'année est égal pratiquement à la somme des précipitations liquides et solides de ces trois mois majorée de l'équivalent en eau du stock de neige au 1er janvier.

Le modèle hydropluviométrique devant être utilisé à l'avenir, il convenait de procéder à un nouveau calage sur la période récente sachant que les années 1965-1968 et 1969 ne peuvent servir efficacement.

Le premier essai a permis d'obtenir un écart de 3 % sur la moyenne des lames écoulées en dehors de la période 1950-1960 et des trois années 1965-1968-1969.

Le dernier essai utilisé présente pour la période globale (sauf les trois années citées) un écart jugé négligeable de 1 %.

Les graphiques M18 à M22 présentent la comparaison des hydrogrammes calculés et observés de certaines années.

3. LES APPLICATIONS DU MODELE A DISCRETISATION SPATIALE :

3.1 Efficacité du modèle à reproduire les étiages

Les résultats obtenus avec le modèle sont toutefois présentés à l'échelle mensuelle pour montrer les écarts parfois très importants dont l'origine pose un problème délicat mais qui a déjà été soulevé précédemment.

Le tableau M14 fournit les lames mensuelles et annuelles simulées et observées.

L'objectif de cette étude étant de tester le modèle pour la reproduction des débits d'étiages nous ne nous étendrons pas sur la validité des débits simulés en dehors des étiages.

Le tableau M15 présente, pour la période 1950-1973 de la simulation, les dates de la période annuelle pour laquelle le débit moyen observé sur une période de 10 jours consécutifs est minimal ainsi que la valeur de ce débit minimal. Il présente également les mêmes données que précédemment mais pour les débits obtenus à partir de la simulation.

D'une manière générale, les résultats sont assez dispersés. La comparaison des débits minimaux annuels simulés et observés (graphique M16) permet de dire que dans 70 % des cas l'erreur sur le débit minimal est inférieure à 100 %. Notons au passage qu'il y a fréquemment une sous-estimation des débits simulés.

La variation au cours des années de l'écart de temps exprimé en jours entre la date du minimum observé et la date du minimum simulé indique que dans 60 % des cas l'écart sur la date est compris entre plus ou moins 5 jours.

Le modèle a tendance à ne pas réagir aux premières pluies suivant un épisode sec pour accroître les faibles débits et dans ce cas le retard peut atteindre 60 jours ou plus .

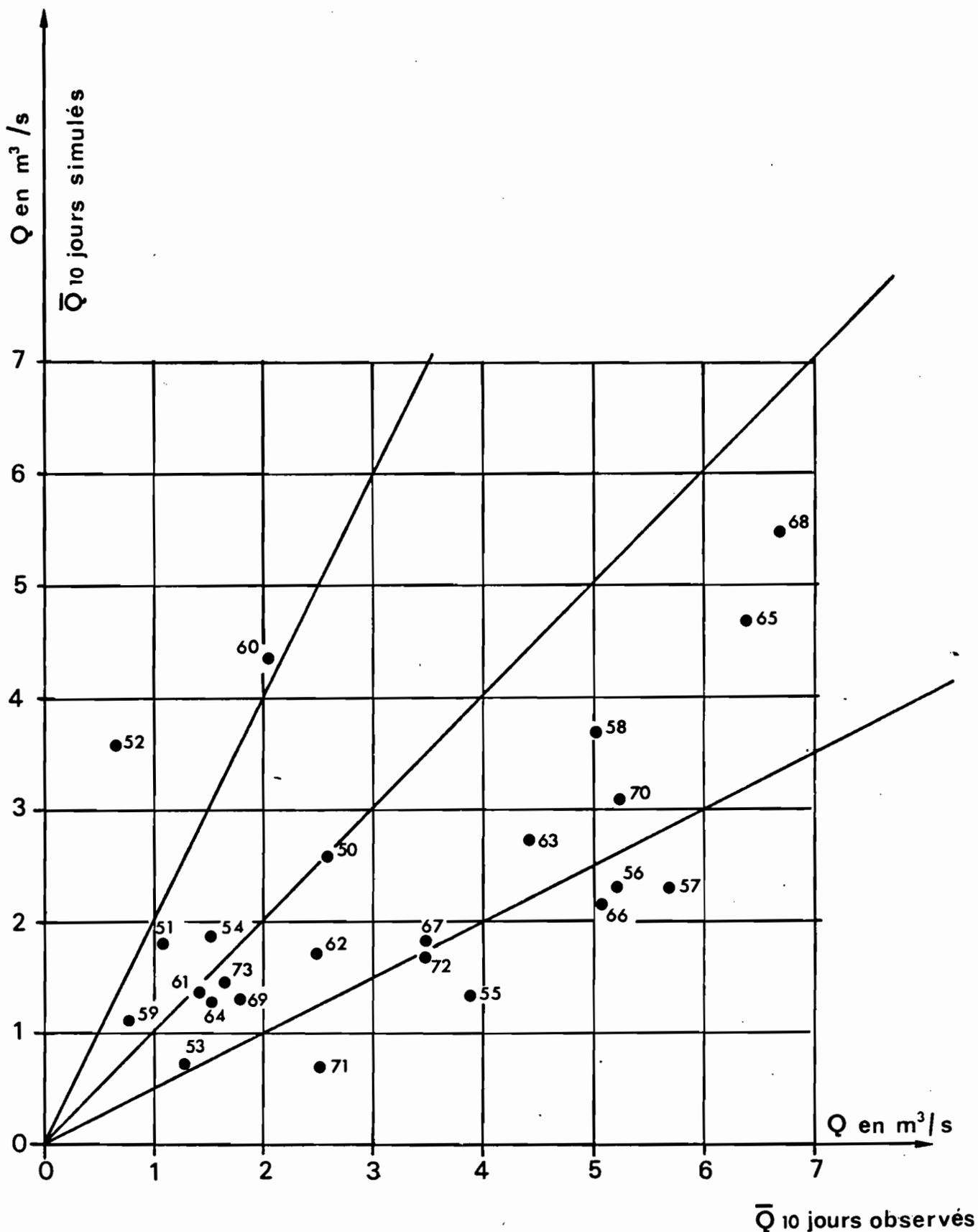
Sur 100 cas de reproduction des étiages avec le modèle , on note seulement 40 cas pour lesquels l'écart sur la date d'apparition est inférieure à plus ou moins 5 jours et l'erreur sur le débit inférieure à 100 %.

Du point de vue pratique, compte tenu de l'incertitude qu'il existe au niveau de la consistance des données des débits à l'étiage, il n'est pas anormal d'envisager une erreur de 100 % pour cette détermination des débits.

3.2 Utilisation en modèle de prévision :

Nous avons actuellement un outil qui permet de simuler les débits journaliers à une station lorsque sont connues les précipitations pour un ensemble de postes pluviométriques. Or si l'on veut prévoir les débits d'étiage à partir d'une date origine fixée et pour un délai donné de 10, 30, 60, 90 jours, il devient nécessaire de pouvoir fournir au modèle les données pluviométriques pour cette période.

COMPARAISON DES DEBITS MINIMAUX MOYENS
 SUR 10 JOURS SIMULES ET OBSERVES DE LA
 MARNE A S^t DIZIER



Les modèles hydrologiques ne peuvent obtenir la valeur estimée des étiages que pour ces différents délais en introduisant un ensemble de pluies journalières nulles. Ils permettent donc de déterminer l'étiage minimal le plus défavorable dans les conditions initiales données.

La prévision des précipitations journalières, même ponctuelle, n'est actuellement réalisable que pour deux ou trois jours dans le meilleur des cas. Cette prévision étant irréalisable à plus longue échéance, nous ne pouvons fournir aux modèles hydrologiques "rustiques" les entrées nécessaires à leur exploitation.

Une étude plus complète consisterait à assurer la prévision des débits d'étiage avec une certaine probabilité de réalisation en tenant compte des précipitations qui peuvent intervenir au cours du délai de prévision.

Les conditions antérieures du bassin versant étant différentes d'une année sur l'autre, il serait alors nécessaire de faire fonctionner à chaque fois le modèle avec plusieurs séries pluviométriques représentatives de la période pour obtenir une gamme de débits. Ceci ne peut se concevoir au stade de l'utilisation, aussi devons nous admettre que ce genre de modèle ne permet pas d'effectuer des prévisions d'étiage sauf pour déterminer le débit minimal en dehors de précipitation.

4. APPLICATION D'UNE METHODE GRAPHIQUE DE LA COURBE TYPE DE TARISSEMENT POUR LA PREVISION DES ETIAGES MINIMAUX :

Au paragraphe 1.2.2 de la critique des données hydrologiques nous avons, pour l'étude temporelle des débits, tracé l'ensemble des graphiques de variation en coordonnées semi-logarithmiques des débits et obtenus sur le graphique M12 un ensemble d'éléments de droite de tarissement. Grâce à ce dernier graphique nous avons tiré la courbe type de tarissement (graphique M13).

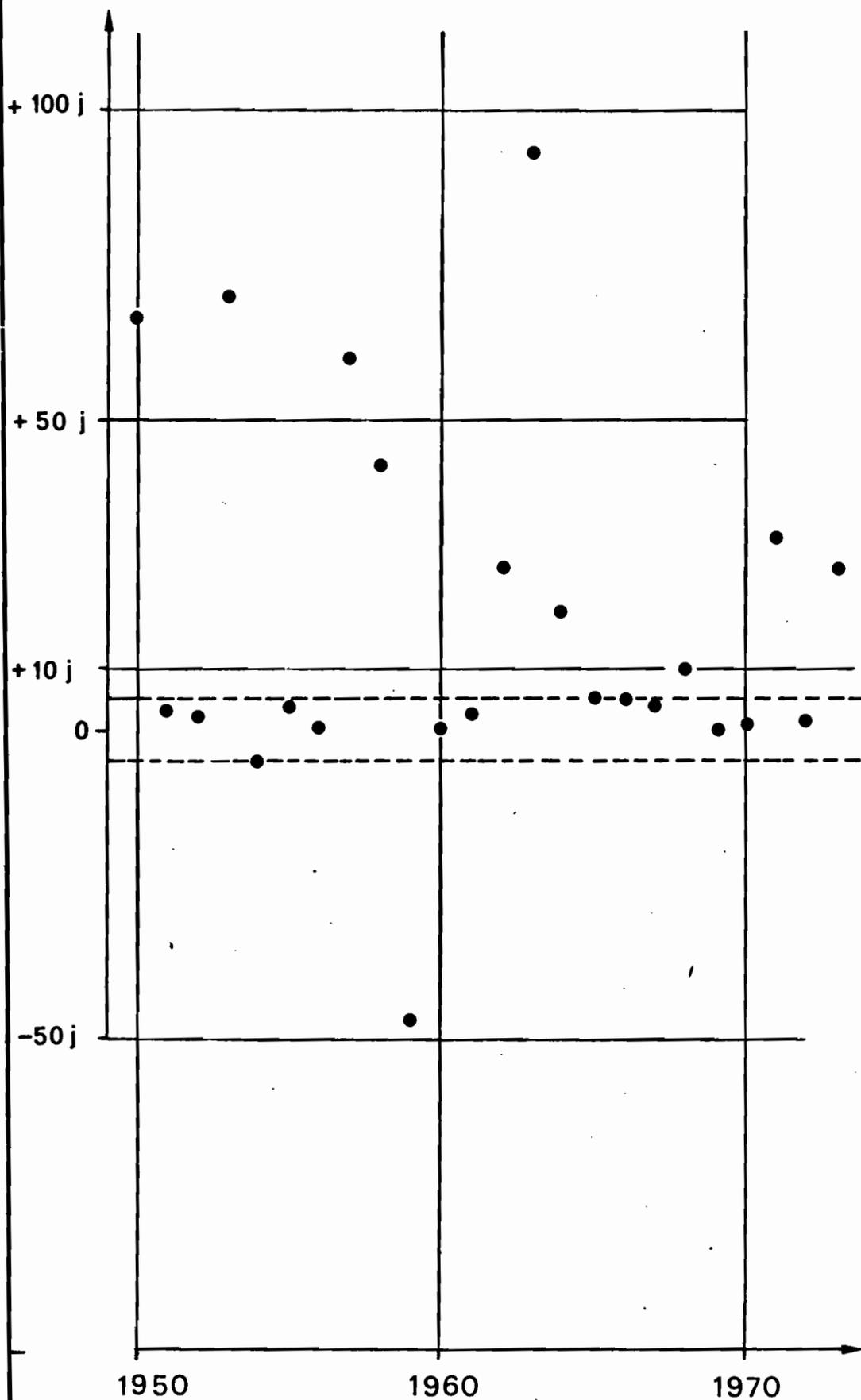
En superposant cette courbe systématiquement aux parties hautes du graphique de variation des débits en coordonnées semi-logarithmiques, nous avons constaté que dans plus de 95 % des cas, il existait une concordance remarquable entre les deux graphiques sur un intervalle de temps pouvant atteindre parfois 120 jours.

Notons que l'année 1974 se singularise très nettement avec cette méthode. En faisant coïncider graphiquement le début de la dernière grande décrue de l'année avec la courbe type de tarissement, nous constatons que seuls les points figuratifs des débits observés sur la MARNE à St DIZIER au cours de la dernière décade du mois d'août se retrouvent sur la courbe type de tarissement. Depuis 1974, la MARNE est dérivée juste à l'amont de St DIZIER pour alimenter le barrage "MARNE" qui participe au soutien des étiages de la SEINE. L'origine de l'anomalie détectée à la critique est donc trouvée. De plus, la méthode de prévision des étiages semble excellente.

Après chaque remontée très importante des débits au cours de la période estivale, il est possible de réaliser cette superposition graphique.

BASSIN DE LA MARNE A S^t DIZIER

Ecart en jours entre date du \bar{Q}_{10} Minimum observé et date du minimum simulé



Par contre à la suite d'une faible remontée des débits il suffit de faire coïncider les courbes environ 10 jours après le maximum pour obtenir à nouveau une nouvelle superposition graphique.

Cette méthode graphique permet de faire à chaque période, après une crue, une estimation du débit minimal garanti sur un délai de 30 à 90 jours au choix. La seule contrainte pratique est d'effectuer une mise à jour chaque semaine du graphique de variation des débits de la MARNE à St DIZIER avec les coordonnées semi-logarithmiques fixées.

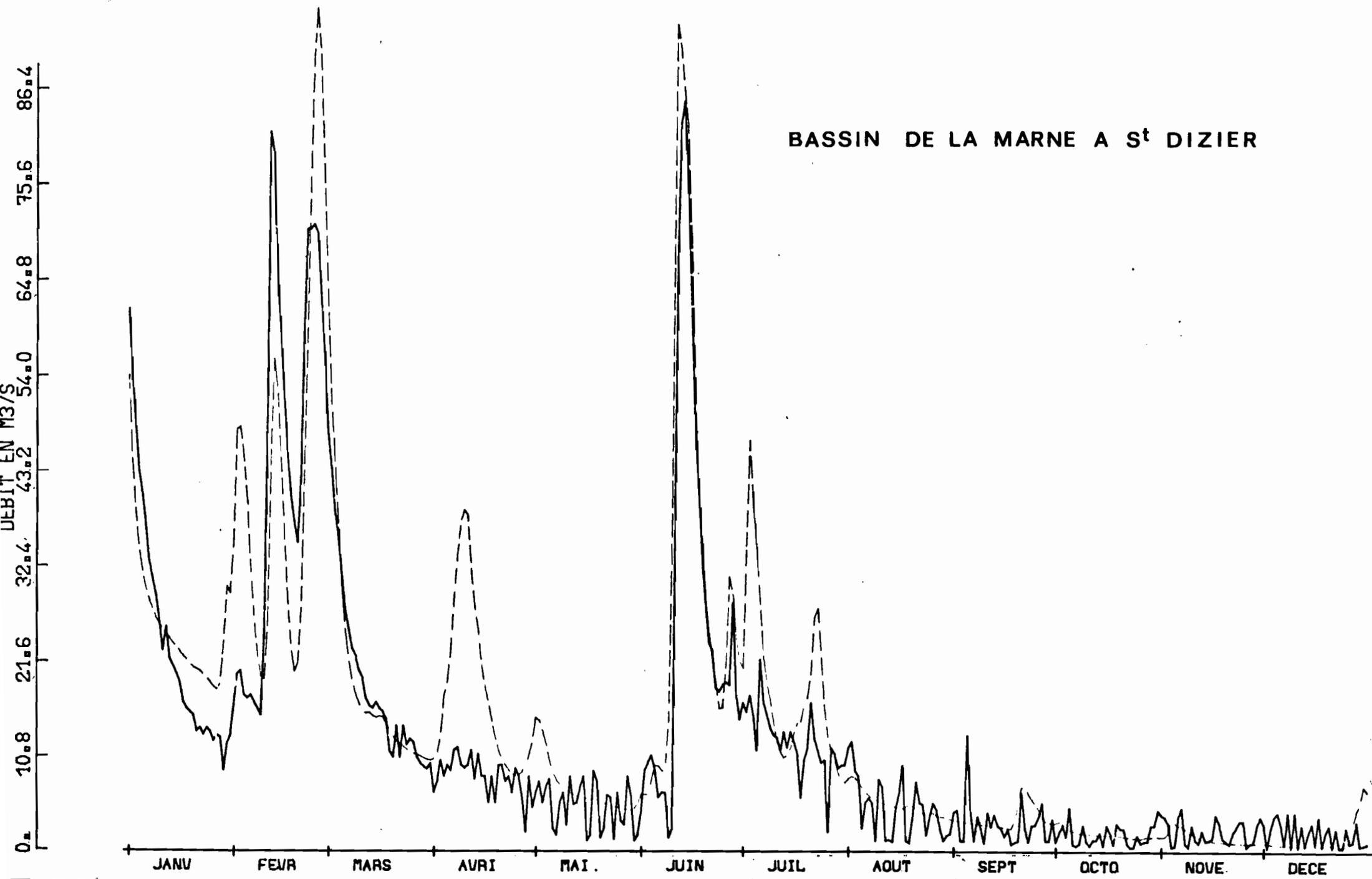
Ce moyen extrêmement simple permet de réaliser la prévision des étiages avec une sécurité d'autant meilleure que les précipitations sont faibles ou inexistantes.

STATION 5 2448

HYDROGRAMME CALC. ET OBS. ANNEE 1953

29 JUN

1977 M 18



STATION 5 2448

HYDROGRAMME CALC. ET OBS. ANNEE 1955

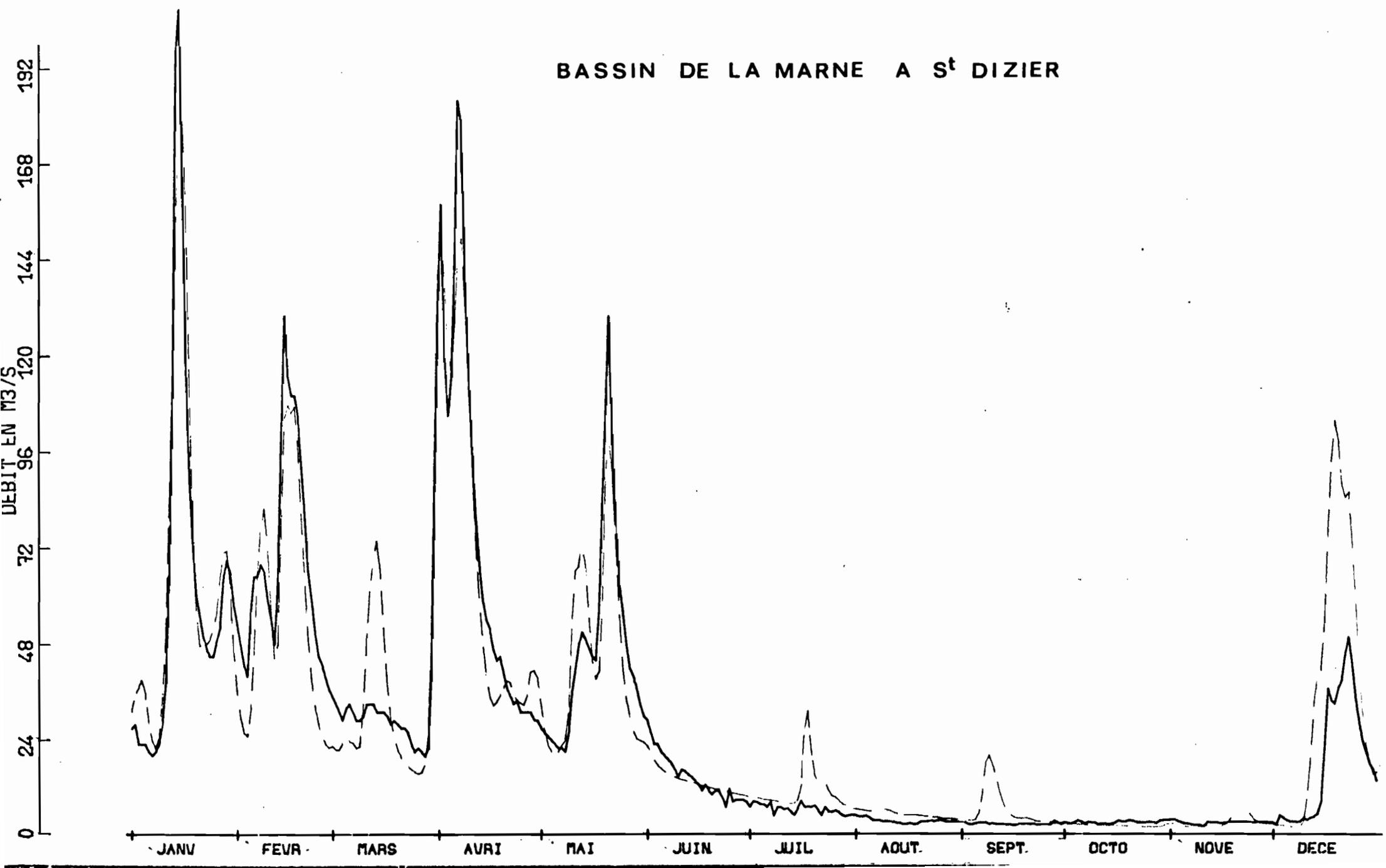
29 JUIN

1977

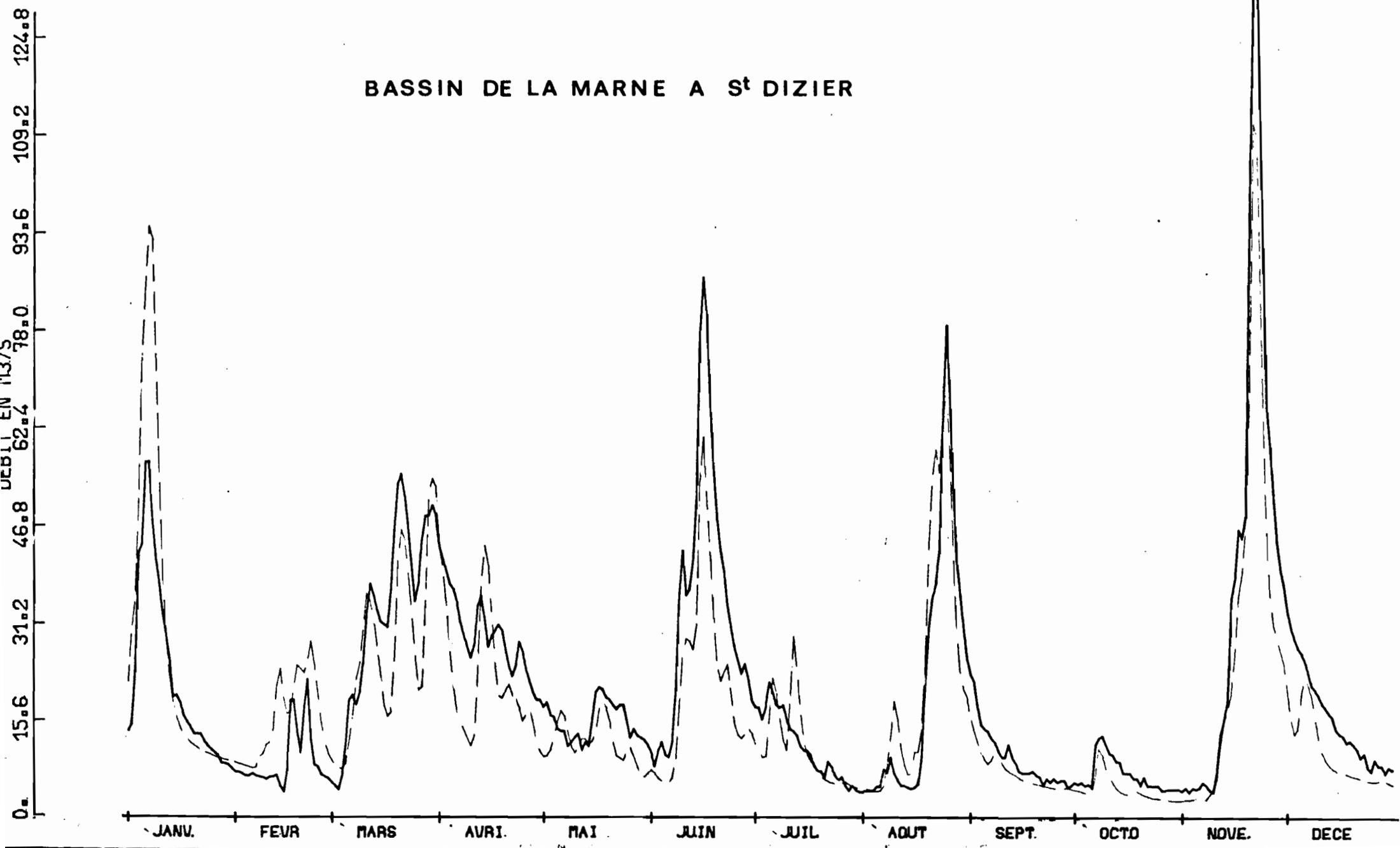
M 19

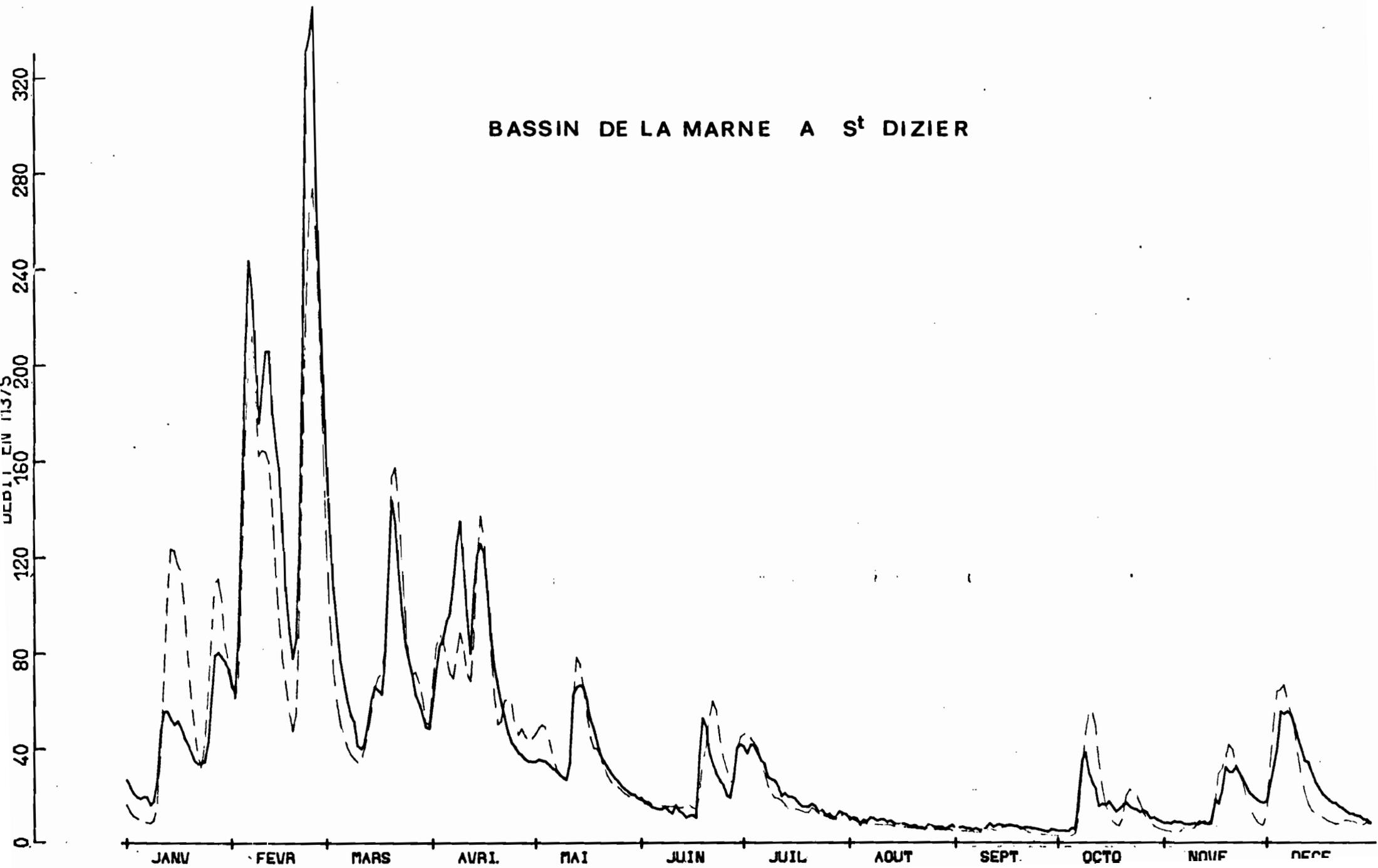


BASSIN DE LA MARNE A S^t DIZIER



BASSIN DE LA MARNE A ST DIZIER





LAMES MENSUELLE ET ANNUELLE OBSERVEES ET SIMULEES
DE LA MARNE A ST DIZIER

		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	année
1950:	(A):	30,08	77,13	30,07	32,45	30,67	19,08	6,41	3,27	5,44	3,81	37,21	89,99	356,6
	(B):	24,71	73,85	32,33	42,63	30,05	25,46	8,77	6,93	14,85	4,61	37,34	54,65	356,2
1951:		85,81	41,48	54,80	56,84	15,75	50,37	28,04	10,13	4,12	1,54	43,47	31,32	423,67
		96,41	56,79	62,52	52,32	26,85	33,99	15,41	10,63	4,59	2,41	62,78	37,11	461,82
1952:		99,49	74,95	65,86	60,40	11,12	5,29	1,59	1,99	2,85	31,58	85,78	118,09	559,0
		89,38	37,93	85,40	60,42	24,49	13,39	6,64	7,41	8,10	48,85	37,43	114,92	584,36
1953:		26,84	44,47	21,65	9,29	5,81	30,15	14,19	5,53	3,42	2,12	2,45	2,29	168,2
		29,35	45,10	21,72	19,91	8,00	35,67	21,11	6,08	4,13	2,25	1,78	1,73	156,78
1954:		13,31	11,90	23,00	23,42	6,42	5,67	2,55	13,38	11,74	24,52	26,37	84,64	246,93
		19,83	17,89	29,75	24,11	7,12	5,85	2,41	24,81	11,88	22,73	21,44	73,44	261,25
1955:		155,43	89,38	43,84	22,97	10,82	16,39	10,20	6,95	6,95	5,41	5,92	24,10	397,63
		124,10	91,27	54,15	23,65	17,82	16,81	6,23	3,49	3,25	6,34	7,52	4137	396,00
1956:		64,60	35,20	37,37	29,30	14,67	16,05	9,81	13,46	28,35	16,97	29,43	41,16	336,36
		66,07	29,82	39,77	26,27	13,19	7,15	7,15	13,44	27,65	9,95	15,99	28,88	239,74
1957:		35,65	93,42	49,06	25,06	8,80	7,52	7,52	8,21	8,66	11,23	14,85	25,61	299,13
		29,19	88,29	54,46	25,83	11,96	8,92	6,73	7,44	3,86	6,29	9,48	25,89	278,33
1958:		78,77	120,17	67,42	20,77	57,55	23,87	18,97	10,19	9,02	21,61	42,07	76,54	546,97
		66,02	127,99	61,98	36,86	57,80	26,40	15,36	10,27	4,69	13,79	36,67	73,02	529,81
1959:		160,77	29,97	26,41	35,19	28,39	15,27	6,03	4,32	1,47	1,10	1,34	11,29	321,55
		126,31	32,31	47,58	33,26	28,54	13,31	6,18	4,00	1,87	1,65	6,61	41,79	343,36
1960:		384,1	45,71	44,77	11,71	5,49	7,18	12,37	49,73	46,41	51,49	65,88	57,74	436,88
		63,56	54,53	41,38	13,49	14,79	10,87	15,26	39,00	32,89	34,46	53,21	48,96	422,40

(A) lame observée (B) lame simulée

LAMES MENSUELLE ET ANNUELLE OBSERVEES ET SIMULEES
DE LA MARNE A ST DIZIER

(suite 1)

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
1961:	76,32	91,03	30,70	16,98	16,21	14,14	4,82	4,39	2,49	8,82	27,88	69,96	363,72
:	77,03	84,07	34,61	28,92	22,13	12,78	9,20	6,76	2,44	22,17	384,0	68,40	402,94
1962:	79,57	69,16	34,85	83,00	53,52	15,69	7,09	3,68	2,85	3,36	3,17	20,12	306,87
:	70,57	57,93	37,53	79,36	50,65	14,51	12,20	5,49	6,59	2,32	3,14	40,87	386,07
1963:	25,36	9,23	36,49	31,85	17,27	37,62	12,84	24,24	10,58	7,71	42,87	18,10	274,16
:	32,94	15,94	30,46	24,49	13,46	23,39	12,32	25,98	7,99	4,95	31,79	11,59	235,29
1964:	13,23	27,86	40,92	27,03	12,89	6,57	6,56	3,47	4,66	5,63	22,47	19,58	190,86
:	13,95	22,80	34,78	22,06	10,65	4,27	2,38	2,84	12,41	9,18	23,82	17,72	176,87
1965:	81,84	34,01	79,94	54,14	42,20	26,55	10,98	7,83	36,35	39,18	36,95	168,03	617,99
:	67,69	28,64	70,39	49,54	39,54	24,12	12,03	6,14	27,49	27,42	25,38	117,59	495,97
1966:	101,02	72,95	35,26	48,71	36,34	15,68	11,54	10,21	9,81	6,37	10,21	133,08	491,19
:	86,53	74,73	47,97	50,27	37,94	20,43	14,72	11,16	4,81	6,00	11,61	102,95	469,12
1967:	77,03	42,08	45,03	27,64	17,53	11,37	6,50	5,28	10,01	17,41	49,82	83,65	393,36
:	65,62	45,92	48,05	29,37	26,06	9,91	5,58	4,12	23,92	24,95	46,00	62,62	392,12
1968:	177,93	54,86	48,41	24,45	34,24	10,49	8,18	26,55	90,45	58,32	44,23	47,42	625,51
:	110,61	63,65	49,63	29,98	34,43	11,21	13,27	15,48	52,70	28,34	27,61	35,54	472,44
1969:	58,37	72,23	60,92	56,95	52,46	43,81	17,55	6,91	4,71	3,00	6,90	39,46	423,28
:	42,23	52,22	49,56	46,30	39,21	35,53	12,50	6,81	4,49	2,06	23,21	31,52	345,63
1970:	48,05	183,09	87,49	86,26	41,18	24,59	24,52	9,06	6,86	16,88	17,40	30,12	575,48
:	48,28	145,65	79,93	42,51	42,51	28,31	22,58	7,77	5,36	19,22	16,24	26,44	543,23
1971:	27,87	31,74	17,16	13,95	13,95	17,55	8,03	5,44	3,48	3,03	11,15	12,99	174,31
:	29,54	29,67	23,54	11,10	19,03	16,74	5,46	4,94	1,89	1,18	12,36	16,07	171,53

LAMES MENSUELLE ET ANNUELLE OBSERVEES ET SIMULEES

DE LA MARNE A ST DIZIER

(Suite 2)

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
1972:	10,13	39,83	13,02	29,24	12,57	10,36	27,21	30,90	8,10	4,49	60,75	42,71	289,31
	13,80	44,78	20,41	29,04	12,34	7,31	22,82	22,80	5,01	2,90	46,38	30,39	257,98
1973:	11,98	65,66	14,33	24,20	10,18	7,59	10,18	6,34	3,79	4,87	16,45	84,68	275,55
	21,73	55,21	19,07	19,91	16,29	4,98	6,86	5,07	4,50	5,11	18,34	68,83	245,90

DEBIT MOYEN MINIMAL DE 10 JOURS
DE LA MARNE A ST DIZIER

Année:	Observation		Simulation	
	Période minimale de 10 jours	Débit observé moyen en m ³ /s	Période minimale de 10 jours	Débit simulé moyen en m ³ /s
1950	20- 8 au 29- 8	2,555	25-10 au 3-11	2,564
1951	19-10 au 28-10	1,028	22-10 au 31-10	1,787
1952	27- 8 au 5- 9	0,671	29- 8 au 7- 9	3,555
1953	6-10 au 15-10	1,303	15-12 au 24-12	0,705
1954	4- 8 au 13- 8	1,520	30- 7 au 8 - 8	1,887
1955	7-10 au 16-10	3,889	11-10 au 20-10	1,382
1956	14- 8 au 23- 8	5,229	14- 8 au 23- 8	2,288
1957	6- 7 au 15- 7	5,683	4- 9 au 13- 9	2,289
1958	3- 8 au 12- 8	5,033	15- 9 au 24- 9	3,707
1959	20-11 au 29-11	0,769	4-10 au 13-10	1,130
1960	17- 6 au 6- 6	2,079	17- 6 au 26- 6	4,341
1961	6-10 au 15-10	1,419	8-10 au 17-10	1,367
1962	9- 9 au 17- 9	2,489	5-10 au 14-10	1,732
1963	28- 7 au 6- 8	4,453	29-10 au 7-11	2,740
1964	8- 8-au 17- 8	1,512	27- 8 au 5-9	1,300
1965	20- 8 au 29- 8	6,314	25- 8 au 3-9	4,686
1966	4-10 au 13-10	5,093	9-10 au 18-10	2,150
1967	1- 9 au 10- 9	3,501	5- 9 au 14- 9	1,829
1968	19- 7 au 28- 7	6,697	29- 7 au 4- 8	5,475
1969	28-10 au 7-11	1,781	28-10 au 7-11	1,334
1970	26- 9 au 4-10	5,252	27- 9-au 5-10	3,094
1971	30- 9 au 9-10	2,532	31-10 au 9-11	0,642
1972	1-10 au 10-10	3,484	2-10 au 11-10	1,712
1973	10- 9 au 19- 9	1,614	6-10 au 15-10	1,481

LE BASSIN VERSANT DE LA DORE A GIROUX

Troisième partie

S O M M A I R E

Troisième partie

	Pages
1. <u>LES DONNEES UTILISEES</u>	50
1.1 <u>Les précipitations journalières, mensuelles et annuelles</u>	50
1.1.1 Critique des données pluviométriques	50
1.2 <u>Les débits journaliers</u>	50
1.2.1 Les données existantes	50
1.2.2 Critique des données hydrologiques	50
1.3 <u>Données hydropluviométriques critiques</u>	51
1.4 <u>L'évapotranspiration potentielle</u>	53
1.5 <u>Données diverses</u>	53
1.5.1 Les températures	53
1.5.2 Les données physiographiques	57
2. <u>LES APPLICATIONS DU MODELE A DISCRETISATION SPATIALE</u>	57
2.1 <u>Relation entre les données physiographiques et les paramètres du modèle</u>	57
2.2 <u>Les résultats obtenus sur la période 1949-1965 et 1965-1976</u>	58
3. <u>EFFICACITE DU MODELE A DISCRETISATION SPATIALE A REPRODUIRE LES ETIAGES</u>	58
4. <u>APPLICATION D'UNE METHODE GRAPHIQUE DE LA COURBE TYPE DE TARISSEMENT POUR LA PREVISION DES ETIAGES MINIMAUX</u>	62
5. <u>ABAQUE DE TARISSEMENT : APPLICATIONS</u>	64

1. LES DONNEES UTILISEES

1.1 Les précipitations journalières, mensuelles et annuelles :

Le fichier des précipitations journalières du bassin versant de la DORE à GIROUX remis par le Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de MONTPELLIER comprend des données incomplètes à six stations pour une période de 1908 à 1965.

On dispose, pour la période 1949-1965, de quatre à six stations sur le bassin versant. Les stations sont situées dans la partie centrale et aval du bassin versant (graphique D1).

Un second fichier pluviométrique nous a été remis par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières d'ORLEANS pour la période 1966-1975.

1.1.1 Critique des données pluviométriques :

La comparaison des précipitations totales sur des périodes de 5 jours montre des anomalies à la station N°44711 de CUNHLAT en 1946-1948.

La comparaison du nombre de précipitations inférieures à 0,5 mm et non nulles indique que les données sont parfaitement homogènes aux stations de MARSAC et de CHAMPETIERES. On note une amélioration de la qualité des données à la station de VALCIVIERES. Par contre la quasi-absence de telles précipitations à la station de FOURNOLS avant 1955 est à indiquer ainsi que l'extrême variation de ce nombre après 1955.

Nous donnons en page 3 un exemple du tableau des précipitations journalières à la station de FOURNOLS en 1965.

Pour la période 1954-1965, la précipitation annuelle moyenne varie sur le bassin de 750 à 1 190 mm selon l'altitude de la station.

A l'aide des données à ces six stations, on peut admettre que l'accroissement de la précipitation annuelle est de l'ordre de 0,7 mm pour un mètre de dénivellé dans cette région.

Cette valeur nous sera très utile au moment de la simulation des débits sur ce bassin.

1.2 Les débits journaliers :

1.2.1 les données existantes :

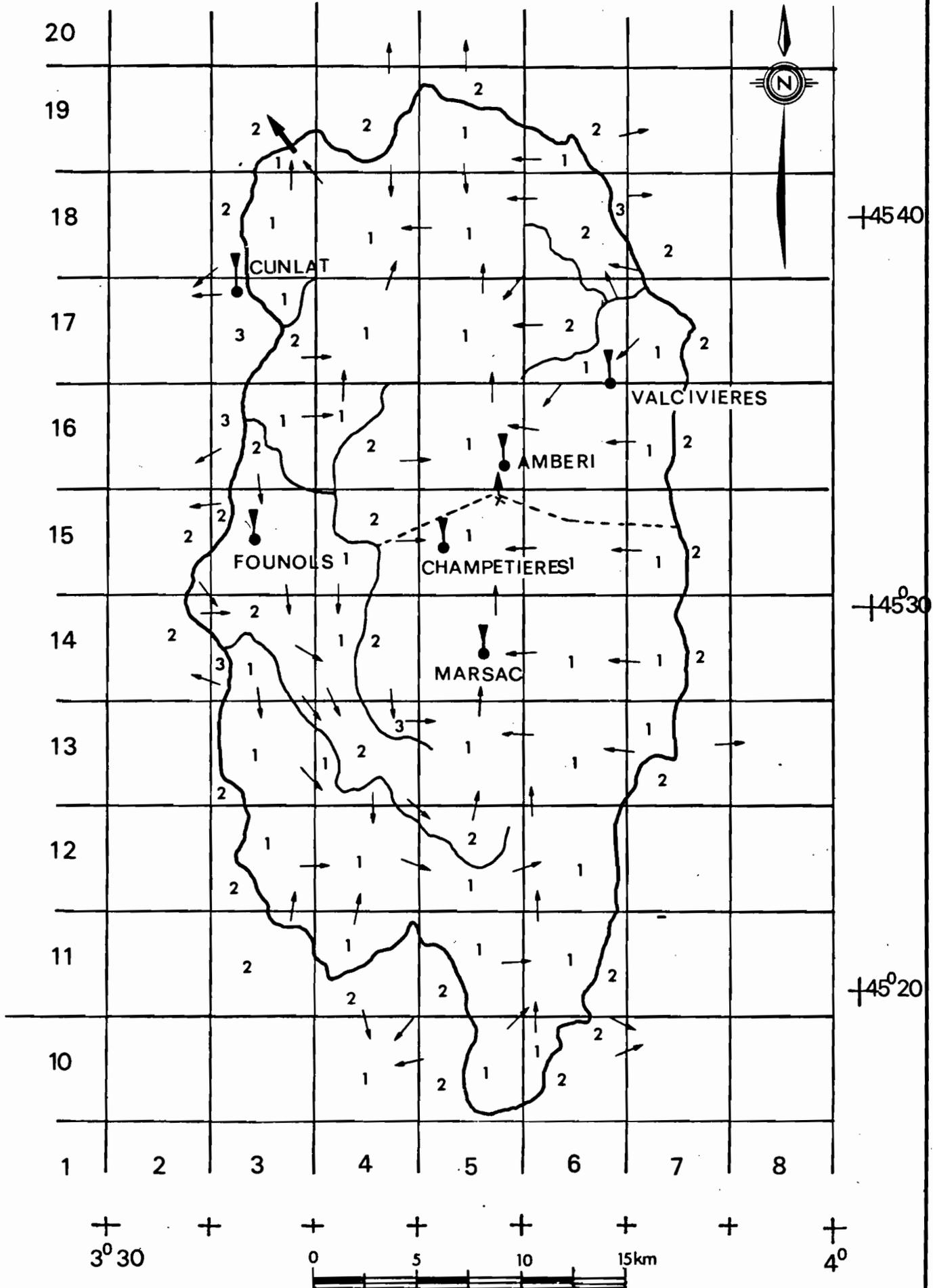
Le fichier des débits moyens journaliers du bassin versant de la DORE à GIROUX remis par le Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de MONTPELLIER comprend l'ensemble des débits de janvier 1939 à décembre 1974.

1.2.2 Critique des données hydrologiques :

Seule la critique des débits à l'échelle temporelle a été réalisée d'une manière identique à celle appliquée aux autres bassins versants.

BASSIN DE LA DORE A GIROUX

D1



Les graphiques des variations des débits journaliers tracés en coordonnées semi-logarithmiques, pour toutes les années de la période 1939-74 ne présentent pas d'anomalies sérieuses. Dans l'ensemble tous les éléments de droite de tarissement du bassin de la DORE à GIROUX présentent une certaine homogénéité pour les années 1944 à 1974. Seuls les tarissements des années 1943 et 1945 paraissent très aberrants. Nous devons noter des tarissements exceptionnels en 1949 et en 1950, années pour lesquelles les débits ont été les plus faibles observés de toute la période (1944-1974). Ils sont de l'ordre de la centaine de litres par seconde.

Les graphiques D2 et D3 présentent l'ensemble des éléments de droite de tarissement que l'on peut tracer au cours de cette période d'observation à partir des courbes de variations des débits journaliers en coordonnées semi-logarithmiques. Quelques graphiques annuels donnent un aperçu des anomalies rencontrées et de l'allure des courbes classiques de ce bassin versant (graphiques : D4 en 1945, D5 en 1968, D6 en 1967, D7 en 1971). La vidange des nappes de ce bassin versant est extrêmement rapide. On note que le temps mis, en l'absence de précipitation, pour que le débit passe d'une valeur Q à une valeur $Q/10$ varie de 20 jours à 36 jours. Le temps médian est de 29 jours. Pour la prévision des débits d'étiage, ces observations montrent que l'on peut prévoir le débit minimal (en absence de pluie) sur 10, 20 ou 30 jours avec une certaine précision, les débits à 2 mois ou 3 mois sont liés directement à la séquence des précipitations qui s'observerait au cours de ces mois.

Le graphique D8 montre à droite le type de courbe de tarissement que l'on peut obtenir en l'absence de toute précipitation et à gauche le type de courbe de tarissement le plus probable compte tenu des faibles précipitations localisées sur les parties hautes du bassin versant.

1.3 Données hydropluviométriques critiques :

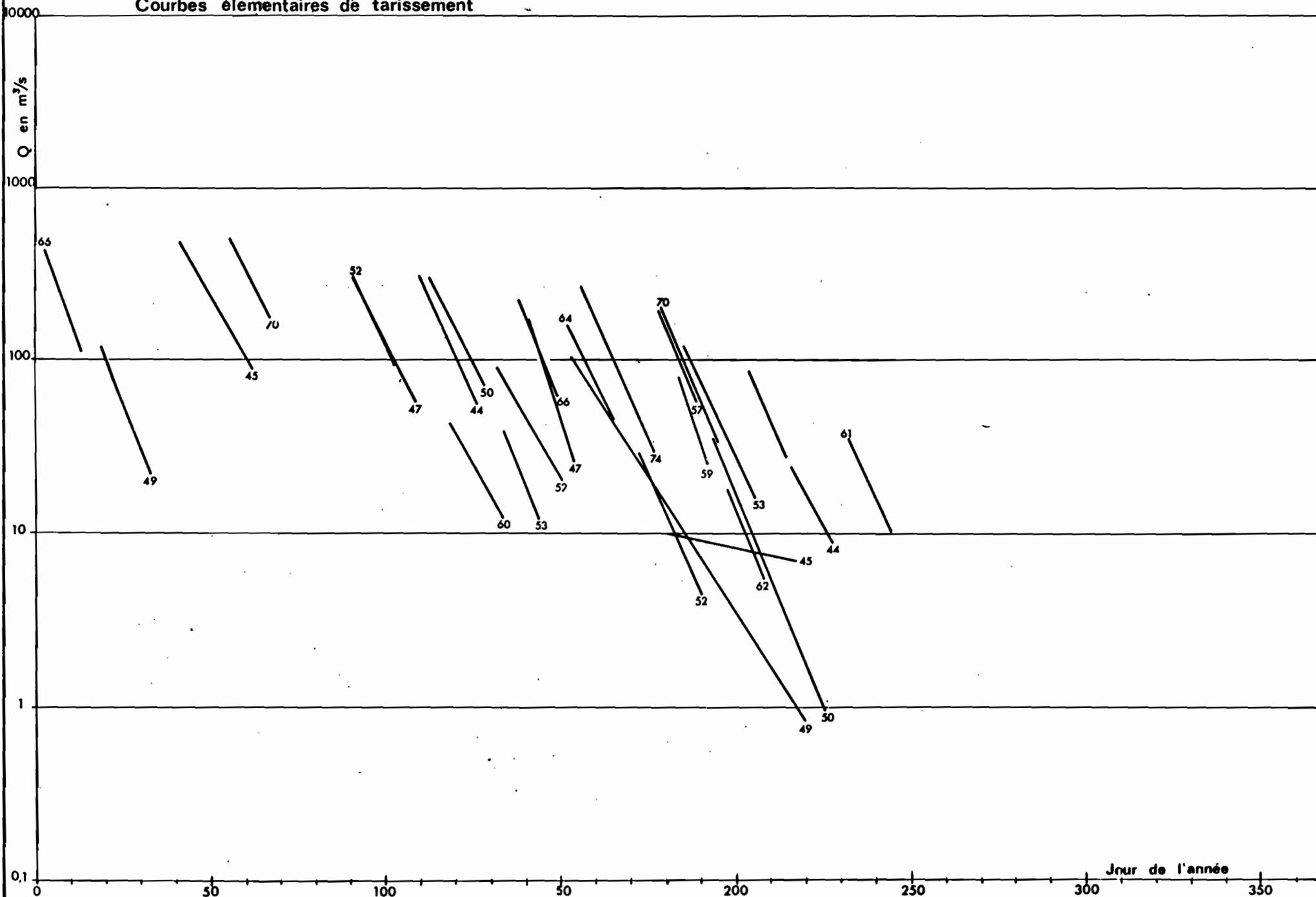
L'examen critique des données pluviométriques et des données hydrologiques réalisé séparément et sommairement aux paragraphes précédents est complété par une comparaison temporelle de ces données brutes ou modifiées.

A partir du 1er juin de chaque année nous avons calculé pour les 30 premières périodes de 5 jours le débit moyen écoulé à la station hydro-métrique et les indices pluviométriques à chaque station du bassin versant. L'indice pluviométrique sur 5 jours est la somme des valeurs positives journalières ($P_j - ETP_j$) des cinq jours consécutifs (P_j pluie du jour $J - ETP_j$ évapotranspiration potentielle du jour j valeur égale à l'ETP moyenne journalière du mois).

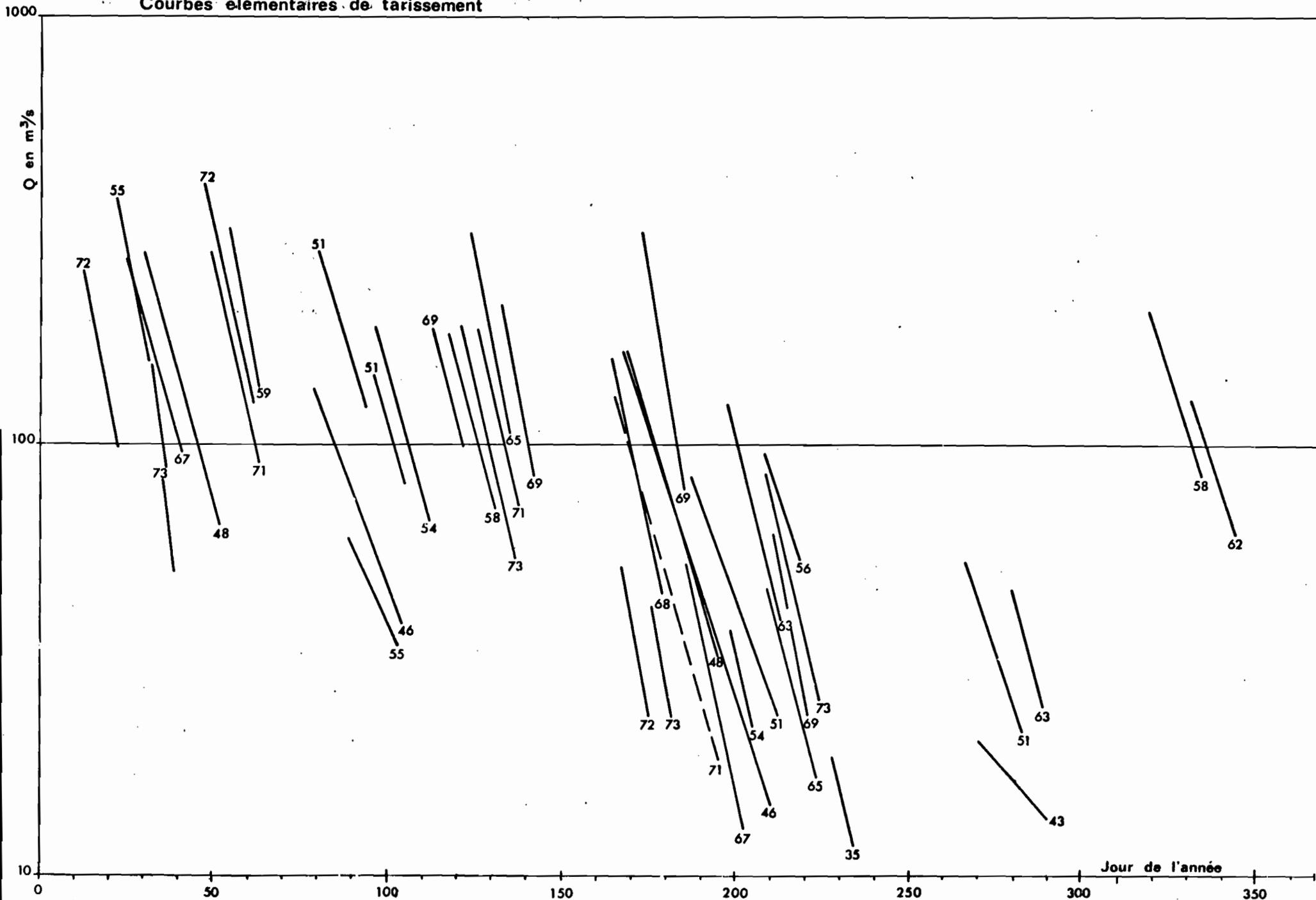
Un tableau comparatif de ces données, débit sur 5 jours et indices à chaque station pluviométrique, nous permet, par examen visuel, de réaliser une critique d'homogénéité de ces données à chaque année.

Sur le tableau D9 pour l'année 1952, nous enregistrons une remontée des débits à la 11ème et 12ème période alors qu'un seul indice pluviométrique atteint 42/10ème de mm.

Courbes élémentaires de tarissement



Courbes élémentaires de tarissement



BASSIN DE LA DORE A GIROUX
 NUMERO DES STATIONS PLUVIOMETRIQUES UTILISEES
 44703 44704 44705 44706 44708 44711

N°	Nom	Années 1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	Altitude approximative
44703	MARSAC					XXXXXXXXXX	XXXXXX		550 m
44704	FOURNOLS		XXXXX XXXXXXXXXXXX	XXXX XXX	X XX	XXXXXXXXXX	XXXXXX		1 000 m
44705	CHAMPETIERES		XXXXX	XXXXXXXXXX	XXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXX		800 m
44706	AMBERT					XXXXXXXXXX	XXXXXX		520 m
44708	VALCIVIERES				X	XXXXXXXXXX	XXXXXX		900 m
44711	CUNHLAT	XX X X	XX XX X		XXXX	XXXXXXXXXX	XXXXXX		700 m

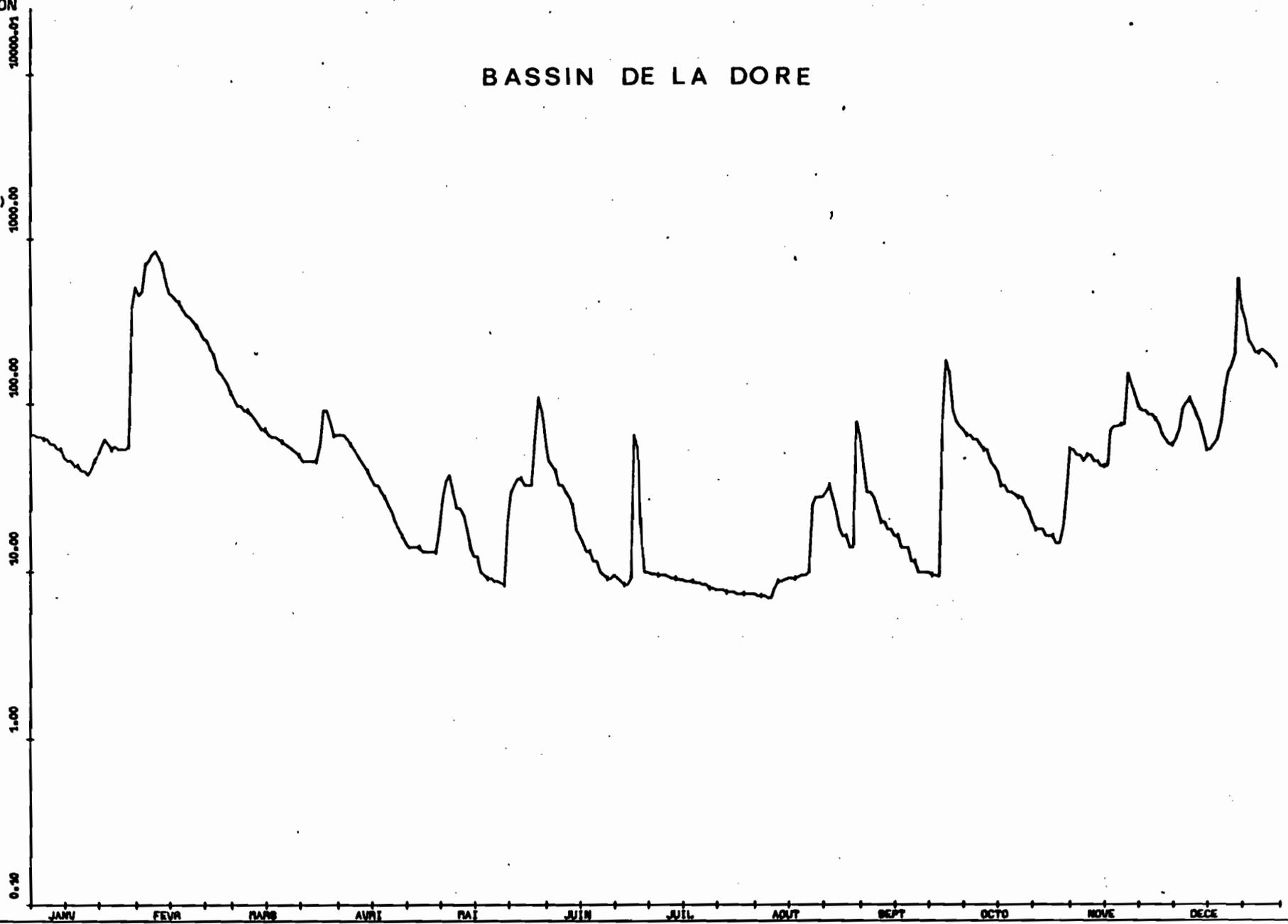
GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

ANNEE : 45

STATION (S)

□ ○ 3478

BASSIN DE LA DORE



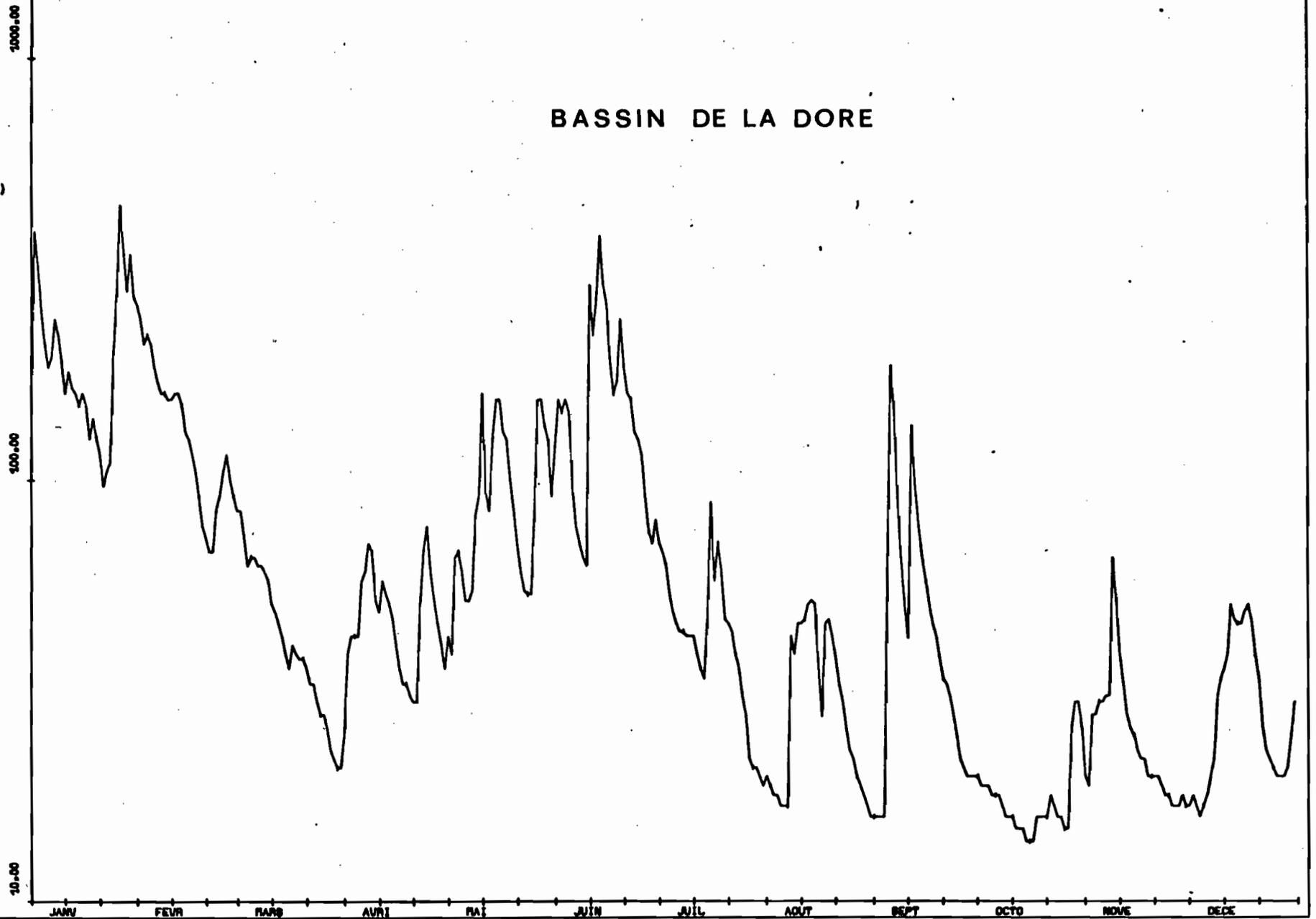
GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

ANNEE : 48

STATION (S)

0 0 3478

BASSIN DE LA DORE



GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

ANNEE : 67

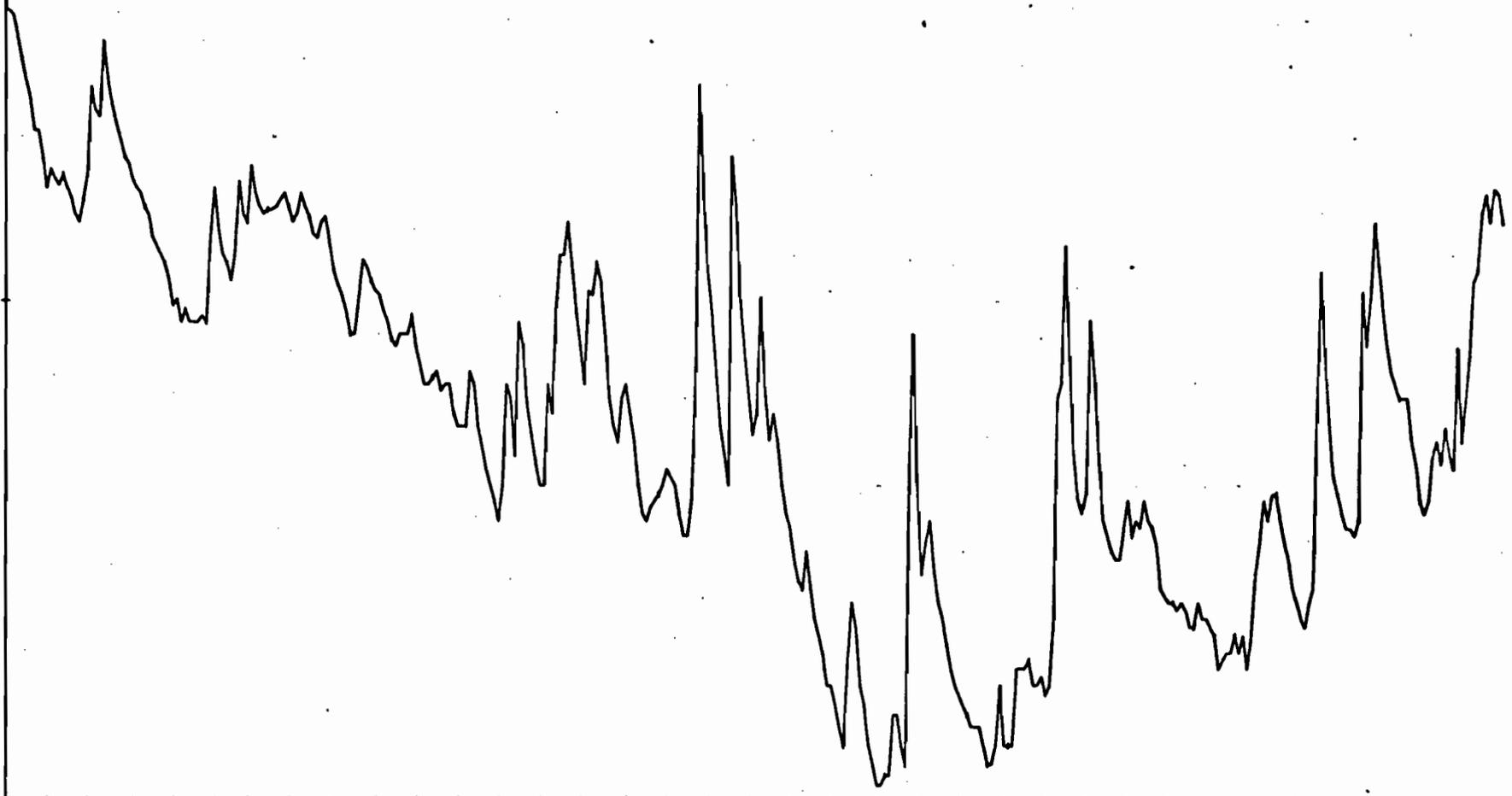
STATION (S)

□ 0 3478

BASSIN DE LA DORE

1000.00
100.00
10.00

JANV FEVR MARS AVRIL MAI JUIN JUIL AOÛT SEPT OCTO NOUV DECE



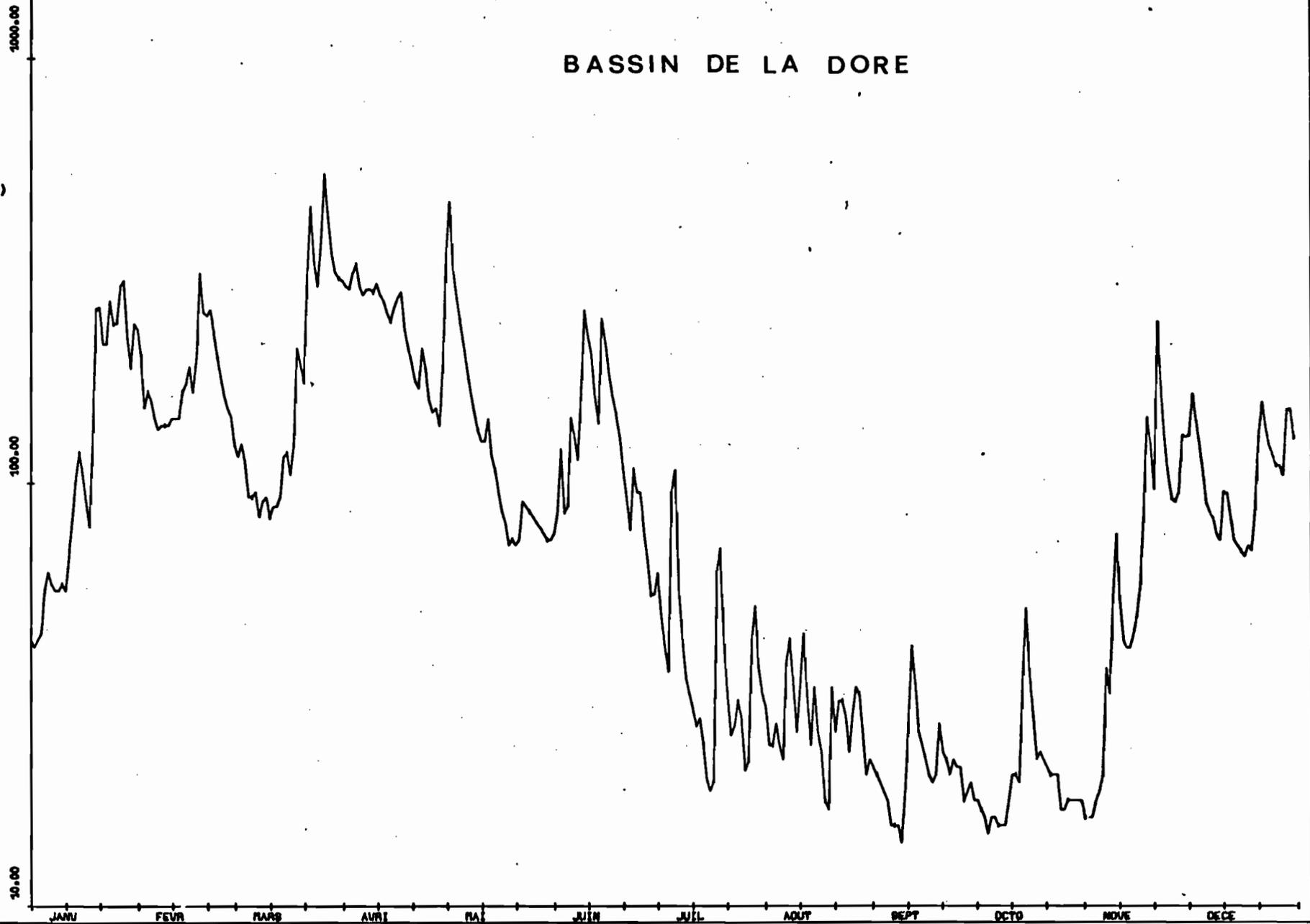
GRAPHIQUE
DE VARIATION
DES DEBITS

ANNEE : 71

STATION (S)

0 0 3478

BASSIN DE LA DORE



Sur le tableau D/10 pour l'année 1964, le tarissement entre la 1ère et la 11ème période est perturbé par les valeurs faibles que prennent les indices pluviométriques.

Dans leur ensemble les données hydropluviométriques ne présentent pas d'anomalies décelables par utilisation de cette méthode.

1.4 L'évapotranspiration potentielle :

La monographie du bassin versant de l'ALLIER exécutée par le Laboratoire d'Hydrologie Mathématique de MONTPELLIER donne des informations concernant la variation spatiale de l'évapotranspiration potentielle du mois de juillet et la variation mensuelle du rapport entre l'ETP du mois à l'ETP du mois de juillet.

Voici les données que nous utiliserons dans le modèle à discrétisation spatiale :

Mois	ETP en mm par jour
Janvier	0
Février	0,1
Mars	1,2
Avril	1,9
Mai	3,0
Juin	3,6
Juillet	4,5
Août	3,3
Septembre	2,4
Octobre	1,3
Novembre	0,6
Décembre	0

soit environ 660 mm au cours de l'année.

1.5 Données diverses :

1.5.1 Les températures :

Un type de données qu'il était impératif d'obtenir pour la simulation des écoulements était les températures minimales et maximales journalières en un ou plusieurs postes sur le bassin versant. En effet, il est nécessaire d'avoir au moins les températures journalières pour simuler la fonte des neiges (la chute de neige annuelle atteint souvent 30 % des précipitations totales).

En absence de ces données qui ont été réclamées en vain aux différents organismes par le L.H.M. nous avons utilisé la moyenne des températures mensuelles que nous connaissions, mais les résultats ne sont pas ceux que nous aurions pu escompter.

BASSIN DE LA DORE A GIROUX
 TABLEAU DE COMPARAISON DES DEBITS MOYENS
 PAR PERIODES ET DES INDICES PLUVIOMETRIQUES

Ordre des périodes	Année 1964 Q en 1/10 de m ³ /s	Bassin de la DORE							
1	149,00	0	27	6	14	10	0	0	0
2	87,40	0	0	0	0	0	467	0	0
3	55,20	0	50	0	0	34	1	0	0
4	44,00	0	34	0	0	0	37	0	0
5	31,20	0	0	0	0	0	0	0	0
6	25,00	27	0	0	17	0	0	0	0
7	20,10	47	0	321	0	0	0	0	0
8	16,80	0	0	0	0	0	0	0	0
9	16,10	0	56	0	0	0	0	0	0
10	11,10	0	31	0	0	12	2	0	0
11	9,40	0	0	0	0	0	0	0	0
12	12,70	532	257	387	455	292	57	0	0
13	11,50	0	0	0	0	0	0	0	0
14	11,40	256	27	134	449	252	144	0	0
15	12,10	0	10	0	0	0	0	0	0
16	8,56	68	65	37	25	35	105	0	0
17	17,90	324	358	374	319	336	296	0	0
18	13,70	0	0	0	0	0	0	0	0
19	10,40	74	45	19	38	37	54	0	0
20	12,10	94	141	158	129	133	122	0	0
21	12,10	62	0	160	0	0	0	0	0
22	12,80	164	177	292	128	182	92	0	0
23	14,70	0	0	0	0	71	5	0	0
24	10,40	32	0	22	34	97	16	0	0
25	11,50	128	86	84	116	113	50	0	0
26	16,80	135	1	196	155	160	96	0	0
27	25,50	103	157	159	109	161	169	0	0
28	20,00	16	66	71	67	94	93	0	0
29	20,80	0	0	0	0	0	0	0	0
30	21,80	17	0	0	0	0	13	0	0
		703	704	705	706	708	711	0	0

Indices pluviométriques des postes pluviométriques
 en 1/10^e de mm.

BASSIN DE LA DORE A GIROUX
 TABLEAU DE COMPARAISON DES DEBITS MOYENS
 PAR PERIODES ET DES INDICES PLUVIOMETRIQUES

Ordre des périodes	Q en 1/10 m ³ /s	Année 1952	Bassin de la DORE
1	22,00	18	-10: 23: 2 : 0 :-10:
2	25,20	117	-10: 126: 70: 106 :-10:
3	24,90	94	-10: 0: 227: 223 :-10:
4	57,40	219	-10: 324: 346: 404 :-10:
5	34,00	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
6	17,00	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
7	10,90	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
8	6,34	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
9	4,42	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
10	3,28	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
11	5,02	0	-10: 1: 42: 0 :-10:
12	5,96	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
13	4,98	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
14	5,06	352	-10: 214: 212: 0 :-10:
15	5,08	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
16	6,84	669	-10: 581: 501: 0 :-10:
17	18,80	35	-10: 48: 40: 0 :-10:
18	10,90	0	-10: 0: 0: 0 :-10:
19	9,00	106	-10: 128: 86: 0 :-10:
20	11,10	92	-10: 74: 64: 99 :-10:
21	10,70	29	-10: 55: 5: 57 :-10:
22	14,60	45	-10: 122: 114: 151 :-10:
23	16,50	23	-10: 96: 49: 213 :-10:
24	16,80	13	-10: 68: 35: 85 :-10:
25	17,40	62	-10: 116: 50: 91 :-10:
26	42,20	140	-10: 278: 201: 379 :-10:
27	27,60	51	-10: 77: 53: 109 :-10:
28	31,00	24	-10: 46: 19: 46 :-10:
29	27,90	193	-10: 278: 200: 249 :-10:
30	72,40	118	-10: 176: 177: 268 :-10:
		703	704: 705: 706: 708 : 721:

Indices pluviométriques en 1/10 de mm.

BASSIN DE LA DORE A GIROUX

Station 44704

Année 1965

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	
1	- 2,8		-14,8				5,0		37,8		1,0	8	
2	- 9,6		- 2,4		5,1	6,6		1,3	16,7		1,3	5,5	
3	- 6,8		7		4,0	3			1,9		2,0	-8,7	
4	- 2,6				9,3	19,6	14,7		24,3			-8,2	
5		-11,5	4		4,5				2,1		1,0	5,9	
6				3	5,3	9	21,9	14,7		7,8	6	2	-1,6
7	1,2			3,4	3,8	10,6	46,6	3,9			5,5	-1,8	
8	5,1	- 3,6		-1,6		1,9	5,8		17,6				
9				-2,0	8	8,2			12,5		8,5		
10				15,3		3,6			3,4		3,2	-7,8	
11									8,9		2,0	-9,6	
12	- 8,2			-5,2					8		-3,6	1,4	
13	- 7,1	- 7,3						8,7	4,0		1,2	3,3	
14		- 6,4	3,5								3,0		
15	3,3	9,3	6,9	16,1			25,0			26,7	5,9		
16	-6,1	9,5		7,4	7,0	6,4	7,3			15,5	14,5	14,5	
17	-5,4	-1,2		2,8	12,7			8		3	-19,2	5,0	
18	9,4	-1,0	-17,8	-4,6	60,2				12,0		5,0		
19	-3,8	6	6,1	-19,3	8,7		4,2				7		
20	-11,7		3,5	-13,8			5,7				3,8	-7,8	
21	- 5,2		14,0	-10,2							-4,5	-1,3	
22	-10,7		8,9	5,0			3,6	4,3			5,5		
23	- 2,6		7,4	-9,1	1,3		6,4	3,7			-3,4	-3,7	
24			5	-3,0	1,3		22,0	5,8			2	5,5	
25	7		1,6	-22,4		5,6		1,6	26,0			-8,9	
26	4			-4,5	2,0		2,1	8	5,5	3,2	-4,1	5,4	
27				-10,1	17,5	1,4		11,0	3,5		8,2	3,8	
28				- 2,1	-19,0			3,1	7	13,4		-8,2	
29					1,5					4,4	-11,0	- 5	
30	4,2				19,6		2,6					-3,0	
31	5,7				6,6		3,1	12,4				15,5	
TOT	9,9	0,0	46,3	55,3	166,8	86,1	154,1	57,4	125,5	63,5	45,7	61,2	
NEI	103,4	50,4	42,5	107,9	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,4	82,4	

1.5.2 Les données physiographiques :

De la carte IGN au 1/250 000ème de CLERMONT-FERRAND, ont été tirées les données suivantes :

- l'altitude moyenne de chaque carreau de 5 km sur 5 km
- le pourcentage de couverture forestière
- les caractéristiques de drainage et les superficies des carreaux partiels.

De la monographie de l'ALLIER nous avons tiré les caractéristiques géologiques du bassin versant de la DORE à GIROUX.

Le graphique D1 présente le carroyage réalisé pour ce bassin, l'emplacement des stations pluviométriques et le drainage de la DORE à GIROUX.

2. LES APPLICATIONS DU MODELE A DISCRETISATION SPATIALE :

2.1 Relation entre les données physiographiques et les paramètres du modèle :

La quantité d'eau tombée sur chacun des carreaux constitutifs du bassin versant est celle observée à la station pluviométrique la plus proche corrigée par le gradient pluviométrique égal dans cette région à 0,7 mm par an et par mètre de dénivelée.

Cette correction a une très grande importance sur ce bassin puisqu'aucun pluviomètre n'est observé au-delà de 1 090 m.

La quantité d'eau retenue par les sols et mobilisable par la végétation est liée au type du couvert végétal et à la nature géologique de chaque carreau.

Les rétentions maximales et minimales sont de 154 et 51 mm. Les alimentations maximales et minimales de la nappe sont de 20 et 32. Les coefficients de vidange de la nappe varient de 0,036 à 0,037.

2.2 Les résultats obtenus sur la période 1949-1965 et 1965-1976 :

Notons que des imprécisions demeurent au niveau des volumes d'écoulement annuel par suite des retards dans la fonte des neiges.

Cependant les écarts entre lame annuelle écoulée sur le bassin et lame simulée par le modèle à l'aide des précipitations présentent parfois des valeurs élevées dont l'origine semble être le manque d'information pluviométrique (3 ou 4 postes sur 6 en 1949 et 1950). On peut dire aussi que les 6 postes pluviométriques utilisés ne permettent pas de représenter les précipitations sur le bassin puisqu'ils sont situés seulement au centre et sur la partie aval de celui-ci.

Des tableaux D11 et D12 de comparaison des lames mensuelles observées et simulées, nous retenons que les écoulements simulés en 1949 et 1950 sont très nettement excédentaires (méconnaissance des précipitations, inadéquation probable du modèle...). Ceux de l'année 1956 sont nettement sous-estimés par suite des pluies exceptionnelles d'été.

Ceux de l'année 1970 sont nettement sous-estimés au premier semestre par suite d'une erreur d'enrèe des précipitations pour le premier semestre entier au poste de MARSAC.

Enfin ceux de l'année 1974 sont nettement sous-estimés mais on remarque également que les lames écoulées au cours du mois sont nettement supérieures aux précipitations moyennes sur le bassin versant.

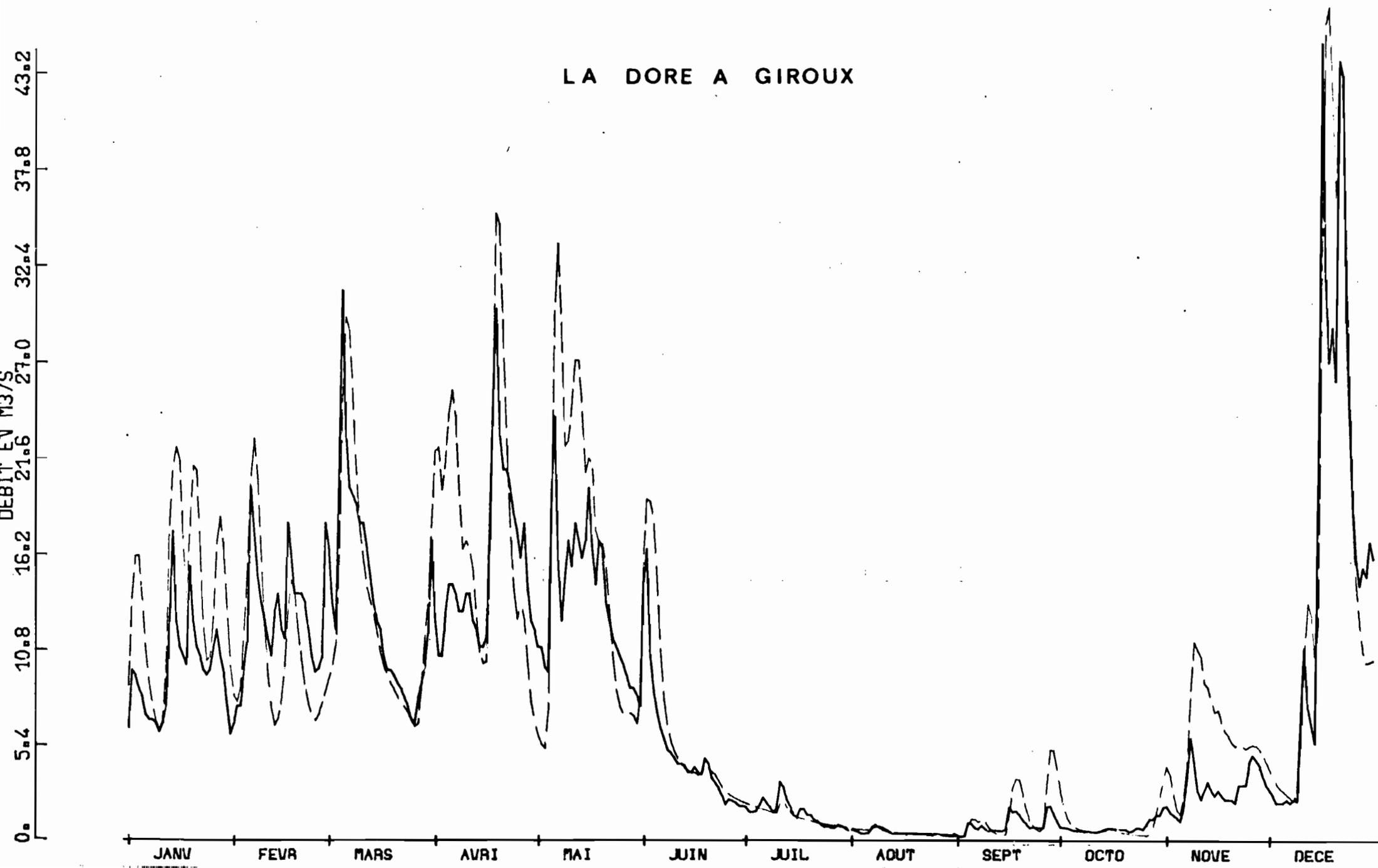
Dans l'ensemble, ces résultats sont assez décevants et les incertitudes sur la simulation obtenue en période de fonte de neige n'incitent pas à effectuer un meilleur calage du modèle d'autant plus que les précipitations ne sont pas très représentatives sur le bassin versant.

Les graphiques D13 et D14 présentent la comparaison journalière des débits observés et simulés pour les années 1962 et 1964. A l'échelle de l'année, les écarts entre lame observée et lame simulée oscillent entre 73 mm et -88 mm, excepté pour les quatre années signalées pour lesquelles ils sont supérieurs.

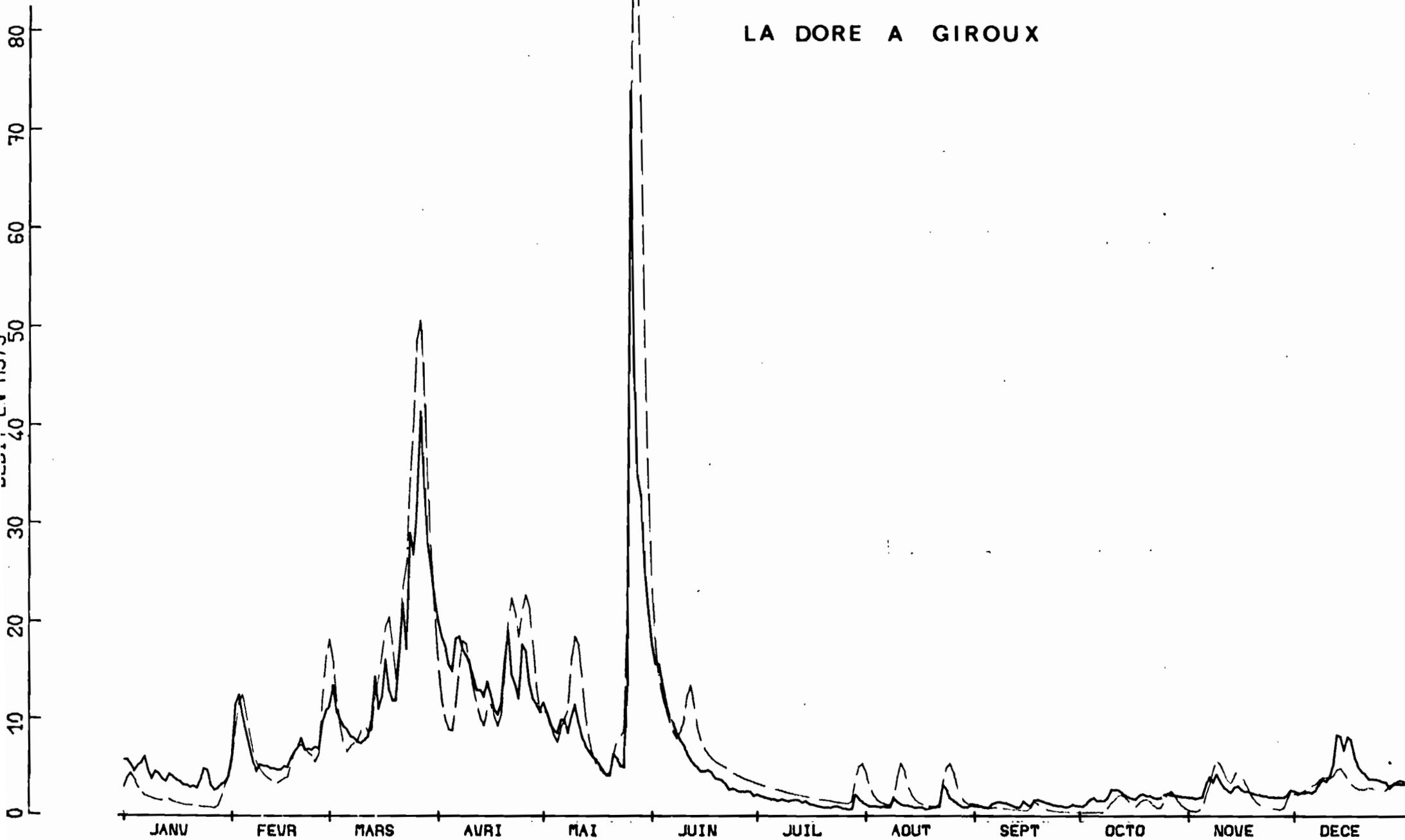
A l'échelle du mois les écarts sont très importants bien que parfois relativement faibles en étiage (septembre 1961, août 1962) ou forts, également en étiage (août 1949, août 1950).

3. EFFICACITE DU MODELE A DISCRETISATION SPATIALE A REPRODUIRE LES ETIAGES :

Dans le précédent chapitre, nous avons noté la dispersion notable des résultats globaux de la simulation sur la période 1949-1974. Il va sans dire que la reproduction des débits d'étiage présente encore plus de dispersion.



LA DORE A GIROUX



LAME MENSUELLE OBSERVEE ET SIMULEE

BASSIN DE LA DORE A GIROUX

1ère PERIODE 1949-1965

D 11

	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc.	Année
1949:Lo	23,2	9,5	24,8	8,3	16,8	16,9	1,9	0,6	1,0	1,6	19,8	33,6	158,1
:Lc	36,6	16,5	33,5	16,7	19,4	16,3	5,3	1,9	6,7	3,2	69,5	65,7	293,4
1950:Lo	34,9	49,0	24,3	42,8	29,6	18,8	8,9	1,2	2,5	5,0	60,4	30,6	308,2
:Lc	79,3	80,5	45,9	48,8	51,0	44,3	36,8	7,0	6,3	6,6	103,7	70,1	630,3
1951:Lo	44,4	49,6	81,4	33,9	83,2	73,3	29,9	17,8	11,2	10,3	56,5	28,7	520,3
:Lc	45,5	48,6	71,3	30,0	88,2	65,7	22,0	14,1	7,3	2,9	48,3	26,8	470,8
1952:Lo	56,6	47,2	100,4	43,7	81,4	9,5	1,9	2,9	4,4	16,7	80,5	90,8	470,1
:Lc	58,9	41,8	87,0	59,4	28,5	13,3	3,6	8,3	5,9	16,4	81,0	63,6	467,7
1953:Lo	34,5	25,5	23,7	15,6	12,0	25,9	18,8	7,7	5,5	11,6	12,7	11,4	208,0
:Lc	35,1	22,7	25,3	32,1	20,8	40,1	12,5	6,9	5,1	18,7	10,2	17,4	246,8
1954:Lo	43,1	58,2	63,5	42,6	41,7	21,4	15,7	48,9	38,9	22,9	23,1	62,4	482,6
:Lc	37,8	35,8	69,5	45,1	46,9	18,5	7,4	57,6	32,8	14,3	14,0	44,0	423,9
1955:Lo	112,8	64,7	27,4	13,2	9,3	23,8	14,1	7,0	9,4	9,8	10,1	24,1	325,6
:Lc	91,0	67,2	28,2	14,7	11,1	28,9	9,3	3,0	7,2	3,6	1,0	12,9	278,2
1956:Lo	51,5	30,5	56,6	47,6	40,3	45,6	42,5	24,8	49,6	53,4	54,1	41,5	537,9
:Lc	39,2	32,2	36,1	44,0	35,1	32,0	32,8	10,9	43,1	41,2	31,1	20,8	298,6
1957:Lo	73,8	106,6	57,0	27,4	16,6	60,6	24,2	7,1	5,8	4,8	9,4	12,3	405,6
:Lc	41,4	73,3	61,6	37,9	18,5	52,9	14,4	5,1	2,4	2,6	7,0	8,2	325,4
1958:Lo	33,6	46,4	69,6	78,3	30,3	22,4	23,0	13,8	16,3	34,1	68,8	59,3	496,0
:Lc	23,2	31,3	79,2	90,1	34,5	31,8	13,4	7,6	25,7	20,4	56,2	63,4	476,7
1959:Lo	86,2	27,9	36,4	23,6	47,6	37,9	14,1	7,1	5,8	8,5	20,6	41,5	357,3
:Lc	60,5	18,4	59,7	36,1	38,9	66,4	14,8	5,4	2,1	8,5	39,4	39,4	371,5

LAME MENSUELLE OBSERVEE ET SIMULEE

BASSIN DE LA DORE A GIROUX

1ère PERIODE 1949-1965

D 11 (suite)

	Janv:	Févr:	Mars :	Avril:	Mai:	Juin :	Juil :	Août :	Sept:	Oct :	Nov :	Déc :	Année:
1960:Lo:	55,5	55,0	75,2	19,7	8,3	8,3	7,7	43,5	44,7	66,5	61,6	46,2	490,2
:Lc:	57,3	47,6	75,2	30,9	17,5	13,3	12,5	49,0	60,2	59,0	53,2	36,2	512,0
1961:Lo:	61,2	76,3	24,9	13,6	10,7	8,6	5,0	10,8	3,1	11,5	16,3	33,2	275,1
:Lc:	54,2	49,0	32,5	37,9	19,7	10,3	2,5	16,3	2,5	13,8	14,8	29,4	282,9
1962:Lo:	32,0	37,8	45,2	50,0	45,3	16,2	5,3	1,6	3,1	2,6	9,7	52,7	301,3
:Lc:	46,5	33,2	44,0	50,2	53,0	20,6	4,7	1,5	5,1	2,9	19,1	56,3	344,9
1963:Lo:	36,1	24,4	55,8	64,1	36,6	53,8	40,1	47,4	23,7	10,6	49,0	21,5	463,0
:Lc:	35,6	25,8	66,1	80,6	49,1	57,0	33,3	36,7	13,4	3,6	41,6	12,3	455,0
1964:Lo:	13,8	22,2	55,2	46,6	46,9	19,3	4,6	4,1	3,9	6,7	8,3	14,4	245,9
:Lc:	6,4	22,5	64,8	45,8	70,0	24,6	8,1	7,7	2,2	4,1	7,6	11,1	274,8
1965:Lo:	37,8	32,1	59,9	76,3	89,3	57,7	20,8	7,4	34,6	25,5	38,7	90,1	570,2
:Lc:	27,7	24,8	57,6	99,9	95,1	53,3	20,3	5,6	44,9	24,6	33,8	78,6	566,0

Lo lame mensuelle observée

Lc lame mensuelle simulée.

LAME MENSUELLE OBSERVEE ET SIMULEE

BASSIN DE LA DORE A GIROUX

2ème PERIODE 1965-1975

D 12

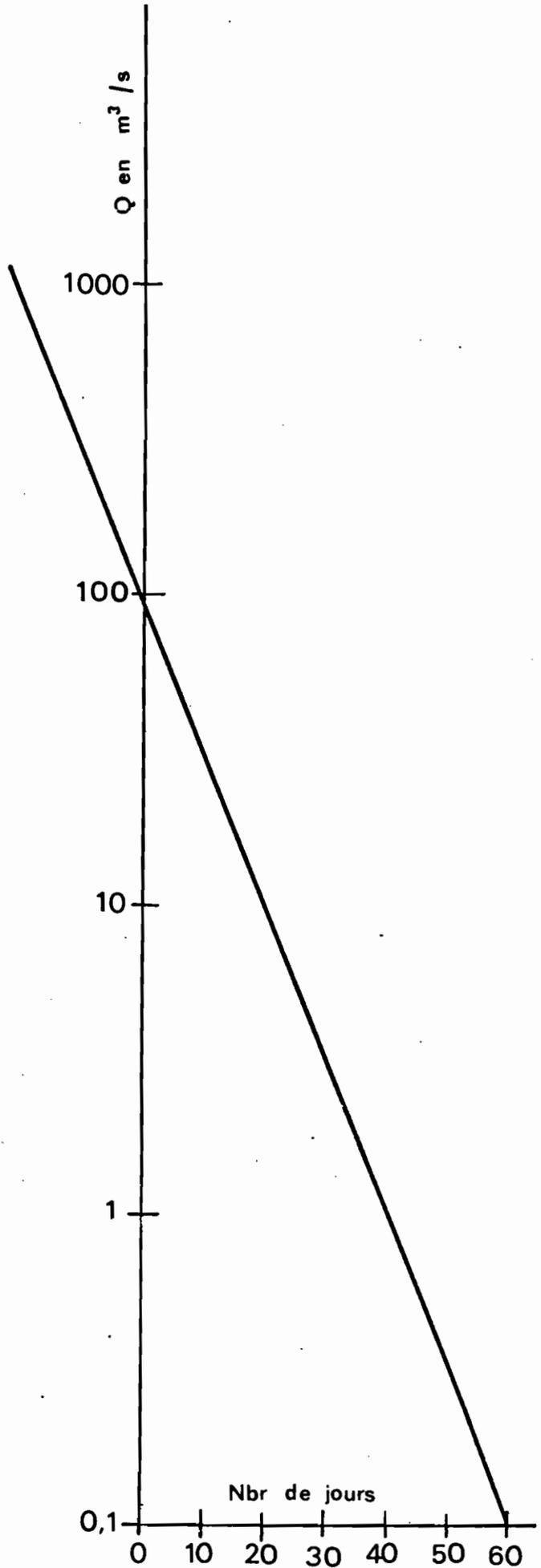
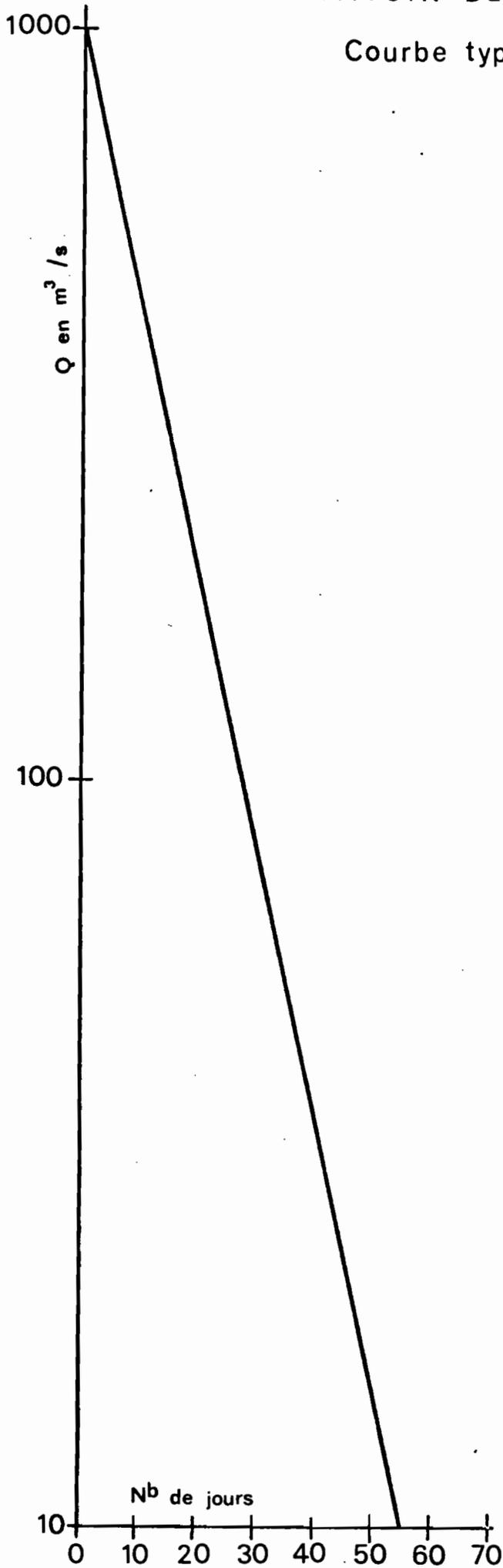
	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
1965:Lo	37,8	32,1	59,9	76,3	89,3	57,7	20,8	7,4	34,6	25,5	38,7	90,1	570,2
:Lc	25,8	21,4	45,1	85,0	95,6	52,1	26,8	6,9	46,2	32,9	33,9	71,8	543,6
1966:Lo	77,9	56,8	51,0	47,7	57,5	16,1	10,2	6,0	5,5	11,1	41,4	115,1	496,3
:Lc	70,0	50,6	58,8	84,5	74,9	28,0	10,8	3,2	1,6	23,2	51,3	70,5	527,3
1967:Lo	76,3	37,5	45,1	23,0	25,9	23,6	11,1	7,1	12,2	8,7	15,8	27,6	313,8
:Lc	59,5	35,9	60,0	49,4	61,6	32,8	12,0	8,2	9,7	4,7	8,4	15,0	357,3
1968:Lo	113,1	77,0	51,3	50,0	56,1	31,2	8,7	30,3	32,2	26,5	36,7	81,2	594,2
:Lc	40,2	39,6	52,9	98,2	105,9	34,7	11,0	23,4	28,0	23,5	28,1	73,7	559,2
1969:Lo	69,1	57,0	85,6	70,3	89,5	85,4	23,8	15,5	38,9	13,2	16,4	45,1	609,8
:Lc	53,9	43,4	98,6	81,8	88,5	73,7	21,2	11,8	40,1	7,6	6,3	23,9	550,8
1970:Lo	57,7	94,8	119,4	122,1	75,0	36,0	16,1	7,6	5,6	10,9	9,9	17,0	572,3
:Lc	25,1	43,0	54,6	85,3	84,7	37,8	16,5	4,5	3,9	13,6	9,4	18,4	396,8
1971:Lo	45,4	53,3	64,9	77,0	46,8	41,5	13,3	9,4	6,9	6,9	24,1	35,1	424,6
:Lc	36,1	31,0	59,0	66,2	59,1	32,0	14,6	7,2	3,1	1,9	11,6	15,1	336,9
1972:Lo	51,1	86,3	34,0	37,4	27,7	15,3	10,8	9,2	10,3	12,8	15,1	29,8	339,8
:Lc	32,0	49,6	48,3	63,8	36,9	14,5	9,1	7,5	8,5	8,5	11,2	24,0	313,9
1973:Lo	28,6	27,6	28,9	37,3	35,7	17,3	16,8	11,2	8,7	20,5	13,6	58,7	305,1
:Lc	25,4	29,2	42,0	46,6	34,4	18,6	11,6	4,1	3,5	18,9	10,9	55,3	300,4
1974:Lo	35,8	49,8	86,8	83,2	117,5	38,2	8,7	5,2	13,0	43,8	84,5	86,4	653,1
:Lc	34,6	51,4	62,1	31,5	53,6	15,2	5,1	2,4	20,4	45,3	74,7	58,3	454,6
1975:Lo													
:Lc	65,4	38,9	55,7	37,2	36,8	33,1	16,0	29,1	41,3	24,6	38,2	25,8	442,2

Lo lame mensuelle observée

Lc lame mensuelle simulée.

BASSIN DE LA DORE A GIROUX

Courbe type de tarrissement



A titre d'exemple nous donnons dans le tableau D 15, la comparaison entre le débit minimal simulé et le débit minimal observé ainsi que les dates d'apparition de ceux-ci.

Dans 40 % des cas le débit simulé a une erreur inférieure à 100 % mais peut atteindre exceptionnellement 800 % (1971 année pour laquelle les précipitations de septembre, octobre, novembre et décembre sont très faibles). Dans 70 % des cas les dates correspondent à plus ou moins 10 jours. Au point de vue reproduction des étiages du bassin de la DORE à GIROUX, avec les éléments d'information dont on dispose, on peut dire que le modèle à discrétisation spatiale, à l'heure actuelle, ne doit pas être utilisé par suite du manque d'information pluviométrique d'une part et de l'impossibilité de faire un réglage correct sans disposer des données journalières de température.

Ainsi pour ce type de bassin de montagne, l'utilisation d'un modèle hydrologique nécessiterait au moins une bonne connaissance des précipitations sur l'ensemble de sa superficie en période estivale.

4. APPLICATION D'UNE METHODE GRAPHIQUE DE LA COURBE TYPE DE TARISSEMENT POUR LA PREVISION DES ETIAGES MINIMAUX :

Au paragraphe 1.2.2 de la critique des données hydrologiques nous avons, pour l'étude temporelle des débits, tracé l'ensemble des graphiques de variation en coordonnées semi-logarithmiques des débits journaliers et fourni sur le graphique D 8 la courbe type de tarissement.

En superposant cette courbe type de tarissement systématiquement aux parties hautes du graphique de variation des débits en semi-logarithmiques nous obtenons une parfaite coïncidence des décroissances sur 10 - 20 et même 30 jours. La seule précaution à prendre est d'attendre 4 ou 5 jours avant de réaliser la coïncidence pour les plus forts débits.

Nous remarquons d'ailleurs que très souvent le tarissement est perturbé par une remontée des débits due à une chute de pluie sur une partie ou ensemble du bassin versant.

Cette méthode graphique permet de faire à toute période ou après chaque crue, une estimation du débit minimal garanti sur un délai de 20 à 40 jours. Cette estimation est exacte si effectivement il n'y avait aucune pluie au cours de cet intervalle de temps.

La seule contrainte pratique est d'effectuer une mise à jour chaque semaine du graphique de variation des débits journaliers de la DORE à GIROUX en coordonnées semi-logarithmiques.

C'est un moyen extrêmement simple de réaliser la prévision des étiages avec une sécurité d'autant meilleure que les précipitations sont faibles ou inexistantes.

BASSIN DE LA DORE A GIROUX
COMPARAISON DU DEBIT MINIMAL ANNUEL
ET DE LA DATE D'APPARITION

	Qc	Qo	Date c	Date obs.
1949	0,261	0,080	26 août	25 août
1950	0,371	0,160	14 oct	15 août
1951	0,659	2,200	23 oct	13 oct
1952	0,514	0,250	6 août	21 juil
1953	0,472	0,740	18 sept	8 sept
1954	0,768	1,700	12 août	7 août
1955	0,301	1,200	10 déc.	25 août
1956	1,803	4,100	20 août	20 août
1957	0,266	0,820	18 oct.	17 oct.
1958	1,007	1,900	17 août	16 août
1959	0,268	0,860	6 oct.	5 oct.
1960	1,512	0,900	31 juil.	7 juin
1961	0,325	0,660	8 août	24 sept.
1962	0,217	0,270	2 sept	2 sept.
1963	0,712	2,030	30 oct.	28 oct.
1964	0,405	0,870	1er oct.	4 sept.
1965	1,134	1,570	31 août	21 août
1966	0,129	0,900	14 oct.	4 oct.
1967	0,576	1,080	30 oct.	2 août
1968	1,730	1,687	31 juil.	31 juil.
1969	0,739	2,350	17 nov.	10 août
1970	(0,290	0,810)	(7 oct.	29 sept.)
1971	(0,184	1,420)	(5 nov.	9 sept.)
1972	(0,503	1,500)	(9 oct.	8 août)
1973	(0,355	1,700)	(13 sept.	6 sept.)
1974	(0,374	0,500)	(17 août	17 août)
1975	(1,245)	(8 août)

5. ABAQUE DE TARISSEMENT : APPLICATIONS :

Au paragraphe 1.3 des données hydropluviométriques et de leurs critiques, nous avons présenté pour deux années 1952 et 1964 les tableaux comparatifs du débit moyen par périodes de 5 jours de la DORE à GIROUX et des indices pluviométriques de 5 jours à chacun des postes pluviométriques du bassin à compter du cent cinquante deuxième jour de l'année.

Ces tableaux étaient alors utilisés pour la critique des données hydropluviométriques (période 1940-1965).

Il est possible d'exploiter ces renseignements en portant sur un graphique D 16 le débit moyen de la période J en ordonnée et le débit moyen de la période J + 6 soit J + 30 jours. A chaque point on affecte la valeur moyenne des indices pluviométriques cumulés à chacun des postes de la période J à la période J + 6.

Pour un indice pluviométrique moyen (IP) voisin de 0, on obtient une droite très rapprochée de l'axe des ordonnées notée (IP = 0). Cette droite correspond vraisemblablement au tarissement pur.

Il est possible de tracer la droite (IP = 30) d'une manière approximative qui peut correspondre en quelque sorte à une fréquence proche, mais toutefois inférieure à 0,5.

On notera qu'il existe sur ce graphique une certaine dispersion des points représentatifs des années aux étiages faibles (1949, 1950, 1952, 1960, 1964).

La construction d'un tel abaque pourrait être plus précise en utilisant toutes les informations contenues dans les tableaux comparatifs. De plus les débits QJ + 30 pourraient être donnés en probabilité.

L'application d'un tel abaque ne nécessiterait que la connaissance de la moyenne des cinq derniers débits connus pour effectuer la prévision à 30 jours.

