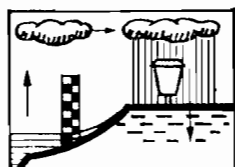


IRRIGATION DU SUD-EST DE LA MARTINIQUE

SIMULATION DE LA GESTION DES RETENUES DE STOCKAGE



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

=====

SERVICE HYDROLOGIQUE

=====

DEPARTEMENT DE LA MARTINIQUE

=====

DIRECTION DEPARTEMENTAIRE
DE L'AGRICULTURE

=====

IRRIGATION du SUD-EST de la MARTINIQUE

SIMULATION de la GESTION des RETENUES de STOCKAGE

Rapport Final

Mission Hydrologique aux ANTILLES
Bureau Central Hydrologique - PARIS

Paris, Novembre 1974

Ont participé à cette étude, sous la direction de Pierre DUBREUIL,
Directeur de Recherches, Chef du Département de la Recherche Appli-
quée :

- Jean-Pierre BOUYNE, Chargé de Recherches
- Jean-Claude KLEIN, Maître de Recherches
- Frédéric MONIOD, Maître de Recherches Principal
- Marc MORELL, Chargé de Recherches

Le rapport final a été rédigé par F. MONIOD.

S O M M A I R E

=====

	Pages
Introduction	
<u>Première Partie - ETABLISSEMENT DES DONNEES</u>	3
Chapitre I. Données techniques	3
1.1 Nature des cultures et superficies irriguées	3
1.2 Caractéristiques des barrages	3
1.3 Caractéristiques des conduites	4
1.4 Règles de gestion	5
Chapitre II. Données géographiques	7
2.1 Débits de la LEZARDE à la prise d'eau	7
2.1.1 Caractéristiques morphologiques du bassin versant	7
2.1.2 Etude des débits moyens de la LEZARDE à GROS -	
MORNE	8
2.1.3 Calcul du coefficient de passage cote 170 - cote	
125	13
2.1.4 Débits moyens mensuels à la Distillerie UNION ...	18
2.2 Débits susceptibles d'être pompés	20
2.3 Précipitations mensuelles sur les bassins versants et	
sur les parcelles	24
2.3.1 Précipitations sur les bassins versants	24
2.3.2 Précipitations sur les parcelles irriguées	24
2.4 Choix d'un coefficient d'écoulement des bassins versants	25
2.5 Détermination de l'évaporation sur nappe d'eau libre ...	26
2.6 Détermination de l'ETP des cultures	27
2.7 Prise en compte du calendrier cultural de la canne à	
sucre	28
2.8 Détermination du maximum de la réserve en eau du sol ...	29
2.9 Demande des cultures en eau d'irrigation	29

S O M M A I R E (suite)

	Pages
<u>Deuxième Partie - MODELE DE SIMULATION - SYSTEME A</u>	31
Chapitre III. Exposé de la logique de simulation du système A	33
3.1 Calcul des besoins en eau	33
3.2 Calcul des apports nets des bassins versants	33
3.3 Calcul et répartition "a priori" du volume d'eau dis- ponible	34
3.4 Calcul des volumes prélevés dans les réservoirs et des- tinés à l'irrigation	35
3.5 Calcul du taux de pénurie	36
3.6 Répartition des débits prélevés à la LEZARDE	36
3.7 Ordre et nature des données d'entrée du programme	37
3.8 Ordre et nature des sorties de simulation	38
Chapitre IV. Résultats de la simulation du système A	41
4.1 Variante A 1	41
4.1.1 Conditions de simulation	41
4.1.2 Résultats généraux	42
4.2 Variante A 2	43
4.2.1 Conditions de simulation	43
4.2.2 Résultats généraux	43
4.3 Variantes A 2.2 et A 3	44
4.3.1 Conditions de simulation	44
4.3.2 Résultats généraux	45
4.4 Variante A 4	49
4.4.1 Conditions de simulation	49
4.4.2 Résultats généraux	50
<u>Troisième Partie - MODELE DE SIMULATION - SYSTEME B</u>	53
Chapitre V. Exposé de la logique de simulation du système B	57
5.1 Critère d'irrigation du secteur de MANZO	57
5.2 Calcul du temps d'irrigation du secteur de MANZO	57
5.3 Calcul du volume prélevé dans la retenue de PAQUEMAR..	59

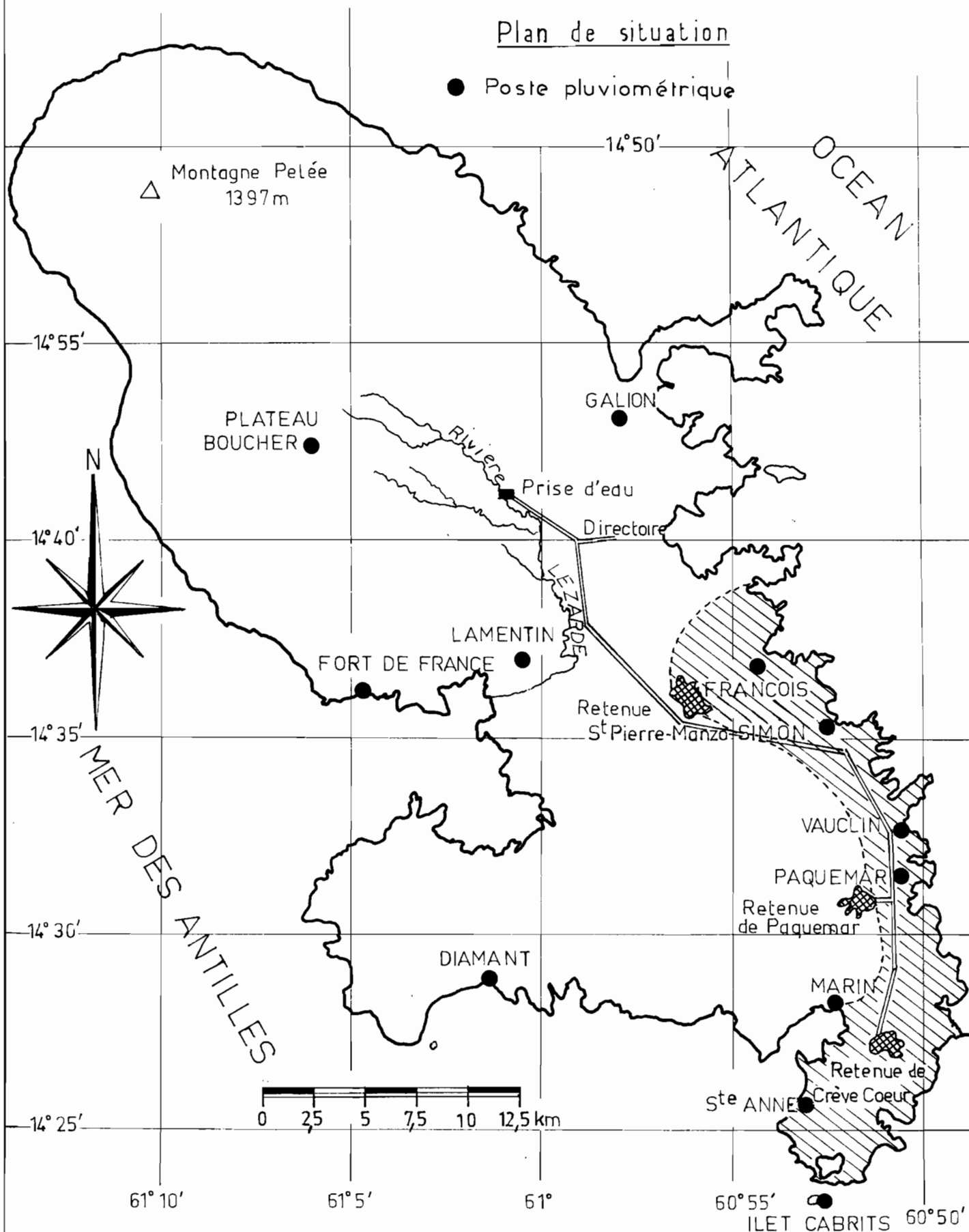
S O M M A I R E (suite)

=====

Pages

	5.4 Calcul du volume admis dans chaque retenue et prélevé dans la LEZARDE	60
	5.5 Prise en compte des apports nets des bassins versants.	61
	5.6 Ordre et nature des données d'entrée du programme	61
	5.7 Ordre et nature des sorties de simulation	62
Chapitre VI.	Résultats de la simulation du système B	63
	6.1 Variante B 1	63
	6.1.1 Conditions de simulation	63
	6.1.2 Résultats généraux	64
	6.2 Variante B 2	65
	6.2.1 Conditions de simulation	65
	6.2.2 Résultats généraux	66
	6.3 Variante B 13	67
	6.3.1 Conditions de simulation	67
	6.3.2 Résultats généraux	68
	6.4 Variantes B 1.2 et B 2.2	70
	6.4.1 Conditions de simulation	70
	6.4.2 Résultats généraux	70
	6.5 Variante B 3	71
	6.5.1 Conditions de simulation	71
	6.5.2 Résultats généraux	72
	6.6 Variante B 4	74
	6.6.1 Conditions de simulation	74
	6.6.2 Résultats généraux	74
	6.7 Durée moyenne de fonctionnement en irrigation	77
Conclusion		79

Périmètre d'irrigation du sud EST de la MARTINIQUE



INTRODUCTION

=====

Dans le cadre du Projet d'irrigation du Sud-Est de la MARTINIQUE, la Direction Départementale de l'Agriculture de la MARTINIQUE a demandé à l'ORSTOM de construire un modèle mathématique pour simuler le fonctionnement des aménagements hydrauliques prévus au Projet.

Ce modèle comprend plusieurs versions se distinguant les unes des autres par des changements dans la conception des aménagements. Plusieurs variantes de chacune des versions ont été simulées : elles diffèrent entre elles par une modification des données numériques d'entrée ou des règles de gestion des ouvrages. Le choix de ces diverses variantes a été fait "à l'avancement", au vu des résultats successifs de la simulation.

Le Projet consiste à installer une station de pompage au fil de l'eau sur la Rivière LEZARDE à la cote 125, au droit de la Distillerie UNION. Le débit prélevé sera refoulé en altitude jusqu'au lieu dit DIRECTOIRE. Une partie du débit sera alors réservée en priorité à l'alimentation en eau potable (200 l/s) tandis que l'autre partie sera dirigée, par adduction gravitaire, dans deux ou trois réservoirs artificiels créés par la construction de barrages sur des petits cours d'eau côtiers situés à proximité des périmètres d'irrigation. Un système de distribution prélèvera dans les réservoirs l'eau nécessaire à l'irrigation et en alimentera le réseau. Du nord au sud, ou d'amont vers l'aval, il s'agit des barrages de SAINT PIERRE MANZO, PAQUEMAR et CREVE-COEUR (voir plan de situation).

Les données qu'utilise le modèle pour simuler la gestion des retenues de stockage sont de deux ordres :

- des données techniques qui concernent le dimensionnement des ouvrages, la superficie des périmètres à irriguer, la nature des cultures pratiquées, les règles de gestion imposées.
- des données géographiques qui touchent à l'hydrologie, la climatologie, l'agronomie. Elles permettent de calculer les quantités d'eau disponibles et celles dont les cultures ont besoin.

L'élaboration de ces données constitue la phase préliminaire des travaux de simulation. Les données techniques ont été fournies par le projeteur, tandis que les données géographiques ont été établies grâce aux observations

anciennes et récentes effectuées par l'ORSTOM, le Service de la Météorologie, la Direction de l'Agriculture et l'INRA. Les documents contenant les éléments nécessaires à la réunion de ces données sont :

1. - Présentation du Projet d'irrigation du Sud-Est de la MARTINIQUE-D.D.A. MARTINIQUE - 1er décembre 1972.
2. - Avant Projet d'irrigation du Sud-Est de la MARTINIQUE - Détermination des besoins en eau - D.D.A. MARTINIQUE.
3. - Plusieurs documents techniques fournis par la D.D.A. sous forme de croquis, de schémas et de graphiques.
4. - Fichier pluviométrique des postes de la région, annexe à la Synthèse générale des ressources en eau de surface de la MARTINIQUE - ORSTOM.
5. - Relevés d'évaporation au bac de classe A de la station de SAINTE ANNE.
6. - Note sur les propriétés des vertisols du sud de la MARTINIQUE en vue de l'irrigation - ORSTOM - Centre des ANTILLES - Bureau des Sols - mars 1973.
7. - Calcul des débits de la Rivière LEZARDE (MARTINIQUE) au droit de la Distillerie UNION (1954-1971)-ORSTOM, PARIS - juin 1973.
8. - Notes et documents de la Mission Hydrologique de l'ORSTOM en MARTINIQUE.

PREMIERE PARTIE

ETABLISSEMENT DES DONNEES

CHAPITRE I. DONNEES TECHNIQUES

1.1. Nature des cultures et superficies irriguées

Les cultures irriguées se classent en trois catégories qui sont le bananier, la canne à sucre et les "autres cultures". On comprend sous ce terme les cultures fruitières et maraichères, le tabac et les pâturages.

Les superficies affectées à chaque type de culture sont les suivantes, exprimées en hectares :

Secteur	MANZO		PAQUEMAR	CREVE-COEUR		TOTAL
Sous-secteur	FRANÇOIS	SIMON VAUCLIN	PAQUEMAR	NORD	SUD	
Bananes	340	360	100	0	0	800
Cannes	100	100	300	100	300	900
Autres	600	640	180	240	620	2280
Total	1040	1100	580	340	920	3980

La superficie totale représente 3 980 hectares dont 2 140 appartiennent au secteur de MANZO, 580 au secteur de PAQUEMAR et 1 260 à celui de CREVE-COEUR.

1.2. Caractéristiques des barrages

Elles concernent tout d'abord le site des ouvrages pour qu'on puisse déterminer la superficie des bassins versants qui les dominent, qu'on puisse évaluer les précipitations que reçoivent ces bassins versants et estimer la part d'écoulement qui en résulte. Les superficies, exprimées en hectares, sont les suivantes :

<u>MANZO</u>	-	<u>PAQUEMAR</u>	-	<u>CREVE-COEUR</u>
220		240		170

Puis les cotes maximales et minimales, normales et exceptionnelles du plan d'eau dans chaque retenue :

	MANZO	-	PAQUEMAR	-	CREVE-COEUR
Cote minimale exceptionnelle	36,0 m		-		-
Cote minimale normale	40,0 m		37,0 m		31,0 m
Cote maximale normale	50,0 m		50,0 m		45,0 m
Cote maximale exceptionnelle	52,0 m		-		-

Ensuite les courbes hauteurs-volumes et hauteurs-surfaces de chacune des retenues. Nous donnons ci-dessous quelques points de repère :

M A N Z O			P A Q U E M A R			C R E V E - C O E U R		
Cote m	Volume 10^3 m^3	Surface ha	Cote m	Volume 10^3 m^3	Surface ha	Cote m	Volume 10^3 m^3	Surface ha
30	0	0	27	0	0	25	60,5	3,0
36	350		30			30	412	11,0
38	640		35	45,9	1,6	35	1363	27,0
40	1 090		37,5	100		40	3127	43,6
42		34,0	40	210,5	4,9	45	5752	61,4
45	2 930		45	622,5	11,5			
50	6 070	75,3	50	1394	19,3			
52	7 678	85,6						

1.3. Caractéristiques des conduites

Les données qu'en ce domaine le modèle utilise sont :

- le débit maximal de pompage de la prise d'eau de la LEZARDE. Ce débit a été fixé à 900 l/s. On a également été amené à utiliser 1 000 l/s ;
- le débit minimal permanent qu'il convient de conserver dans la LEZARDE à l'aval de la prise. Ce débit a été fixé à 100 l/s.
- le débit constant prioritaire pour l'alimentation en eau potable. Il est fixé à 200 l/s et détourné vers les centres de consommation à partir de

DIRECTOIRE ;

- le débit maximal pouvant transiter dans les différents tronçons de conduites d'adduction soit par gravité pour le remplissage des retenues, soit sous pression pour l'irrigation. Ces quantités sont variables selon les systèmes adoptés et leurs variantes successives. Nous en détaillerons la valeur en examinant chacune des variantes.

1.4. Règles de gestion

Les règles de gestion changent d'un système à l'autre et d'une variante à l'autre mais certaines d'entre elles sont permanentes.

- Les besoins en eau doivent être satisfaits autant et aussi longtemps qu'il est possible de le faire.
- Aucun périmètre, ni aucun secteur ne doit être a priori favorisé.
- Le stockage de l'eau dans les retenues doit rester aussi élevé que possible pour constituer des réserves.
- Les réservoirs sont indépendants, c'est-à-dire qu'on ne transfèrera pas d'eau d'un réservoir dans un autre.

En examinant chacune des variantes nous détaillerons les règles de gestion appliquées à chaque occasion.

CHAPITRE II DONNEES GEOGRAPHIQUES

2.1. Débits de la LEZARDE à la Prise d'Eau

Nous reprenons ci-dessous la note intitulée "Calcul des débits de la Rivière LEZARDE au droit de la Distillerie UNION".

2.1.1. Caractéristiques morphologiques du bassin versant

La quasi-totalité des matériaux volcaniques du bassin de la LEZARDE est constituée de sols à allophanes dont la rétention en eau peut être considérable. La seule autre entité pédologique de quelque importance est représentée par les conglomérats torrentiels constituant les assises du lit majeur, et recouverts par des alluvions ou des colluvions dérivées des sols à allophanes présents dès qu'on quitte le fond de la vallée.

Dans les sols à allophanes, peu épais, reposant sur un matériau bien moins perméable, il est difficile de parler de nappe, même au sens de nappe phréatique. Lors des épisodes pluvieux abondants, l'eau suinte partout des horizons superficiels, mais il n'y a pas à proprement parler de sources issues des matériaux volcaniques sous-jacents provenant non pas d'une nappe mais de la restitution gravitaire de l'eau imbibant sur quelques mètres au plus les horizons superficiels; cet écoulement de base est très sensible à la sécheresse ; les suintements diffus cessent complètement au bout de quelques jours sans pluie et le tarissement des quelques petites sources bien individualisées est presque complet lors d'une phase sèche prolongée de quelques semaines.

Dans les alluvions torrentielles, il existe de petites unités aquifères localisées, qu'attestent des suintements en plusieurs endroits des rives, parfois assez abondants dans les berges subverticales, sur 1 ou 2 m de haut (conglomérat de blocs noyés dans un ciment plus ou moins induré et perméable). Leurs réserves sont faibles, quasi-nulles lors d'un carême sévère un peu prolongé. On a pu constater en mai 1973, lors d'une saison sèche sévère, et dans un matériau alluvial constituant a priori un aquifère assez favorable, l'absence totale de nappe active (tranchées des travaux d'installation de la prise de la cote 125).

2.1.2. Etude des débits moyens mensuels de la LEZARDE à GROS MORNE
(Quartier Rivière LEZARDE 2)

2.1.2.1. Les données

a) Les données hydrométriques

Pour la période 1962-1970, les débits mensuels de la LEZARDE à GROS-MORNE ont été extraits de la Synthèse des Ressources en eau de surface de la MARTINIQUE, en préparation au Service Hydrologique de l'ORSTOM. Dans le cas où des valeurs mensuelles font défaut (arrêt d'enregistrement, appareil détruit,...), on s'est servi pour les reconstituer de la corrélation liant les débits de GROS-MORNE à ceux de la station du SOUDON, quand ces derniers étaient disponibles, à partir de juin 1961 (voir graphique 1). Notons déjà que dans la mesure où ces valeurs reconstituées à GROS MORNE paraîtront satisfaisantes dans la corrélation entre les pluies à Plateau BOUCHER et les débits de la LEZARDE, elles seront conservées et figureront dans la série 1954-1971 des débits moyens mensuels à GROS-MORNE.

b) Les données pluviométriques

Elles proviennent aussi des études actuellement en cours sur la synthèse des ressources en eau de la MARTINIQUE. Le poste de Plateau BOUCHER a été retenu en raison de la longueur de sa période d'observation. Bien qu'il ne soit pas situé exactement dans le bassin versant de la LEZARDE, ce poste pluviométrique est bien représentatif des pluies qui affectent le haut bassin, et forment en grande partie le débit de la LEZARDE au droit de la station de GROS MORNE.

Les trois premiers mois de 1954 exceptés, la série des pluies mensuelles à Plateau BOUCHER est complète d'avril 1954 à mars 1972.

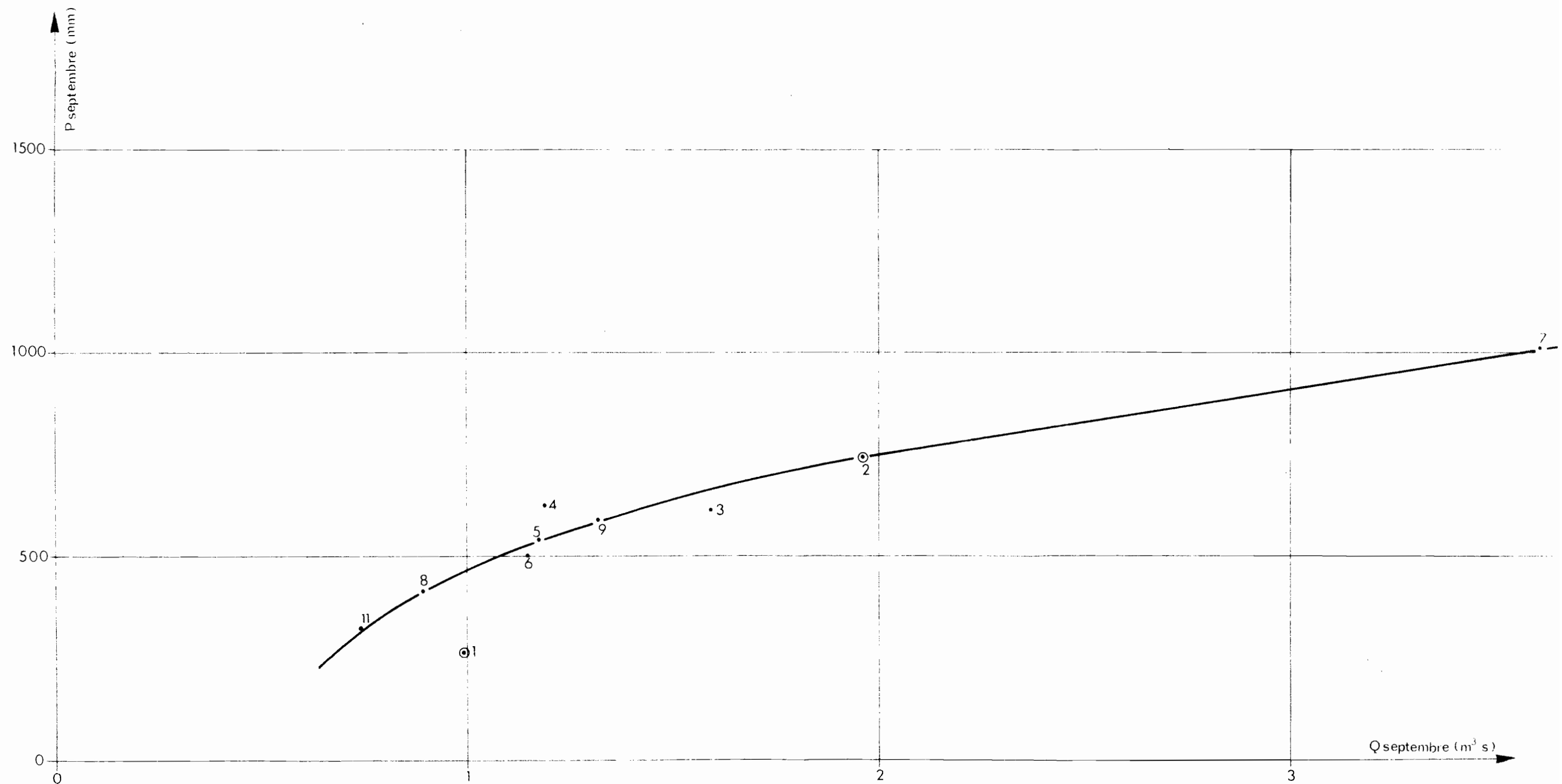
L'ensemble des données hydrométriques et pluviométriques de la période commune 1964-1972 est donné au tableau 1. On notera qu'on dispose seulement de 10 ou 11 valeurs communes pour chaque mois.

2.1.2.2. Corrélation mensuelle entre les débits à GROS MORNE et les pluies à Plateau BOUCHER.

L'étude de régression a tout d'abord été tentée à l'aide d'un programme

RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

$Q_{\text{septembre}} = f_1(P_{\text{septembre}})$



de traitement automatique utilisant une procédure optimale, dite STEPWISE, de recherche dans un ensemble de facteurs explicatifs (ici les pluies mensuelles) par effet décroissant des variations d'un phénomène (ici le débit mensuel). La nécessité d'admettre des liaisons linéaires entre variables, naturelles ou transformées par anamorphose, s'impose dans cette procédure. Satisfaisante, lorsque le nombre de valeurs disponibles est élevé et couvre toute la gamme de variation du phénomène, cette nécessité devient dangereuse lorsque, comme ici, on ne dispose que de 10 à 11 points (parfois moins quand certains sont aberrants) et que les résultats auront à être extrapolés au-delà du domaine d'ajustement des équations de régression.

On a donc jugé plus sage d'utiliser la méthode manuelle graphique de corrélation par les déviations résiduelles, beaucoup plus souple et susceptible de tenir compte, avec des "poids" différents si c'est nécessaire, des quelques points disponibles. Dans l'ensemble peu différents de ceux de la méthode STEPWISE, les résultats sont cependant plus sûrs aux limites.

La corrélation a donc été établie par la méthode des déviations résiduelles, dont nous rappelons sommairement le principe :

Sur un graphe on reporte la variable dépendante en abscisse et le facteur principal en ordonnée. On ajuste une courbe C_1 représentant la liaison entre la variable dépendante et le facteur principal, en tenant compte du premier facteur secondaire s'il y a lieu. On lit les écarts Δ_1 entre les points et la courbe C_1 , puis on les reporte sur un second graphe en regard du premier facteur secondaire. On trace une courbe C_2 représentant l'influence du premier facteur secondaire sur la liaison représentée par la courbe C_1 ; le tracé tient compte s'il y a lieu, du second facteur secondaire. On lit les écarts Δ_2 entre les points et la courbe C_2 puis on les reporte sur un troisième graphe etc ...

Sur le dernier graphe, les écarts Δ_n sont les déviations résiduelles. On peut les reporter sur le premier graphe à partir de la courbe C_1 , avec leur signe, pour ajuster une courbe C'_1 dans une deuxième approximation. La correction oblige à remplacer C_2 par C'_2 , C_3 par C'_3 ..., C_n par C'_n , et si l'on s'arrête à cette dernière approximation, l'ensemble des courbes C'_1 ... C'_n permet d'obtenir une valeur "calculée" de la variable dépendante.

Dans notre cas, la variable dépendante est le débit mensuel Q à GROS

TABLEAU I

P = Pluie mensuelle à Plateau BOUCHER (mm)

Q = Débit mensuel à GROS MORNE (m³/s)

Année	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
1961	P 544,3	459,6	442,9	120,8	257,0	515,7	763,9	611,2	266,0	633,5	277,8	613,5
	Q					0,770	1,94	1,60	0,995	1,77	1,07	1,44
1962	P 800,7	273,4	108,6	383,4	212,2	601,6	556,7	530,7	743,4	278,3	319,3	425,5
	Q	1,49	0,905	0,535	0,575	0,500	0,935	1,16	1,38	1,96	1,04	0,890
1963	P 441,8	304,9	353,0	323,1	565,0	297,5	794,9	349,1	615,8	358,3	377,8	229,4
	Q	0,923	0,716	0,634	0,661	0,948	0,916	1,35	0,847	1,59	1,30	0,729
1964	P 244,3	216,9	344,0	552,5	186,7	628,8	738,4	669,7	627,8	545,0	287,2	346,3
	Q	0,657	0,638	0,460	1,04	0,570	1,07	1,61	1,56	1,19	1,16	0,800
1965	P 619,2	251,3	245,3	327,2	244,7	361,0	660,6	399,6	541,4	416,9	366,8	292,9
	Q	1,18	0,648	0,361	0,448	0,470	0,531	1,02	0,862	1,18	1,17	0,939
1966	P 102,1	756,0	481,4	427,6	816,7	732,7	997,2	677,4	502,3	473,9	870,0	432,1
	Q	0,546	1,34	0,882	0,902	1,63	1,53	1,99	1,83	1,15	1,29	2,47 (1,80)
1967	P 902,7	473,4	648,3	427,3	373,7	261,7	541,9	744,2	1010,6	490,9	580,7	468,9
	Q	1,49	1,09	1,14	1,31	0,834	0,603	0,738	1,35	3,58	1,61	1,30
1968	P 406,1	134,9	502,6	356,1	410,1	661,1	333,6	569,6	419,2	354,5	374,8	523,5
	Q	0,840	0,369	0,535	0,760	0,707	1,46	0,810	1,19	0,894	0,909	0,999
1969	P 476,5	69,7	92,0	428,4	348,2	705,1	755,9	543,2	591,3	499,7	877,5	471,5
	Q	1,12	0,494	0,255	0,357	0,315	1,06	2,06	1,31	1,32	1,47	2,02
1970	P 314,1	211,3	267,6	106,8	252,6	877,1	779,2	674,8	360,4	555,9	436,5	771,6
	Q	0,867	0,520	(0,637)	0,256	0,460	1,45	1,46				
1971	P 532,7	455,4	205,6	153,6	302,7	123,1	303,1	559,4	323,8	362,8	163,8	693,6
	Q							0,796	0,744	0,866	0,482	1,33
1972	P 663,3	543,4	366,2									
	Q	1,22	0,963	0,929								

MORNE, et le facteur principal est la pluie P du mois correspondant à Plateau BOUCHER. Après plusieurs essais, nous avons choisi comme facteurs secondaires la pluie du mois précédent et celle du deuxième mois précédent, dans l'ordre de leur introduction. Nous verrons que pour certains mois introduire un ou deux facteurs secondaires n'améliore pas la qualité de la liaison ; de plus la petite taille des échantillons impose de n'introduire ces facteurs secondaires que dans la mesure où l'amélioration ainsi apportée se justifie par des tendances nettes.

Nous ne présentons que la série des graphes correspondant à la première approximation jugée satisfaisante. Indiquons que :

- les courbes composant les graphes portent le numéro 1 pour le facteur explicatif principal, le 2 pour le premier facteur secondaire, le 3 pour le deuxième facteur secondaire ;
- les numéros placés près des points représentent l'année (par exemple 2 pour 1962 et 10 pour 1970) ;
- les points cerclés se rapportent à des débits mensuels reconstitués à partir des observations faites au SOUDON et par là susceptibles de manquer de précision. On n'a pas hésité à n'en pas tenir compte lorsque leur dispersion était trop grande .

Les débits mensuels correspondants aux mois sans observation hydrologique sont déterminés à partir des graphes 2 pour figurer dans le tableau final.

- JANVIER (graphe 2.1) - Tous les points ont été conservés
 $Q_{\text{janvier}} = f_1 (P_{\text{janvier}}) + f_2 (P_{\text{décembre}})$
- FEVRIER (graphe 2.2) - Tous les points ont été conservés
 $Q_{\text{février}} = f_1 (P_{\text{février}}) + f_2 (P_{\text{janvier}})$
- MARS (graphe 2.3) - Tous les points ont été conservés
 $Q_{\text{mars}} = f_1 (P_{\text{mars}}) + f_2 (P_{\text{février}})$
- AVRIL (graphe 2.4) - Tous les points ont été conservés
 $Q_{\text{avril}} = f_1 (P_{\text{avril}}) + f_2 (P_{\text{mars}}) + f_3 (P_{\text{février}})$
- MAI (graphe 2.5) - Tous les points ont été conservés
 $Q_{\text{mai}} = f_1 (P_{\text{mai}}) + f_2 (P_{\text{avril}}) + f_3 (P_{\text{mars}})$
- JUIN (graphe 2.6) - Tous les points ont été conservés

$$Q_{\text{juin}} = f_1 (P_{\text{juin}}) + f_2 (P_{\text{mai}})$$

- JUILLET (graphe 2.7) - Les points 6 et 10 présentent une pluie très forte; la précipitation du dernier jour du mois est particulièrement abondante et la crue correspondante ne se présente qu'au début du mois d'août. Il convient donc d'éliminer ces points

$$Q_{\text{juillet}} = f_1 (P_{\text{juillet}}) + f_2 (P_{\text{juin}})$$

- AOÛT (graphes 2.8 et 2.8 bis) - Le point 6 présente un débit trop abondant qui s'explique par ce qu'il s'est passé en juillet. Il convient aussi de ne pas tenir compte de ce point

$$Q_{\text{août}} = f_1 (P_{\text{août}}) + f_2 (P_{\text{juillet}}) + f_3 (P_{\text{juin}})$$

- SEPTEMBRE (graphe 2.9) - Le point 1, au débit reconstitué, a été éliminé.

$$Q_{\text{septembre}} = f (P_{\text{septembre}})$$

- OCTOBRE (graphe 2.10) - Comme pour septembre, on a éliminé le point 1. Le point 4 pourrait résulter d'une imprécision de l'étalonnage dans une période où les détarages sont fréquents

$$Q_{\text{octobre}} = f_1 (P_{\text{octobre}}) + f_2 (P_{\text{septembre}})$$

- NOVEMBRE (graphe 2.11) - Tous les points ont été conservés

$$Q_{\text{novembre}} = f (P_{\text{novembre}})$$

- DECEMBRE (graphe 2.12) - Le point 7 a un débit trop faible ; il s'agit sans doute d'une défaillance de l'enregistrement car le limnigraphe à cette période écrête les crues. Il convient d'éliminer ce point

$$Q_{\text{décembre}} = f_1 (P_{\text{décembre}}) + f_2 (P_{\text{novembre}})$$

A l'aide de ces relations on peut faire une esquisse du régime d'écoulement de la LEZARDE à GROS MORNE. Le débit mensuel est principalement lié à la pluie du mois correspondant qui suffit parfois à le déterminer (septembre, novembre). Il dépend aussi, souvent, de la pluie du mois précédent (janvier à mars, juin-juillet, octobre et décembre). On doit parfois faire intervenir la pluie du second mois précédent (avril, mai et août).

L'influence de la pluviométrie de septembre est trop grande en regard de celle d'août pour que cette dernière soit significativement mise en évidence.

Relations entre les débits mensuels de la LEZARDE
et les précipitations mensuelles à PLATEAU-BOUCHER.

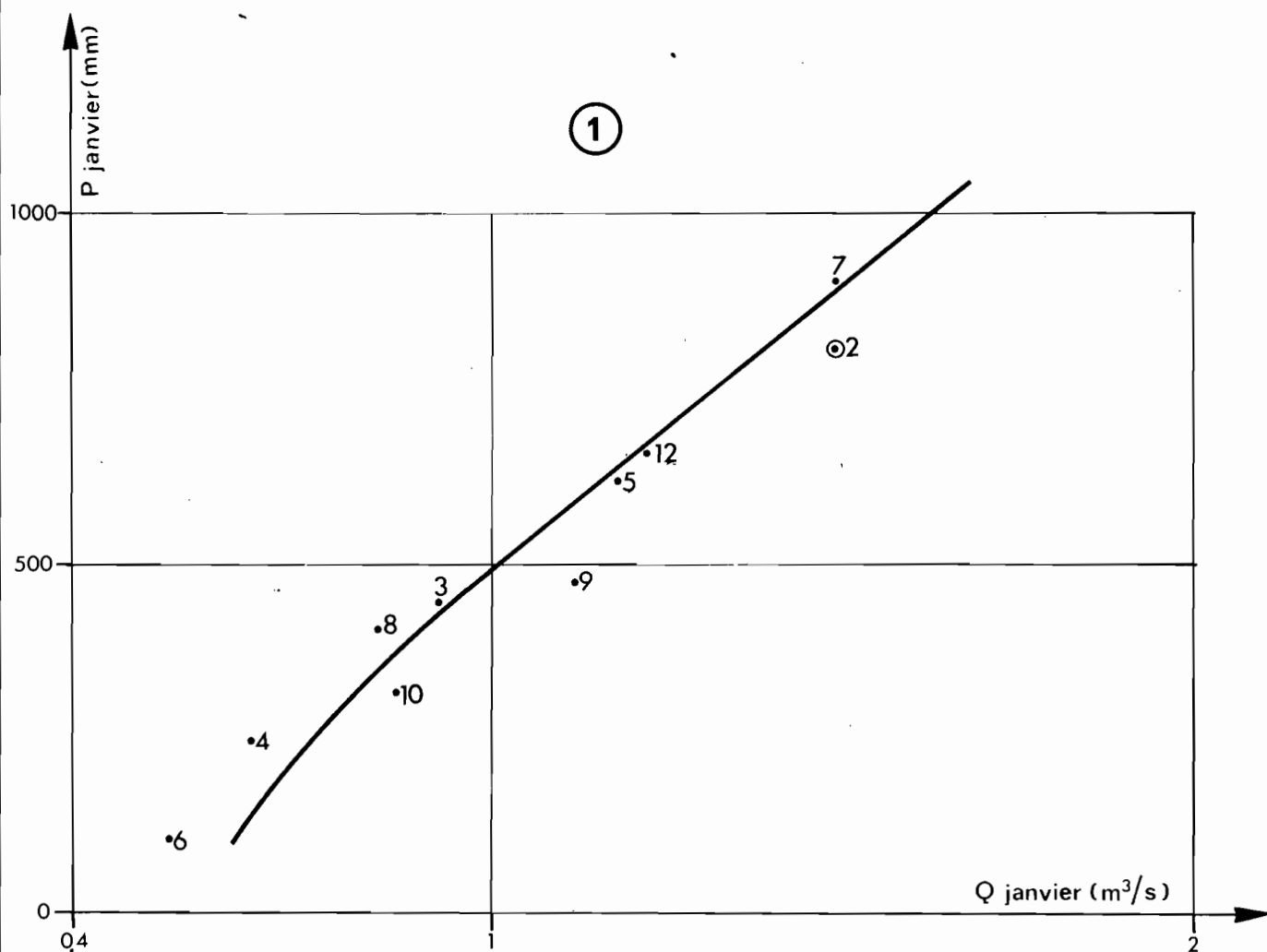
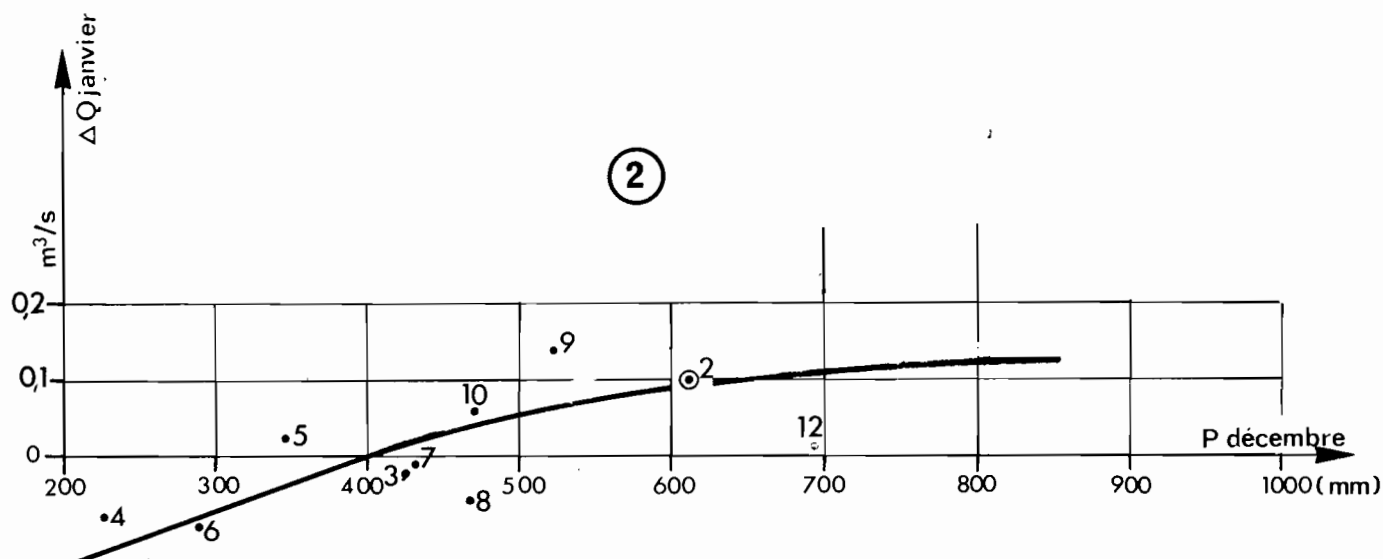
APPLICATION DE LA METHODE DES DEVIATIONS RESIDUELLES

GR 2.1 à GR 2.12

=====

RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

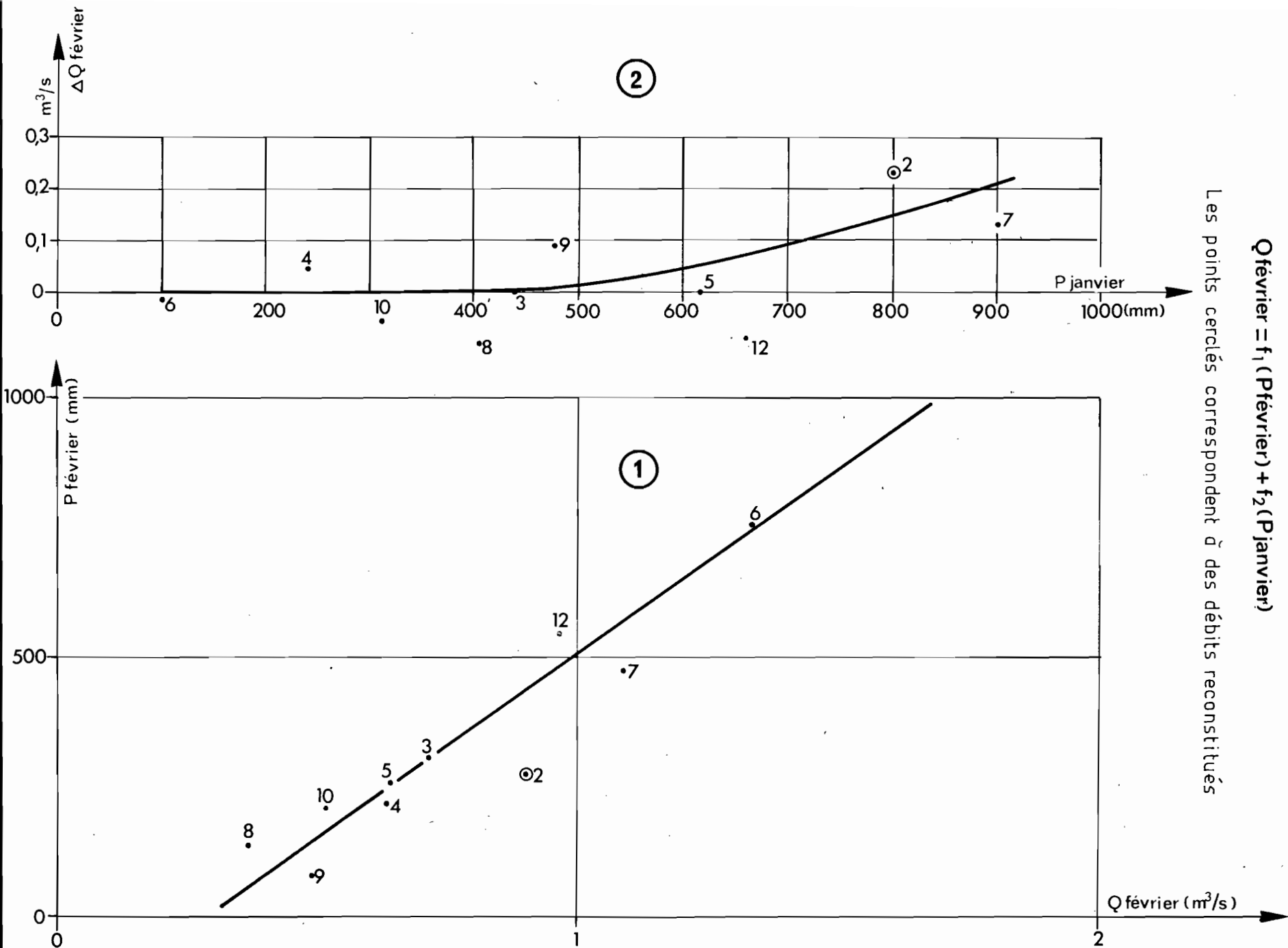
$$Q_{\text{janvier}} = f_1(P_{\text{janvier}}) + f_2(P_{\text{décembre}})$$



RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

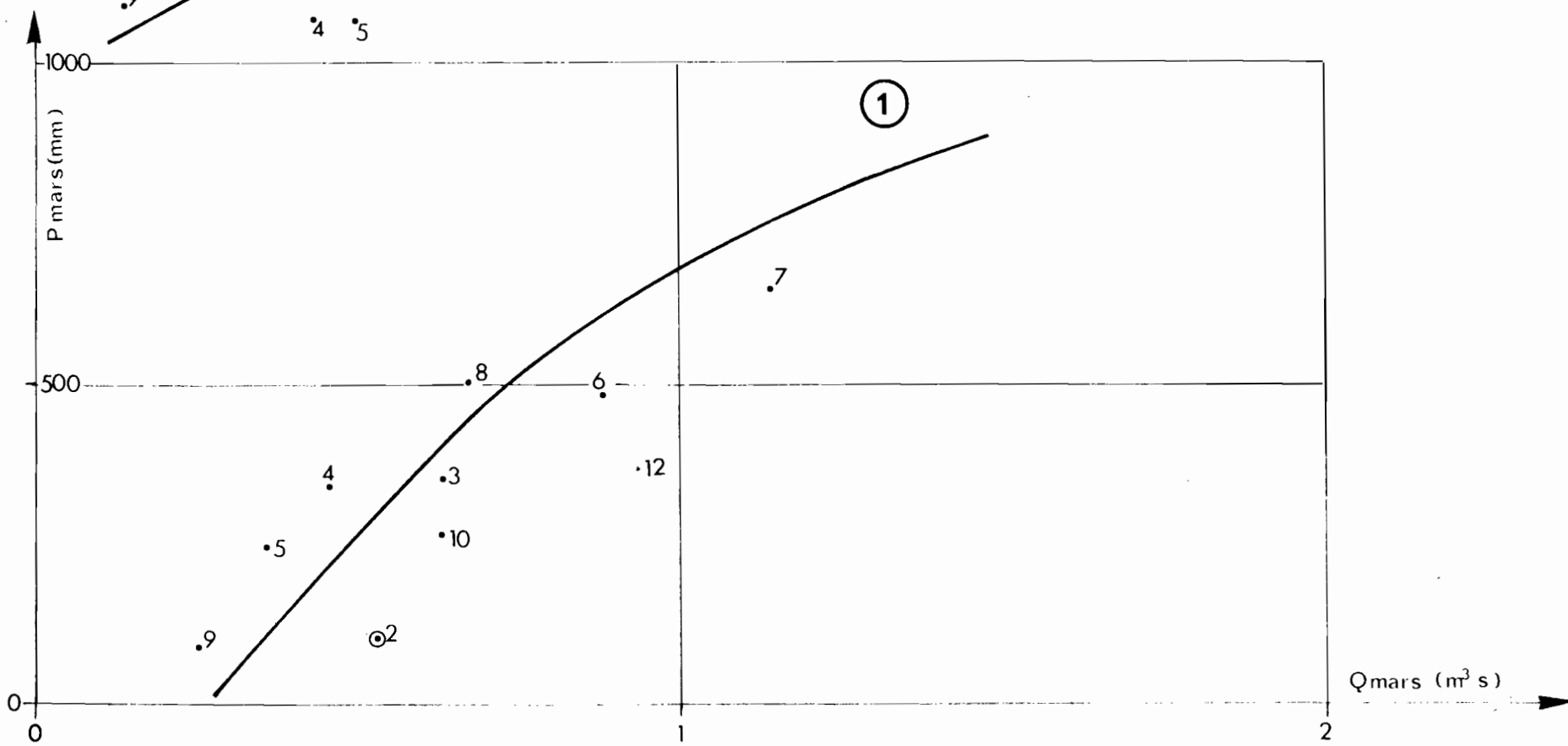
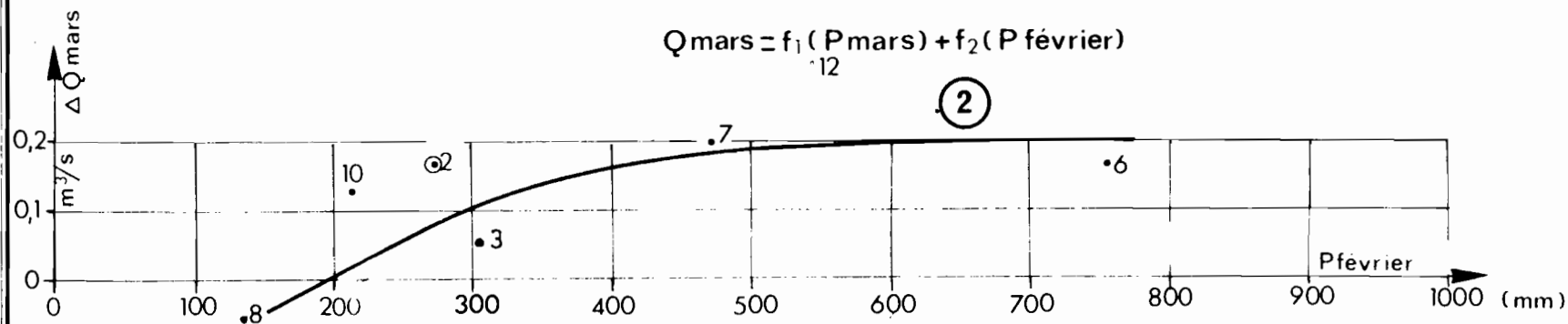
$$Q_{\text{février}} = f_1(P_{\text{février}}) + f_2(P_{\text{janvier}})$$

Les points cerclés correspondent à des débits reconstitués



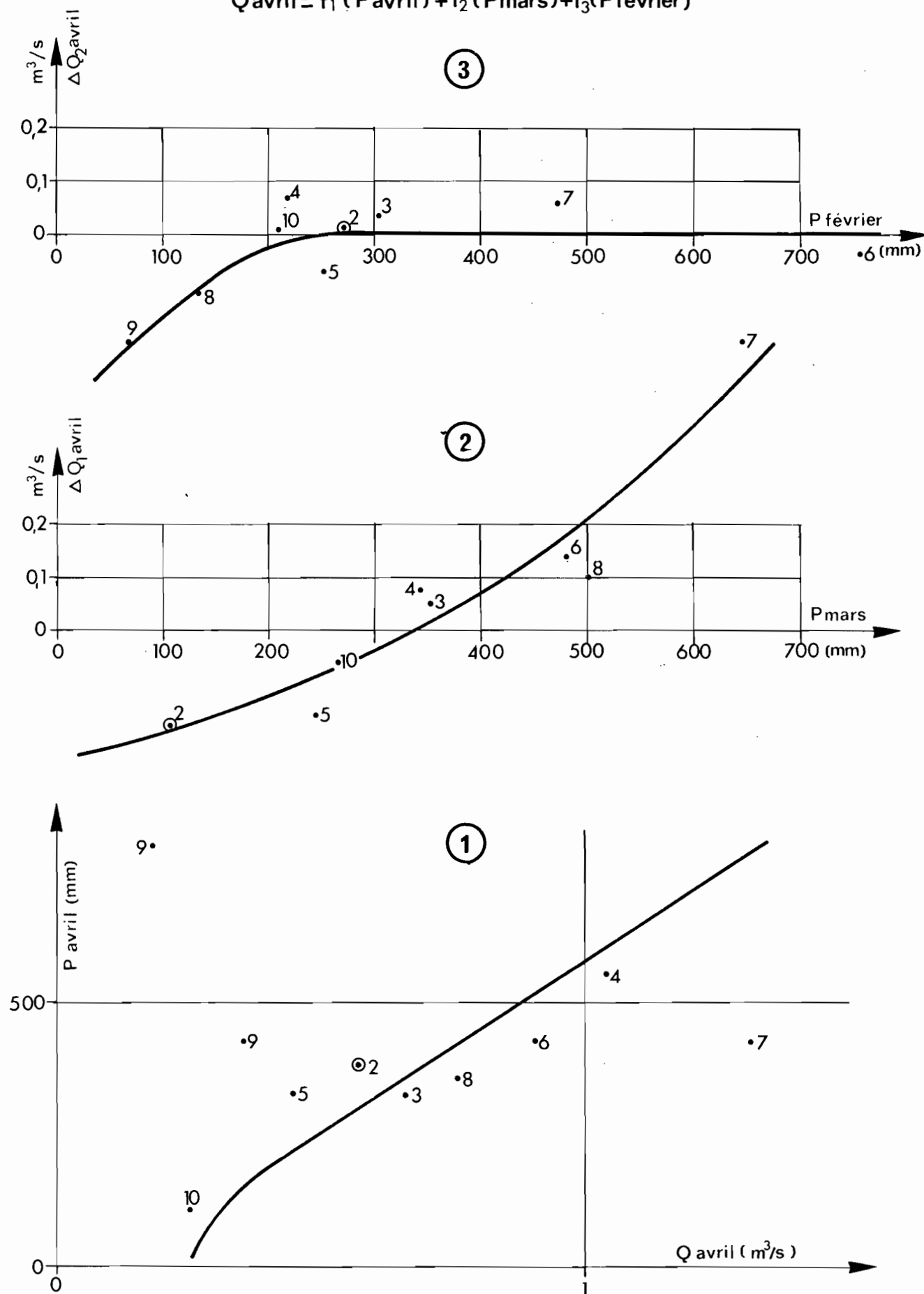
RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

$$Q_{mars} = f_1(P_{mars}) + f_2(P_{février})$$



RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

$$Q_{\text{avril}} = f_1(P_{\text{avril}}) + f_2(P_{\text{mars}}) + f_3(P_{\text{février}})$$

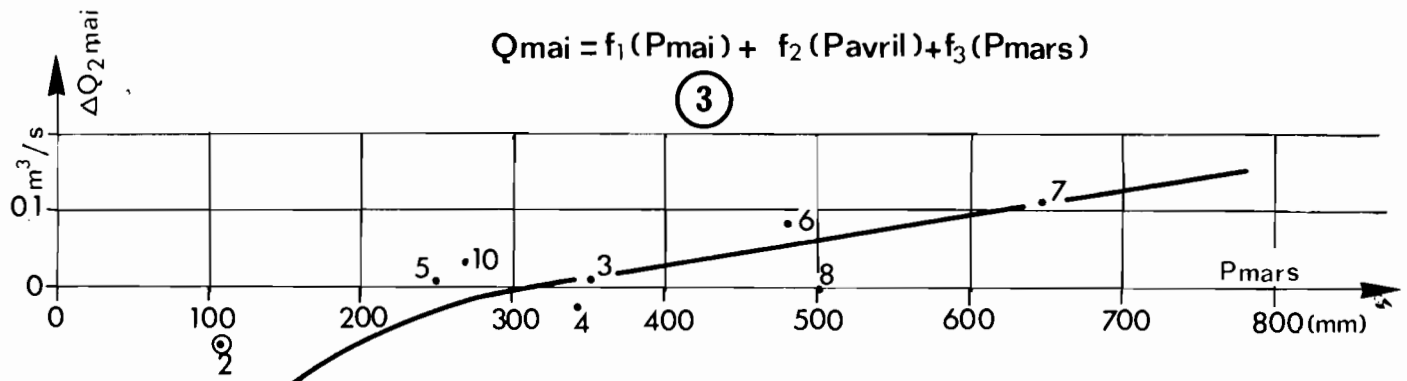


RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

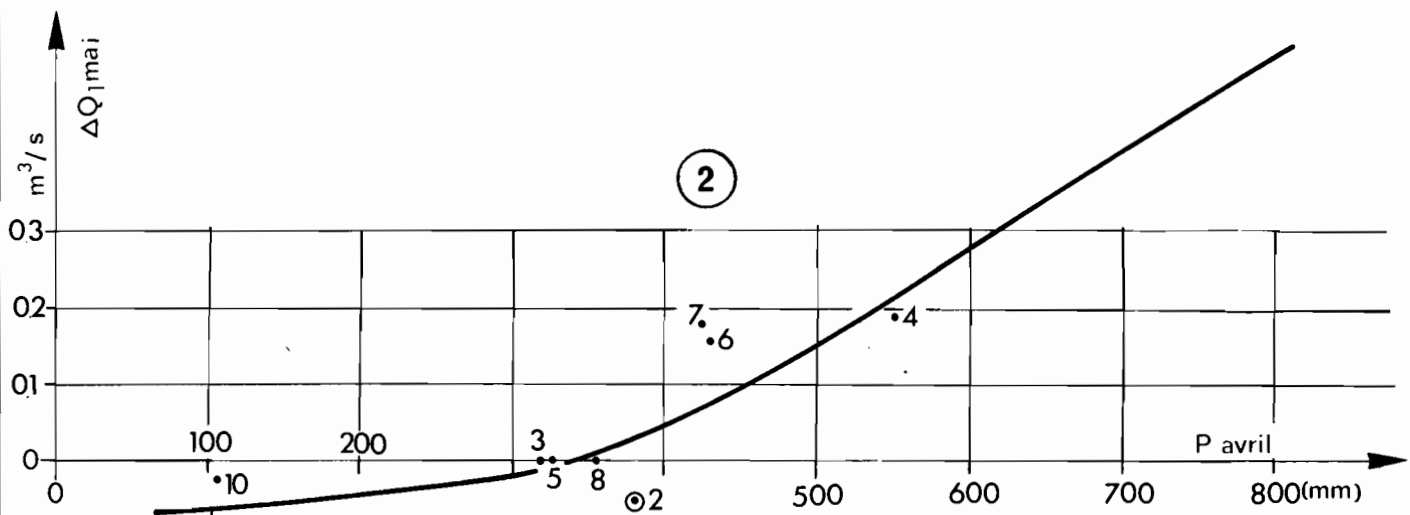
Gr-2-5

$$Q_{\text{mai}} = f_1(P_{\text{mai}}) + f_2(P_{\text{avril}}) + f_3(P_{\text{mars}})$$

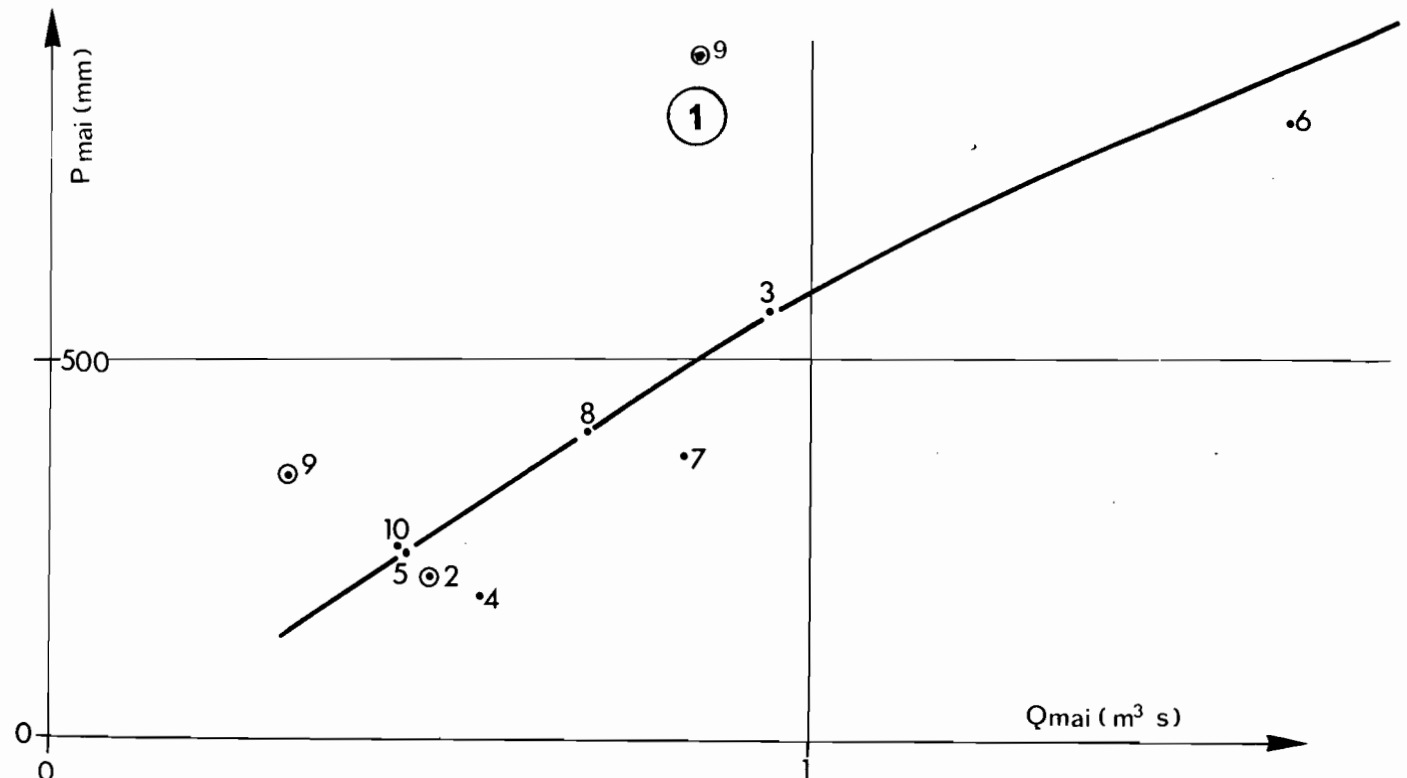
③



②



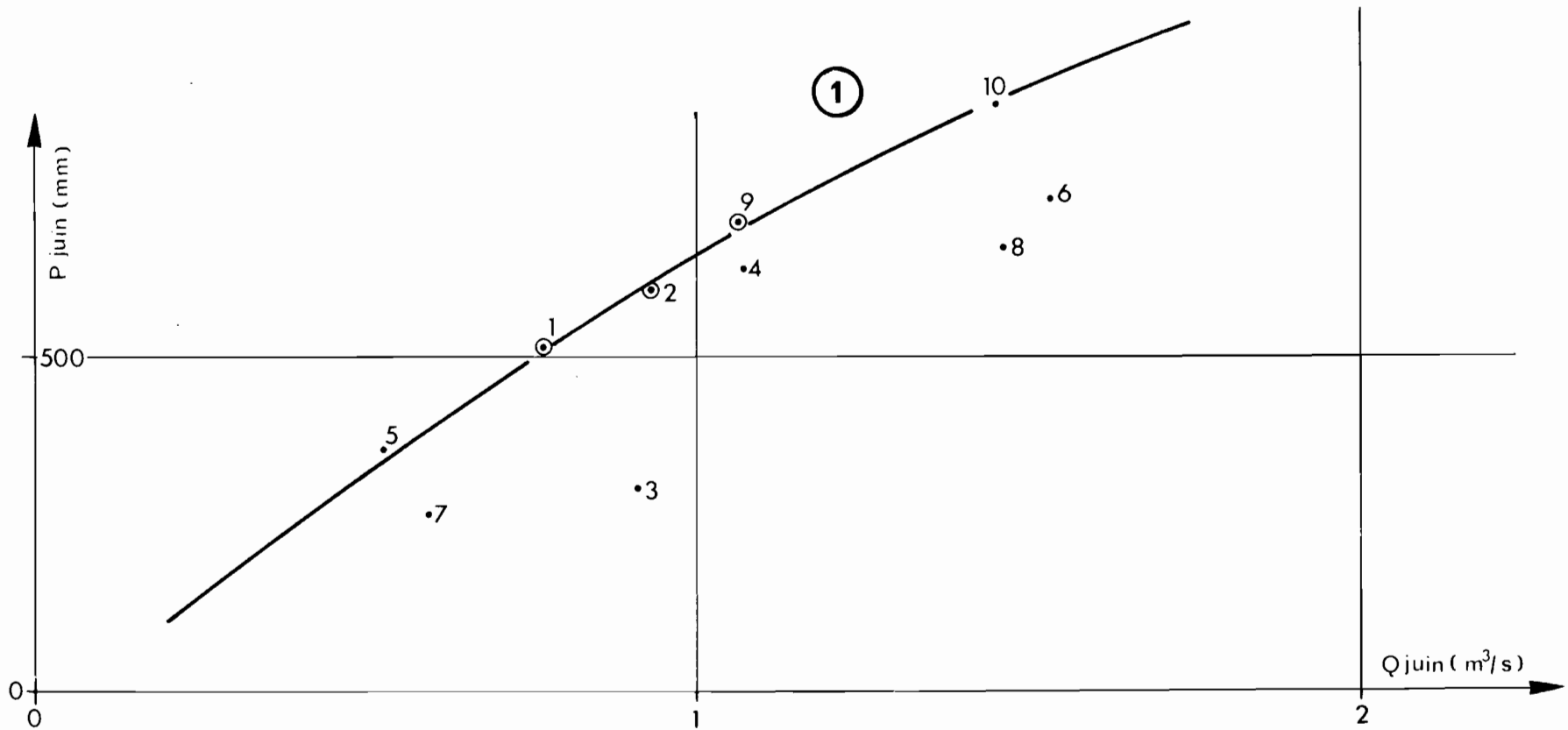
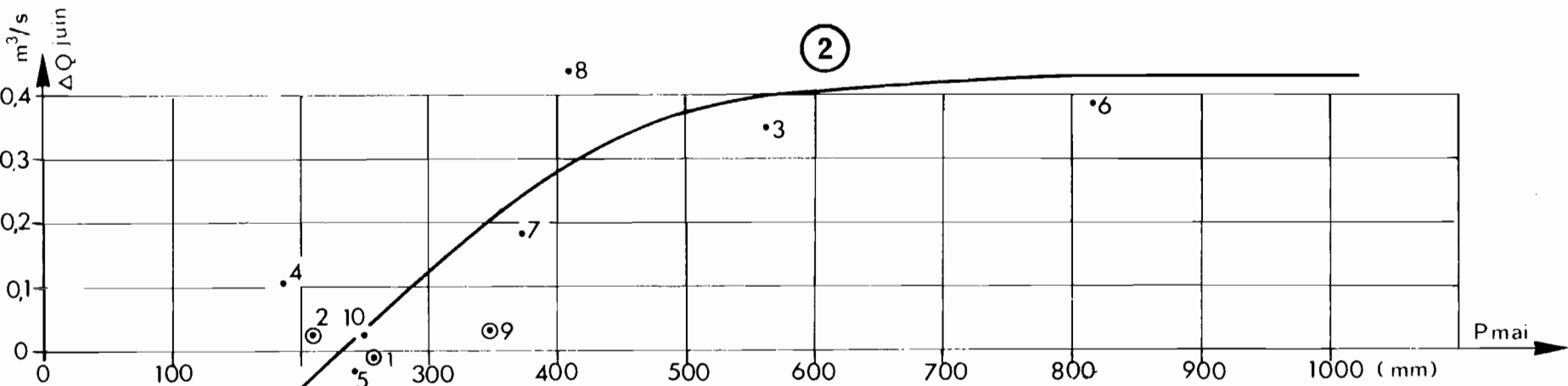
①



RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

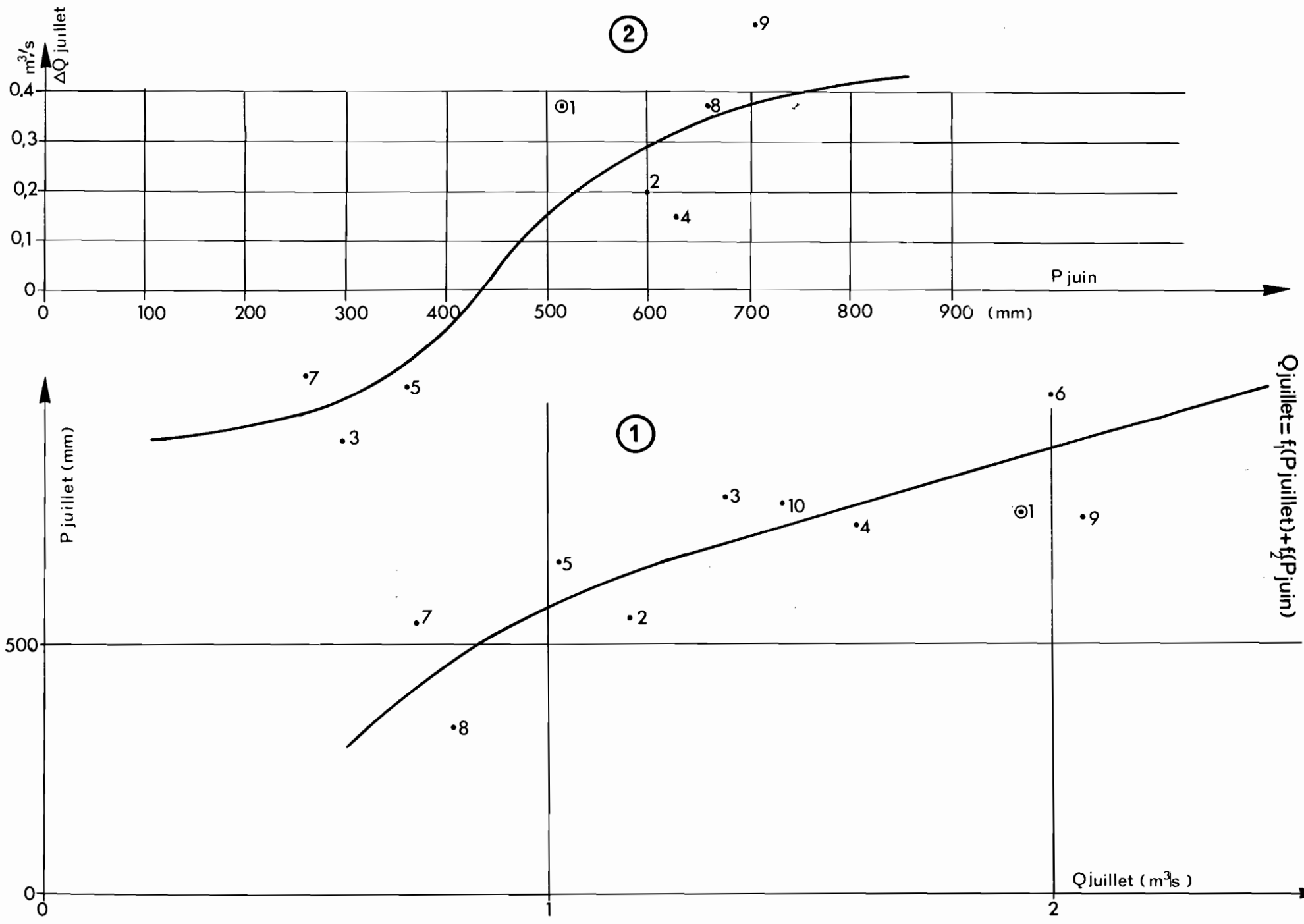
Gr-2-6

$$Q_{juin} = f_1(P_{juin}) + f_2(P_{mai})$$



RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

Gr-2-7



O.R.S.T.O.M. Service Hydrologique

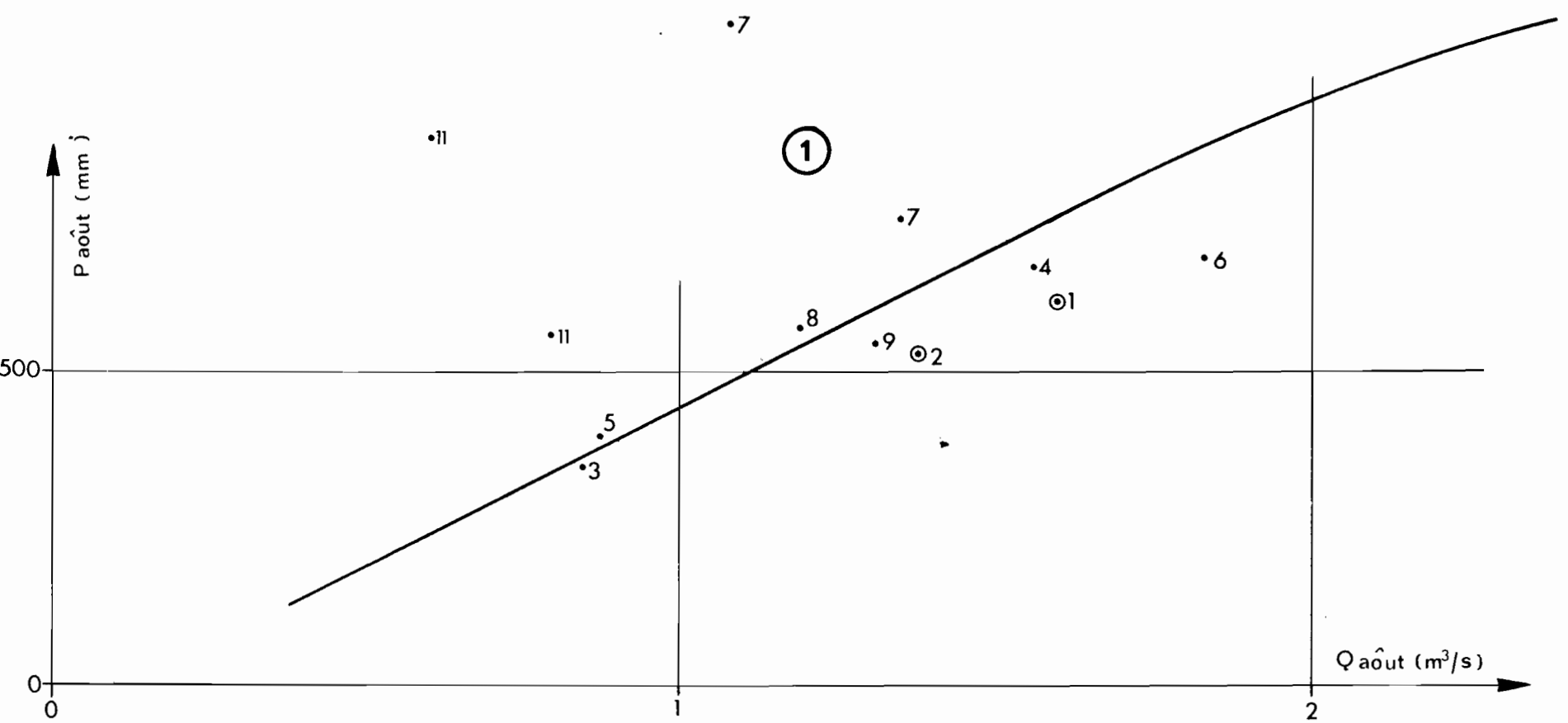
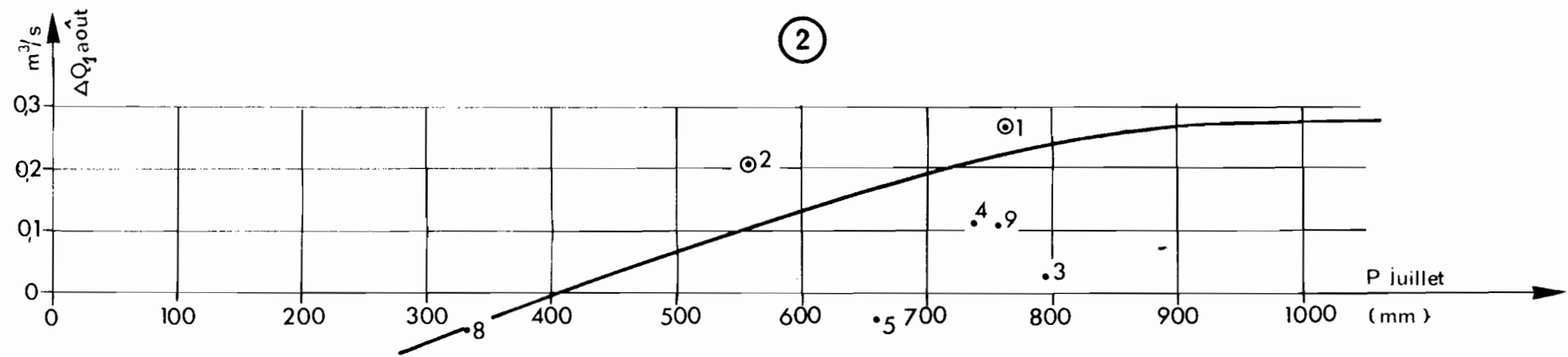
date
6-73 des.
D.-JP

MAR. 24.10.89

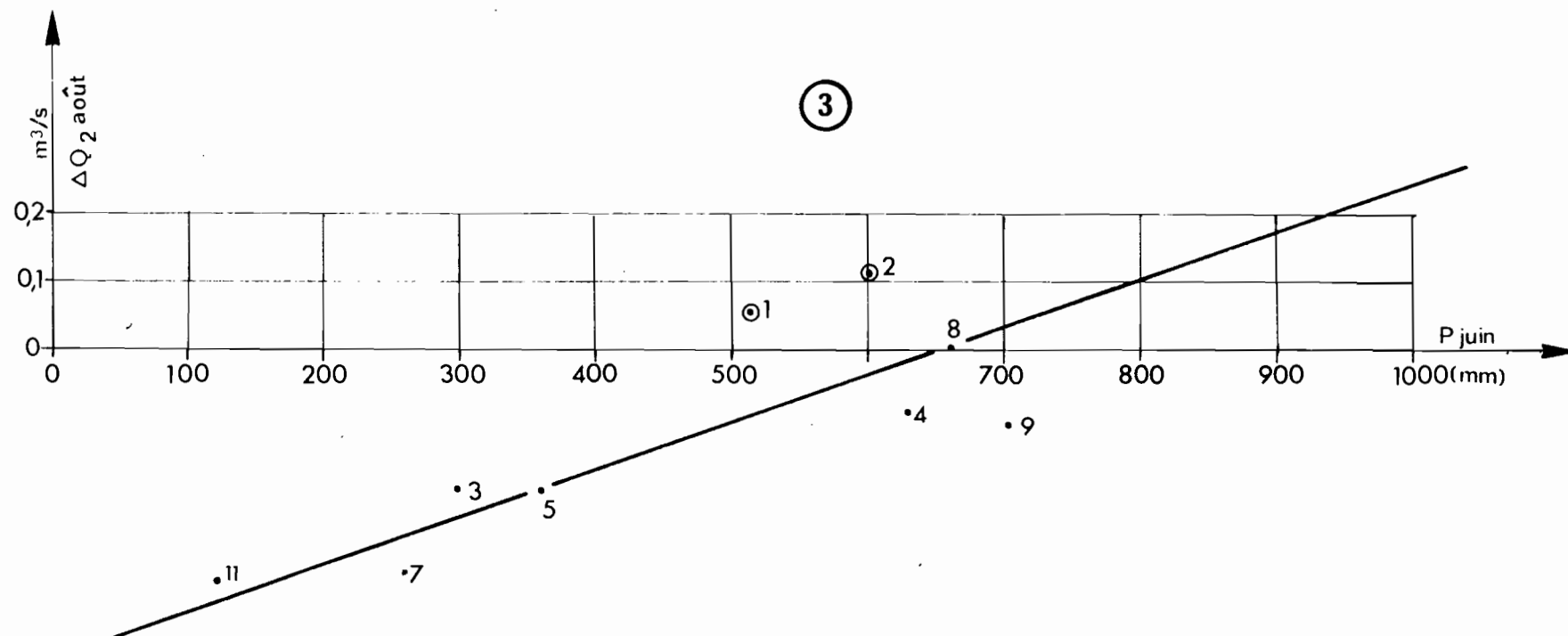
RIVIERE LÉZARDE A GROS MORNE

Gr-2-8

$$\hat{Q}_{a\hat{o}u\hat{t}} = f_1(P_{aout}) + f_2P_{juillet} + f_3P_{juin}$$

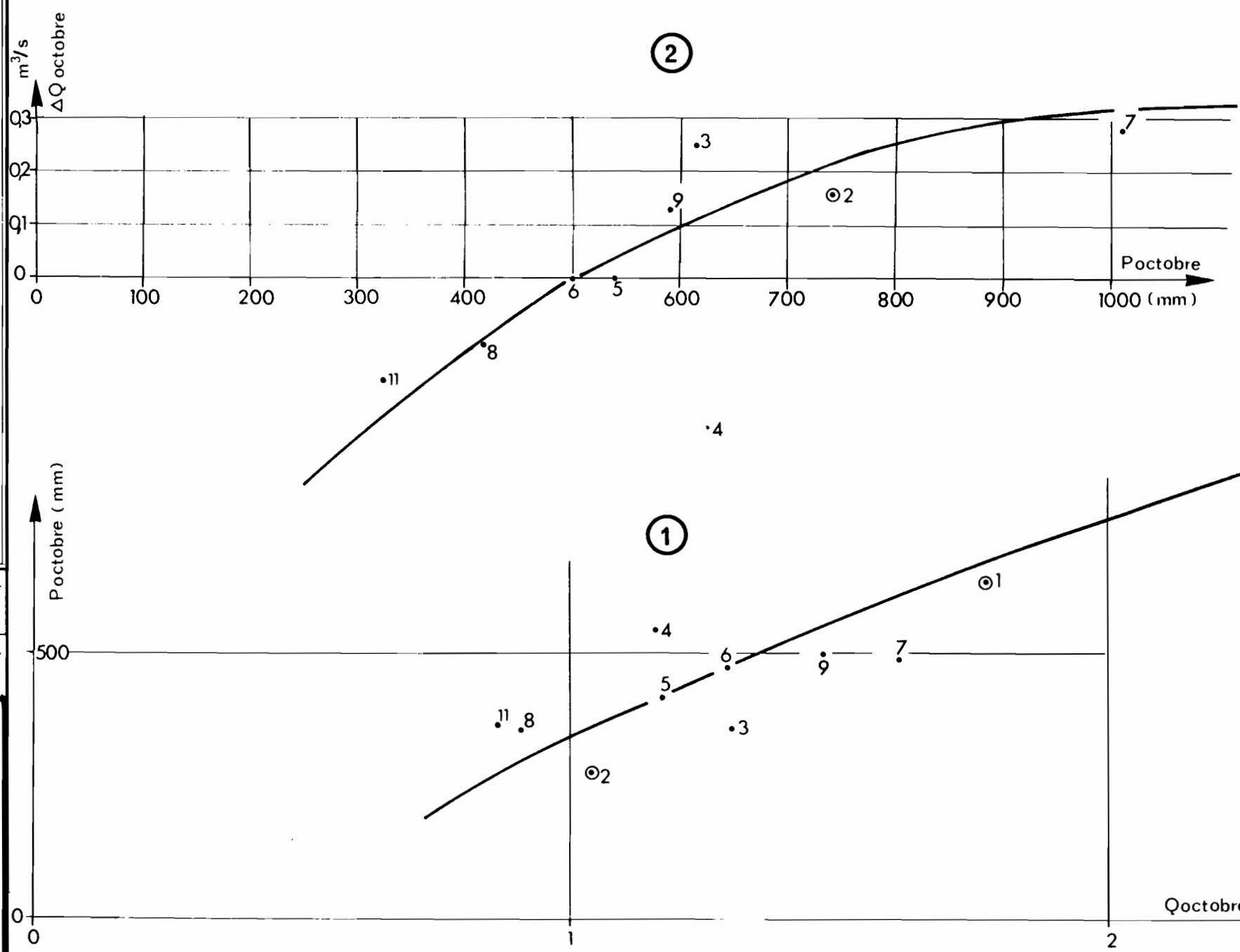


RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE



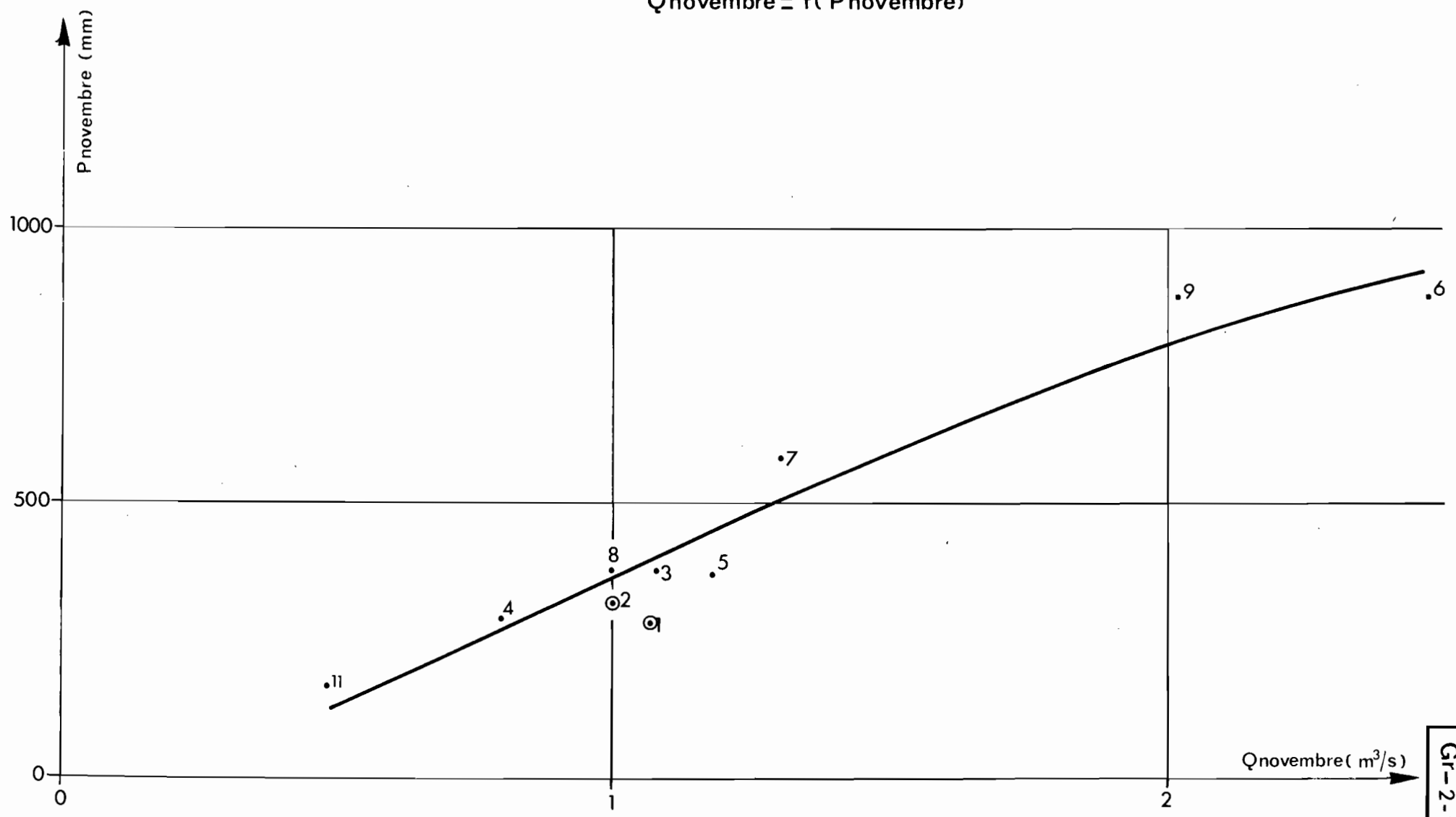
RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

$Q_{\text{Octobre}} = f_1(\text{P octobre}) + f_2(\text{P septembre})$



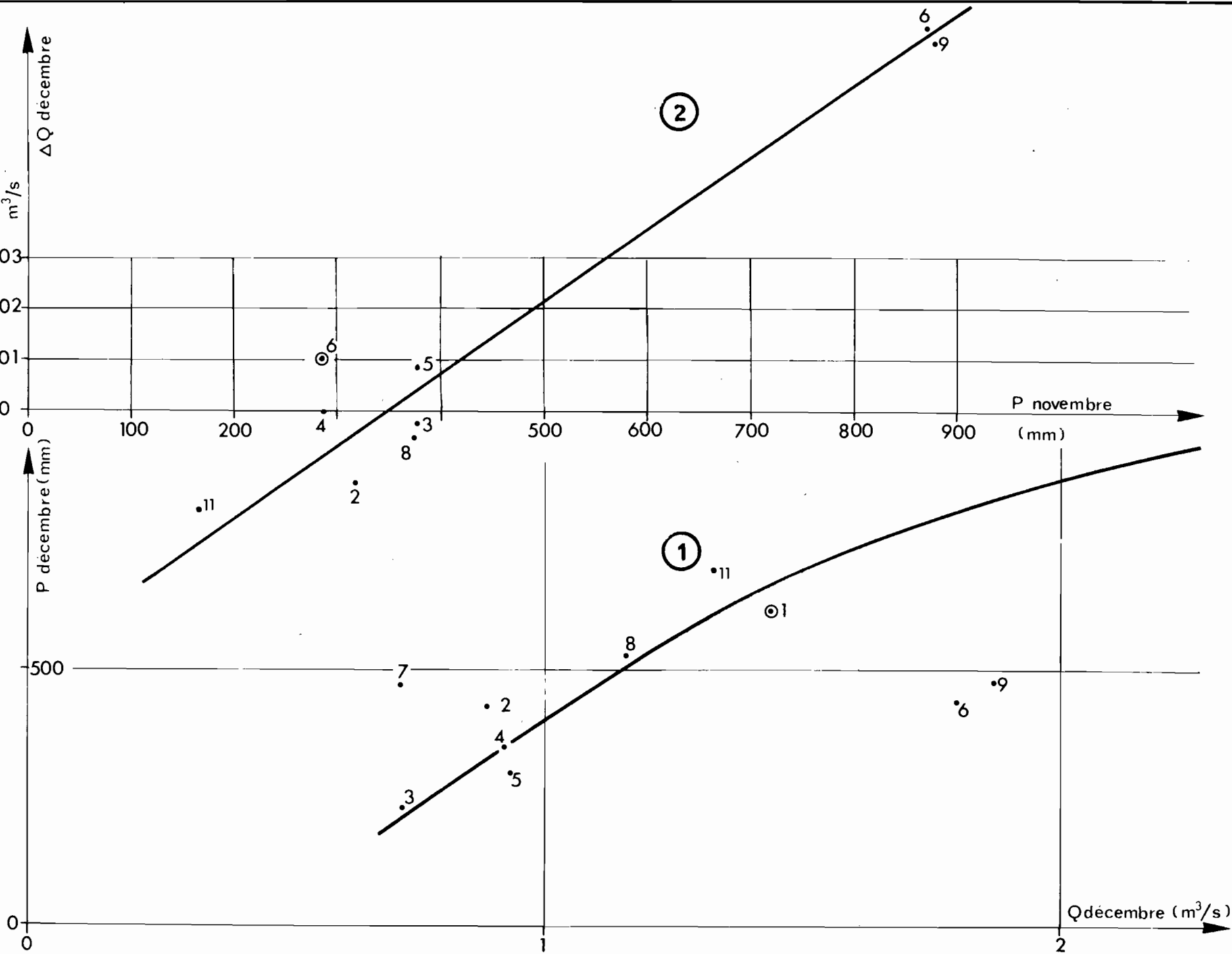
RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

$Q_{\text{novembre}} = f(P_{\text{novembre}})$



RIVIERE LEZARDE A GROS MORNE

$Q \text{ décembre} = f_1(P \text{ décembre}) + f_2(P \text{ novembre})$



En avril et mai le débit mensuel pourrait dépendre de l'état des petites unités aquifères évoquées dans l'aspect morphologique du bassin versant (2.1.1). L'état de ces réserves varie peu de novembre à janvier du fait qu'elles sont alimentées par une percolation importante provenant des horizons supérieurs. Dans la mesure où la pluie de février et mars est trop faible pour assurer le maintien total ou partiel de ces réserves, on voit paraître les conséquences dans le débit d'avril et de mai.

Enfin le débit mensuel d'août pourrait aussi dépendre de l'état de ces unités aquifères, vides en mai, qui se rechargent en juin à la reprise des pluies lorsqu'elles sont assez abondantes.

Le rôle que nous accordons à ces unités aquifères reste pourtant à vérifier. On peut penser que d'autres facteurs importants influent sur le débit mensuel. Ce serait le cas, sans doute, de la forêt dense qui recouvre le bassin : le volume qu'elle évapore en période sèche n'est certainement pas négligeable.

2.1.2.3. Reconstitution des débits mensuels de la LEZARDE à GROS MORNE pour la période 1954-1971

On a établi (tableau II) la série des débits mensuels à GROS MORNE. Les valeurs soulignées ont été obtenues par corrélation entre la station du SOUDON et celle de GROS MORNE (graphe 1). Les valeurs entre parenthèses l'ont été par la méthode des déviations résiduelles (graphes 2.1 à 2.12) à partir des pluies à Plateau BOUCHER.

2.1.3. Calcul du coefficient de passage entre les débits à la cote 170 et les débits à la cote 125

La station hydrométrique de GROS MORNE est à la cote 170, et le site de la prise d'eau est à la distillerie UNION, cote 125.

2.1.3.1 Détermination indirecte du coefficient de passage

La constitution géologique et pédologique du haut bassin de la LEZARDE étant très homogène on peut prévoir que le rapport moyen des débits aux cotes 170 et 125 sera inférieur au rapport des surfaces de bassin en ces deux sections car le haut bassin est sensiblement plus arrosé que le bassin aval. Le rapport

TABLEAU II.

=====

Débits mensuels observés et reconstitués à GROS MORNE (1954-1972)

(m³/s)

Année:	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
1954:				(1,33)	(1,06)	(0,87)	(1,13)	(1,20)	(1,96)	(2,09)	(1,77)	(1,43)
1955:	(0,64)	(0,99)	(0,64)	(0,19)	(0,54)	(1,09)	(1,39)	(1,31)	(1,46)	(1,96)	(2,13)	(1,75)
1956:	(1,31)	(1,63)	(0,88)	(1,14)	(0,92)	(1,16)	(1,24)	(1,67)	(0,76)	(2,25)	(1,55)	(2,06)
1957:	(1,17)	(0,65)	(0,38)	(0,35)	(0,17)	(0,69)	(1,22)	(1,41)	(1,20)	(1,74)	(1,49)	(1,55)
1958:	(0,88)	(0,40)	(0,17)	(0,30)	(1,43)	(1,50)	(2,23)	(1,50)	(1,71)	(1,77)	(1,56)	(2,23)
1959:	(1,04)	(0,95)	(0,85)	(1,10)	(1,09)	(0,94)	(0,95)	(0,54)	(1,02)	(1,30)	(0,95)	(0,93)
1960:	(0,76)	(0,53)	(0,50)	(0,53)	(0,64)	(0,84)	(2,30)	(1,24)	(0,92)	(1,71)	(0,75)	(0,90)
1961:	(1,08)	(0,97)	(0,85)	(0,46)	(0,47)	<u>0,77</u>	<u>1,94</u>	<u>1,60</u>	(0,68)	(1,31)	(0,82)	<u>1,44</u>
1962:	<u>1,49</u>	<u>0,905</u>	<u>0,535</u>	<u>0,575</u>	<u>0,500</u>	<u>0,935</u>	<u>1,16</u>	<u>1,38</u>	<u>1,96</u>	<u>1,04</u>	<u>1,00</u>	0,89
1963:	0,923	0,716	0,634	0,661	0,948	0,916	1,35	0,847	1,59	1,30	1,08	0,729
1964:	0,657	0,638	0,460	1,04	0,570	1,07	1,61	1,56	1,19	1,16	0,800	0,922
1965:	1,18	0,648	0,361	0,448	0,470	0,531	1,02	0,862	1,18	1,17	1,18	0,939
1966:	0,546	1,34	0,882	0,902	1,63	1,53	1,99	1,83	1,15	1,29	2,47	1,80
1967:	1,49	1,09	1,14	1,31	0,834	0,603	0,738	1,35	3,58	1,61	1,30	0,721
1968:	0,84	0,369	0,535	0,760	0,707	1,46	0,810	1,19	0,894	0,909	1,00	1,16
1969:	1,12	0,494	0,255	0,357	<u>0,315</u>	<u>1,06</u>	2,06	1,31	1,32	1,47	<u>2,02</u>	1,87
1970:	0,867	0,520	0,637	0,256	0,460	1,45	1,46	(1,85)	(0,80)	(1,53)	(1,15)	(1,69)
1971:	(1,17)	(0,95)	(0,625)	(0,240)	(0,425)	(0,35)	(0,32)	0,796	0,744	0,866	0,482	1,33
1972:	1,22	0,969	0,929									

Valeurs soulignées déduites du SOUDON

Valeurs entre parenthèses déduites de Plateau BOUCHER

des superficies de bassin a pour valeur 1,275 qui constitue une limite supérieure du coefficient recherché.

En pondérant les superficies de bassin aux cotes 170 et 125 par les pluviométries moyennes annuelles relatives à ces deux surfaces on obtient :

$$\frac{12,4 \times 3,50 + 3,4 \times 2,50}{12,4 \times 3,5} = 1,196$$

(3,50 m est la moyenne 1961-1970 sur le bassin à la cote 170 et 2,50 m la moyenne sur le bassin résiduaire aval)

On peut donc retenir pour le coefficient de passage une première valeur de 1,19.

2.1.3.2. Investigations directes

L'approche précédente définit a priori la relation moyenne à appliquer à l'ensemble des écoulements. Par ailleurs la liaison a été établie par des comparaisons directes des débits. L'ensemble des jaugeages et estimations figure aux tableaux III. L'exécution et le dépouillement ont été faits soigneusement pour réduire le plus possible les erreurs accidentelles nuisant à la comparaison des débits entre eux.

Une difficulté s'est posée qui résulte de la méconnaissance de l'emplacement exact de la prise : on avait retenu en 1970 une altitude de 100-110 m à laquelle on a alors exécuté quatre jaugeages doubles. La prise étant ultérieurement fixée à la cote 125, on a poursuivi en 1973 l'exécution des jaugeages à la cote 110 pour permettre la comparaison avec les jaugeages de 1970, et on a été amené à exécuter quelques mesures intermédiaires (cotes 125 et 135). Huit séries plus ou moins complètes de mesures de débits se sont échelonnées du 27 février au 3 juin 1973.

La comparaison des débits aux cotes 170 et 110 conduit à adopter l'ajustement graphique suivant (graphe 3) :

$$Q_{110} = 1,34 Q_{170} - 35 \text{ l/s}$$

Cet ajustement, enveloppe inférieure des points observés, est assez prudent. Les points représentatifs des quatre plus forts débits de basses eaux

TABLEAU III-1.

=====

Rivière LEZARDE

Liste des jaugeages simultanés effectués entre les cotes 170 et 110

Date	Limnigraphe (cote 170) ** A = 12,4 km ² H m Q l/s	Pont du MORNE VAUDIN cote 135 A = 15,1 km ² Q l/s	Future prise cote 125 *** A = 15,8 km ² Q l/s	Prise ST-ETIENNE cote 110 A = 18,3 km ² Q l/s	Remarques
19- 2-1970	1,134 340			440	jaugeage chimique
13- 3-1970	1,127 335			395	"
20- 9-1970	530			675	
21-10-1970	1,525 750			970	
27- 2-1973	0,253 307			437	
28- 3-1973	0,223 224			315	
17- 4-1973	0,244 273	338	(354)	388	estimé à cote 125
2- 5-1973	0,207 194			226	
17- 5-1973	0,239 255			350	surestimé à cote 110
22- 5-1973	0,200 179			212	
25- 5-1973	0,220 214	215	221	233	régime non uniforme
	0,210 196				
3- 6-1973	0,195 (170)		184		

TABLEAU III-2

=====

Débits des affluents entre les cotes 110 et 170 (l/s)

Date	Ravine de la Chapelle OSTOLOGUE (155)	Rivière de BOIS-GOUDOUX (150)	Ravine du MORNE VAUDIN (140)	Rivière CLAIRE (115)
27- 2-1973	2,5	23,3	3,1	19,6
28- 3-1973		19,1		14,7
17- 4-1973		18,4		14,6
22- 5-1973		16,5		11,4
25- 5-1973		19,5		11,1

** GROS MORNE

*** Distillerie UNION

TABIEAU III-3

=====

Estimation des apports latéraux de la LEZARDE
entre les cotes 170 et 110 (débits en l/s)
(les jaugeages au moulinet sont repris et soulignés)

Distance du limnigraphe (à vol d'oiseau)	Visite du 27-2-1973	Visite du 17-4-1973
<u>- Cote 170 - Limnigraphe (0 m)</u>		
250 m RD	1	0,25
400 m RG	2 à 5	2 à 5
Chapelle OSTOLOGUE RD (650 m)	<u>2,5</u>	0,5 à 0,75
Morne VAUDIN RG (700 m)	<u>3,1</u>	1,5
BOIS-GOUDOUX RD (950 m)	<u>23,3</u>	<u>18,4</u>
<u>- Cote 135 - Pont du Morne VAUDIN</u>		
VIERGE EAU POPO RD (1 100 m)	0,5 à 1	0,1
<u>- Cote 125 - Prise en projet</u> (1 500 m)		
1 600 m RD	2 à 3	
1 700 m RD	3 à 4	0,5 à 1
Rivière CLAIRE RD (2 000 m)	<u>19,6</u>	<u>14,6</u>
2 050 m RD	1	1
2 300 m RD	2 à 3	0,5
2 400 m RD	1 à 2	0,2
2 450 m RD	1	0,1 à 0,2

mesurés en 1973 sont au-dessus de cette droite. Le fait semble bien traduire non une dispersion accidentelle mais un mode de fonctionnement particulier. Nous en proposons l'explication suivante :

Des séquences sèches intenses ont affecté l'ensemble de l'île pendant le carême 1973, autant les sommets normalement arrosés que les zones basses. Au début de ces séquences, le déficit d'écoulement a été relativement plus important (le tarissement relativement plus rapide) sur les parties hautes et boisées du bassin considéré, que sur les parties basses. En situation habituelle de carême, des petites pluies de relief persistent en altitude : elles sont absentes en 1973. La sécheresse se prolongeant mais les réserves des parties aval étant malgré tout moins abondantes que sur le haut bassin, le coefficient de passage diminue pour les faibles débits et les points représentatifs s'inscrivent convenablement dans l'alignement des valeurs de 1970.

A la cote 125 on est conduit à adopter l'ajustement suivant :

$$Q_{125} = 1,20 \quad Q_{170} - 20 \text{ l/s}$$

qui s'appuie sur les points bas mesurés (25 mai et 3 juin 1973) et sur la proportion des apports apparus à la cote 125 (de 40 à 60% des apports entre les cotes 170 et 110).

Cette relation concorde assez bien avec la détermination a priori du coefficient de passage. Elle est cependant nettement plus satisfaisante pour les basses eaux. On remarquera qu'elle conduit à des apports nuls pour un débit d'étiage de 100 l/s, valeur exceptionnellement basse, de fréquence peut-être cinquantennale ou plus faible encore, et à des pertes pour des valeurs encore plus basses, ce qui est théoriquement possible. On a esquissé les valeurs correspondantes du coefficient de passage (graphe 3).

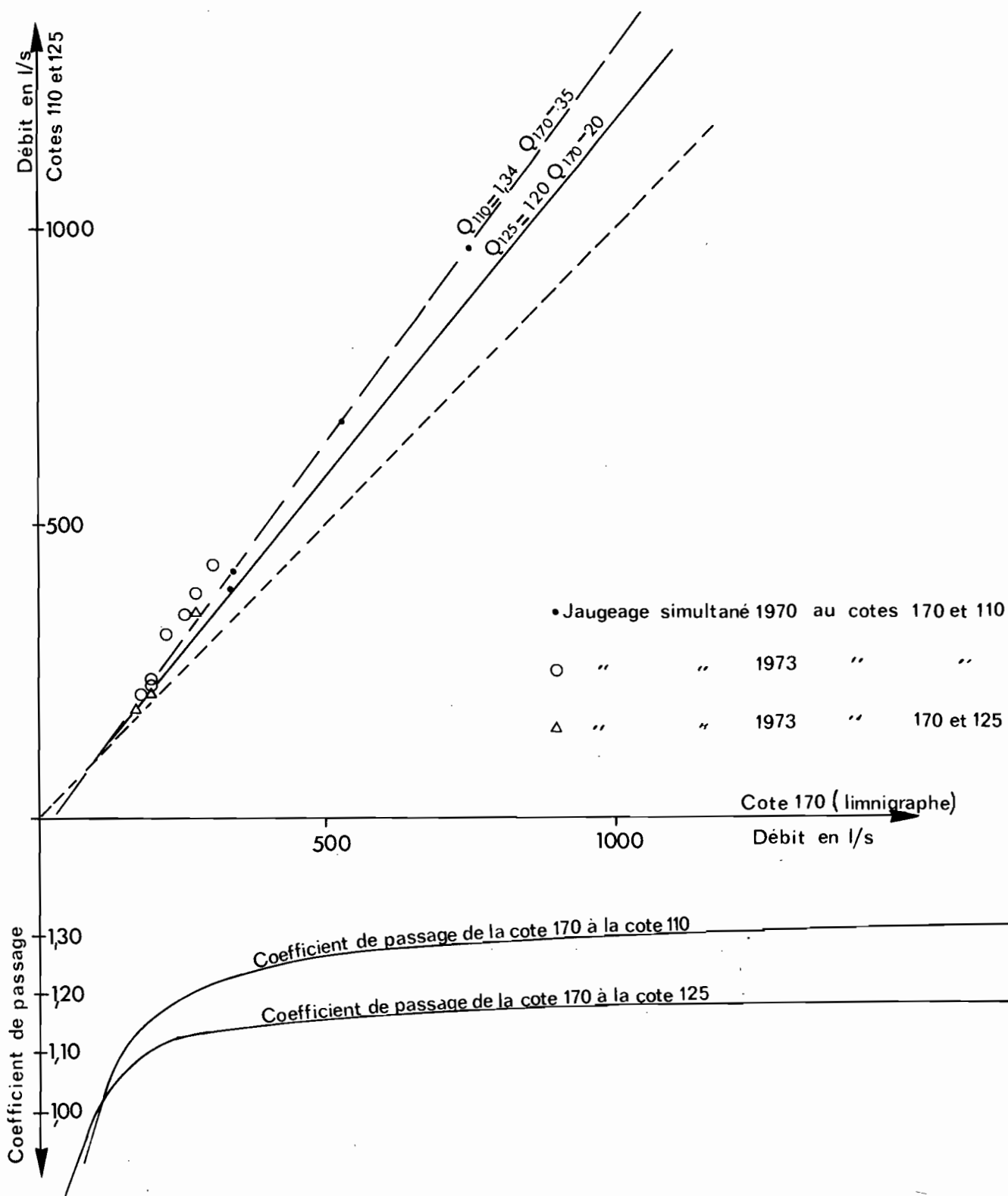
La relation retenue est un peu moins simple qu'un rapport de proportionnalité (coefficient de passage constant). Elle est certainement plus adéquate et conserve l'avantage de la linéarité qui la rend applicable aussi bien aux débits instantanés qu'aux valeurs moyennes journalières ou mensuelles.

2.1.4. Débits moyens mensuels à la Distillerie UNION pour la période 1954-1971.

Ils sont calculés à partir des débits de la LEZARDE à GROS MORNE à

RIVIERE LEZARDE

Relation entre les débits de la cote 170 (limnigraphe)
et des cotes 110 et 125



l'aide de la relation précédente et figurent au tableau IV.

2.2. Débits susceptibles d'être pompés dans la LEZARDE à la Prise d'Eau

La détermination des débits susceptibles d'être pompés dans la LEZARDE repose sur la puissance du groupe de pompes mis en action et sur le débit minimal qu'il convient de conserver à la rivière. La relation linéaire :

$$Q_{125} = 1,20 \quad Q_{170} - 20 \text{ l/s}$$

permet de transposer à la Prise d'eau les débits journaliers mais aussi les débits instantanés observés à la station de GROS MORNE. L'expression du débit susceptible d'être pompé est :

$$Q_{125} = 1,20 \quad Q_{170} - 20 \text{ l/s} - 100 \text{ l/s}$$

valeur qu'il faudra encore tronquer à 900 l/s, si 900 l/s est le débit maximal des pompes et 100 l/s le débit minimal à laisser dans la rivière. Finalement :

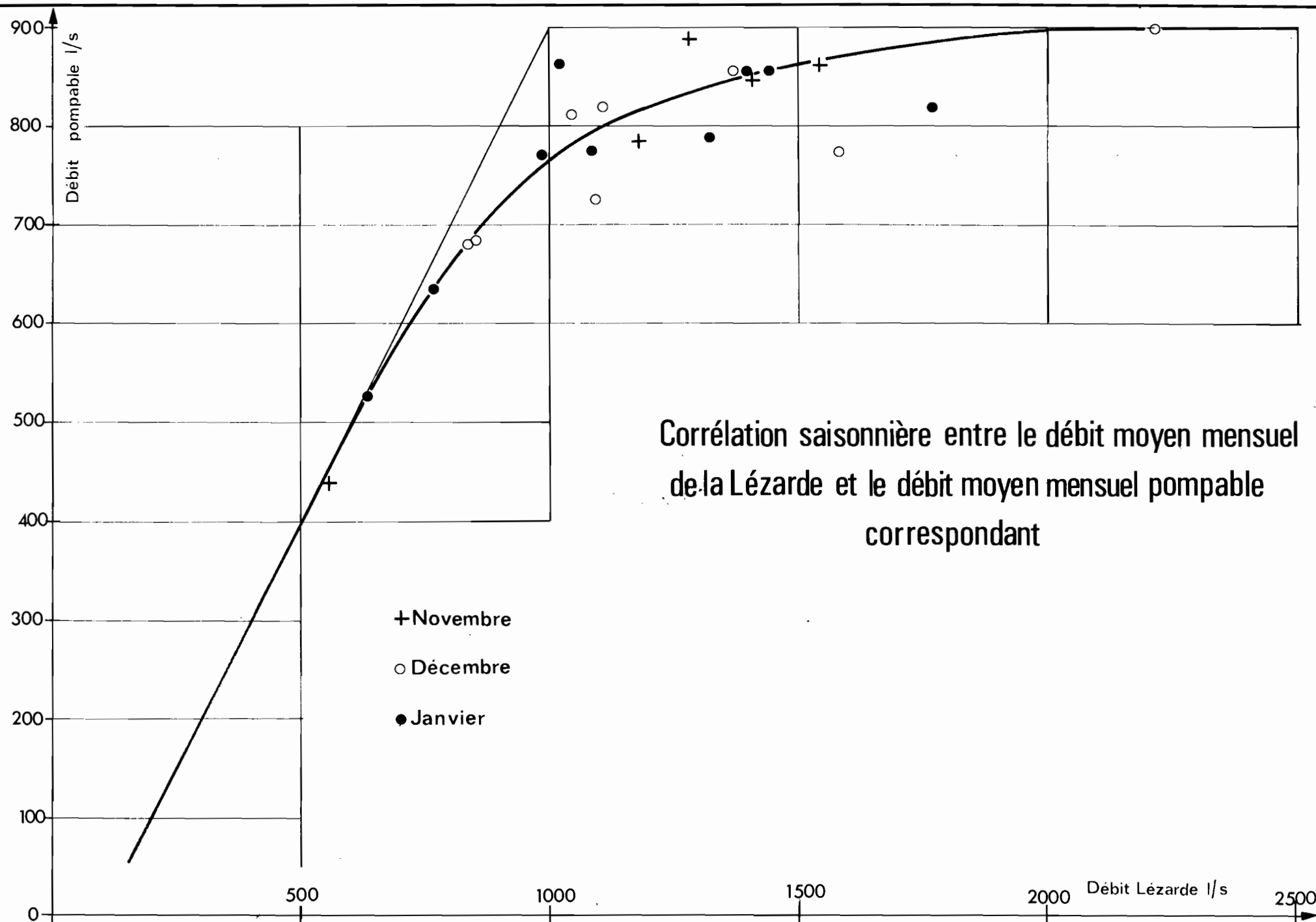
$$Q = \text{AMIN} (900, 1,2 (Q_{170} - 100)) \quad (1)$$

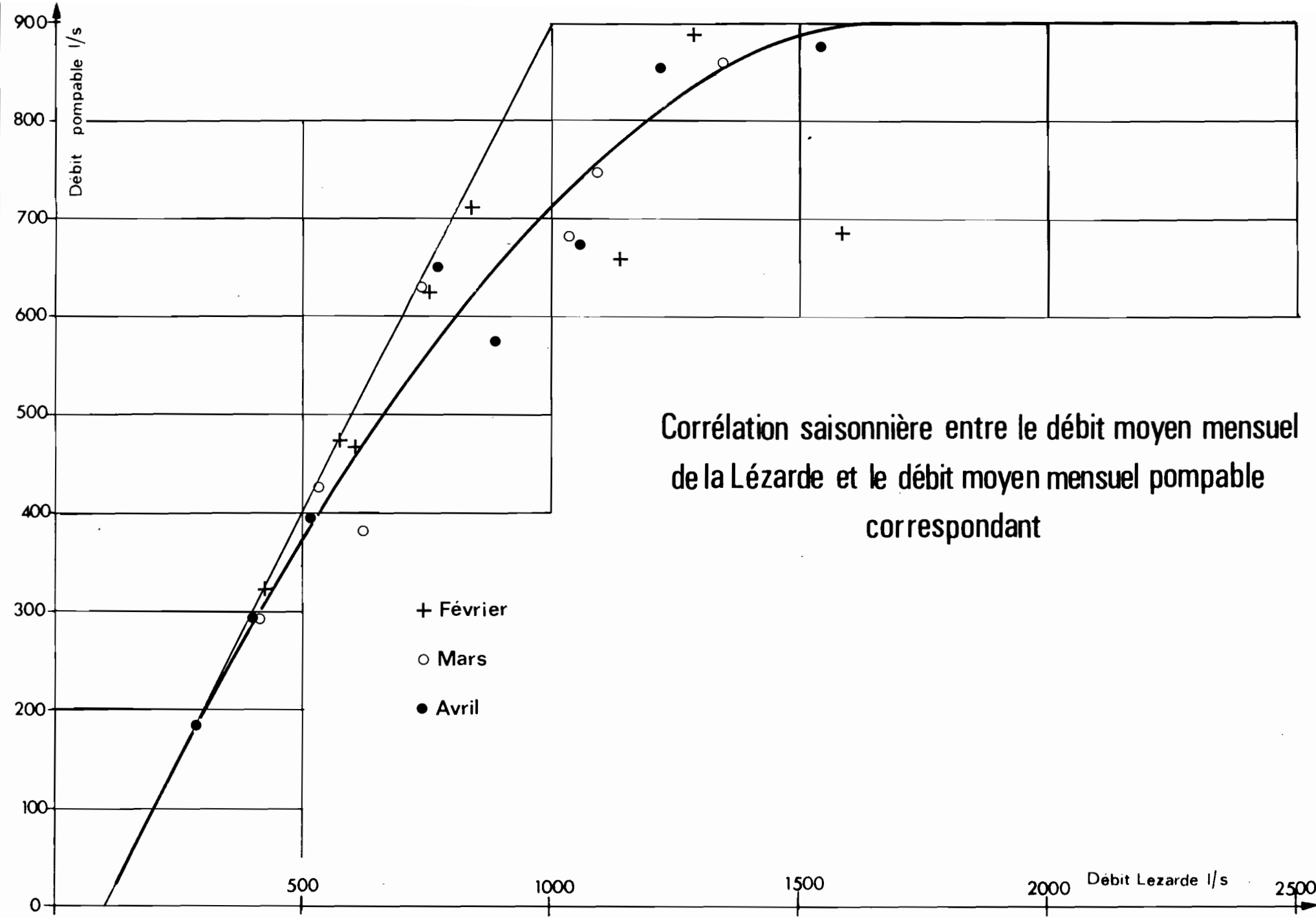
En toute rigueur cette expression ne s'applique qu'aux débits instantanés mais en fait l'expérience a montré que si on l'applique aux valeurs moyennes journalières (moyennes calculées par interpolation linéaire entre valeurs instantanées et méthode des trapèzes) les résultats que l'on obtient, concernant les valeurs moyennes mensuelles du débit qui peut être pompé, ne diffèrent dans les deux cas que de quelques pour mille à quelques pour cent.

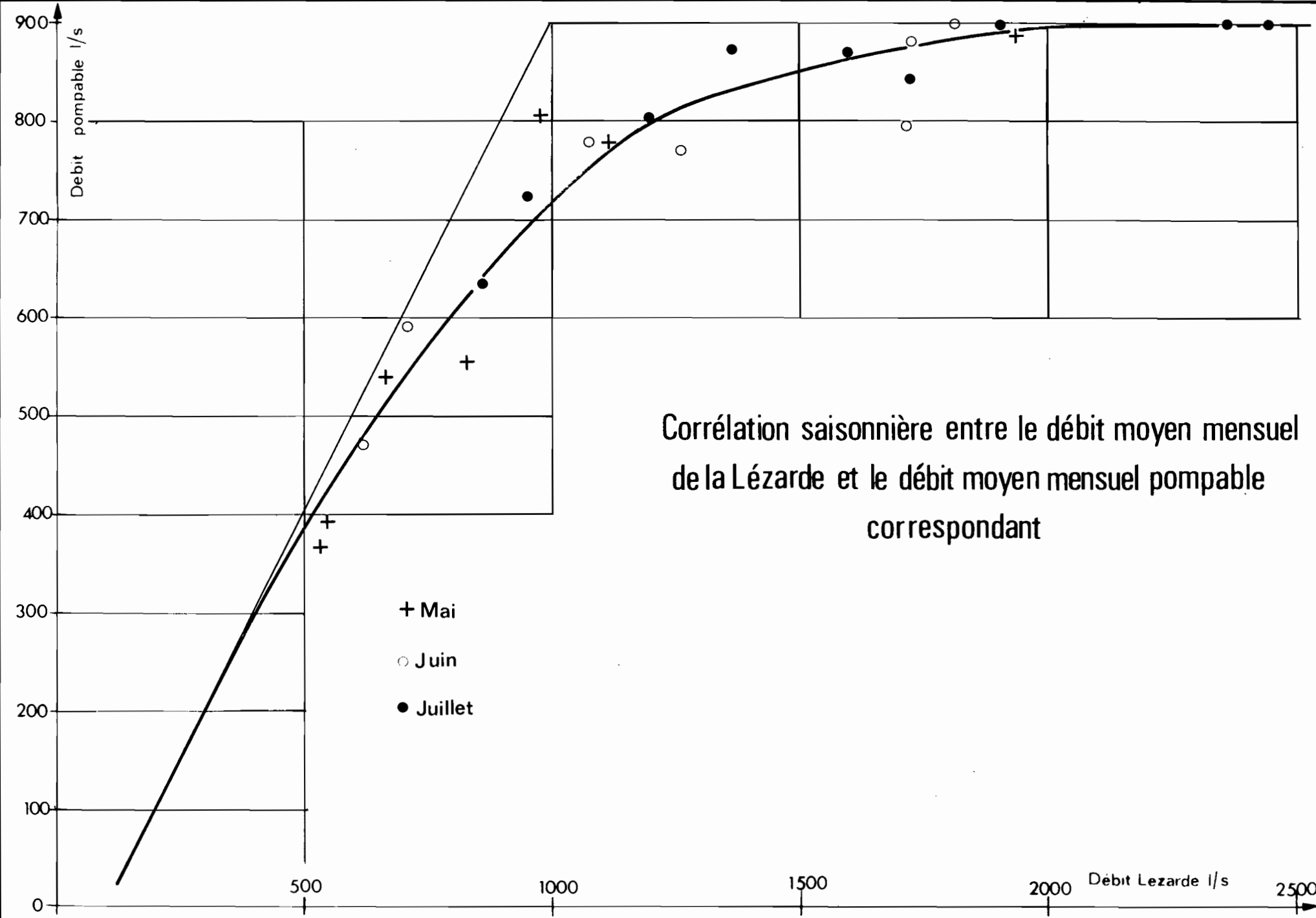
La méthode des trapèzes appliquée aux débits limnigraphiques intégraux tronqués conduit à une très légère sous-estimation du volume mensuellement disponible à la prise. La moyenne arithmétique des débits moyens journaliers tronqués conduit au contraire à une très légère surestimation du même volume. La moyenne de ces deux évaluations constitue donc une détermination correcte du volume mensuellement disponible ou encore du débit moyen mensuel susceptible d'être pompé.

Ces calculs effectués sur les débits observés (à partir de 1962) conduisent aux valeurs moyennes mensuelles des débits naturels de la LEZARDE et des débits correspondants susceptibles d'être pompés à leurs que l'on peut mettre en

(1) - AMIN est une fonction prenant le minimum des deux termes entre (), 900 ou l'autre expression.







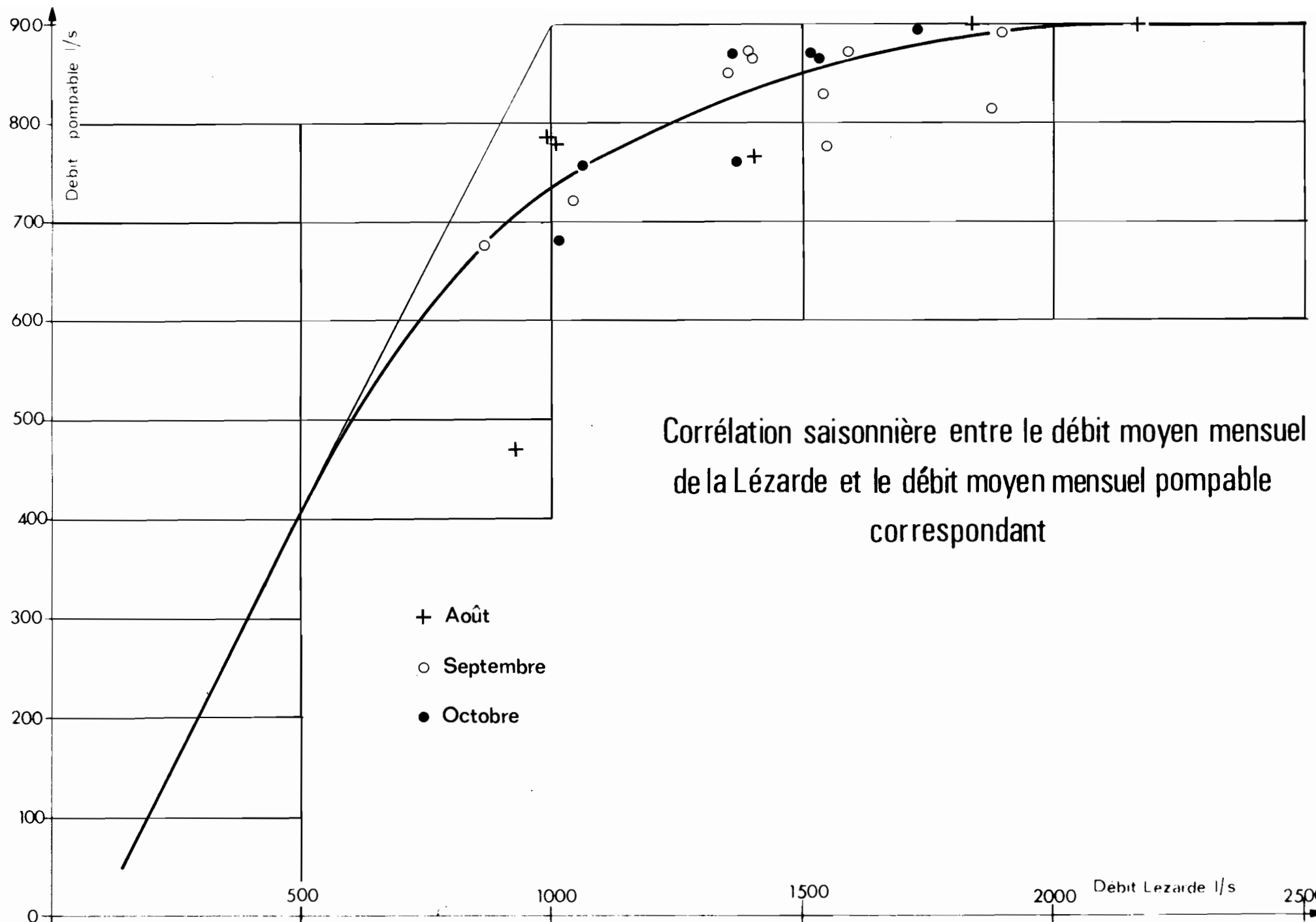


TABLEAU V

Débits moyens mensuels (l/s)
susceptibles d'être pompés à la cote 125, avec un
débit maximal de pompage de 900 l/s

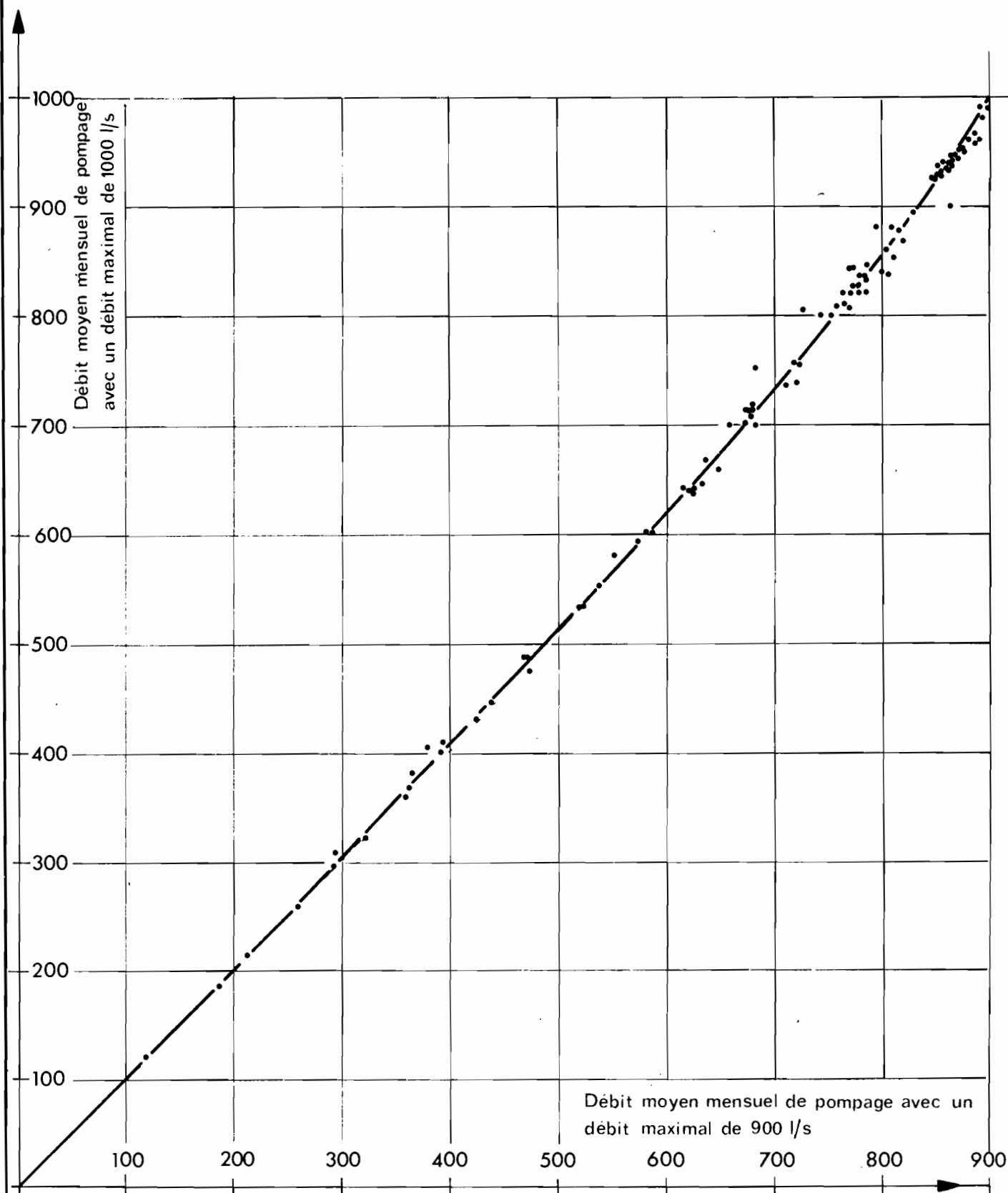
Année	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
1954				897	810	725	828	835	900	900	900	880
1955	620	790	557	110	476	819	869	855	876	900	900	900
1956	867	900	730	850	754	832	847	896	686	900	890	900
1957	850	565	320	285	80	608	843	870	835	900	885	890
1958	777	337	80	235	875	882	900	881	898	900	890	900
1959	826	768	710	838	819	766	770	517	789	854	803	798
1960	713	465	435	465	567	711	900	843	758	898	707	786
1961	835	777	710	395	415	662	900	892	637	855	747	881
1962	885	745	465	502	447	761	875	867	900	796	816	812
1963	775	713	628	650	781	779	873	786	810	865	888	684
1964	635	628	425	861	540	773	900	900	868	866	738	728
1965	852	625	292	394	393	472	806	779	870	759	848	820
1966	525	685	682	675	887	900	900	900	853	867	900	900
1967	817	886	858	875	807	589	637	873	900	893	859	681
1968	770	323	380	575	555	880	726	766	719	755	786	859
1969	787	472	186	295	258	810	900	830	773	896	900	900
1970	865	468	555	187	368	796	846	900	709	885	846	897
1971	847	768	545	168	375	300	264	470	675	680	440	775
1972	854	660	746	681	886	723	785	802	900	878	854	895
1973	617	363	261	216	120	523	361	582				

TABLEAU VI

Débits moyens mensuels (l/s)
susceptibles d'être pompés à la cote 125, avec un
débit maximal de pompage de 1 000 l/s

Année	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
1954				995	856	761	890	898	1 000	1 000	1 000	965
1955	640	841	572	110	486	880	950	927	960	1 000	1 000	1 000
1956	948	1 000	767	919	796	895	916	995	715	1 000	1 000	1 000
1957	920	580	325	288	80	625	917	952	900	1 000	974	982
1958	825	343	80	237	957	970	1 000	970	997	1 000	982	1 000
1959	886	812	743	902	877	811	815	530	840	925	858	850
1960	747	475	445	475	582	745	1 000	910	801	997	740	836
1961	900	825	743	402	424	687	1 000	988	659	925	787	967
1962	974	785	476	516	457	805	944	946	1 000	849	875	853
1963	826	734	636	659	836	827	953	820	879	933	955	700
1964	644	638	432	934	553	821	1 000	1 000	945	941	776	806
1965	922	640	297	411	402	485	859	825	949	807	924	868
1966	535	752	718	712	966	1 000	1 000	1 000	923	941	1 000	1 000
1967	878	961	927	953	837	601	667	949	1 000	991	936	708
1968	807	323	405	593	581	964	755	820	756	798	832	939
1969	846	472	186	308	258	866	1 000	894	843	981	1 000	1 000
1970	901	487	580	187	385	880	926	1 000	741	974	915	995
1971	916	813	559	168	382	300	264	489	702	713	448	844
1972	936	700	799	714	964	739	835	841	991	950	927	981
1973	643	367	261	216	120	532	361	602				

Relation entre les disponibilités offertes par des
débits maximaux de pompage de 900 l/s et de
1000 l/s



regard les unes des autres. Ce faisant on détermine graphiquement avec une assez bonne précision des corrélations saisonnières entre les deux quantités. Nous avons tracé à cet effet quatre graphiques (graphes 4-1, 4-2, 4-3, 4-4) se rapportant aux trimestres novembre-janvier, février-avril, mai-juillet, août-octobre. Par lecture directe de ces courbes on déduit du débit naturel de la LEZARDE le débit moyen mensuel correspondant susceptible d'être pompé (compte tenu des deux contraintes que sont le débit maximal de pompage fixé à 900 l/s et le débit minimal de 100 l/s laissé à la LEZARDE).

Notons trois remarques pour clore ce paragraphe :

a) Tout ce qui précède est relatif à la détermination des débits entre le 1-4-1954 et le 31-3-1972. Ultérieurement la D.D.A nous a demandé d'allonger la période jusqu'à la date la plus récente possible. Nous avons pu avancer cette date jusqu'au 31-8-1973, gagnant ainsi 17 mois. La détermination des débits susceptibles d'être pompés pendant ces 17 mois s'est effectuée sans difficulté par calcul direct sur les débits observés à GROS MORNE pendant cette période, auxquels on a appliqué le coefficient de passage qui a été établi ci-dessus. C'est pourquoi nous pouvons présenter dans les tableaux V et VI les débits disponibles dans la LEZARDE d'avril 1954 à août 1973. Le volume global transporté par la LEZARDE a été de 728 Mm³ entre le 1-4-1954 et le 31-3-1972, et de 765 Mm³ entre le 1-4-1954 et le 31-8-1973.

b) On ne nous a demandé que tardivement de simuler le fonctionnement des ouvrages avec un débit maximal de pompage non plus de 900 l/s mais de 1000 l/s. A cette occasion nous n'avons pas établi de nouvelles corrélations saisonnières, car les calculs effectués directement et seulement sur les débits observés ont mis en évidence le fait que les nouvelles disponibilités étaient étroitement liées aux anciennes. Il a donc suffi d'établir graphiquement (graphe 5) la relation qu'elles unit pour pouvoir déduire des premiers les nouveaux résultats.

c) La valeur moyenne mensuelle du débit disponible à la prise d'eau dans la LEZARDE fournit un volume d'eau qui est offert à la station de pompage au cours du mois. On sera amené à considérer, cela de façon très impérative dans le système B de simulation, que le débit moyen mensuel disponible constitue aussi une limite supérieure du débit instantané disponible à la prise. Autrement dit, si Q est le débit disponible un mois donné, il ne sera jamais question de demander aux pompes de débiter davantage pendant une fraction de ce mois.

2.3. Précipitations mensuelles sur les bassins versants et sur les parcelles irriguées

La simulation devant s'effectuer au pas de temps mensuel sur la période s'étendant du 1er avril 1954 au 31 août 1973, il convient de déterminer les valeurs mensuelles de la pluviométrie ayant affecté les bassins qui surplombent les ouvrages de retenue, et chacun des secteurs du réseau d'irrigation.

2.3.1. Précipitations sur les bassins versants

Par souci d'homogénéité de la série complète, les valeurs mensuelles de la pluviométrie observée au FRANÇOIS ont été multipliées par 1,15 à partir de janvier 1967 pour tenir compte du déplacement du pluviomètre de FRANÇOIS Usine à FRANÇOIS Gendarmerie. Les lacunes constatées à ce poste en 1959 ont pu être comblées par des valeurs obtenues en corrélant Le FRANÇOIS à PAQUEMAR et GALION. La lacune de 1966 au FRANÇOIS a été comblée grâce aux observations faites à la même époque au SIMON.

Les lacunes de 1958 et 1959 au poste pluviométrique du MARIN ont été comblées à l'aide d'une corrélation multiple établie avec les postes de PAQUEMAR et de DIAMANT :

$$P (\text{MARIN}) \sim 0,73 * P (\text{PAQUEMAR}) + 0,18 * P (\text{DIAMANT}) + 10,945$$

Les séries de données ponctuelles étant maintenant complètes, on a retenu que :

- la hauteur des précipitations qui affectent le bassin versant de SAINT PIERRE MANZO est déterminée par la moyenne des hauteurs observées au poste de LAMENTIN, et simultanément observées (ou corrigées, ou reconstituées) au poste de FRANÇOIS ;
- les précipitations que reçoit le bassin de PAQUEMAR sont celles qu'on observe au poste pluviométrique de PAQUEMAR ;
- en multipliant par 0,9 les hauteurs de pluie observées au poste de MARIN, on détermine les précipitations que reçoit le bassin à CREVE-COEUR.

2.3.2. Précipitations sur les parcelles irriguées

Dans le secteur de SAINT PIERRE MANZO on distingue le sous-secteur FRANÇOIS auquel on attribue la pluie observée au poste pluviométrique du même

nom, et le sous-secteur de SIMON-VAUCLIN auquel on affecte la pluviométrie observée au poste de SIMON. Les lacunes constatées à ce poste entre 1954 et 1959 ont été comblées par les valeurs observées à cette époque au poste du FRANÇOIS.

Au secteur irrigué de PAQUEMAR on a attribué la pluviométrie observée au poste du même nom.

Le secteur de CREVE-COEUR est composé des sous-secteurs nord et sud. Au nord on affecte la même pluviométrie que sur le bassin de CREVE-COEUR, c'est-à-dire 90% des précipitations mesurées au poste du MARIN. La pluviométrie que reçoit le sous-secteur sud est prise égale à la moyenne des hauteurs enregistrées aux postes de MARIN et de ILET CABRITS. Comme ces dernières présentent des lacunes de 1954 à 1959, on a été amené à les combler à l'aide de l'équation de régression $Y = 0,8 X$ appliquée aux données du poste de MARIN. Ce faisant, la pluie sur le sous-secteur sud devient égale aux 9/10 de celle recueillie au MARIN, résultat identique dans ce cas à celui qu'on a retenu pour le sous-secteur nord.

On a admis que sur les parcelles irriguées le ruissellement ne pouvait avoir lieu qu'après entière compensation de l'ETP et complète reconstitution de la réserve en eau du sol.

2.4. Choix d'un coefficient d'écoulement des bassins versants

La relation pluie-écoulement sur le bassin de PAQUEMAR a pu être explicitée à partir des observations hydrologiques effectuées à la station de MORNE JALOUSE d'octobre 1970 à juillet 1973. Il s'en est dégagé que la lame d'eau écoulee P_R peut s'exprimer en fonction d'un indice pluviométrique P_A que l'on définit par une relation faisant intervenir la pluie du mois et celles des quatre mois précédents :

$$P_A(i) = \text{PLU}(i) + 0,1 * [\text{PLU}(i-1) + \text{PLU}(i-2) + \text{PLU}(i-3) + \text{PLU}(i-4)]$$

Pour sa part, l'expression de P_R est :

$$\text{si } P_A(i) < 160 \text{ mm} \quad P_R(i) = 0,01 * P_A(i)$$

$$\text{si } P_A(i) > 160 \text{ mm} \quad P_R(i) = 0,79 * P_A(i) - 125$$

On a pensé que cette liaison entre la lame d'eau écoulee mensuellement et la pluviométrie mensuelle, établie pour le bassin de PAQUEMAR, est également valable pour le bassin de CREVE-COEUR, mais on a jugé utile de donner plus de

poids à l'écoulement de base et moins au ruissellement pour le bassin de MANZO où l'expression retenue est :

$$\begin{aligned} \text{si } P_A(i) < 160 \text{ mm} & \quad P_R(i) = 0,02 * P_A(i) \\ \text{si } P_A(i) > 160 \text{ mm} & \quad P_R(i) = 0,77 * P_A(i) - 120 \end{aligned}$$

Signalons que la dimension des retenues n'est pas négligeable devant la superficie des bassins versants. En conséquence les relations précédentes ne seront appliquées qu'aux zones surplombant les plans d'eau, zones dont les superficies varient avec l'état de remplissage des retenues. Les surfaces liquides sont affectées d'un écoulement de 100% et de pertes par évaporation.

2.5. Détermination de l'évaporation sur nappe d'eau libre

A partir des observations faites pendant cinq ans au bac évaporatoire de classe A de SAINTE ANNE on a calculé la valeur moyenne mensuelle de l'évaporation et utilisé des coefficients de passage de l'évaporation sur bac à l'évaporation sur grande nappe d'eau libre.

Les valeurs moyennes de l'évaporation sur bac, à SAINTE ANNE, ont d'abord été évaluées, en mm/j à :

J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
5,0	5,0	5,3	5,8	6,1	6,1	6,8	5,8	5,3	4,9	5,2	4,1

et pour tenir compte de la position méridionale plus sèche et plus ventée de la station, on a d'abord fixé pour les retenues de MANZO, PAQUEMAR et CREVE-COEUR des coefficients de passage respectivement de 0,70, 0,80 et 0,90.

Il est apparu ensuite que l'éventail de ces coefficients de passage était trop large, entraînant des différences exagérées entre les hauteurs des lames d'eau évaporées sur les retenues. On a donc réduit l'éventail des coefficients de passage à 0,70, 0,75 et 0,80.

Par la suite une enquête détaillée menée à la station de SAINTE ANNE nous a amenés à réviser les valeurs attribuées à l'évaporation sur bac car, au

cours de son histoire, l'appareil a été non seulement modifié mais également déplacé. Les nouvelles valeurs adoptées de l'évaporation moyenne sur bac de classe A à la station de SAINTE ANNE, exprimées en mm/j sont les suivantes :

J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
5,7	5,8	6,8	7,2	7,0	6,6	6,8	6,5	6,1	5,7	5,7	5,3

et les coefficients de passage aux plans d'eau des retenues ont conservé leurs valeurs respectives de 0,70, 0,75 et 0,80.

2.6. Détermination de l'ETP des cultures

Dans le document initial fourni par la D.D.A intitulé "Détermination des besoins en eau", les valeurs de l'ETP par secteur et par type de culture sont présentées sous la forme de hauteurs moyennes mensuelles. Ces valeurs sont établies par application de la formule de BLANEY-CRIDDLE et furent utilisées pour commencer. Il a cependant paru probable que l'emploi de cette formule amenait à sous-estimer l'ETP des mois de fin d'année dans la zone la plus méridionale de la région.

La mise en observation en avril 1973 de cases lysimétriques à la station agronomique de SAINTE ANNE a donc permis d'appuyer sur des mesures l'estimation de l'ETP. En premier lieu on a remarqué que l'ETP sur gazon était liée à l'évaporation sur bac par un coefficient voisin de 0,83. En comparant ensuite les mesures d'évaporation effectuées d'un côté à SAINTE ANNE et d'un autre côté au LAMENTIN, on a conclu qu'il était souhaitable d'évaluer l'évaporation sur les périmètres irrigués en affectant du nord au sud des coefficients de 0,85, 0,92 et 1,00 à l'évaporation mesurée sur bac à SAINTE ANNE. En dernier lieu il a fallu différencier l'ETP par type de culture ; en l'absence de données précises sur ce sujet, on s'est contenté d'adopter, entre les différents types de culture, le même rapport qui a été utilisé dans le document initial. Ce rapport est de 0,88 pour le bananier, 0,94 pour la canne à sucre et 1,00 pour les "autres cultures".

De cette façon l'ETP, par secteur et par type de culture, est liée à l'évaporation mesurée sur bac de classe A à SAINTE ANNE par des rapports de proportionnalité :

	MANZO	PAQUEMAR	CREVE-COEUR
Bananier	0,83 * 0,85 * 0,88	0,83 * 0,92 * 0,88	0,83 * 1,00 * 0,88
Canne	0,83 * 0,85 * 0,94	0,83 * 0,92 * 0,94	0,83 * 1,00 * 0,94
Autres	0,83 * 0,85 * 1,00	0,83 * 0,92 * 1,00	0,83 * 1,00 * 1,00

2.7. Prise en compte du calendrier cultural de la canne à sucre

Alors que pour le bananier et les "autres cultures" on considère que la récolte est immédiatement suivie d'un nouveau cycle végétatif et que par conséquent l'ETP intéresse chaque mois la totalité des parcelles cultivées, il a été jugé important, après le premier essai de simulation, de tenir compte du calendrier cultural propre à la canne à sucre.

Le calendrier porte sur un cycle de six années dont la première est consacrée à la plantation et au bouturage, la récolte n'étant effectuée qu'au cours des cinq autres années. Un temps de préparation du terrain, en vue d'une nouvelle plantation, occupe la fin de la sixième année après la dernière récolte. Pendant les cinq années "à récolte" on admet que l'irrigation est inutile lors de la récolte (un mois), durant les 2,5 mois précédant celle-ci, et pendant la phase de préparation du terrain à la fin du cycle. La récolte est supposée étalée sur quatre mois, de février à mai, dans un périmètre. Ceci étant, l'irrigation est plus ou moins réduite de novembre à mai lors des années n° 2 à n° 6 du cycle, également en juin-juillet de la sixième année, car on ne doit irriguer qu'une partie seulement des terrains consacrés à la culture de la canne à sucre. Il en résulte que globalement sur un grand nombre de parcelles, les besoins en eau d'irrigation seront calculés sur une superficie totale modulée d'un mois sur l'autre et cette modulation sera identique d'une année sur l'autre.

Tous calculs faits, le coefficient mensuel de réduction des surfaces cultivées en canne à sucre, nécessitant l'irrigation, prend les valeurs suivantes :

J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
0,479	0,271	0,333	0,500	0,666	0,833	0,833	1,00	1,00	1,00	0,896	0,888

Ces données ont été introduites dans le programme de simulation sous la forme d'une instruction DATA.

2.8. Détermination du maximum de la réserve en eau du sol facilement utilisable (RFU).

Dans le rapport du Bureau des Sols sur les propriétés des vertisols du sud de la MARTINIQUE on lit :

"En première approximation, il semble donc que l'on puisse retenir pour les vertisols du sud de la MARTINIQUE les chiffres de 11% pour l'eau utile, si la différence entre la valeur de l'humidité au pF 4,2 et celle de l'humidité maximale est de 10% de sol séché étuve. Le chiffre de 16 ou 17% correspondrait à une différence de 15%, et celui de 22 ou 24% à une différence de 20% ... Dans le cas des ferrisols ... cette valeur est voisine de 12% de sol séché étuve pour une densité apparente très voisine de 1".

En comptant sur un enracinement d'une cinquantaine de centimètres de profondeur et en retenant le pourcentage de 12%, on obtient une réserve maximale en eau utile de 60 mm.

Dans un premier temps on a retenu cette valeur de 60 mm pour tous les sols et pour les trois types de culture. Dans un deuxième temps on a pensé que les cultures maraîchères, le tabac, les prairies, avec un enracinement moins profond, ne devraient pouvoir utiliser qu'une fraction seulement de ces réserves. Aussi avons-nous conservé 60 mm pour le bananier et la canne à sucre, mais avons-nous réduit à 40 mm la réserve maximale utilisable pour les "autres cultures".

Notons enfin qu'en introduisant le calendrier culturel de la canne à sucre nous n'avons pas différencié la variation de la réserve en eau du sol sur les parcelles non irriguées, de celle qui intéresse les parcelles irriguées. Cela revient à assimiler l'ETP d'un sol nu ou en "chaume" à celle d'un sol cultivé en canne à sucre. Cela surestime un peu les besoins en eau à la reprise de l'irrigation sur les parcelles précédemment non irriguées, mais l'erreur est certainement négligeable.

2.9. Demande des cultures en eau d'irrigation

Le programme de simulation a utilisé les précipitations sur les parcelles irriguées (2.3.2) l'ETP des cultures (2.6.), la réserve en eau du sol (2.8)

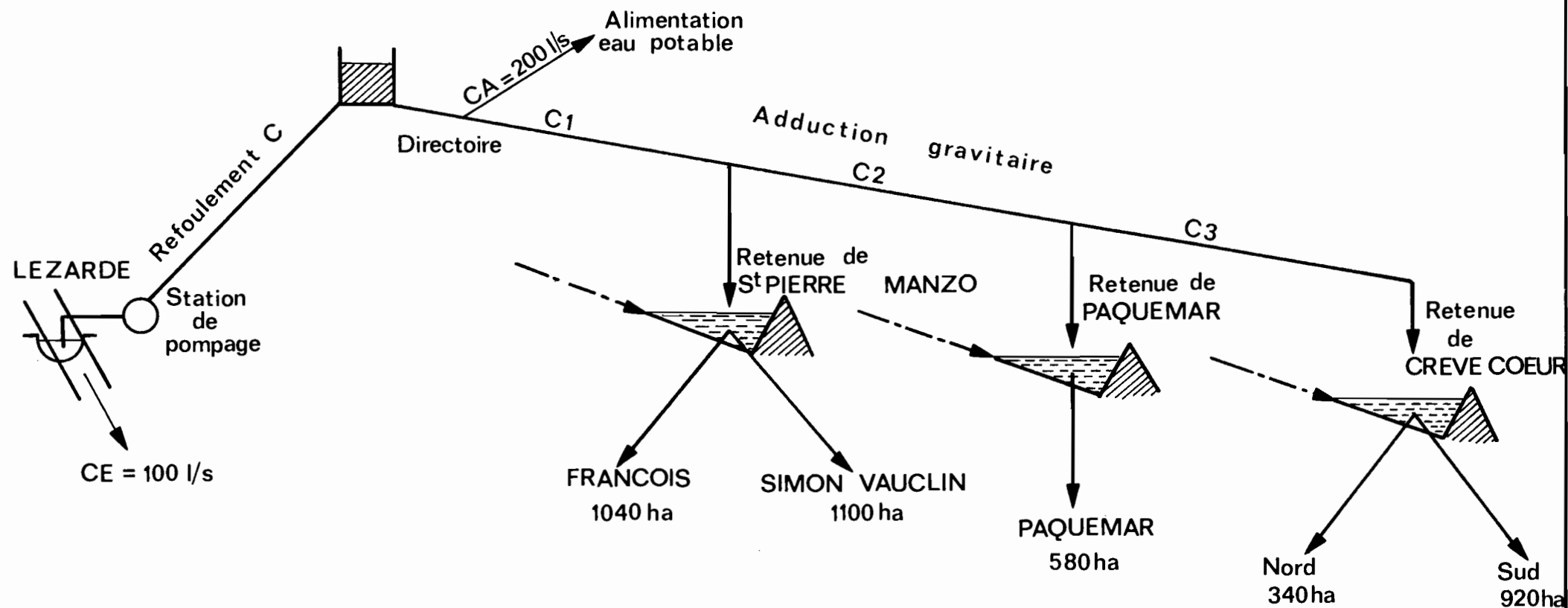
et a pris en compte le calendrier cultural de la canne pour calculer mois par mois, pour chaque périmètre irrigué, le volume que chaque type de culture réclame à l'irrigation. Le programme fournit en sortie ces besoins en eau d'irrigation par type de culture et par secteur mensuellement et annuellement, besoins multipliés par 1,25 de manière à tenir compte de l'efficacité du système d'irrigation qui a été fixée à 0,8. Nous avons tiré les valeurs annuelles de ces volumes et additionné celles qui ont trait au même type de culture. Ces trois sommes ont été divisées par 1,25 et chacun des résultats a été divisé par le nombre total d'hectares occupés par chaque type de culture. Ainsi nous obtenons annuellement la demande moyenne réelle (et non "pratique") d'un hectare de bananiers, d'un hectare de canne à sucre, et d'un hectare d'autres cultures, moyenne intéressant l'ensemble des secteurs irrigués. Les résultats figurent dans le tableau VII dont la dernière ligne mentionne la valeur moyenne interannuelle de la demande en eau d'irrigation d'un hectare de chaque culture.

TABLEAU VII

DEMANDE THEORIQUE REELLE DES CULTURES EN EAU D'IRRIGATION (m³/ha).

ANNEE.	BANANIER (800 ha)	CANNE (900 ha)	AUTRES CULTURES (2280 ha)
1954 (avril-déc)	1018	1543	2315
1955	1664	3066	4786
1956	1864	2468	4029
1957	3277	2641	5400
1958	2786	1742	4553
1959	3888	4938	7256
1960	3614	3140	5971
1961	3239	3226	5894
1962	3042	2764	5300
1963	2206	2721	4802
1964	3052	3618	6445
1965	2414	3491	5822
1966	633	2175	3738
1967	1730	2716	4026
1968	1780	1945	4144
1969	2941	2318	4979
1970	3781	2614	5870
1971	5286	4792	7906
1972	2727	3639	5358
1973 (janvier-août)	5122	3700	7131
MOYENNE m ³ /an/ha.	2887	3052	5445

Gr_6 SCHEMA DES INSTALLATIONS SYSTEME A



DEUXIEME PARTIE

=====

MODELE DE SIMULATION-SYSTEME A

Le système A envisagé se caractérise par les faits suivants :

- Une conduite, partant de DIRECTOIRE pour aboutir à la retenue de CREVE-COEUR, alimente par adduction gravitaire et d'amont vers l'aval, les retenues de MANZO, de PAQUEMAR et de CREVE-COEUR. Chacun des trois tronçons de cette conduite a une capacité de transport constituant une donnée d'entrée du modèle.
- Les trois secteurs irrigués à partir des retenues de stockage sont indépendants les uns des autres et ne sont alimentés que par la retenue qui leur est affectée. Des stations de pompage, installées au pied de chaque barrage, puisent l'eau des retenues et la refoulent dans les réseaux d'irrigation.
- Il est entendu que le dispositif de distribution de l'eau, à l'aval de chaque retenue, peut en toute occasion assurer le débit qu'exigerait l'irrigation.

Le schéma du graphe 6 illustre ces dispositions.

Le rôle du modèle est de simuler la gestion des trois retenues pendant la période s'étendant du 1er avril 1954 au 31 août 1973, au pas de temps mensuel, de manière à satisfaire au mieux les besoins en eau des cultures irriguées et à égaliser les taux de pénurie sur les trois secteurs.

Le sens strict que nous avons donné au mot pénurie est le suivant : il s'agit du volume d'eau représentant la différence entre ce que demandent les cultures en plus des précipitations et des ressources en eau du sol, et ce que l'irrigation leur apporte. Cette pénurie est parfois volontaire quand on s'abstient d'irriguer en raison de l'insuffisance des besoins. Elle est encore volontaire lorsqu'on s'impose temporairement de ne pas utiliser la tranche inférieure du réservoir de MANZO.

CHAPITRE III. EXPOSE DE LA LOGIQUE DE SIMULATION DU SYSTEME A

3.1. Calcul des besoins en eau

Les besoins sont calculés d'abord par périmètre, c'est-à-dire par type de culture dans chacun des sous-secteurs. Pour un mois considéré, les besoins BES d'un périmètre s'expriment en fonction de sa superficie SP (modulée dans le cas de la canne à sucre), des valeurs mensuelles de la pluviométrie PP et de l'évapotranspiration ETP, et de la hauteur R de l'eau mise en réserve dans le sol le mois précédent. R correspond au surplus d'eau précipitée sur la parcelle non consommée par la végétation. Comme on l'a vu, nous avons attribué à cette grandeur une limite supérieure RMAX de 60 ou 40 mm suivant les cultures.

En appelant PPJ et ETPJ les lames d'eau tombée et évapotranspirée au cours du mois précédant le mois considéré, on a :

$$\begin{aligned} \text{PPJ} < \text{ETPJ} & \quad \text{alors } R = 0 \\ \text{PPJ} > \text{ETPJ}, & \quad \text{si } \text{PPJ} - \text{ETPJ} > \text{RMAX} \quad \text{alors } R = \text{RMAX} \\ & \quad \text{sinon} \quad \quad \quad R = \text{PPJ} - \text{ETPJ} \end{aligned}$$

Pour tenir compte d'une efficacité de 80% du réseau d'irrigation, il convient de multiplier les besoins en eau théoriques par 1,25 et l'on a :

$$\text{BES} = 1,25 * \text{SP} * \text{AMAX} ((\text{ETP} - \text{PP} - \text{R}), 0) \quad (1)$$

Par sommation successive des besoins de chaque périmètre, on calcule les besoins par type de culture de chacun des trois secteurs irrigués, puis les besoins totaux de chacun des secteurs.

3.2. Calcul des apports nets des bassins versants aux retenues

L'apport d'un bassin à la retenue dont il est équipé se calcule chaque mois à l'aide de la superficie du bassin SB, de celle du plan d'eau SR, de la lame d'eau précipitée PB, écoulee PR et évaporée EV. La lame d'eau écoulee se calcule, comme on l'a vu précédemment, à l'aide de l'indice pluviométrique PA et des relations qui permettent d'en tirer la valeur de PR.

(1) - AMAX est une fonction prenant le maximum des deux termes entre (), 0 ou l'autre terme.

Les apports nets de chaque bassin versant s'expriment alors par l'équation suivante :

$$OAB = (SB - SR) * PR + SR * (PB - EV)$$

Pour clarifier la suite des opérations on considère que ces apports s'ajoutent immédiatement aux volumes d'eau existant initialement en réserve. En cas d'excédents (compte tenu des capacités maximales des aménagements) ceux-ci viennent en diminution des besoins d'irrigation des périmètres.

En effet lorsque les retenues sont pleines en début de mois, il serait excessif de faire intervenir les apports le premier jour et donc de les évacuer. Aussi se place-t-on dans des circonstances nettement favorables qui consistent à répartir les apports de la manière la plus propice à leur utilisation pour les besoins de l'irrigation, seul le volume excédentaire étant évacué.

Pour accroître la précision des résultats, la surface de la retenue a été calculée par itérations à partir de la surface au début du mois, puis de la surface moyenne entre celle du début et celle de la fin du mois. Deux itérations suffisent pour que les calculs conduisent à une cote stable en fin de mois.

3.3. Calcul et répartition "a priori" du volume d'eau disponible au remplissage des retenues

Le volume d'eau disponible pour irriguer les périmètres et/ou remplir les retenues est égal au volume disponible à la prise de la LEZARDE diminué de la quantité réservée en priorité à l'alimentation en eau potable (200 l/s). Lorsque le niveau de la LEZARDE est très bas, toutes ses ressources sont absorbées par les besoins en eau potable et rien n'est affecté à l'Agriculture. Celle-ci devra se contenter des réserves qu'elle aura pu stocker au cours des mois précédents.

Dans le cas contraire on commence par constater si les réserves constituées sont ou non suffisantes pour satisfaire les besoins du mois.

Les réserves sont suffisantes - Dans ce cas on répartira le volume disponible de manière à ce que le creux laissé dans les retenues après distribution de l'eau aux secteurs irrigués soit comblé dans la même proportion pour chacun des trois réservoirs. Mais cette solution idéale peut n'être pas réalisable si les

capacités de transport des tronçons de la conduite d'adduction sont insuffisantes pour assurer le transfert voulu des quantités d'eau théoriquement réparties. On teste alors d'aval en amont l'aptitude des trois tronçons de conduite à jouer leur rôle :

Si le tronçon PAQUEMAR - CREVE-COEUR est saturé, le volume qui ne peut matériellement pas rejoindre la retenue de CREVE-COEUR sera réparti équitablement entre les retenues de PAQUEMAR et de MANZO autant qu'elles pourront le recevoir.

Si le tronçon MANZO - PAQUEMAR est saturé, le volume qui ne peut pas dépasser la section de MANZO, sera déversé dans la retenue de MANZO autant qu'elle pourra le recevoir.

Le tronçon DIRECTOIRE - MANZO ne peut pas être saturé puisqu'il est calibré pour débiter 700 l/s, débit égal à la capacité de la station de pompage (900 l/s) diminué des 200 l/s constamment réclamés à DIRECTOIRE par les besoins en eau potable. Mais si la retenue de MANZO est incapable de stocker l'excédent, on diminuera d'autant le volume pompé dans la LEZARDE.

En définitive la répartition idéale du débit prélevé est appliquée au mieux des possibilités des conduites et des retenues, avec le souci de ne pas prélever moins qu'il est possible, dans l'instant, de stocker.

Les réserves ne sont pas suffisantes : - Si ce que l'on peut prélever dans la LEZARDE est suffisant pour combler le déficit, on est ramené au cas précédent, à la phase du test d'aptitude des tronçons de conduite. Si ce qui est offert par la rivière est insuffisant, on répartira théoriquement cette quantité insuffisante de manière à ce que la proportion des besoins non satisfaits de chaque secteur soit égale. On est alors à nouveau ramené au test d'aptitude des tronçons de conduite.

3.4. Calcul des volumes prélevés dans les réservoirs et destinés à l'irrigation

Le volume d'eau OIR prélevé dans le réservoir d'un secteur pour irriguer ce secteur, est égal au volume des besoins en eau du secteur considéré, OB, dans la mesure où la réserve d'eau constituée, augmentée des apports naturels et des prélèvements dans la LEZARDE est suffisante. Si VOL représente le volume

initial de la réserve augmenté des apports, et VI le volume apporté par la conduite

$$\text{OIR} = \text{AMIN} \left((\text{VOL} + \text{VI}), \text{OB} \right)$$

En fin de mois, le volume d'eau restant dans la retenue est donné par :

$$\text{XOL} = \text{VOL} + \text{VI} - \text{OIR}$$

Les quantités d'eau distribuées par secteur et pour un type de culture sont proportionnelles aux besoins de cette culture (OC)

$$\text{OIC} = \text{OIR} * \text{OC/OB}$$

Remarque : -- La détermination des cotes finales et des superficies correspondantes des retenues permet d'effectuer une nouvelle itération pour calculer les apports nets des bassins.

3.5. Calcul du taux de pénurie.

Le taux de pénurie OTP est calculé par secteur étant entendu qu'il est le même pour chacun des périmètres du secteur. Le taux de pénurie est nul lorsque les besoins en eau sont satisfaits. Il est égal à 1 lorsque, les besoins n'étant pas nuls, aucune quantité d'eau n'a pu être distribuée. Dans le cas général le taux de pénurie s'exprime par :

$$\text{OTP} = 1 - \text{OIR/OB}$$

3.6. Répartition des débits prélevés à la LEZARDE - SOUS-PROGRAMME REPAR

Le sous-programme REPAR est utilisé à plusieurs reprises dans le modèle, chaque fois qu'il s'agit de répartir un volume entre les réservoirs.

Soient DCL le volume à répartir, D le volume constitué par les besoins du secteur augmenté du creux disponible dans la retenue, DM le volume utile de la retenue et X l'inconnu, c'est-à-dire la fraction de DCL que devra recevoir la retenue. Puisqu'il y a trois retenues, les arguments D, DM et X ont une dimension de 3.

1er cas - Les 3 valeurs de D sont nuls, les retenues sont pleines et les besoins sont satisfaits. La solution est alors évidente :

$$X(1) = X(2) = X(3) = 0$$

2ème cas - Deux valeurs de D sont nulles, la troisième ne l'est pas. La solution est encore évidente :

$$X(1) = X(2) = 0$$

$$X(3) = DCL/D(3)$$

3ème cas - Une seule valeur de D est nulle, les deux autres ne le sont pas. On a alors d'une part $X(1) = 0$ et d'autre part un système de deux équations. La première exprime que le volume est à répartir entre deux réservoirs :

$$X(2) * D(2) + X(3) * D(3) = DCL$$

La seconde exprime que les taux de remplissage doivent être égaux :

$$\frac{DM(2) - D(2) + X(2) * D(2)}{DM(2)} = \frac{DM(3) - D(3) + X(3) * D(3)}{DM(3)}$$

On tire de ce système les valeurs de $X(2)$ et $X(3)$.

4ème cas - Aucune des trois valeurs de D n'est nulle.

Un système de trois équations exprime que le volume est à partager entre les trois réservoirs et que les taux de remplissage de ces réservoirs sont égaux :

$$X(1) * D(1) + X(2) * D(2) + X(3) * D(3) = DCL$$

$$\frac{DM(1) - D(1) + X(1)*D(1)}{DM(1)} = \frac{DM(2) - D(2) + X(2)*D(2)}{DM(2)} = \frac{DM(3) - D(3) + X(3)*D(3)}{DM(3)}$$

On en tire la valeur des trois inconnues $X(1)$, $X(2)$ et $X(3)$.

3.7. Ordre et nature des données d'entrée du programme

Les courbes volume - cote et surface - cote de chacune des trois retenues ont été découpées en tronçons de paraboles définies par une abscisse de départ et trois coefficients. Les unités employées sont le mètre, le millier de m³ et l'hectare.

- 4 cartes de définition de la courbe V (H) 3 (MANZO
- 4 cartes de définition de la courbe S (H) fois (PAQUEMAR
- 1 carte blanche (CREVE-COEUR

- 1 carte portant le numéro de la variante (i 2)
- 22 cartes de titres pour les tableaux de sortie
- 1 carte des capacités de conduite portant le débit maximal de pompage, le débit minimal à conserver dans la LEZARDE, le débit permanent pour l'eau potable, la capacité du tronçon de conduite DIRECTOIRE - MANZO, du tronçon MANZO - PAQUEMAR et du tronçon PAQUEMAR - CEFVE COEUR, en litres par seconde
- 1 carte portant les superficies des trois bassins versants, les cotes maximales et minimales de chacun des barrages, les volumes utiles des trois aménagements
- 1 carte portant les cotes initiales des trois plans d'eau, puis la cote maximale exceptionnelle, la cote minimale exceptionnelle et le volume utile correspondant de MANZO
- 1 carte de l'évaporation mensuelle, en mm/j (3 fois)
- 3 cartes d'ETP mensuelle banane, canne à sucre, autres cultures (3 fois)
- 1 carte des superficies de bananiers sur les cinq sous-secteurs
- 1 carte des superficies de canne à sucre sur les cinq sous-secteurs
- 1 carte des superficies d'autres cultures sur les cinq sous-secteurs
- 1 carte des lames d'eau maximales en réserve dans le sol sur les cinq sous-secteurs pour la culture du bananier
- 1 carte pour la culture de la canne à sucre
- 1 carte pour les autres cultures
- 1 carte d'identification de la LEZARDE à la prise d'eau
- n cartes des débits moyens mensuels portables (1954 à 1973)
- 1 carte blanche
- 1 carte d'identification du poste du FRANÇOIS
- n cartes de pluviométrie mensuelle au FRANÇOIS (1954 à 1973)
- 1 carte d'identification du poste de LAMENTIN
- n cartes de pluviométrie mensuelle pour le poste de LAMENTIN Aéro
- idem pour le poste de SIMON Usine
- idem pour le poste de PAQUEMAR
- idem pour le poste de MARIN Usine
- idem pour le poste de Ilet CABRITS
- 1 carte blanche

3.8 Ordre et nature des sorties de simulation

Les sorties d'ordinateur se présentent, pour chacune des variantes,

sous la forme d'un feuillet d'une quarantaine de pages dans lequel on distingue quatre parties.

Dans la première partie on trouve publiées les données introduites dans le programme. Ce sont dans l'ordre :

- le titre et le numéro de la variante présentée
- les caractéristiques de débits : débit maximal des pompes, débit minimal conservé dans la LEZARDE, débit destiné à l'alimentation en eau potable, capacité des trois tronçons de conduite d'adduction
- les caractéristiques des aménagements comprenant la superficie des bassins versants, les cotes maximales, minimales et initiales des retenues ainsi que les volumes utiles des aménagements
- la relation adoptée pour chaque bassin versant, entre la lame d'eau écoulée et les précipitations reçues
- la matrice de l'évaporation mensuelle sur chacune des retenues
- la matrice des surfaces des périmètres pour les cinq sous-secteurs
- la matrice de la réserve maximale en eau du sol par type de culture pour les cinq sous-secteurs
- les trois matrices par type de culture de l'ETP mensuelle sur les trois secteurs
- la matrice des débits moyens mensuels susceptibles d'être pompés à la prise d'eau de la LEZARDE pendant la période de simulation
- les matrices de la pluviométrie mensuelle pendant la période de simulation aux postes de FRANÇOIS, LAMENTIN-Aéro, SIMON-Usine, PAQUEMAR, MARIN-Usine, Ilet CABRITS

Dans la deuxième partie on trouve des données complémentaires élaborées par le programme. Ce sont dans l'ordre :

- les trois matrices de la pluviométrie mensuelle pendant la période de simulation sur chacun des trois bassins versants de MANZO, PAQUEMAR et CREVE-COEUR
- les cinq matrices de la pluviométrie mensuelle pendant la période de simulation sur chacun des cinq sous-secteurs irrigués

Dans la troisième partie on trouve les résultats intégraux de la simulation. Ils se présentent sous la forme de tableaux annuels dans lesquels on

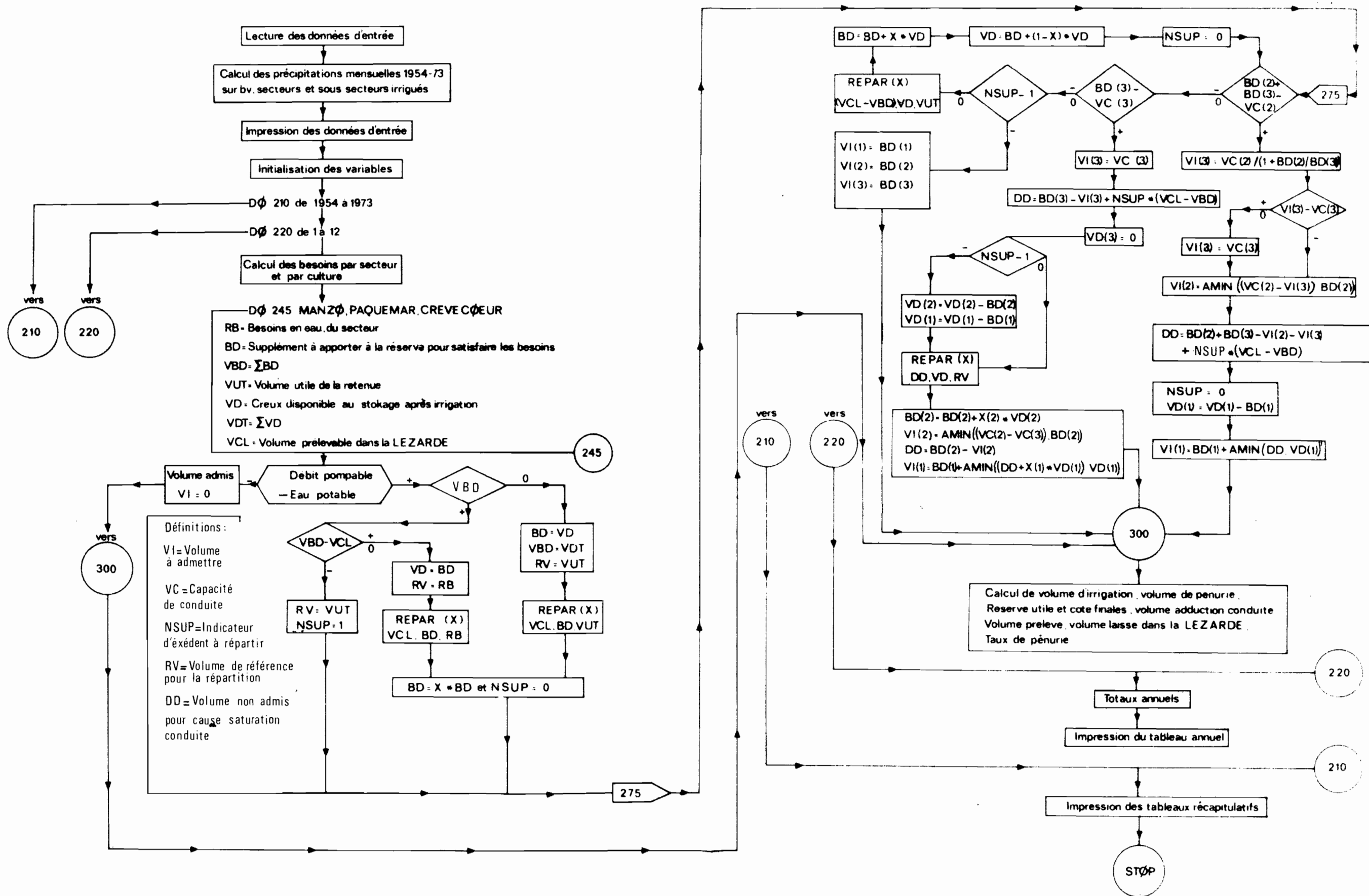
trouve les valeurs mensuelles et annuelles d'un certain nombre de quantités :

- les volumes prélevés dans la LEZARDE, les volumes disponibles qui n'ont pas été prélevés, les volumes offerts à l'alimentation en eau potable, et les volumes qui ont été dirigés vers les retenues de stockage
- pour chacun des trois secteurs d'irrigation, on trouve successivement les apports nets du bassin, le volume apporté à la retenue par la conduite, celui des besoins en eau pour chaque type de culture et leur total, le volume fourni à l'irrigation pour satisfaire ses besoins, le volume stocké dans la retenue à la fin du mois, le volume de pénurie, le taux de pénurie et enfin la cote du plan d'eau à la fin du mois.

Dans la quatrième et dernière partie des sorties on trouve des résultats récapitulés :

- un tableau des taux de pénurie globaux mensuels et annuels pendant la période de simulation
- un tableau dans lequel figurent les valeurs annuelles et leurs sommes pour toute la période, du volume prélevé à la LEZARDE, du volume disponible mais qu'on n'a pas prélevé, du volume offert à l'alimentation en eau potable
- enfin un dernier tableau où sont rassemblées par secteur et pour l'ensemble des trois secteurs, les valeurs annuelles et leurs sommes pour toute la période, des besoins en eau d'irrigation, du volume des pénuries et du taux de pénurie.

ORDINOGRAMME DU SYSTEME A



CHAPITRE IV. RESULTATS DE LA SIMULATION DU SYSTEME A

Le système A a fait l'objet de cinq variantes dont les résultats intégraux furent transmis successivement à la D.D.A. de la MARTINIQUE, accompagnés d'une fiche de synthèse pour aider à leur interprétation. Dans le présent rapport, qui se veut plus synthétique, nous ne ferons que rappeler les conditions qui ont été retenues pour la simulation de chaque variante, et énoncer seulement les résultats globaux qui permettent de comparer entre eux les avantages et les inconvénients de chacune d'elles.

4.1. Variante A 1.

4.1.1 Conditions de la simulation

La période de simulation s'étend du 1er avril 1954 au 31 mars 1972. Les retenues sont pleines en début de période.

Le réservoir de MANZO, comme les deux autres réservoirs, ne fonctionne qu'entre une cote minimale à 40,0 m et une cote maximale à 50,0 m.

Le débit maximal des pompes est de 900 l/s, le débit d'alimentation en eau potable est de 200 l/s, le débit minimal conservé à la LEZARDE est 100 l/s, le débit des trois tronçons de conduite est respectivement de 700 l/s, 500 l/s et 400 l/s.

L'évaporation sur plan d'eau prend la première série de valeurs citées en 2.5, avec des coefficients de passage pour les retenues égaux à 0,70, 0,80, et 0,90.

L'évapotranspiration des cultures est celle qui figure dans les tableaux du document "Détermination des besoins en eau" (voir 2.6).

La lame d'eau maximale en réserve dans le sol est prise partout égale à 60 mm.

Il n'a pas été tenu compte du calendrier cultural de la canne à sucre.

4.1.2. Résultats généraux

Pour la période de 216 mois consécutifs le volume global des pénuries s'élève à 61,3 millions de m³ qui représente un taux général de pénurie de 18%.

Les défaillances en fourniture d'eau potable sont rares : 6 années sur 18 avec chacune un seul mois de pénurie.

On compte 8 années sans pénurie en eau d'irrigation, 1 année à faible pénurie inférieure à 10%, 4 années à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25%, 5 années à forte pénurie supérieure à 25% dont l'année 1960 qui affiche 70%.

Les mois de pénurie sont surtout avril, mai et juin. La durée annuelle des pénuries est sur 18 années simulées :

0	mois par an	:	8	années
	moins de 2 mois consécutifs		0	
2	mois consécutifs	:	6	années
3	mois consécutifs	:	2	années
4	mois consécutifs	:	1	année
6	mois consécutifs	:	1	année (1960)

Le volume d'eau disponible à la prise d'eau de la LEZARDE n'a pas été prélevé dans sa totalité au cours de 40 mois de la période (19%). Le volume d'eau utilisable qui a été abandonné à la LEZARDE représente 50,2 millions de m³, inférieur au volume des pénuries. Il en résulte que le coefficient d'utilisation de l'eau disponible à la station de pompage s'élève à 0,88.

Les nombres de mois à retenues pleines et vides ont été :

	Plein	Vide
- MANZO	41	26
- PAQUEMAR	40	30
- CREVE-COEUR	35	24

4.2. Variante A 2

4.2.1. Conditions de simulation.

La variante A 2 diffère de la variante A 1 par les modifications apportées aux lames d'eau évaporées sur les retenues et par l'introduction du calendrier culturel de la canne à sucre.

Les coefficients de passage de l'évaporation sur bac à l'évaporation sur plan d'eau libre sont maintenant pris égaux à 0,70, 0,75 et 0,80 pour les aménagements de MANZO, PAQUEMAR et CREVE-COEUR.

L'introduction du calendrier culturel de la canne à sucre conduit à moduler mois par mois les périmètres irrigués de cette culture de la façon qui est précisée en 2.7.

Toutes les autres données d'entrée sont identiques à celles de la variante A 1.

4.2.2. Résultats généraux

Les défaillances en fourniture d'eau potable sont les mêmes que dans la variante précédente.

Le volume global des pénuries s'élève à 37,6 millions de m³ représentant une réduction de près de 39%. Le taux général de pénurie qui en résulte est de 12%. Cet avantage provient du fait que le volume global des besoins a baissé de 36 millions de m³ gagnés sur la consommation en eau de la canne à sucre.

On compte 9 années sans pénurie, 2 années à faible pénurie inférieure à 10%, 5 années à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 2 années à forte pénurie supérieure à 25%, dont l'année 1960 qui affiche 58%.

La durée annuelle des pénuries est, sur 18 années simulées :

0 mois par an au cours de	9 années
moins de 2 mois consécutifs	2 années
2 mois consécutifs	4 années

3 mois consécutifs	2 années
5 mois consécutifs	1 année (1960)

Les quantités d'eau non prélevées à la LEZARDE (60,3 millions de m³) sont maintenant nettement supérieures au volume des pénuries. Le coefficient d'utilisation de l'eau disponible à la station de pompage s'élève à 0,85. Au cours de 48 mois de la période, en effet, on n'a pas prélevé toute l'eau qui était disponible dans la LEZARDE.

Les nombres de mois à retenues pleines et vides ont été les suivants :

	Plein	Vide
! - MANZO	48	21
! - PAQUEMAR	45	20
! - CREVE-COEUR	41	16
!	!	!

4.3. Variantes A 2.2 et A 3.

4.3.1. Conditions de simulation

Les résultats qu'ont apportés les deux premiers essais de simulation, ont conduit à prendre en compte des données plus précises et plus détaillées, et à faire intervenir des consignes de gestion mieux adaptées au comportement des aménagements.

La variante A 2.2 diffère en cinq points de la variante A 2.

- La période de gestion simulée a été étendue d'un an et demi, de mars 1972 à septembre 1973. (Cf. 2.2).
- L'évaluation des besoins en eau des périmètres irrigués, basée sur l'ETP, a été modifiée du fait de la prise en compte des récentes mesures d'évaporation et d'ETP effectuées à la station agronomique de SAINTE ANNE. Les valeurs introduites en données d'entrée sont donc celles qui résultent des dernières évaluations consignées en 2.5 pour ce qui concerne l'évaporation et 2.6 pour ce qui concerne l'ETP.
- La valeur maximale de la réserve en eau du sol a été ramenée de 60 à 40 mm pour

les périmètres "autres cultures", et maintenue à 60 mm pour les périmètres bananes et cannes à sucre.

- Les caractéristiques du barrage de MANZO ont été changées : la cote maximale de la retenue est toujours fixée à 50 mètres et on a introduit une cote minimale exceptionnelle à 36,0 m tandis que la cote minimale normale reste toujours fixée à 40,0 m.
- Enfin les consignes de gestion ont été modifiées. On considère qu'en début de simulation, le 1er avril 1954, les trois retenues ne sont pas pleines mais à moitié pleines : les conditions initiales sont ainsi plus sévères, mais plus probables aussi, car avril est au coeur de la saison sèche. La cote minimale normale de la retenue de MANZO est 40,0 m. On décide qu'il faudra s'y tenir tant que la durée de pénurie n'excède pas un mois. Si la pénurie doit encore se prolonger le mois suivant, on accepte alors d'utiliser le volume contenu dans la tranche inférieure, entre les cotes 40,0 et 36,0 m.

La variante A 3 diffère de la variante A 22 par le fait que la cote maximale de la retenue de MANZO a été portée à 52,0 m. En conséquence, et pour ce qui touche aux consignes de gestion, on considère que la retenue est "pleine" lorsque le niveau atteint la cote 50 m et que la tranche supérieure comprise entre les cotes 50 et 52 m ne constitue un creux disponible pour le stockage de l'eau qu'une fois remplies les retenues de PAQUEMAR et de CREVE-COEUR, ou bien lorsque les conduites d'adduction alimentant ces deux retenues sont saturées.

4.3.2. Résultats généraux

Aux conditions favorables qui ont conduit la variante A 2 à présenter des résultats optimistes nous avons voulu opposer des conditions agronomiques plus sévères, et des conditions de gestion du barrage de MANZO qui sont plus réalistes avec la présence d'une cote minimale exceptionnelle. La sévérité des conditions de simulation de la variante A 22 a ensuite été temporisée dans la variante A 3 en portant la cote maximale de la retenue de MANZO de 50 à 52 m.

Les principaux résultats des deux variantes A2 et A 22 relatifs à la même période s'étendant du 1er avril 1954 au 31 mars 1972 sont les suivants :

	A 2	A 22	Différence
- Volume prélevé 10^3 m ³	351 146,3	383 024,4	+ 31 878,1
- Volume non prélevé 10^3 m ³	60 321,6	28 443,5	- 31 878,1
- Prélevé / Disponible	0,85	0,93	+ 0,08
- Eau potable 10^3 m ³	112 585,4	112 585,4	0
- Besoins 10^3 m ³	312 257,8	375 700,8	+ 63 443,0
- Pénurie 10^3 m ³	37 586,4	68 501,4	+ 30 915,0
Taux de pénurie	0,12	0,18	0,06

Ils mettent en relief une meilleure utilisation des disponibilités de la rivière mais aussi un accroissement considérable des besoins en eau d'irrigation, accroissement, que les prélèvements supplémentaires ne comblent qu'à moitié. On voit que les modifications apportées à l'évaporation, à l'évapotranspiration, et à la valeur maximale de la réserve en eau du sol ont eu pour effet d'élever de 20% le montant global des besoins en eau d'irrigation. Les conséquences en sont que le volume des pénuries se trouve multiplié par 1,82 et que le taux de pénurie passe de 12% à 18%.

Par suite du caractère très déficitaire de l'hydraulicité de 1973, les résultats que présente la variante A 22 pour la simulation étendue à la période du 1.4.1954 au 31.8.1973 sont moins satisfaisants : le taux global de pénurie s'élève à 22% avec 65% en 1960 et 64% pour les 8 premiers mois de 1973. Sur toute la période, la pénurie en eau potable s'élève à 1,245 millions de m³ et s'est manifestée 7 fois : en avril 1955, mai 1957, mars 1958, mars 1969, avril 1970, avril 1971 et mai 1973.

En 20 ans de gestion simulée les résultats de la variante A 22 indiquent 5 ans sans pénurie, 3 ans de faible pénurie inférieure à 10%, 5 ans de pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 7 ans de forte pénurie supérieure à 25%.

Notons aussi que du 1er janvier 1959 au 1er octobre 1966 tout le volume disponible a été prélevé.

Pendant les 233 mois consécutifs de fonctionnement simulé on compte 47 mois avec pénurie. La durée annuelle de la pénurie, sur 20 ans, a été :

0 mois	au cours de	5 années
moins de 2 mois consécutifs		3 années
2 mois consécutifs		5 années
3 mois consécutifs		2 années
4 mois consécutifs		2 années
6 mois consécutifs		2 années
7 mois consécutifs		1 année (déc.59 à Juin 60)

La conduite Directoire MANZO a fonctionné à pleine capacité pendant 19 mois, la conduite MANZO à PAQUEMAR pendant 15 mois et la conduite PAQUEMAR à GREVE-COEUR pendant 68 mois. Les retenues ont été pleines ou vides pendant le nombre de mois suivants :

	Plein	Vide	
- MANZO	29	43	dont 23 exceptionnel
- PAQUEMAR	28	44	
- GREVE COEUR	20	42	

On voit que si la retenue de GREVE COEUR s'est vidée aussi souvent que les deux autres, elle a eu nettement plus de mal à se remplir du fait de trop fréquentes saturations de la conduite d'adduction.

Les principaux résultats des deux variantes A 22 et A 3 relatifs à la même période s'étendant du 1.4.1954 au 31.8.1973 sont les suivants :

	A 22	A 3	Différence
- Volume prélevé 10^3 m ³	410 574,9	417 531,1	+ 6 956,2
- Volume non prélevé 10^3 m ³	28 443,5	21 487,3	- 6 956,2
- Prélevé / Disponible	0,94	0,95	+ 0,01
- Eau potable 10^3 m ³	121 322,2	121 322,2	0
- Besoins 10^3 m ³	424 046,6	424 046,6	0
- Pénurie 10^3 m ³	93 203,3	85 259,3	- 7 944,0
- Taux de pénurie	0,22	0,20	0,02

On voit apparaître le fait que grâce à la plus grande capacité du réservoir de MANZO on a pu prélever un peu plus d'eau à la LEZARDE, et conserver une quantité un peu plus grande des apports naturels. Ceci a eu pour effet de réduire de 8,5% le volume global des pénuries et de ramener le taux de pénurie de 22 à 20%. On peut remarquer que le taux de pénurie de l'année 1960 a été légèrement abaissé de 65 à 62%, mais que le taux de pénurie des 8 premiers mois de 1973 reste identique dans les deux variantes A 22 et A 3 et atteint 64%.

Les autres résultats de la variante A 3 montrent également que surélever le barrage de MANZO de 2 mètres a pour effet de réduire de 6 jours la durée moyenne annuelle de la pénurie sur l'ensemble des secteurs irrigués. Le bénéfice ne profite pas qu'au seul secteur de MANZO qui voit son volume de pénurie réduire de 10,8%, mais également aux secteurs de PAQUEMAR et de CREVE-COEUR dont les volumes globaux de pénurie s'abaissent respectivement de 8,7% et de 6%.

Sur 20 ans de gestion simulée, on compte 6 ans sans pénurie, 3 ans de faible pénurie inférieure à 10%, 6 ans de pénurie moyenne entre 10 et 25% et 5 ans de forte pénurie dont 1971, 1960 et surtout 1973. 9 années sur 20, tout le volume disponible dans la LEZARDE a été utilisé. Pendant 7 autres années les besoins ont été satisfaits sans qu'on ait dû prélever tout le volume disponible. Les 4 autres années on a d'abord enregistré une pénurie avant de constater un excédent de disponibilité qu'on n'a pas pu stocker. Au total on a prélevé 95% du volume disponible dans la LEZARDE et ces 21 millions de m³ sont peu de chose en face des 417 millions de m³ prélevés et des 85 millions de m³ de pénurie.

Sur les 233 mois consécutifs de fonctionnement simulé, on compte 43 mois avec pénurie dont 13 en mai, 8 et 7 avril et juin. La durée annuelle de la pénurie a été sur 20 ans :

0 mois au cours de	6 années
moins de 2 mois consécutifs	3 années
2 mois consécutifs	5 années
3 mois consécutifs	1 année
4 mois consécutifs	2 années
6 mois consécutifs	3 années

Le tronçon de conduite allant de PAQUEMAR à CREVE-COEUR a débité à pleine capacité au cours de 66 mois, les deux autres tronçons au cours de 20 mois seulement, tandis que le comportement des retenues a été le suivant (les valeurs

indiquées étant des nombres de mois) :

	Plein	Vide
- MANZO	43 dont 24 exceptionnel	40 dont 21 exceptionnel
- PAQUEMAR	32	39
- CREVE - COEUR	23	39

Sa conduite d'alimentation ayant été assez fréquemment saturée, la retenue de CREVE-COEUR a eu un peu plus de mal que les autres à se remplir, par contre les trois retenues se sont vidées de façon très semblable. Notons cependant que 8 ans se sont écoulés (1er-1-1959 au 1er-12-1966) entre deux remplissages exceptionnels (52 mètres) de la retenue de MANZO.

La surélévation du barrage de MANZO a conduit à prélever 0,36 million de m³ supplémentaires en moyenne chaque année. Ces nouvelles ressources n'ont d'ailleurs pas profité qu'au seul secteur de MANZO, car elles ont été réparties entre les trois réservoirs : on le constate au fait que le taux de pénurie global par secteur s'avère être le plus bas sur le secteur de CREVE-COEUR (18%). On voit que la retenue de MANZO a été plus souvent pleine (cote > 50 m) en A 3 qu'en A 22 (43 fois contre 29 fois). Cela s'explique par le fait qu'en mois d'abondance il est quasiment aussi facile de remplir le barrage à 52m (24 fois) qu'à 50 m (29 fois) et que les apports naturels sont mieux utilisés. Cette tranche supplémentaire de 1,61 Mm³ permet, chaque fois qu'on l'utilise, d'allonger la durée du maintien du plan d'eau au-dessus de la cote 50 m.

4.4. Variante A 4

4.4.1. Conditions de simulation

La variante A 3 a montré que le volume global de pénurie était environ quatre fois supérieur au volume d'eau qui était disponible dans la LEZARDE mais qu'on n'a pas eu le moyen de stocker. En utilisant intégralement les disponibilités on n'aurait donc pas pu échapper à des pénuries particulièrement sévères en 1960 et en 1973. Nous avons donc accru les ressources en eau, en faisant passer le débit maximal de pompage de 900 à 1 000 l/s et en dimensionnant plus

largement la conduite d'adduction : 800 l/s entre DIRECTOIRE et MANZO au lieu de 700 l/s, 600 l/s entre MANZO et PAQUEMAR au lieu de 500 l/s, et 500 l/s entre PAQUEMAR et CREVE-COEUR au lieu de 400 l/s.

Toutes les autres données d'entrée et règles de gestion sont identiques à celles qui ont été introduites dans la variante A 3.

4.4.2. Résultats généraux

Porter le débit maximal de pompage de 900 l/s à 1 000 l/s a eu pour conséquence d'accroître le volume disponible de 7,3% sur l'ensemble de la période. Les retenues se sont remplies plus facilement, elles ont été plus souvent pleines; il leur est donc arrivé plus souvent de devoir refuser de l'eau en novembre, décembre, janvier, aussi la moitié seulement de ce potentiel supplémentaire a pu être utilisé. Le coefficient d'utilisation de l'eau disponible s'est légèrement abaissé en passant de 0,95 à 0,92, mais le volume global de pénurie a pu être diminué de 13,8 millions de m³ faisant passer le taux global de pénurie de 0,20 à 0,17.

La comparaison des résultats généraux obtenus par les variantes A 3 et A 4 précise ces améliorations :

	A 3	A 4	Différence
- Volume disponible 10 ³ m ³	439 018,4	470 893,7	31 875,3
- Volume prélevé 10 ³ m ³	417 531,1	433 846,3	16 315,2
- Volume non prélevé 10 ³ m ³	21 487,3	37 047,4	15 560,1
Prélevé / Disponible	0,95	0,92	- 0,03
- Volume eau potable 10 ³ m ³	121 322,2	121 322,2	0
- Volume des besoins 10 ³ m ³	424 046,6	424 046,6	0
- Volume des pénuries 10 ³ m ³	85 259,3	71 462,1	- 13 797,2
Taux de pénurie	0,20	0,17	- 0,03

Substantielles en valeur absolue, ces améliorations semblent moins intéressantes sur le plan relatif. En effet si, dans la variante A 3 on a pu dis-

tribuer 460 millions de m³ à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable, en pompant 417 millions de m³ dans la LEZARDE, on détient une proportion de 1,1 m³ distribué pour 1 m³ pompé. On peut lire dans le tableau précédent que des 16,3 millions de m³ pompés en supplément 13,8 millions de m³ seulement ont été distribués : l'accroissement du pompage ne correspond plus, dans cette tranche, qu'à 0,85 m³ distribué par m³ pompé et le prix de revient unitaire du m³ distribué augmente.

Malgré l'augmentation du débit des pompes et des conduites, les années 1960 et surtout 1973 restent très déficitaires avec une pénurie globale de 55% dans le premier cas et de 60% dans le second.

En 20 ans de gestion simulée on a compté 7 années sans pénurie, 5 années à faible pénurie inférieure ou égale à 10%, 5 années à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 3 années à forte pénurie supérieure à 25%. La durée annuelle de la pénurie a été :

0 mois par an au cours de	7 années
moins de 2 mois consécutifs	3 années
2 mois consécutifs	5 années
3 mois consécutifs	1 année
4 mois consécutifs	2 années
5 mois consécutifs	1 année
6 mois consécutifs	1 année

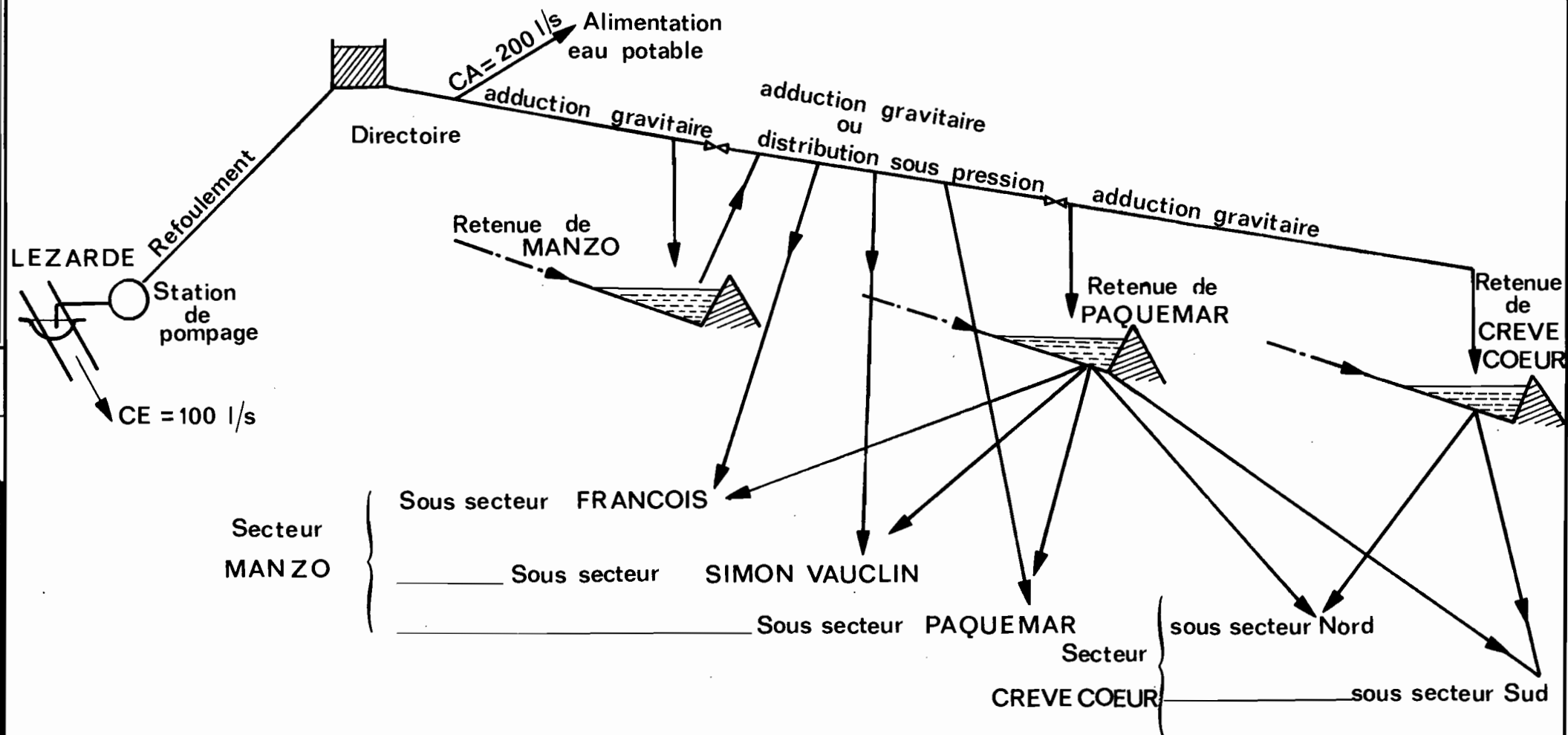
Pendant les 233 mois consécutifs de la période de simulation, les retenues ont eu le comportement suivant, où les valeurs sont des nombres de mois :

	Plein	Vide
- MANZO	48 dont 26 exceptionnel	36 dont 19 exceptionnel
- PAQUEMAR	42	35
- CREVE-COEUR	40	34

Ces valeurs sont mieux équilibrées que celles qui figurent en 4.3.2.

Gr_7

SCHEMA DES INSTALLATIONS SYSTEME B



TROISIEME PARTIE

=====

MODELE DE SIMULATION - SYSTEME B

Les différences de conception qui distinguent le système B du système A sont les suivantes :

- Les trois sous-secteurs irrigués de FRANÇOIS, SIMON VAUCLIN et PAQUEMAR sont groupés dans le seul secteur de MANZO. Le secteur de PAQUEMAR perd donc son indépendance. Celui de CREVE-COEUR reste inchangé.
- Le tronçon de conduite allant de MANZO à CREVE-COEUR, via PAQUEMAR, fonctionne alternativement en adduction gravitaire de l'eau dans les retenues de PAQUEMAR et de CREVE-COEUR, et en distribution d'eau d'irrigation du seul nouveau grand secteur de MANZO.
- La retenue de PAQUEMAR permet d'intervenir en cas de besoin aussi bien sur le secteur de MANZO que sur celui de CREVE-COEUR. Elle sert d'appoint à chacune des deux autres retenues et ne peut donc entrer en action qu'en même temps que l'une et/ou l'autre. Il est entendu que, dans la mesure où il est disponible, le volume réclamé à la retenue de PAQUEMAR par l'un ou l'autre des secteurs peut toujours être délivré en temps et en quantité voulus grâce à un dimensionnement suffisant des installations de pompage et de distribution qui atteignant directement les secteurs irrigués de MANZO et de CREVE-COEUR.

Toutes les autres données d'aménagement sont celles adoptées dans le système A. Elles concernent les possibilités de pompage dans la LEZARDE, les caractéristiques des barrages et des retenues, les coefficients d'écoulement sur les trois petits bassins versants, l'évaporation sur plan d'eau libre, la nature et les superficies des cultures, la réserve en eau du sol, les ETP, le calendrier cultural de la canne à sucre, la pluviométrie enfin, tant sur les bassins que sur les périmètres irrigués.

Le schéma du graphe 7 illustre ces nouvelles dispositions qui entraînent des règles de gestion différentes.

Dans le système B les règles de gestion instaurent une suite d'opérations à réaliser en six phases successives dont l'ordre est impératif.

1ère phase : Irrigation du secteur MANZO

- Si les besoins en eau de ce secteur sont très faibles, inférieures à un certain seuil, on s'abstient d'irriguer et l'on passe dès le début du mois à la 2ème phase.
- Si les besoins sont supérieurs à ce seuil, on décide d'irriguer. On irriguera pendant au moins une petite fraction de mois (à définir), et si l'irrigation doit durer plus d'une grande fraction de mois (à définir), on irriguera pendant tout le mois. La durée d'irrigation est d'autre part définie par la capacité maximale de la conduite distributrice compte tenu de l'état de la réserve, ainsi que par la durée maximale sans irrigation que peuvent supporter les cultures. On a en effet intérêt à irriguer le plus vite possible mais aussi longtemps qu'il est nécessaire. Si on ne peut satisfaire les besoins même en irriguant pendant tout le mois, on fait appel à la réserve de PAQUEMAR.

L'irrigation du secteur de CREVE-COEUR n'est soumise à aucune exigence de ce genre puisqu'elle peut s'effectuer sans contrainte pendant le mois. Lorsque les réserves stockées dans le réservoir de CREVE-COEUR ne peuvent pas suffire aux besoins du secteur, on fait appel à la réserve de PAQUEMAR.

Pendant cette première phase d'irrigation du secteur de MANZO, ce que l'on pompe dans la LEZARDE, diminué de 200 l/s destinés à l'eau potable, est déversé dans la retenue de MANZO.

2ème phase : Remplissage partiel du réservoir de CREVE-COEUR

Après avoir irrigué le secteur de MANZO, on dirige le débit pompé dans la LEZARDE vers la retenue de CREVE-COEUR, par adduction gravitaire, jusqu'à ce que le taux de remplissage de la retenue ait atteint une certaine valeur (à définir) qui donne une garantie acceptable pour le mois à venir.

Pendant cette seconde phase et si les circonstances le permettent, l'excédent de débit est déversé dans la retenue de MANZO.

3ème phase : Remplissage partiel du réservoir de MANZO

Au cours de la troisième phase, on consacrera le débit pompé au remplissage exclusif de la retenue de MANZO jusqu'à ce que le taux de remplissage ait

atteint une certaine valeur (à définir) qui donne une garantie acceptable pour le mois à venir tout en ménageant dans la retenue un creux susceptible de recevoir les débits ultérieurement pompés jusqu'à la fin du mois.

4ème phase : Remplissage total du réservoir de CREVE-COEUR

Dans la quatrième phase l'eau disponible est dirigée vers la retenue de CREVE-COEUR, par adduction gravitaire, pour finir de remplir le réservoir. Là encore, si les circonstances le permettent, l'excédent de débit pompé est déversé dans la retenue de MANZO.

5ème phase : Remplissage total du réservoir de PAQUEMAR

On considère que, par adduction gravitaire, on peut indifféremment diriger l'eau vers CREVE-COEUR ou vers la retenue de PAQUEMAR. C'est vers cette dernière qu'on la dirige au cours de la cinquième phase, de façon à remplir complètement le réservoir dont le rôle est décrit plus bas. L'excédent d'eau disponible est, pendant ce temps là, déversé dans la retenue de MANZO si les circonstances le permettent.

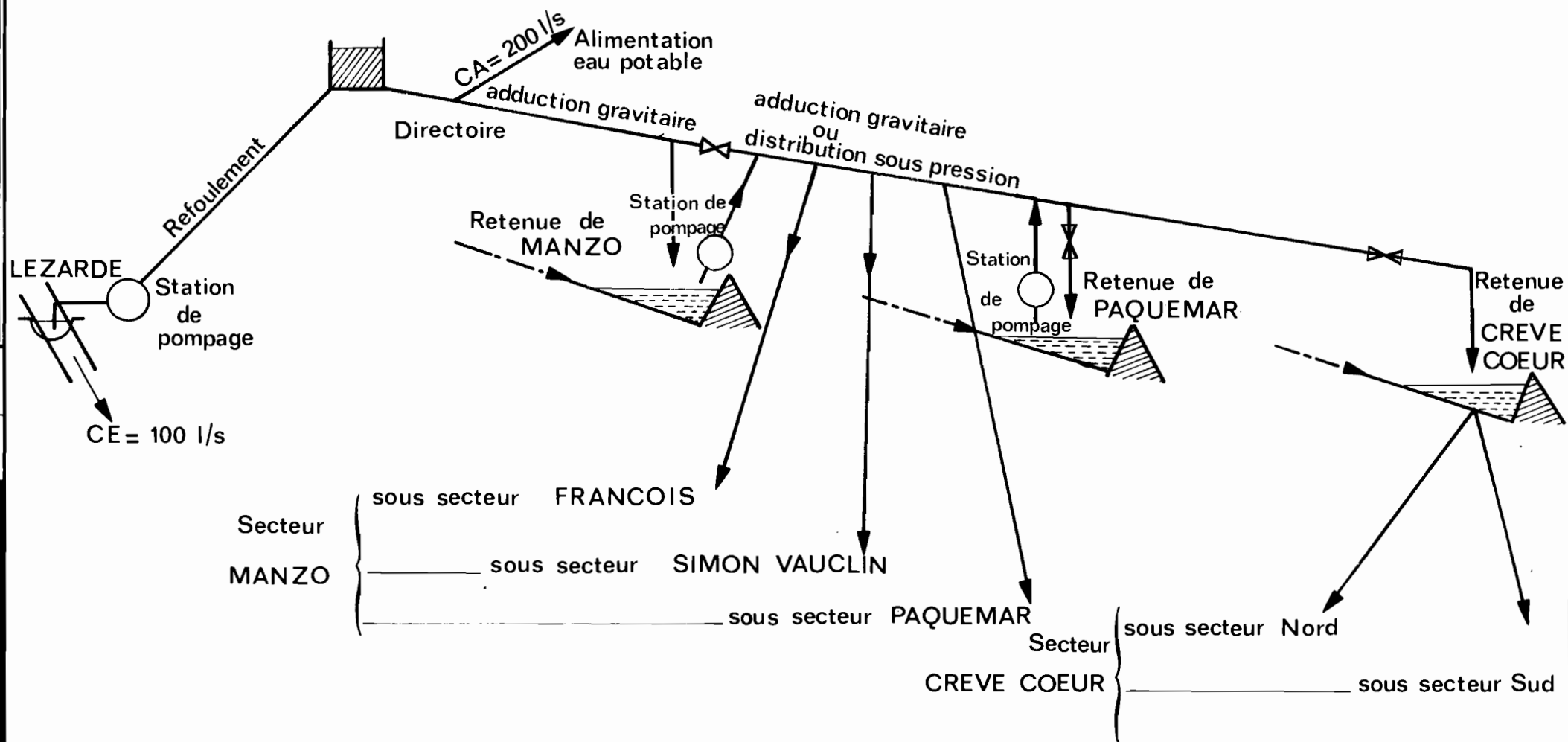
6ème phase : Remplissage total du réservoir de MANZO

La dernière phase est consacrée au remplissage total du réservoir de MANZO. Si on a eu le temps d'effectuer toutes les opérations jusqu'à la fin de la sixième phase, on a assuré la satisfaction de tous les besoins et le remplissage de toutes les retenues. Si le mois n'est pas encore terminé, il faudra jusqu'au terme limiter le pompage aux 200 l/s nécessaires à l'alimentation en eau potable.

La réserve de PAQUEMAR est mise à contribution pour le secteur de MANZO au cours de la première phase, et/ou par le secteur de CREVE-COEUR au cours du mois, lorsque les disponibilités affectées normalement à l'un et l'autre secteur s'avèrent insuffisantes pour satisfaire les besoins et qu'en conséquence une pénurie va se déclarer. La ponction que l'on opère dans le réservoir de PAQUEMAR est proportionnelle à la part des besoins de chacun des deux secteurs, part qu'a priori on ne peut pas satisfaire. Cela tend à égaliser les pénuries. Mais du fait de la chronologie des opérations les appels à PAQUEMAR s'effectuent pendant la seule première phase pour MANZO, phase qui dure alors tout le mois : il en résulte une certaine priorité accordée à MANZO.

En dernier lieu il apparaît qu'on souhaiterait utiliser l'eau stockée dans la retenue de PAQUEMAR pour compléter l'irrigation des secteurs de MANZO et de CREVE-COEUR, en l'acheminant par la même unique conduite. C'est-à-dire qu'on souhaiterait retirer la clause selon laquelle le volume demandé par l'un ou l'autre des secteurs peut toujours être délivré en temps et quantité voulus grâce à un dimensionnement suffisant des installations de pompage et de distribution. Nous ne saurions évaluer a priori les conséquences qu'entraîne cette modification de la conception, tout en présumant qu'elles se manifesteront par de plus grandes fréquences de saturation des tronçons de conduite MANZO - PAQUEMAR et PAQUEMAR - CREVE-COEUR quand ils fonctionneront en distribution sous pression. Pour en être complètement informé il serait nécessaire de concevoir un modèle C de simulation, différant en ce qu'il vient d'être dit du modèle B, et de simuler le fonctionnement de ce nouveau système à l'aide de valeurs paramétriques choisies. Au stade du présent rapport la programmation du modèle C, dont le schéma de conception figure ci-contre, n'a pas été effectuée.

SCHEMA DES INSTALLATIONS SYSTEME C



CHAPITRE V. EXPOSE DE LA LOGIQUE DE SIMULATION DU SYSTEME B

Nous ne reviendrons pas, dans ce chapitre, sur ce que les calculs qu'on opère dans le système B peuvent avoir de commun avec ceux qu'on a effectués dans le système A. Il s'agit du calcul des besoins en eau, des apports nets des bassins versants, du taux de pénurie notamment. Nous pensons devoir au contraire insister sur les calculs nouveaux qu'on a dû inclure dans le système B pour déterminer des variables liées tout spécialement au mode de gestion.

5.1. Critère d'irrigation du secteur de MANZO

Le passage du régime d'adduction gravitaire au régime de distribution sous pression par la même conduite, ou le passage inverse, implique matériellement d'assez nombreuses manœuvres de vannes et de pompes ; il convient donc, pour simplifier l'exploitation, de limiter la fréquence de cette opération et surtout de ne l'effectuer que dans le cas où cela vaille la peine. C'est ainsi qu'il a été décidé qu'on n'irriguerait pas le secteur de MANZO lorsque les besoins manifestés seraient si faibles qu'ils seraient satisfaits en quelques heures ou peu de jours, et que si l'on décidait de satisfaire des besoins plus importants on le ferait de toutes façons pendant un laps de temps raisonnable.

Le critère employé dans la simulation pour trancher la question repose sur le choix d'un seuil de besoins minimaux que l'on calcule sur les parcelles les plus exigeantes du secteur de MANZO. Ce seuil est fixé à 5 mm soit 50 m³/ha calculé sur le périmètre "autres cultures" du sous-secteur de PAQUEMAR. Ce critère serait parfaitement satisfaisant si le périmètre choisi était un témoin fidèle, et ce n'est pas toujours le cas. On a aussi fait l'essai d'un seuil fixé à des besoins de 10 mm apparaissant sur l'un quelconque des trois périmètres "autres cultures" du secteur de MANZO.

Déterminer la valeur de ce critère constitue l'opération préliminaire qui décidera si l'on doit ou non exécuter la première phase des opérations.

5.2. Calcul du temps d'irrigation du secteur de MANZO

Au moins égal à la limite qui lui a été fixée, le temps d'irrigation doit cependant être le plus court possible pour laisser le plus de temps possible aux autres phases à opérer. Il est conditionné :

- par les plantes. En effet plus rapidement on aura irrigué, plus longtemps les plantes devront vivre sur les réserves en eau accumulées dans le sol. On suppose la pluie répartie uniformément sur le mois. Si R est la réserve en eau du sol au début du mois, RMAX sa valeur initiale, P et ETP la pluie et l'évapo - transpiration et t_1 le temps minimal d'irrigation (en fraction de mois) on doit avoir d'une façon générale :

$$RMAX = (1 - t_1) * (ETP - P - R)$$

expression qui signifie que pendant la période d'irrigation on a non seulement satisfait les besoins quotidiens des plantes mais encore reconstitué les réserves du sol de manière à ce que pendant la période sans irrigation, les cultures y trouvent exactement leurs besoins. La valeur de t_1 que l'on tire de l'expression ne présente un intérêt que dans la mesure où elle est comprise entre les limites inférieure et supérieure fixées dans les règles de gestion.

- par la capacité de la conduite de distribution, liée à l'abondance des réserves stockées dans la retenue de MANZO, liée aussi aux débits d'adduction provenant de la LEZARDE. On distingue plusieurs cas :

1er cas : les réserves sont supérieures ou égales aux besoins. La conduite, travaillant en distribution à pleine puissance est capable de délivrer tout le volume demandé en un temps t_2 qui est une seconde limite inférieure du temps d'irrigation ;

2ème cas : les réserves sont inférieures aux besoins. A pleine puissance la conduite de distribution viderait la retenue en un temps t_2 s'il n'y avait pas d'apports venant de la LEZARDE. En tenant compte de ces apports on détermine le temps de vidange de la retenue. On observe alors si ce temps suffit ou non à la conduite de distribution travaillant à pleine puissance pour satisfaire les besoins du secteur. Dans l'affirmative on calcule le temps exact t_3 que cela nécessite, qui constitue une limite inférieure du temps d'irrigation. Dans la négative la retenue va se vider au bout d'un temps t_3 à l'issue duquel la distribution ne se fera plus à pleine puissance mais seulement au débit égal à celui qui est admis dans la retenue. A ce régime la conduite de distribution aura ou non le temps de satisfaire les besoins du secteur avant la fin du mois. Si c'est le cas on aura déterminé une autre limite inférieure du temps d'irrigation (t_4). Si ce

n'est pas le cas on irriguera pendant tout le mois en faisant appel à la réserve de PAQUEMAR pour compléter les disponibilités de MANZO.

En fin de compte le temps d'irrigation de secteur du MANZO sera égal à la plus grande des différentes limites inférieures qu'on aura définies. Cependant si cette durée peut prendre une valeur quelconque comprise entre les deux limites fixées par les règles de gestion, elle ne pourra prendre, hors de cet intervalle que les valeurs discrètes 0, première limite, deuxième limite et 1.

5.3. Calcul du volume prélevé dans la retenue de PAQUEMAR

Le secteur de MANZO ne fera appel à la retenue de PAQUEMAR que lorsqu'il ne lui sera pas possible de satisfaire à ses besoins en utilisant ses propres ressources et en irriguant pendant tout le mois. Par conséquent la seule première phase des opérations sera effectuée au cours de ce mois. Le volume manquant à MANZO sera prélevé, autant que cela sera possible, dans la retenue de PAQUEMAR. Si, cette ponction étant faite, il reste encore un certain volume d'eau dans la retenue de PAQUEMAR, celui-ci pourra être utilisé par le secteur de CREVE-COEUR en cas de nécessité. S'il ne reste rien, le secteur de CREVE-COEUR ne pourra compter que sur ses propres ressources.

L'autre cas qui puisse se présenter est que MANZO n'ait pas besoin de faire appel à PAQUEMAR mais que le secteur de CREVE-COEUR en ait besoin. Cela signifie que les réserves constituées dans CREVE-COEUR, augmentées des ressources provenant de la LEZARDE au cours de la deuxième phase, restent inférieures aux besoins du secteur de CREVE-COEUR. En fin de mois on n'aura pas dépassé la deuxième phase et la retenue de CREVE-COEUR sera vide. Dans ce cas PAQUEMAR aura mis pendant tout le mois toutes ses ressources au service du seul secteur de CREVE-COEUR.

On a appelé OIP le volume à fournir par la retenue de PAQUEMAR, VOL le volume d'eau contenu dans la retenue, VMIN le volume minimal contenu dans la retenue et correspondant à la cote minimale d'exploitation. On a appelé OIR le volume d'eau délivré à l'irrigation. Le premier indice qui affecte ces variables se rapporte aux retenues ou secteurs : 1 pour MANZO, 2 pour PAQUEMAR, 3 pour CREVE-COEUR, le second indice marque le mois dont il est question. Ainsi :

OIP (1,i) représente le volume à fournir à MANZO par PAQUEMAR

OIR (3, i) représente le volume délivré par CREVE-COEUR pour l'irrigation de son secteur

BD représente les besoins de chaque secteur irrigué

Dans l'ordinogramme on verra encore d'autres variables :

OS qui est le besoin en eau sur le périmètre-témoin

BDS qui est, sur ce même périmètre, le besoin en eau correspondant au seuil d'irrigation

VI qui est le volume d'eau à admettre dans chaque retenue

D1, 2, 3 ... 6, qui représente la durée de chacune des phases

Ces définitions données on peut écrire que, dans le cas où MANZO et CREVE-COEUR font tous deux appel à PAQUEMAR, les volumes délivrés auront pour expression :

$$\begin{aligned} OIP(1,i) &= \text{AMIN} \left[(BD(1) - OIR(1,i)), \text{AMAX} (VOL(2) - VMIN(2)), 0 \right] \\ VOL(2) &= VOL(2) - OIP(1,i) \\ OIP(3,i) &= \text{AMIN} \left[(BD(3) - OIR(3,i)), \text{AMAX} (VOL(2) - VMIN(2)), 0 \right] \end{aligned}$$

Dans le cas où CREVE-COEUR seul fait appel à PAQUEMAR on a :

$$\begin{aligned} OIP(3,i) &= \text{AMIN} \left[(BD(3) - OIR(3,i)), \text{AMAX} (VOL(2) - VMIN(2)), 0 \right] \\ VOL(2) &= VOL(2) - OIP(3,i) \end{aligned}$$

5.4. Calcul du volume admis dans chaque retenue et prélevé dans la LEZARDE

Le modèle procède en calculant le temps que dure chacune des phases successives. Tant que la durée cumulée des phases exécutées n'atteint pas le mois, on s'autorise à entreprendre l'exécution de la phase suivante qui pourra ou non se terminer. Au cours de chacune des phases on calcule le volume admis dans chacune des retenues à raison d'un débit d'adduction constant multiplié par la durée d'exécution de la phase opérée. Ces quantités calculées à chaque pas pour chacune des trois retenues, sont cumulées au fur et à mesure du déroulement des opérations si bien qu'en fin de mois on connaît le volume d'eau qui a été admis dans chacune des retenues. Leur somme à laquelle on ajoute le volume réservé à l'alimentation en eau potable, représente ce qui a été prélevé effectivement dans la LEZARDE.

En d'autres termes si VI représente le volume admis dans une retenue, si le premier indice 1, 2, 3 représente la retenue de MANZO, PAQUEMAR, CREVE-COEUR et le second indice 1, 2, 3, 4, 5, 6 le numéro de la phase exécutée on aura :
 $VI(1) = VI(1,1)$ puis $VI(1) = VI(1) + VI(1,2)$ puis $VI(1) = VI(1) + VI(1,3)$ etc...
de même pour VI(2) et VI(3), dont la somme des ultimes valeurs fournira le volume prélevé à la LEZARDE. Mais, compte tenu de l'ordre du déroulement des opérations il est bien évident que VI(1) peut éventuellement s'accroître au cours de chacune des 6 phases, que VI(2) ne peut prendre sa valeur définitive qu'au cours de la seule 5ème phase, que VI(3) ne se calcule qu'au cours de la seconde et de la 4ème phase.

5.5. Prise en compte des apports nets des bassins versants

Par souci de clarté dans l'exposé de la logique nous n'avons pas parlé de la façon dont on prenait en compte les apports nets des bassins. Les apports nets sont calculés en début de mois sur la base de la surface initiale de la retenue. Tout le calcul de simulation est mené à son terme une première fois et définit une cote finale d'où résulte une surface finale. La moyenne entre la surface initiale et finale de la retenue servira de base à une nouvelle itération. Le processus est repris trois fois.

D'autre part, l'abondance de ces apports n'étant pas prévue il peut arriver qu'on n'ait pas la possibilité de les stocker, ils devront donc être partiellement ou totalement déversés ou dérivés. Nous avons tenu à ce que ces "déversements" n'aient jamais lieu quand, au cours du mois, on a été amené à admettre dans la retenue un certain volume provenant de la LEZARDE. Pour cela nous avons calculé le volume éventuellement déversé et nous l'avons retranché du volume précédemment calculé VI à admettre dans la retenue. Cela évite de gaspiller de l'eau en pompant plus qu'il ne serait nécessaire.

5.6. Ordre et nature des données d'entrée du programme

L'ordre et la nature des données d'entrée sont identiques à ceux qui ont été utilisés dans le système A de simulation et qui ont été détaillés au chapitre III en 3.7. Bien entendu les "titres" ne sont pas les mêmes puisque la présentation des résultats ne sera pas la même. Enfin la carte suivant les 22 cartes de titres et qui contient les capacités de conduites comportera dans le système B : le débit maximal de pompage, le débit minimal à conserver dans la LEZARDE, le débit permanent pour l'eau potable, la capacité du tronçon de conduite DIRECTOIRE - MANZO, du tronçon de conduite MANZO - CREVE-COEUR en adduction gravitaire et du tronçon de conduite MANZO - CREVE-COEUR en distribution sous pression.

Sur ce point nous devons encore signaler que la hauteur du seuil (XS) de besoins pris pour critère d'irrigation du secteur de MANZO, les bornes inférieures (DK1) et supérieure (DK2) de la durée d'irrigation lorsqu'elle n'est pas égale à zéro ou à 1, le taux de remplissage partiel de la retenue de MANZO (TR1) et celui de la retenue de CREVE-COEUR (TR3), auraient pu très facilement être introduits dans le programme sous forme de données d'entrée. Au stade où en est la simulation qui pourrait conduire, par tâtonnement, à mieux ajuster ces valeurs que nous avons choisies de façon quelque peu arbitraire, nous avons préféré les faire apparaître comme des variables initialisées dans le programme.

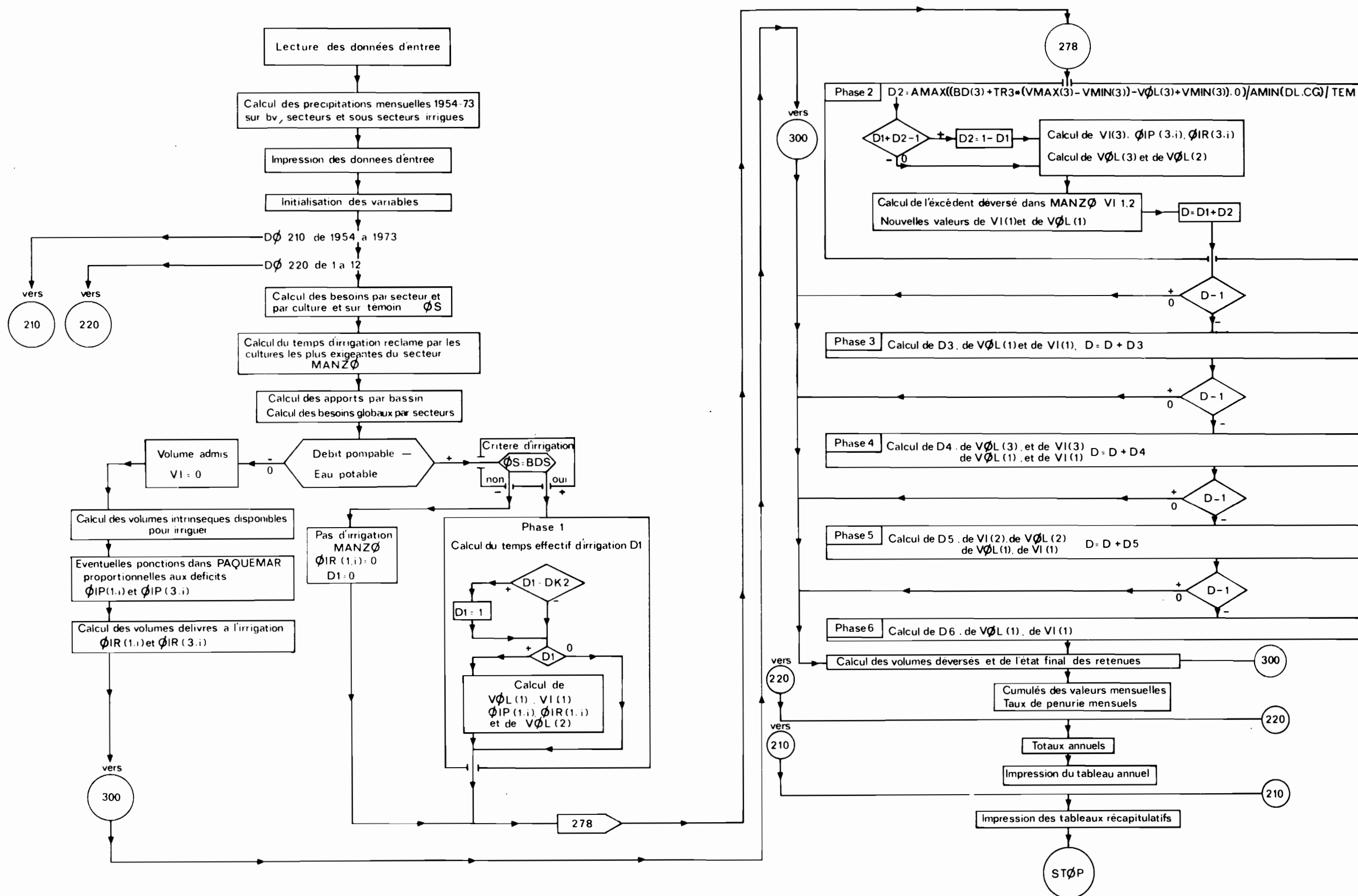
5.7. Ordre et nature des sorties de simulation

Les sorties de simulation se présentent de façon tout à fait comparable à celles du système A qui ont été décrites de façon détaillée au chapitre 3.8. Nous ne reviendrons pas sur cette description sinon pour signaler les seules différences que présentent les sorties du système B.

La différence essentielle réside dans la composition des tableaux annuels de résultats intégraux de simulation qui forment la troisième partie des sorties. Dans ces tableaux annuels figurent les valeurs mensuelles et annuelles de plusieurs rubriques.

- Le volume prélevé dans la LEZARDE, le volume qu'on n'a pas prélevé bien qu'il fut disponible, le volume servant à l'alimentation en eau potable et le volume destiné à l'irrigation.
- Pour l'aménagement de MANZO on a fait apparaître les apports nets du bassin, le volume admis dans la retenue, le volume qu'on a dû déverser ou dériver ; puis les besoins par type de culture et leur total, ensuite le volume fourni à l'irrigation. Ce volume est la somme de ce qui a été prélevé dans la retenue de MANZO et dans la retenue de PAQUEMAR. Vient ensuite la durée de la période d'irrigation suivie par le volume de la réserve en fin de mois, le volume de la pénurie, le taux qui lui correspond, et la cote finale du plan d'eau dans la retenue.
- Pour l'aménagement de PAQUEMAR on a repris les mêmes trois premières rubriques (apports nets, adduction retenue et perte par déversement). Ensuite on indique le volume prélevé dans la retenue pour les besoins de MANZO, puis pour les besoins de CREVE-COEUR. Enfin on définit l'état final de la retenue par la réserve utile et la cote finale du plan d'eau.
- Pour l'aménagement de CREVE-COEUR on a repris les mêmes rubriques que celles qu'on a détaillées pour l'aménagement de MANZO tout en supprimant pourtant la durée d'irrigation qui n'a pas d'utilité dans le cas de CREVE-COEUR.

ORDINOGRAMME DU SYSTEME B



CHAPITRE VI. RESULTATS DE LA SIMULATION DU SYSTEME B

Le principal avantage que l'on attribue au système B est de n'utiliser qu'une seule conduite entre MANZO et CREVE-COEUR, servant alternativement de conduite d'adduction et de conduite de distribution. Cette économie sur le plan du coût d'installation pourrait éventuellement être accrue par la suppression du barrage de PAQUEMAR dans le cas où son rôle dans ce système ne serait pas jugé indispensable. On a donc été amené à simuler la gestion du système B en plusieurs variantes.

6.1. Variante B 1

6.1.1. Conditions de simulation

On a considéré que la retenue de MANZO ne tolère qu'une seule cote minimale à 36,0 m, qu'on avait appelée "exceptionnelle" dans le système A. La cote maximale est fixée à 52,0 m. Les barrages de PAQUEMAR et de CREVE-COEUR gardent pour cotes extrêmes 37,0 et 50,0 m, 31,0 et 45,0 m. Les conditions initiales de la simulation sont fixées aux retenues pleines le 1er avril 1954. La variante B1 est donc basée sur des considérations favorables a priori.

Le seuil des besoins faisant décider d'irriguer le secteur de MANZO est fixé à 5 mm, mesurés sur le périmètre "autres cultures" du sous secteur PAQUEMAR. Les durées mensuelles d'irrigation du secteur de MANZO prennent soit les valeurs discrètes 0 et 1, soit les valeurs continues comprises entre 1/6 et 5/6 de mois. Les taux de remplissage partiel des retenues de MANZO (en phase 3) et de CREVE-COEUR (en phase 2) sont fixés respectivement à 3/4 et à 5/6.

Le débit de pompage maximal dans la LEZARDE est de 900 l/s, le débit d'alimentation en eau potable de 200 l/s. Le débit des conduites est de 700 l/s en gravitaire de DIRECTOIRE à MANZO, de 550 l/s en gravitaire de MANZO à CREVE-COEUR ou à PAQUEMAR, de 1 150 l/s en distribution sous pression à partir de MANZO.

Les autres données d'entrée sont celles qu'on a utilisées dans les variantes A 3 et A 4 (évaporation, pluviométrie, ETP, RMAX).

6.1.2. Résultats généraux

Pour la période de simulation qui s'étend du 1er-4-1954 au 31-8-1973 le taux global de pénurie tous secteurs groupés s'élève à 0,20. Sur 20 années de simulation on compte 5 ans sans pénurie, 4 ans à faible pénurie inférieure à 10%, 6 ans à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 5 ans à forte pénurie supérieure à 25%. Les années 1960 et 1973 atteignent 63% de pénurie.

Sur 233 mois de simulation on compte 55 mois de pénurie dont 13 en mai, 7 en avril et 8 en juin. On peut noter que les pénuries peuvent se produire en novembre, décembre, janvier, ce qui était rare avec le système A.

La durée annuelle des pénuries apparaît de la façon suivante :

0 mois par an	5 ans
moins de 2 mois consécutifs	5 ans
2 mois consécutifs	4 ans
3 mois consécutifs	1 an
4 mois consécutifs	1 an
5 mois consécutifs	1 an
6 mois consécutifs	3 ans

Les résultats globaux des transferts d'eau sont les suivants :

Apports naturels non stockés des bassins	10^3 m ³	6 625,7
Volume disponible	10^3 m ³	439 018,4
Volume prélevé	10^3 m ³	410 866,3
Volume non prélevé	10^3 m ³	28 152,1
Prélevé / Disponible		0,94
Besoins	10^3 m ³	424 046,4
Pénurie	10^3 m ³	86 599,4
Taux de pénurie		0,20

On voit que l'on est proche des résultats fournis par la variante 3 du système A. Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'on a ici utilisé sans contrainte la tranche inférieure de la retenue de MANZO (entre 36,0 et 40,0m) et que le tronçon de conduite MANZO - CREVE-COEUR est dimensionné pour un débit en gravitaire de 550 l/s alors qu'il l'était à 500 et 400 l/s dans la variante A 3.

Le comportement des retenues montre que celle de PAQUEMAR s'est remplie

aussi souvent qu'elle s'est vidée, mais que celles de MANZO et de CREVE-COEUR se sont remplies moins souvent qu'elles ne se sont vidées. Les nombres de mois à retenue pleine et vide sont les suivants :

	Plein	Vide
- MANZO	26	35
- PAQUEMAR	40	41
- CREVE-COEUR	30	40

On peut encore constater à ce sujet que la retenue de MANZO est restée non remplie pendant près de 8 années consécutives du 1er février 1959 au 31 décembre 1966. Indiquons pour terminer qu'au cours de la période de simulation la retenue de PAQUEMAR a mis en réserve un volume d'eau qui a été dirigé pour les trois quarts vers le secteur de MANZO (9,5 millions de m³) et pour un quart vers le secteur de CREVE-COEUR (3,2 millions de m³).

6.2. Variante B 2

6.2.1. Conditions de simulation.

La variante B 2 diffère sur trois points de la variante B 1 :

- Les cotes initiales des plans d'eau dans les retenues, le 1er avril 1954, n'atteignent pas le niveau maximal admissible mais un niveau moyen.
- La retenue de MANZO fonctionne avec deux cotes minimales : l'une à 40,0 m dite normale, l'autre à 36,0 m dite exceptionnelle. On n'accepte d'abaisser le niveau du plan d'eau en dessous de la cote minimale normale qu'après avoir enregistré un mois de pénurie à ce niveau (c'est la règle qui a été utilisée dans le système A, à partir de la troisième variante).
- On a supprimé le barrage de PAQUEMAR.

Toutes les autres données sont identiques à celles de la variante B 1, et les règles de gestion (chronologie des opérations) ne sont pas modifiées. Mais du fait des nouvelles dispositions la cinquième phase du processus d'exploitation est supprimée et le volume disponible dans la retenue de PAQUEMAR (maintenant éliminée) est constamment nul.

6.2.2. Résultats généraux

Sur 20 années de simulation on compte 2 ans sans pénurie, 5 ans à faible pénurie inférieure à 10%, 6 ans à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 7 ans à forte pénurie supérieure à 25% dont, précisément, les années 1960 (63%) et 1973 (64%).

Sur 233 mois consécutifs de simulation on compte 67 mois de pénurie dont 12 en mars, 11 en avril, 13 en mai et seulement 1 en septembre et 1 en octobre. On notera donc que le système B étend à chacun des mois de l'année les risques de pénurie qui restent pourtant bien plus importants en période de carême qu'en saison des pluies.

La durée annuelle de la pénurie apparaît de la façon suivante :

0 mois par an	2 ans
moins de 2 mois consécutifs	4 ans
2 mois consécutifs	3 ans
3 mois consécutifs	6 ans
4 mois consécutifs	1 an
5 mois consécutifs	1 an
6 mois consécutifs	3 ans

Longue d'environ 65 jours dans la variante B 1, la durée annuelle moyenne de la pénurie atteint 83 jours dans la variante B 2.

Dans la variante B 1, les apports du bassin de PAQUEMAR se chiffraient en 20 ans à 13,28 millions de m³ dont 3,82 millions de m³ n'ont pas été stockés. Dans la variante B 2 la suppression du barrage de PAQUEMAR prive de cet apport naturel le réseau d'irrigation. Aussi les prélèvements dans la LEZARDE vont-ils devenir un peu plus importants et le rapport prélevé/disponible va-t-il légèrement s'améliorer, sans empêcher le volume global de pénurie de s'accroître sensiblement. Le taux moyen de pénurie passe d'ailleurs de 0,20 en B 1 à 0,23 en B2. En pompant 1 m³ dans la LEZARDE on a pu en distribuer 1,11 dans B 1 et 1,08 dans B 2.

Nous résumons dans le tableau suivant les résultats globaux des transferts d'eau pour chacune des deux variantes :

		! Variante B 1 !	! Variante B 2 !
!		!	!
!		!	!
!		!	!
!	- Apports naturels non stockés	10 ³ m ³ ! 6 625,7	! 1 294,1
!	- Volume disponible	10 ³ m ³ ! 439 018,4	! 439 018,4
!	- Volume prélevé	10 ³ m ³ ! 410 866,3	! 413 980,1
!	- Volume non prélevé	10 ³ m ³ ! 28 152,1	! 25 038,2
!	Prélevé / Disponible	! 0,94	! 0,95
!	- Volume des besoins	10 ³ m ³ ! 424 046,4	! 424 046,4
!	- Volume des pénuries	10 ³ m ³ ! 86 599,4	! 99 586,8
!	Taux de pénurie	! 0,20	! 0,23
!		!	!

En d'autres termes la suppression du barrage de PAQUEMAR a conduit à devoir pomper 3 millions de m³ de plus dans la LEZARDE sans empêcher le volume global de pénurie de s'accroître de 13 millions de m³. Dans la variante B 1 la retenue de PAQUEMAR avait participé pour 12,7 millions de m³ à la satisfaction des besoins en eau d'irrigation.

Le comportement des deux retenues de MANZO et de CREVE-COEUR a été le suivant (les valeurs indiquées représentent le nombre de mois) :

	! Plein !	! Vide !
!	!	!
!	!	!
!	- MANZO	! 25 ! 51 dont 21 exceptionnels
!	- CREVE-COEUR	! 27 ! 40 (36,0 m)
!	!	!
!	!	!

Le remplissage des retenues s'avère donc assez difficile. Comme dans la variante précédente on a pu compter jusqu'à 8 ans entre deux remplissages successifs de la retenue de MANZO, du 1er-12-1959 au 31-12-1966. De plus il est arrivé fréquemment (5 années sur 20) que le plan d'eau du réservoir de MANZO reste pendant 6 mois consécutifs à un niveau inférieur ou égal à la cote minimale normale de 40,0 mètres.

6.3. Variante B.1.3.

6.3.1. Conditions de simulation

La variante B 13 est une actualisation de la variante B 1. Il a en

effet été jugé utile de simuler le fonctionnement des aménagements en incluant la retenue de PAQUEMAR dans le système et en reprenant exactement les mêmes conditions initiales adoptées pour B 2 c'est-à-dire :

- La retenue de MANZO fonctionne avec deux cotes minimales, l'une normale à 40 m, l'autre exceptionnelle à 36 mètres.
- Le 1-4-1954, au commencement de la période de simulation, les retenues sont à moitié pleines.

Ainsi, par rapport à la variante B 2, la variante B 13 fera apparaître dans ses résultats, de façon précise, l'avantage qu'on retire du seul fait d'inclure dans le système la retenue de PAQUEMAR.

6.3.2. Résultats généraux

En 20 ans de simulation on compte 5 ans sans pénurie, 3 ans à faible pénurie inférieure à 10%, 7 ans à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 5 ans à forte pénurie supérieure à 25% dont 1960 et 1973 avec 63% de pénurie.

55 mois, sur les 233 que dure la période de simulation, présentent des pénuries ; on en dénombre 13 en mai, 7 et 8 en avril et juin, 1 en septembre et octobre. Le mois de mai est donc déficitaire 2 années sur 3, et le mois d'avril 1 année sur 3, comme le mois de juin.

La durée annuelle de la Pénurie a été la suivante :

0 mois	5 années
moins de 2 mois consécutifs	5 années
2 mois consécutifs	4 années
3 mois consécutifs	1 année
4 mois consécutifs	1 année
5 mois consécutifs	1 année
6 mois consécutifs	3 années

On peut donc estimer à 67 jours la durée moyenne de la pénurie annuelle le volume global des pénuries s'élève à 88,0 Mm³ alors qu'il était de 86,6 Mm³ dans la première variante B 1. La différence est peu sensible (1,4 Mm³) et beaucoup plus faible que la différence entre les états initiaux des retenues dans les variantes B 1 et B 13.

Les résultats concernant le transfert des volumes d'eau sont résumés dans le tableau suivant où on peut les comparer à ceux qu'a fournis la variante B 2

	Variante B13	Variante B 2
- Volume disponible 10^3 m ³	439 018,4	439 018,4
- Volume prélevé 10^3 m ³	414 927,6	413 980,1
- Volume non prélevé 10^3 m ³	24 090,7	25 038,2
Prélevé / Disponible	0,945	0,944
- Volume des besoins 10^3 m ³	424 046,4	424 046,4
- Volume des pénuries 10^3 m ³	88 017,6	99 586,8
Taux de pénurie	0,21	0,23

Les 11,6 Mm³ qui apparaissent entre les volumes des pénuries proviennent presque exclusivement du fait que dans la variante B 13 on a utilisé une grande partie des apports naturels du petit bassin versant de PAQUEMAR alors qu'on en a été privé dans la variante B 2.

Dans la variante B 13 le comportement des retenues a été le suivant :

	B 13	B 1
- MANZO plein	25.....	26
vide	47.....	-
vide exceptionnel	15.....	35
- PAQUEMAR plein	36.....	40
vide	41.....	41
- CREVE-COEUR		
plein	28.....	30
vide	40.....	40

On voit qu'il est très comparable au comportement des retenues dans la variante B1, avec un plus grand nombre de vidanges que de remplissages des retenues de MANZO et de CREVE-COEUR.

L'étude des résultats détaillés de la variante B 13 fait encore apparaître le fait qu'à partir de la retenue de PAQUEMAR on a pu distribuer à l'irrigation, pendant la période de simulation, un volume de 12,7 Mm³ dont 10,06 Mm³ sont allés irriguer le secteur de MANZO et 2,64 Mm³ le secteur de CREVE-COEUR.

6.4. Variantes B 1.2 et B 2.2

6.4.1. Conditions de simulation

Les résultats de simulation des variantes B 1 et B 2 ont montré entre autres choses que la définition du seuil d'irrigation du secteur de MANZO (besoins de 5 mm mesurés sur le périmètre "autres cultures" du sous-secteur de PAQUEMAR) conduisait, dans certaines circonstances, à accepter de satisfaire des besoins globalement insignifiants et à renoncer à satisfaire des besoins au total assez importants selon que la pluviosité au poste pluviométrique de PAQUEMAR avait été particulièrement faible ou forte relativement à celles observées aux autres postes pluviométriques du secteur de MANZO. On a donc voulu savoir quelles modifications résulteraient d'un changement de définition du seuil d'irrigation. On a choisi la nouvelle définition suivante, qui efface les imperfections mentionnées ci-dessus : on décide d'irriguer le secteur de MANZO dès que les besoins en eau s'avèrent supérieurs à 10 mm sur l'un quelconque des périmètres "autres cultures" des trois secteurs de MANZO, à savoir FRANÇOIS, SIMON VAUCLIN ou PAQUEMAR.

Les variantes B 1.2 et B 2.2 reprennent donc exactement les conditions respectives de simulation des variantes B 1 et B 2, mais avec cette nouvelle définition du seuil d'irrigation.

6.4.2. Résultats généraux

Les résultats obtenus sont, au niveau global, très voisins de ceux des variantes B 1 et B 2. Temporairement, dans des circonstances assez rares, l'adoption de la nouvelle définition du seuil d'irrigation conduirait à une exploitation mieux adaptée aux besoins, sans modifier sensiblement le bilan des transferts d'eau.

En effet, le volume global prélevé dans la LEZARDE en 20 ans s'élève de 1,449 Mm³ entre les variantes B 1 et B 1.2, de 1,437 Mm³ entre les variantes B 2 et B 2.2. Le volume global de pénurie a diminué de 1,748 Mm³ entre B 1 et B 1.2,

et de 1,730 Mm³ entre B 2 et B 2.2. Mais cette diminution du volume global de pénurie intéresse surtout le secteur de MANZO qui voit effectivement sa pénurie s'abaisser de 2,3 Mm³, tandis que le secteur de CREVE-COEUR est défavorisé et voit sa pénurie augmenter de 0,57 Mm³. Ces quantités sont très faibles, ne représentent que quelques pourcent du volume de pénurie et ne modifient que de quelques pour mille le taux de pénurie. Mais il faut noter que ce ne sont pas les années les plus difficiles comme 1960 et 1973 qui bénéficient de cette amélioration, au contraire on note que ces années là, la pénurie s'accroît très légèrement, de 0,015 M de m³ en 1960 et de 0,140 Mm³ en 1973.

On pourrait encore penser que la durée moyenne mensuelle des irrigations du secteur de MANZO est affectée par la nouvelle définition du seuil d'irrigation. Nous avons vérifié qu'il n'en est rien. A peine peut-on déceler un très léger allongement de la durée d'irrigation (2%) non pas pendant le carême mais plutôt au début et à la fin de la saison des pluies (en juin et de novembre à janvier).

Durée moyenne d'irrigation, du secteur de MANZO, en jours

	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Total
B 1	12	16	27	25	22	13	9	7	3	2	5	4	145
B 1.2	<u>13</u>	16	27	25	22	<u>14</u>	9	7	3	2	4	<u>5</u>	147
B 2	12	16	27	25	22	13	9	7	3	2	5	4	145
B 2.2	<u>13</u>	16	27	25	<u>23</u>	13	9	7	3	2	5	<u>5</u>	148

6.5. Variante B 3

6.5.1. Conditions de simulation

Après la parenthèse du paragraphe 6.4, nous sommes ^{revenus} à l'ancienne définition du seuil d'irrigation du secteur de MANZO pour faciliter la comparaison des résultats des diverses variantes.

La variante B 3 diffère de la variante B 2 par le seul fait que le débit maximal de pompage a été élevé à 1 000 l/s et qu'en conséquence le débit des conduites a été porté à :

800 l/s en gravitaire entre DIRECTOIRE et MANZO

650 l/s en gravitaire en aval de MANZO

1 150 l/s en distribution sous pression en aval de MANZO

Il s'agit donc du système B avec toutes ses contraintes, dans lequel on a supprimé le barrage de PAQUEMAR. On a traité la variante B 2 avec un débit maximal de pompage de 900 l/s, on traite maintenant la variante B 3 avec un débit maximal de pompage de 1 000 l/s.

6.5.2. Résultats généraux

Sur 20 années de simulation on compte 2 ans sans pénurie, 6 ans à faible pénurie inférieure à 10%, 9 ans à pénurie moyenne comprise entre 10 et 25% et 3 années à forte pénurie supérieure à 25% dont 1960 avec 58% et 1973 avec 61%. En se reportant aux résultats de B 2 on constate que pouvoir pomper jusqu'à 1 000 l/s permet de diminuer le nombre d'années à forte pénurie.

Sur 233 mois de simulation on compte 65 mois avec pénurie alors qu'on en comptait 67 dans la variante B 2 : l'amélioration, sur ce point, est insignifiante.

La durée annuelle de la pénurie peut également être comparée à celle de la variante B 2 :

	B 2	B 3
0 mois par an	2 ans	2 ans
moins de 2 mois consécutifs	4 ans	5 ans
2 mois consécutifs	3 ans	2 ans
3 mois consécutifs	6 ans	7 ans
4 mois consécutifs	1 an	1 an
5 mois consécutifs	1 an	1 an
6 mois consécutifs	3 ans	2 ans
durée moyenne en mois	2, 75 mois	2, 51 mois
	consécutifs	consécutifs

On voit apparaître sur ce plan une amélioration mais qui reste légère puisque la durée moyenne de la pénurie annuelle a diminué d'une semaine.

L'examen du transfert des volumes d'eau montre que l'accroissement du

débit maximal de pompage rend disponible dans la LEZARDE 31,9 Mm³ en 20 ans soit, en moyenne 1,6 Mm³ par an. Il montre en outre que dans la variante B 3 on ne prélève guère que la moitié (15,2 Mm³) de ces ressources supplémentaires, ce qui a pour effet d'abaisser le rapport du prélevé / disponible. Evalué à 0,95 dans la variante B 2, il n'est plus que de 0,91 dans B 3. Ces prélèvements supplémentaires ne vont pas réduire d'autant les pénuries, mais seulement de 12,9 Mm³ car le stockage des apports naturels (apports non prévisibles) est moins complet. Cette réduction du volume de pénurie fait baisser de 3 points le taux de pénurie : c'est l'essentiel du gain que l'on obtient en autorisant de pomper jusqu'à 1 000 l/s.

		B 2	B 3
- Volume disponible	10 ³ m ³	439 018,4	470 393,7
- Volume prélevé	10 ³ m ³	413 980,1	429 147,4
- Volume non prélevé	10 ³ m ³	25 038,2	41 746,4
Prélevé / Disponible		0,95	0,91
- Besoins	10 ³ m ³	424 046,4	424 046,4
- Pénuries	10 ³ m ³	99 586,8	86 675,2
Taux de pénurie		0,23	0,20

L'analyse du comportement des retenues montre que le remplissage et la vidange des réservoirs de MANZO et de CREVE-COEUR sont mieux équilibrés lorsqu'on peut pomper 1 000 l/s au lieu de 900. Mais nous pensons que c'est le fait d'avoir dimensionné à 650 l/s au lieu de 550 l/s le débit maximal en gravitaire du tronçon MANZO - CREVE-COEUR qui a permis de régulariser de façon satisfaisante le fonctionnement de la retenue de CREVE-COEUR. En effet cette conduite a été saturée pendant tout le mois, en fonctionnement d'adduction permanente, 42 fois dans la variante B 2, et seulement 31 fois dans la variante B 3.

		B 2	B 3
- MANZO	Plein	25	30
	Vide	51	47
	Vide exception-		
	nel	21	20
- CREVE-COEUR	Plein	27	35
	Vide	40	36

6.6. Variante B 4

6.6.1. Conditions de simulation

Nous avons simulé dans la variante B 3 les conditions de simulation les plus favorables pour abaisser le taux de pénurie lorsqu'on ne dispose pas de la retenue de PAQUEMAR. Nous tenons à savoir maintenant quel gain on obtiendrait si, dans ces mêmes conditions, on disposait de la retenue de PAQUEMAR.

Les conditions de simulation de la variante B 4 sont donc identiques à celles de la variante B 3, mais on a inclus la retenue de PAQUEMAR dans le système.

6.6.2. Résultats généraux

En comparant les résultats de B 4 à ceux de B 3 on peut apprécier le gain qu'apporte dans le système B l'utilisation de la retenue de PAQUEMAR. En comparant ces mêmes résultats de B 4 à ceux de la variante A 4, on peut apprécier les avantages et les inconvénients des deux systèmes A et B fonctionnant tous les deux dans les meilleures conditions d'efficacité.

Sur 20 ans de simulation, 5 années sont sans pénurie, 6 à faible pénurie, 6 à pénurie moyenne et 3 à forte pénurie. Par rapport à la variante B 3 on voit que 3 années à pénurie moyenne sont entrées dans la classe des faibles pénuries tandis que 3 années de cette classe ont vu leur pénurie disparaître. La retenue de PAQUEMAR a donc un rôle moins efficace en période de grande pénurie qu'en période de faible et moyenne pénurie. Ce ne serait évidemment pas le cas si la retenue avait une capacité utile beaucoup plus importante que celle qui est définie à la cote 50 m. Dans la variante A 4 qui utilise les trois retenues avec les mêmes contraintes mais dans un système différent, on était arrivé à compter 7 années sans pénurie, soit deux de plus que dans la variante B 4.

Sur les 233 mois consécutifs de la période de simulation on compte 51 mois avec pénurie dans la variante B 4 : on en comptait 65 en B 3 et 37 seulement en A 4. Ces mois se répartissent ainsi :

		J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
B	3	4	3	11	11	13	8	3	4	1	1	3	3
B	4	4	2	4	6	13	8	3	3	1	1	3	3
A	4	0	1	4	6	12	7	3	3	0	0	1	0

On voit très nettement que c'est l'utilisation de la retenue de PAQUEMAR dans le système B (B 4), qui a permis de diminuer la fréquence des pénuries en mars et avril ; pour les autres mois la différence n'est pas sensible. Mais on constate alors que le système A, dans sa variante A 4 conduisait à des fréquences de pénurie tout à fait semblables à celles de la variante B 4 de février à octobre, tandis que les pénuries de novembre, décembre et janvier étaient à peu près inconnues, ce qui n'est plus du tout le cas en B 4.

La durée moyenne annuelle de la pénurie, en B 4, est de 1,95 mois ce qui représente 17 jours de moins que dans la variante B 3. Elle était de 1,75 mois en A 4 c'est-à-dire plus courte encore de 6 jours. La durée annuelle de la pénurie a été :

	B 3	B 4	A 4
0 mois par an	2 ans	5 ans	7 ans
moins de 2 mois consécutifs	5 ans	5 ans	3 ans
2 mois consécutifs	2 ans	5 ans	5 ans
3 mois consécutifs	7 ans	1 an	1 an
4 mois consécutifs	1 an	1 an	2 ans
5 mois consécutifs	1 an	1 an	1 an
6 mois consécutifs	2 ans	2 ans	1 an

En examinant les volumes d'eau transférés au cours de la période 1954-1973, on est surpris de constater qu'utiliser la retenue de PAQUEMAR dans le système B, n'entraîne pas, ou très peu, de prélèvements supplémentaires dans la LEZARDE. C'est que les apports nets du bassin versant de PAQUEMAR avec 13,2 Mm³, assurent, à long terme, le remplissage de la retenue ; l'adduction d'eau en provenance de la LEZARDE est occasionnelle et même rare. Ces apports naturels qui constituent une ressource supplémentaire, ignorée en B 3, a permis d'abaisser de 11,2 Mm³ le volume global de la pénurie et de ce fait, le taux de pénurie de 0,20

à 0,18. Dans le système A 4 on avait pu prélever dans la LEZARDE 3,83 Mm³ de plus que dans le système B 4 et il en a résulté que le volume global de pénurie était de 4,05 Mm³ inférieur à celui auquel conduit la variante B 4 ; d'où la différence de 1 point dans le taux global de pénurie :

		B 3	B 4	A 4
.. Volume disponible	10 ³ m ³	470 893,7	470 893,7	470 893,7
- Volume prélevé	10 ³ m ³	429 147,4	430 016,5	433 846,3
- Volume non prélevé	10 ³ m ³	41 746,4	40 877,2	37 047,4
Prélevé / Disponible		0,91	0,91	0,92
- Volume des Besoins	10 ³ m ³	424 046,4	424 046,4	424 046,4
- Volume des Pénuries	10 ³ m ³	86 675,2	75 512,6	71 462,1
Taux de Pénurie		0,204	0,178	0,168

Dans la variante B 4, le réservoir de PAQUEMAR est venu en aide 30 fois au secteur de MANZO et 12 fois au secteur de CREVE-COEUR pour délivrer au total 13,070 Mm³ dont 9,510 au secteur de MANZO (73%) et 3,560 (27%) au secteur de CREVE-COEUR tandis que ces deux secteurs représentent successivement 68% et 32% des superficies irriguées.

Enfin on ne voit pas de grandes différences entre le comportement des retenues de MANZO et de CREVE-COEUR dans les variantes B 3 et B 4, sauf qu'en B 4, la retenue de MANZO se vide un peu moins souvent. Lorsqu'on introduit la retenue de PAQUEMAR dans le système, celle-ci a un comportement équilibré avec un nombre de remplissages voisin du nombre des vidanges.

		B 3	B 4
- MANZO	Plein	30	31
	Vide	47	45
	Vide exceptionnel	20	15
- PAQUEMAR	Plein		40
	Vide		37
- CREVE-COEUR	Plein	35	35
	Vide	36	36

Mais le nombre de remplissages de la retenue de MANZO n'est pas affecté par la présence de la retenue de PAQUETAR, car au cours de la 4^{ème} phase durant laquelle on remplit le réservoir de CREVE-COEUR, l'excédent de débit pompé est déversé dans la retenue de MANZO qui a déjà été remplie partiellement au cours de la phase précédente.

6.7. Durée moyenne de fonctionnement en irrigation.

Le tronçon de conduite MANZO - CREVE-COEUR est utilisé alternativement en distribution (irrigation) et en adduction. La durée de fonctionnement en irrigation est calculée chaque mois par le modèle. On a tiré de ces résultats, pour toutes les variantes du système B la moyenne interannuelle de ces données. Et on peut constater, d'après le tableau suivant où elles sont exprimées en nombre de jours par mois, qu'elles sont invariantes, leur total atteignant 144 jours par an.

	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Total
B 1,3	12	15	27	25	22	13	9	7	3	2	5	4	144
B 2	12	16	27	25	22	13	9	7	3	2	5	4	145
B 3	12	15	27	25	22	13	9	7	3	2	5	4	144
B 4	12	16	26	25	22	13	9	7	3	2	5	4	144

Sur ces 144 jours d'irrigation, on ne compte que 28 jours à plein débit de distribution (1150 l/s prélevés dans la retenue de MANZO). C'est dire que 4 fois sur 5 la durée d'irrigation n'est pas motivée par le débit maximal de la conduite mais par les autres contraintes liées à la gestion (temps minimal d'irrigation), à la situation des ressources (volumes stockés, débit de prélèvement dans la LEZARDE), ou à l'exigence des cultures conformément à ce qui est exposé en 5.2.

En prenant pour exemple la variante B 13, nous avons fait un autre décompte qui distingue 6 cas pouvant se présenter pour 1 mois :

- pas d'irrigation en raison de l'absence totale de besoin
- pas d'irrigation en raison de besoins trop faibles
- durée d'irrigation limitée à 1/6 mois : c'est la durée minimale qu'on a choisie pour figurer dans les règles de gestion

- d) durée d'irrigation comprise entre 1/6 et 5/6 mois
- e) irrigation permanente, mais avec un débit moyen de distribution inférieur au débit maximal de la conduite C'est le cas lorsque irriguer pendant 5/6 mois ne serait pas tout à fait suffisant, ou bien lorsque les ressources hydrauliques du moment ne permettent pas de satisfaire plus rapidement les besoins.
- f) irrigation permanente au débit maximal de la conduite de distribution. C'est le cas lorsque les ressources hydrauliques sont abondantes mais que les installations de distribution fonctionnent à la limite de leurs possibilités.

Nous avons calculé, mensuellement, donc sur 19 ou 20 occurrences pendant la période de simulation, la probabilité de chacun des six cas. Cette probabilité est simplement le rapport du nombre de fois où le cas en question s'est présenté, sur le nombre total de mois (19 ou 20). On trouve :

	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	Moy.
a)	0,105	0,158	0	0	0,100	0,200	0,450	0,600	0,526	0,685	0,526	0,526	0,323
b)	0,158	0,053	0,053	0	0,050	0,150	0	0	0,053	0,105	0,105	0,158	0,074
c)	0,158	0	0	0	0,050	0,150	0,100	0,100	0,263	0,105	0,158	0	0,090
d)	0,526	0,578	0,158	0,350	0,250	0,200	0,350	0,150	0,158	0,105	0,158	0,316	0,275
e)	0,053	0,158	0,368	0,550	0,550	0,300	0,100	0,100	0	0	0,053	0	0,186
f)	0	0,053	0,421	0,100	0	0	0	0,050	0	0	0	0	0,052

On peut alors dire, en arrondissant, qu'en année moyenne on n'irrigue pas au cours de 5 mois, on irrigue pendant le temps minimal (1/6 mois) au cours d'un mois, on irrigue pendant une durée variant de 1/6 à 5/6 mois au cours de 3 mois, et on irrigue en permanence au cours de 3 mois.

TABLEAU COMPARATIF DES RESULTATS DE SIMULATION

PARAMETRES DE LA SIMULATION		S Y S T E M E A					S Y S T E M E B			
Période de simulation	1-4-54 - 31-3-72 (216m)	*	1-4-54 - 31-8-73 (233 mois)			*	1-4-54 - 31-8-73 (233 mois)			
Nom des variantes simulées	A 2	A 2.21	A 2.22	A 3	A 4		B 13	B 2	B 3	B 4
Débit max de pompage en l/s	900	900	900	900	* 1000		900	900	* 1000	1000
Débits max des conduites en l/s	700,500,400	700,500,400	700,500,400	700,500,400	*800,600,500		700,550,1150	700,550,1150	*800,650,1150	800,650,1150
Cote max retenue MANZO en m	50	50	50	* 52	52		52	52	52	52
Cote(s) min retenue MANZO en m	40	* 40 et 36	40 et 36	40 et 36	40 et 36		40 et 36	40 et 36	40 et 36	40 et 36
Etat initial des retenues le 1-4-54	PLEIN	* 1/2 PLEIN	1/2 PLEIN	1/2 PLEIN	1/2 PLEIN		1/2 PLEIN	1/2 PLEIN	1/2 PLEIN	1/2 PLEIN
Evapotranspiration, Réserve en eau du sol	(ETP, RFU) 1	(ETP, RFU) 2	(ETP, RFU) 2	(ETP, RFU) 2	(ETP, RFU) 2		(ETP, RFU) 2	(ETP, RFU) 2	(ETP, RFU) 2	(ETP, RFU) 2
Divers							avec PAQ	* sans PAQ	sans PAQ	* avec PAQ
PRINCIPAUX RESULTATS										
Nombre de mois à conduites saturées	12, 11, 35	18, 14, 67	19, 15, 68	20, 20, 66	18, 13, 26		21,	21,	18,	18,
Nombre de mois à retenues pleines	48, 45, 41	29, 28, 20	29, 28, 20	43, 32, 23	48, 42, 40		25, 36, 28	25, -, 27	30, -, 35	31, 40, 35
Nombre de mois à retenues vides	21, 20, 16	33, 34, 32	43, 44, 42	40, 39, 39	36, 35, 34		47, 41, 40	51, -, 40	47, -, 36	45, 37, 36
Rapport volume prélevé / volume disponible pompage	0,85	0,93	0,94	0,95	0,92		0,95	0,95	0,91	0,91
Volume total prélevé en 10 ³ m ³	351146,3	383024,6	410574,9	417531,1	433846,3		414927,6	413980,	429147,4	430016,5
Volume total distribué eau potable en 10 ³ m ³	112585,4	112585,4	121322,2	121322,2	121322,2		121322,1	121322,1	121322,1	121322,1
Pénurie en eau potable en 10 ³ m ³	1030,7	1030,7	1245,0	1245,0	1245,0		1245,0	1245,0	1245,0	1245,0
Volume total distribué irrigation en 10 ³ m ³	274671,4	307199,4	330843,3	338787,3	352584,5		336028,8	324459,6	337371,2	348533,8
Pénurie en eau d'irrigation en 10 ³ m ³	37586,4	68501,4	93203,3	85259,3	71462,1		88017,6	99586,8	86675,2	75512,6
Taux général de pénurie en eau d'irrigation	0,12	0,18	0,22	0,20	0,17		0,21	0,23	0,20	0,18
Durée annuelle moyenne de pénurie en jours consécutifs	47	61	72	66	55		67	87	77	61
Besoins en eau d'irrigation en 10 ³ m ³	312257,8	375700,8	424046,6	424046,6	424046,6		424046,4	424046,4	424046,4	424046,4
RESULTATS DE 1960 TRES DEFICITAIRE										
Rapport volume prélevé / volume disponible	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00
Pénurie en eau potable en 10 ³ m ³	0	0	0	0	0		0	0	0	0
Pénurie en eau d'irrigation en 10 ³ m ³	11714,5	15739,6	15739,6	15050,8	13270,0		15216,6	15225,1	14092,1	13528,5
Taux annuel de pénurie en eau d'irrigation	0,58	0,65	0,65	0,62	0,55		0,63	0,63	0,58	0,56
Nombre de mois consécutifs de pénurie	5	7 [□]	7 [□]	6	5		6	6	6	6

□ décembre 1959 est affecté d'un taux de pénurie de 20 %

- NOTA. 1. Les résultats des variantes A1, B1, B12, B22, jugés moins essentiels et moins aisément comparables aux autres, ne figurent pas dans ce tableau.
2. La présence d'un astérisque * souligne une différence entre les valeurs du paramètre inscrites de part et d'autre de ce symbole.
3. Les conduites sont décrites d'amont vers l'aval à partir de DIRECTOIRE, et les retenues sont dans l'ordre: MANZO, PAQUEMAR, CREVE-COEUR.
4. Les besoins en eau d'irrigation sont majorés par 1,25 pour tenir compte de l'efficacité de 0,8 du réseau de distribution

CONCLUSION

=====

La simulation de la gestion des aménagements pour l'irrigation du sud-est de la MARTINIQUE n'a pas eu pour seul objet de traiter le problème dans quelques cas initialement choisis, dans lesquels tous les paramètres définissant les contraintes d'aménagement (structures des ouvrages et règles de gestion) auraient été prédéterminés. Il a fallu établir par quelques essais les meilleures valeurs qu'il convenait d'attribuer à certains de ces paramètres pour ne plus avoir ultérieurement à les modifier. Les variantes A 1 et A 2 du système A ont servi à mettre au point le modèle en simulant une période de fonctionnement de 216 mois. Elles ont permis d'adopter pour la variante A 22 et les suivantes des conditions initiales pour la période de 233 mois, fixées à des retenues à moitié pleines le 1-4-1954, de fixer pour la suite les valeurs de l'ETP et des réserves en eau du sol qui permettent de calculer les besoins en eau des cultures, d'introduire enfin la contrainte liée au calendrier cultural de la canne à sucre.

La variante A 22 a montré qu'en utilisant 94% des disponibilités à la station de pompage de la LEZARDE on ne pouvait réduire à moins de 22% le taux général de pénurie en eau d'irrigation. En augmentant le volume des retenues de stockage on a pensé pouvoir récupérer une partie des 6% de volume disponible abandonné à la LEZARDE. C'est pourquoi on a porté la cote maximale de la retenue de MANZO de 50 à 52 m. Le résultat, en A 3 n'a pas apporté autant d'amélioration qu'on l'espérait bien que le taux général de pénurie ait baissé de 2 points. Dans un dernier stade on a élevé à 1 000 l/s le débit maximal de pompage et on a vu en A 4 une autre diminution de 3 points du taux général de pénurie.

On a ensuite commencé à simuler le système B avec la variante B 1 pour régler le modèle. La variante B 2 a servi à faire fonctionner le modèle sans la retenue de PAQUEMAR. Les variantes B 12 et B 22 ont simplement montré que l'influence de la définition du seuil d'irrigation du secteur de MANZO se traduisait par un effet négligeable sur les pénuries. On a alors simulé B 13 qui est l'équivalent de B 2 mais avec PAQUEMAR. La cote du réservoir de MANZO ayant été, dès le début, portée à 52 mètres, on a fait varier le débit de pompage de 900 à 1000 l/s et on en a étudié les effets en présence ou en l'absence d'une retenue à PAQUEMAR. On a ainsi vu le taux global de pénurie décroître de 0,23 à 0,18 :

900 l/s, sans PAQUEMAR : 0,23, avec PAQUEMAR 0,21
1 000 l/s, sans PAQUEMAR : 0,20, avec PAQUEMAR 0,18.

Cette démarche guidée par la recherche des moyens de réduire autant que possible le taux général de pénurie a conduit à des résultats qu'il convient de critiquer en posant par exemple, les trois questions suivantes :

- Pourquoi n'utilise-t-on jamais tout le volume disponible dans la LEZARDE, mais seulement 95%, parfois 91%.
- Les apports nets des petits bassins versants représentent-ils une fraction importante des ressources en eau d'irrigation et quel est le système qui les utilise le plus judicieusement.
- La puissance maximale de la station de pompage dans la LEZARDE est-elle sollicitée régulièrement ou seulement accidentellement.

Nous répondrons successivement à ces trois questions, puis nous tenterons de mettre en évidence la sensibilité dont témoignent les systèmes étudiés aux variations de certains paramètres.

1. Si l'on est parfois obligé d'abandonner à la LEZARDE une partie du débit disponible c'est ou bien parce que les retenues sont pleines et que par conséquent on ne peut plus stocker d'eau (il est alors inutile d'en pomper), ou bien parce que certains tronçons de conduite ne peuvent pas débiter suffisamment ; ce cas est beaucoup plus rare que le premier comme on peut le constater dans le tableau suivant où figurent le nombre de mois où de l'eau fut refusée et les raisons de ces refus. Pour le système A où le fonctionnement se fait à régime constant tout au long du mois on peut distinguer les deux tronçons de conduite qui peuvent être saturés (MANZO - PAQUEMAR et PAQUEMAR - CREVE-COEUR). Le premier tronçon DIRECTOIRE MANZO n'est saturé que lorsque le pompage est maximal. Dans le système B cette distinction n'est pas possible ; de plus le régime n'étant pas uniforme pendant tout le mois, la saturation d'un tronçon peut n'être que temporaire (pendant une seule phase des opérations) : nous avons globalement inclus dans la dernière colonne du tableau le nombre de fois où "certaines" conduites ont été saturées temporairement ou en permanence au cours du mois.

VARIANTES	NOMBRE DE REFUS	P O U R C A U S E D E		
		RETENUES PLEINES.	CONDUITES amont	SATUREES aval
A 22	28	20	2	6
A 3	23	19	0	4
A 4 *	26	25	1	0
B 13	25	20		5
B 2	25	20		5
B 3	31	26		5
B 4 *	32	27		5

* - Voir graphiques 8 et 9.

Notons que ces refus n'ont pas toujours été sanctionnés par une pénurie, ou plutôt que dans la grande majorité des cas, la saturation d'un tronçon de conduite n'a eu aucune autre conséquence que celle de retarder de quelques mois le remplissage d'une retenue, retard sans aucun dommage car sans aucune incidence sur la pénurie. C'est bien davantage la valeur du débit maximal de pompage et la capacité de stockage des retenues qui, conjointement, conditionnent le taux de pénurie.

2. Les apports nets des petits bassins versants sont constitués par la différence entre les volumes écoulés et les volumes évaporés sur la surface des retenues. Il arrive fréquemment que ces apports soient négatifs lorsque l'évaporation sur la surface de la retenue représente un volume supérieur à celui de l'écoulement provoqué par les précipitations. Ces apports ne sont pas toujours stockés. En effet on les a tenus pour imprévisibles et le souci de la gestion a été de prélever le plus d'eau possible dans la LEZARDE pour la mettre en réserve dans les retenues : ainsi les apports qui arrivent dans des retenues déjà pleines ne peuvent pas être conservés et doivent être évacués. Sur 20 ans de simulation on a dû, occasionnellement, se débarrasser de certains apports.

Nombre d'années durant lesquelles on a dû évacuer certains apports :

	A 22	A 3	A 4	B 13	B 2	B 3	B 4
MANZO	8	7	7	4	4	8	7
PAQUEMAR	9	10	10	9	-	-	11
CREVE-COEUR	2	4	8	6	5	9	9

Ce n'est donc guère qu'une année sur deux en moyenne qu'on est amené à évacuer de l'eau d'une ou de plusieurs des retenues. Mais les volumes évacués sont très faibles comme on va le voir. Pour l'ensemble de la période de simulation, nous avons calculé le montant des apports nets de chacun des bassins versants et le montant des volumes évacués, nous en avons déduits le montant des volumes utilisés provenant des apports nets ; nous en avons fait la somme et avons comparé ce volume à celui qui a été prélevé dans la LEZARDE. Les apports nets du bassin de MANZO s'élèvent à environ 1,3 Mm³/an ; on en évacue à peu près 0,09 Mm³/an c'est dire qu'on utilise 93% des apports nets. Ceux du bassin de PAQUEMAR s'élèvent à environ 0,69 Mm³/an ; on en évacue 0,17 Mm³/an, on en utilise donc 75%. Les apports nets du bassin de CREVE-COEUR sont très faibles, de l'ordre de 0,10 Mm³/an, et on en utilise 72%. Au total et en année moyenne les apports nets utilisés représentent 10% de la quantité globale d'eau qu'on a distribuée aux périmètres irrigués. Ce pourcentage oscille, avec les variantes, entre 7 et 11%.

VOLUMES MOYENS ANNUELS, EN MILLIERS DE M³.

	M A N Z O			P A Q U E M A R			C R E V E - C O E U R			S U	S I R R I G
	A	E	U	A	E	U	A	E	U		
A22	1314,1	182,4	1131,7	693,2	128,7	564,5	115,6	3,6	112,0	1808,2	16704,7
			86%			81%			97%	10,8%	
A 3	1295,7	67,6	1228,1	690,0	155,3	534,7	105,3	9,1	96,2	1859,0	17113,8
			95%			77%			91%	10,9%	
A 4	1286,7	91,0	1195,7	684,3	207,3	477,0	82,2	35,0	47,1	1719,7	17814,7
			93%			70%			57%	9,7%	
B13	1297,6	49,4	1248,2	686,7	163,2	523,5	104,6	25,3	79,3	1851,0	16971,7
			96%			76%			76%	10,9%	
B 2	1299,4	49,4	1250,0				104,7	17,2	87,5	1337,5	16409,4
			96%						84%	8,1%	
B 3	1286,8	100,9	1185,9				83,3	47,8	35,5	1221,4	17074,4
			92%						43%	7,1%	
B 4	1286,3	87,0	1199,3	683,5	199,3	484,2	83,4	48,9	34,5	1718,0	17615,8
			93%			71%			41%	9,7%	

A = Apports nets du bassin versant

E = Volume évacué

U = A - E : Fraction des apports net utilisée

S U = Somme des apports nets utilisés avec le % par rapport à S IRRIG.

S IRRIG : Somme des volumes introduits dans les retenues et des apports nets utilisés.

L'eau initialement stockée le 1-4-1954 a été entièrement distribuée car les retenues sont vides en fin de simulation. Ce volume représente 6,48 Mm³ quand on utilise PAQUEMAR et 5,83 Mm³ quand on exclut PAQUEMAR. Donc le volume global fourni à l'irrigation s'obtient en ajoutant ce volume initial à $\frac{S \text{ IRRIG} \times 233}{12}$

12

Par exemple pour la variante B 4 :

$$\frac{17615,8 \times 233}{12} + 6481,7 = 548,5 \text{ Millions de m}^3$$

C'est bien ce chiffre qui figure dans le tableau comparatif, chiffre qu'on obtient en soustrayant des besoins en eau d'irrigation, le montant global des pénuries.

3. La durée annuelle moyenne de fonctionnement à pleine puissance de la station de pompage de la LEZARDE relève d'un simple décompte. Du 1er avril 1954 au 31 août 1973, la rivière a offert au cours de 29 mois un débit disponible égal au débit maximal de pompage. Donc en moyenne cette situation se présente $\frac{29 \times 12}{233} = 1,49$ mois par an.

Pendant la même période on dénombre 18 mois de pompage à débit maximal dans la variante A 22 soit 0,93 mois par an, 20 mois dans la variante A 3 soit 1,03 mois par an, 21 mois dans la variante B 1,3 soit 1,08 mois/an, 18 mois dans les variantes A 4 et B 4 (voir graphiques 8 et 9) soit 0,93 mois par an :

Variante	Disponible	A 22	A 3	B 13	A 4	B 4
Durée moyenne mois/an	1,49	0,93	1,03	1,08	0,93	0,93

Lorsque le débit est fixé à 900 l/s on constate une augmentation de la durée de fonctionnement des pompes à plein régime lorsqu'on fait passer la cote de MANZO de 50 à 52 m. Lorsque cette cote est fixée à 52 m, on constate

	A 2	A22.1	A22.2	A 3	A 4	B 13	B 2	B 3	B 4
Besoins Bananier	3173	3360	3610	3610	3610	3610	3610	3610	3610
Qté distribuée	2791	2747	2816	2884	3001	2861	2763	2872	2967
Besoins Canne	2823	3627	3813	3813	3813	3813	3813	3813	3813
Qté distribuée	2483	2965	2975	3046	3170	3021	2917	3034	3134
Besoins autres Cultures	5381	6544	6807	6807	6807	6807	6807	6807	6807
Qté distribuée	4733	5350	5311	5438	5659	5394	5209	5416	5595
Besoins totaux	4359	5244	5487	5487	5487	5487	5487	5487	5487
Qté distribuée	3834	4287	4281	4384	4562	4348	4199	4366	4510

(la différence entre besoins et quantité distribuée doit être aussi divisée par 1,25 pour représenter le manque réel d'eau).

Si on compare les variantes A 2 et A 221, on constate que les besoins sont passés de 4359 m³/an/ha à 5244 m³/an/ha, soit une majoration de 20,3% qui se compose de 5,9% pour le bananier, 28,5% pour la canne à sucre, et 21,6% pour les autres cultures. Cela provient de l'augmentation des valeurs de ETP et aussi, pour les Autres Cultures, de la diminution de la réserve en eau maximale du sol. Le volume global des pénuries n'est pas affecté par le fait que les conditions initiales des deux variantes ne sont pas identiques car l'année 1954, abondante, n'a pas présenté de pénurie et se termine à retenues pleines dans les deux cas. Par contre ce volume est influencé par l'utilisation que l'on fait de la tranche inférieure (40 - 36 mètres) du barrage de MANZO. Si l'on avait utilisé cette tranche en A 2, on aurait diminué de 5,49 Mm³ le volume des pénuries rendant ainsi la différence encore plus sensible entre les deux variantes. La modification apportée à l'ETP et à RFU, en modifiant les besoins en eau, a fait passer la pénurie moyenne de 449 m³/an/ha à 957 m³/an/ha pour la période 1-4-54 au 31-3-72. Notons encore que la durée de la période de simulation n'est pas longue (18 ans, puis 19,5 ans) car les 17 derniers mois (avril 1972 à août 1973) ont été très déficitaires et font chuter très sensiblement les performances moyennes des aménagements. Il est facile de s'en convaincre avec la variante A 222 qui voit sa pénurie moyenne passer de 957 m³/an/ha à 1206 m³/an/ha.

- b) Sensibilité à la cote de remplissage de la retenue de MANZO. Cet aspect ressort de la comparaison des variantes A 222 et A 3. Faire passer la cote de MANZO de 50 à 52 m permet, dans le système A de pomper en moyenne par an 0,358 Mm³ supplémentaires dans la LEZARDE, et d'en distribuer 0,409 Mm³ de plus chaque année par le fait qu'on a pu utiliser plus efficacement les apports naturels des petits bassins versants. Ainsi la pénurie moyenne qui était de 1206 m³/ha/an s'abaisse à 1117 m³/ha/an. Cet avantage, bien que sensible, est assez faible. On a utilisé en A 3 95% des disponibilités de la LEZARDE. Les 5% restants représentent 288 m³/ha/an. C'est dire qu'on ne peut pas penser réduire la pénurie à moins de 830 m³/ha/an. Mais on constate que le tronçon de conduite allant de PAQUEMAR à CREVE-COEUR a travaillé à plein débit (400 l/s) 2 mois sur 7 tandis que les autres tronçons n'ont, en moyenne, été saturés qu'un mois sur 12. On pourrait penser qu'il y a là un goulot d'étranglement qui empêche la retenue de CREVE-COEUR de se remplir aisément du fait d'un sous-dimensionnement de conduite. Il n'en est malheureusement rien car, quand on a dû abandonner à la LEZARDE une partie du débit disponible, les retenues étaient pleines, ou ont fini par se remplir. Il n'était donc pas possible de stocker davantage d'eau, sauf au seul mois d'avril 1967 : 290.000 m³ ont été abandonnés à la rivière parce que le tronçon MANZO - PAQUEMAR était saturé. Cette seule exception compte pour quantité tout à fait négligeable. Le graphique GR8 montre entre autres choses la variation de la cote du plan d'eau à MANZO dans la variante A4 et on constate que la tranche comprise entre 50 et 52 m est utilisée très fréquemment, elle est donc très efficace.
- c) Sensibilité au débit maximal de pompage. Les essais de simulation ont été tentés avec un débit maximal de pompage de 900 l/s puis de 1 000 l/s. Evidemment la capacité des conduites a été modifiée en conséquence. En comparant les variantes A 3 et A 4 on constate une amélioration très sensible avec une pénurie moyenne qui passe de 1117 m³/ha/an à 924 m³/ha/an et la durée annuelle moyenne de pénurie devient inférieure à 2 mois. Mais on s'aperçoit que l'efficacité du pompage est moins bonne, passant de 95 à 92%. Il est facile de constater qu'ici aussi, malheureusement, l'eau abandonnée à la rivière ne pouvait pas être stockée dans les retenues qui étaient pleines. Il apparaît par conséquent avec le système A qu'on a sans doute intérêt à porter la cote de remplissage de MANZO de 50 à 52 m mais il apparaît aussi que cet avantage prend tout son effet si, en même temps, on porte le débit maximal de pompage de 900 à 1 000 l/s. Dans le système B avec PAQUEMAR, on observe un phénomène analogue en comparant les

résultats de B 13 et de B 4. Toutes choses égales par ailleurs on constate que la pénurie moyenne qui était en B 13 de 1138 m³/ha /an est passée en B 4 à 977 m³/ha/an en n'utilisant que 91% de l'eau disponible de la LEZARDE. On pourrait penser^{que} c'est là l'indice d'une exploitation maladroite dans la variante B 4 : ce n'est pourtant pas le cas puisque, si l'abandon à la rivière d'un débit disponible au pompage n'a pas toujours eu lieu quand les trois retenues étaient pleines, on peut calculer que le volume ainsi perdu pendant les 20 ans de simulation, ne représente que 1,109 Mm³, quantité négligeable devant les 348,5 Mm³ fournis à l'irrigation. C'est en comparant les résultats des variantes B 2 et B 3 qu'on saisit l'influence du débit de pompage dans le système qui exclut la retenue de PAQUEMAR. La pénurie moyenne, quand on peut pomper 900 l/s, s'élève à 1288 m³/ha/an, et s'abaisse à 1121 m³/ha/an quand on peut pomper 1 000 l/s. L'efficacité du pompage a diminué de 95% à 91% mais là aussi le volume perdu n'est que de 1,109 Mm³. Les graphiques GR8 et GR9 montrent les proportions des débits prélevés et non prélevés dans la LEZARDE pour les variantes A 4 et B 4. On voit que la plupart du temps l'abandon d'une partie du débit à la rivière se produit lorsque les retenues sont pleines.

- d) Rôle de la retenue de PAQUEMAR dans le système B. Les variantes B 13 et B 2 d'une part B 4 et B 3 d'autre part mettent en relief le rôle de la retenue de PAQUEMAR dans le système B. Selon que le débit de pompage est fixé à 900 l/s ou à 1 000 l/s, on voit la pénurie s'accroître de 11,569 Mm³ ou /11,163 Mm³ lorsqu'on se prive de la retenue de PAQUEMAR. Ces volumes représentent en moyenne 150 m³/ha/an et 145 m³/ha/an. Il est intéressant de noter que ce volume supplémentaire dont on dispose ne provient que très peu de la LEZARDE mais essentiellement des apports nets du bassin versant de PAQUEMAR : ce volume n'a pas été pompé, il a été récupéré. C'est ce que fait apparaître en effet le tableau suivant qui décompose la provenance des divers volumes engagés.

Volume en 10 ⁶ m ³	B 13 avec PAQ.	B 2 sans PAQ.	Différence
Conditions initiales dans			
MANZO	3,215	3,215	0
PAQUEMAR	0,650	0	- 0,650
CREVE-COEUR	2,616	2,616	0

! Apports nets utilisables !	!	!	!	!
! des bassins versants !	!	!	!	!
! MANZO !	! 24,237 !	! 24,273 !	! + 0,036 !	!
! PAQUEMAR !	! 10,165 !	! 0 !	! - 10,165 !	!
! CREVE-COEUR !	! 1,540 !	! 1,699 !	! + 0,159 !	!
! Volume prélevé dans !	!	!	!	!
! LEZARDE !	! 414,928 !	! 413,980 !	! - 0,948 !	!
! Conditions finales dans !	!	!	!	!
! MANZO !	! 0 !	! 0 !	! 0 !	!
! PAQUEMAR !	! - 0,0013 !	! 0 !	! + 0,0013 !	!
! CREVE-COEUR !	! 0 !	! 0 !	! 0 !	!
! TOTAL !	!	!	! - 11,567 !	!
! PENURIE !	! 88,018 !	! 99,587 !	! + 11,569 !	!

On voit qu'avec ou sans PAQUEMAR on prélève à très peu de chose près le même volume d'eau dans la LEZARDE, et les 11,5 millions de m³ dont on dispose avec PAQUEMAR proviennent pour la quasi totalité des apports nets de ce bassin versant là.

On peut encore noter à ce sujet que l'eau mise en réserve d'une façon ou d'une autre dans la retenue de PAQUEMAR est plutôt destinée à l'irrigation du secteur MANZO - PAQUEMAR, qu'à l'irrigation du secteur CREVE-COEUR. Dans la variante B 13 la retenue de PAQUEMAR a participé pour 12,7 Mm³ à la satisfaction des besoins en eau d'irrigation, dont 10,1 Mm³ (80%) furent attribués au secteur de MANZO (68% de la superficie irriguée) et 2,6 Mm³ (20%) au secteur de CREVE-COEUR (32% de la superficie irriguée). Dans la variante B 4 c'est 13,1 Mm³ qui ont été distribués à partir de PAQUEMAR, dont 9,5 Mm³ (73%) au secteur de MANZO et 3,6 Mm³ (27%) au secteur de CREVE-COEUR. Le graphique GR9 montre l'évolution du plan d'eau dans la retenue de PAQUEMAR.

On peut enfin dire que l'économie qu'on réaliserait en supprimant du système B la retenue de PAQUEMAR et les installations qui s'y rattachent se solderait par un accroissement de la pénurie moyenne de 145 ou 150 m³/ha/an et un allongement de 25 ou 30% de la durée moyenne annuelle de la pénurie, les prélèvements effectués dans la LEZARDE restant inchangés ou presque.

e) Comparaison des système A et B - (Voir les graphiques 8 et 9 pour les variantes A 4 et B 4).

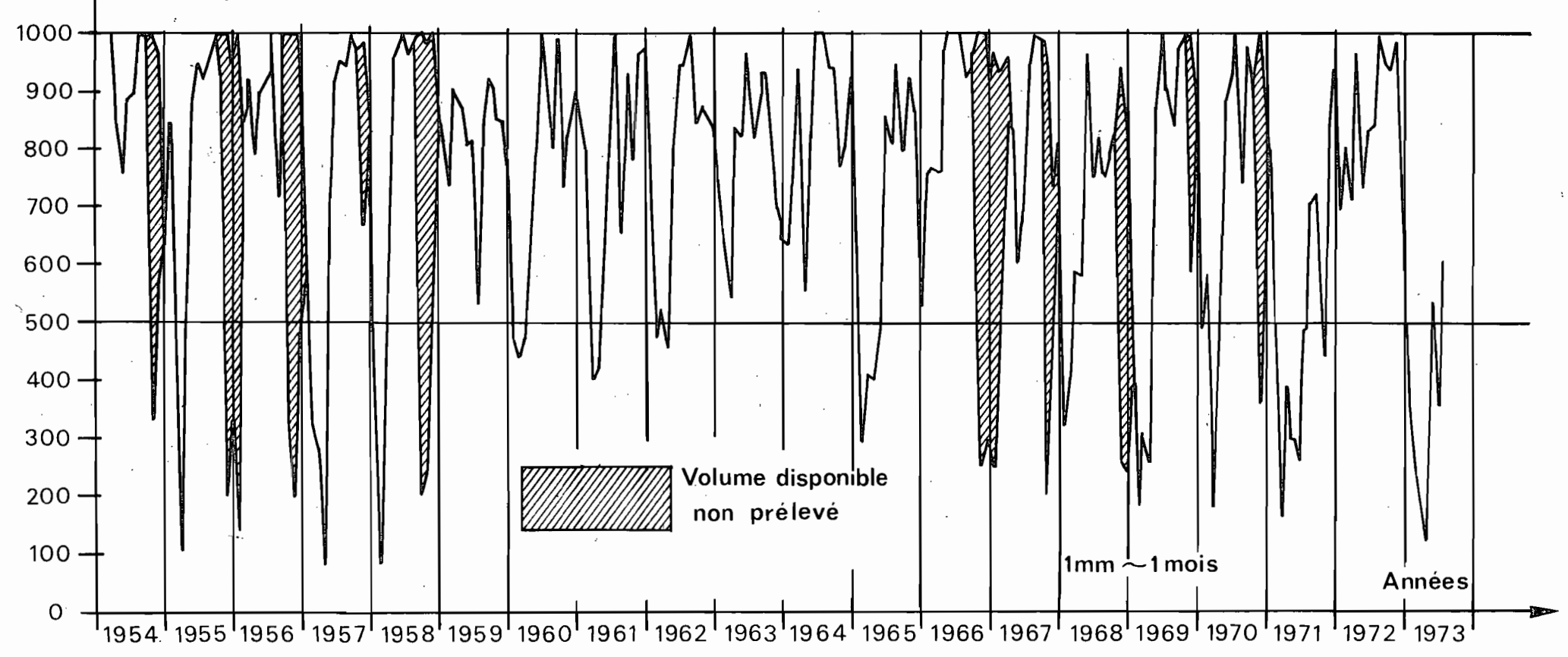
Les variantes A 3 et B 13 sont exactement équivalentes, chacune dans son système propre (débit de pompage 900 l/s, cote MANZO 52 m, mêmes conditions initiales, même nombre de retenues). On constate que leurs résultats sont très voisins. La très légère augmentation du volume de pénurie en passant de A à B (36 m³/ha/an en moyenne) correspond presque exactement à la diminution du volume pompé dans la LEZARDE. Mais on a vu que fixer la cote de MANZO à 52 mètres trouvait un avantage bien plus affirmé si, en même temps, on convenait de fixer le débit maximal de pompage à 1 000 l/s. Dans cette conception, les variantes A 4 et B 4 sont tout à fait comparables. En passant de A en B l'augmentation, encore très légère, du volume de pénurie (52 m³/ha/an en moyenne) correspond aussi à la diminution du volume pompé dans la LEZARDE.

Les systèmes A et B ont, dans les mêmes conditions, une efficacité très voisine. Dans le système B, la suppression de la retenue de PAQUEMAR se solde par une pénurie supplémentaire moyenne de 150 m³/ha/an environ.

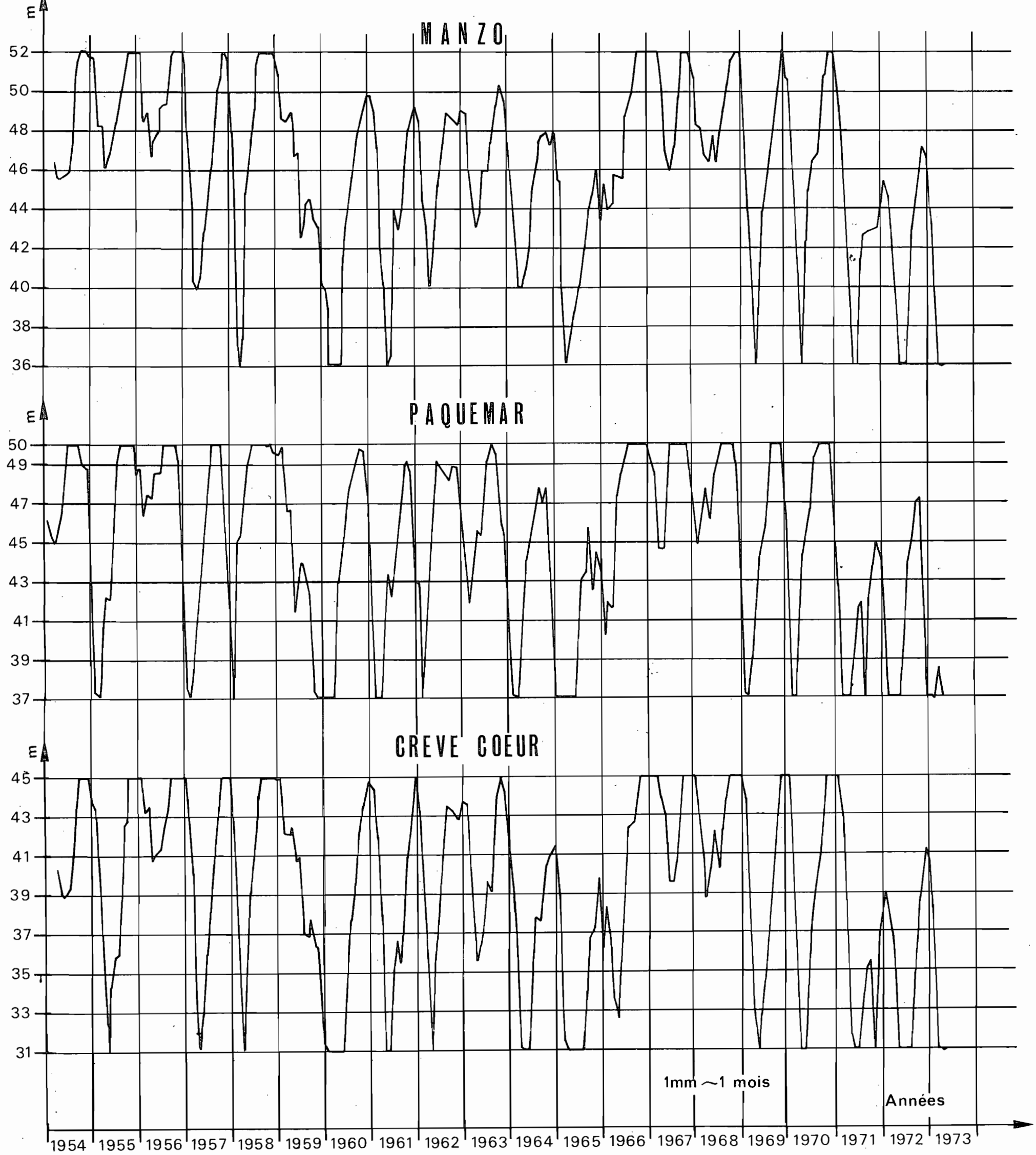
Rappelons enfin, pour clore ce rapport, que le modèle utilisé n'est pas un modèle d'optimisation des paramètres d'aménagement, mais de simulation de fonctionnement, ce qui suppose que tout paramètre et toute règle de gestion précisément définis sont introduits initialement dans le programme. On peut par conséquent multiplier à volonté les variantes de l'un et l'autre système en donnant des valeurs successives à un ou à plusieurs de ces paramètres.

EVOLUTION DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE FONCTIONNEMENT DANS LA VARIANTE A4

DEBITS DISPONIBLES ET DEBITS PRELEVES

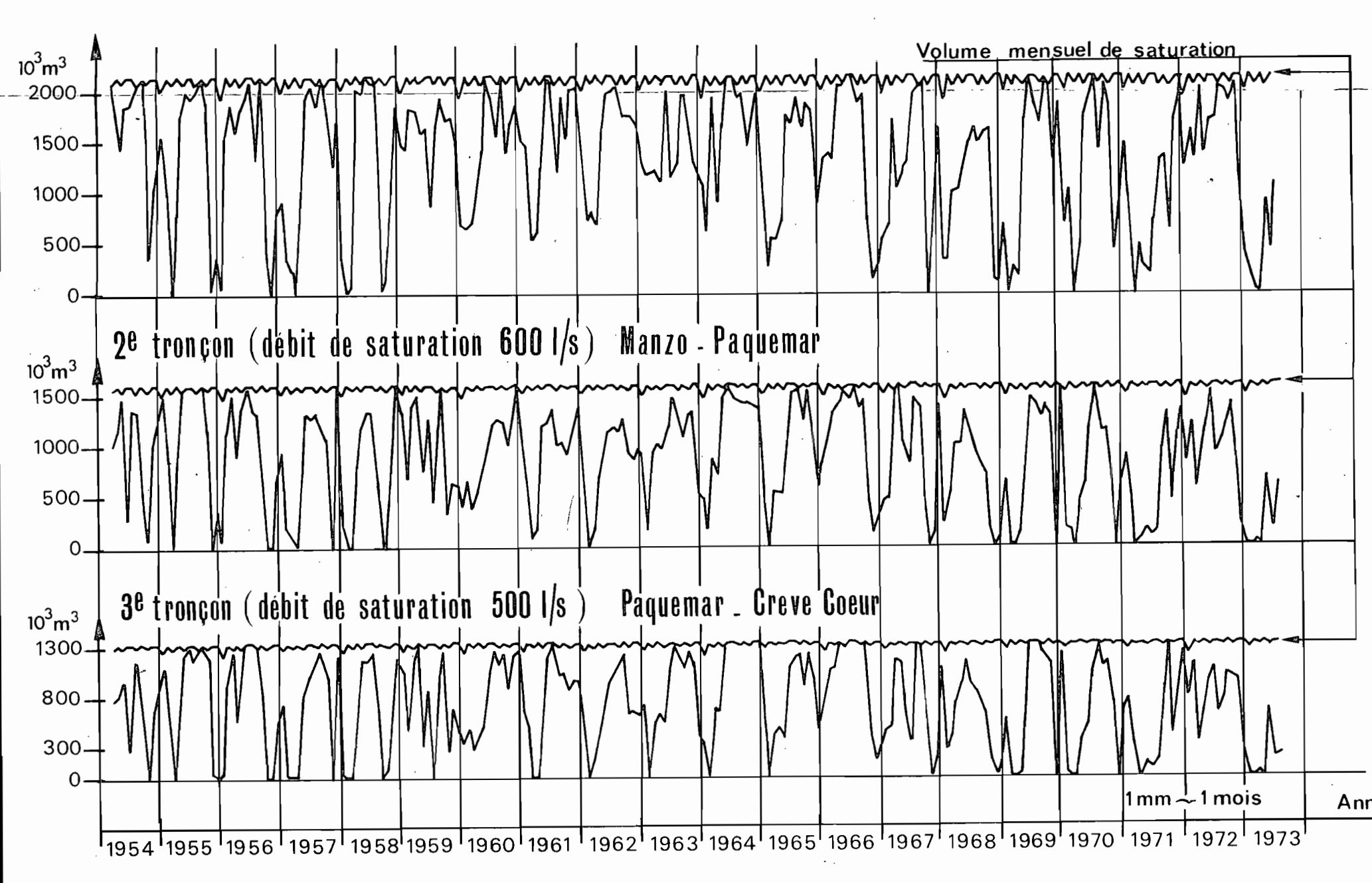


VARIATION DU NIVEAU DE L'EAU DANS LES RETENUES



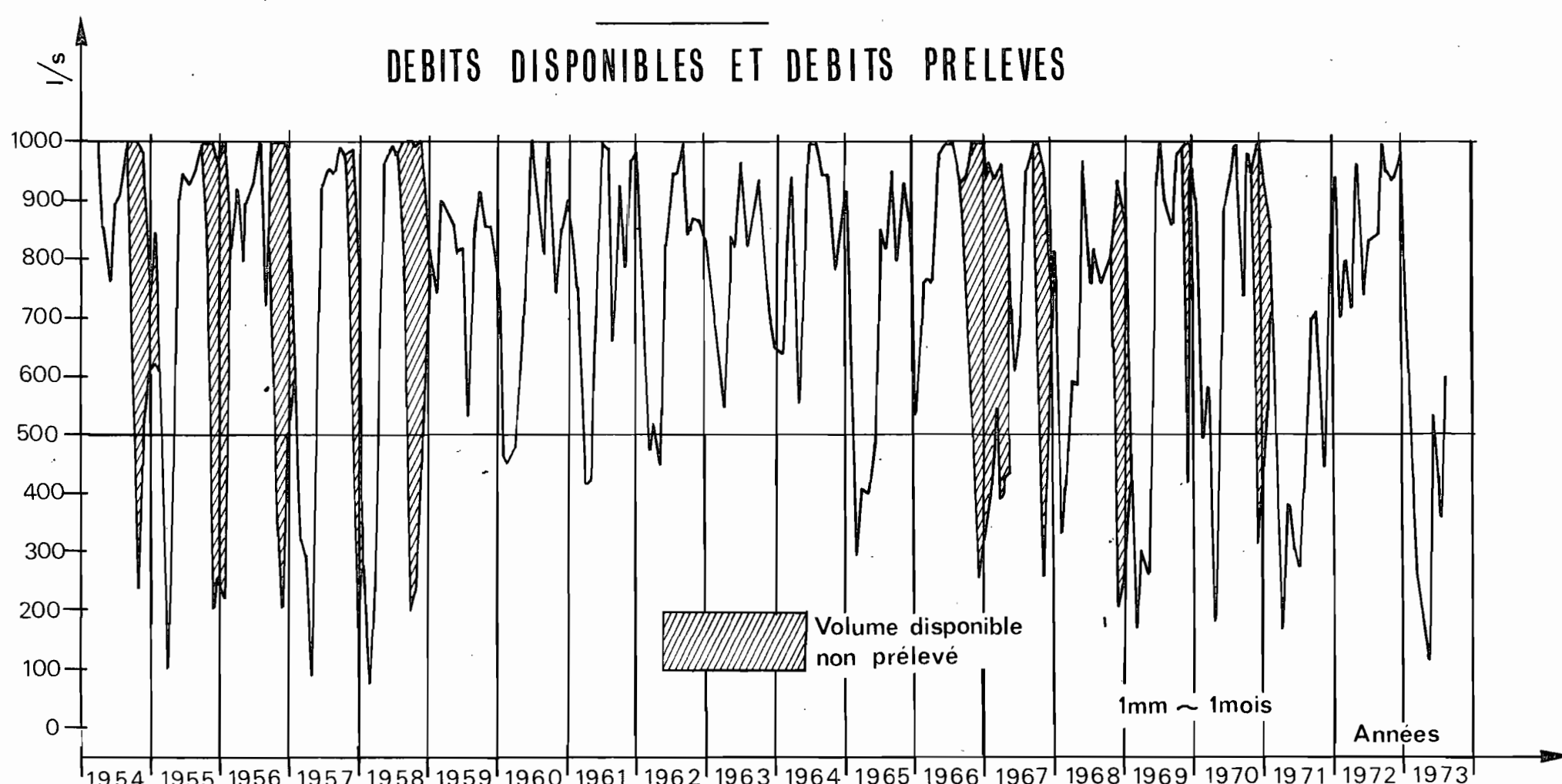
UTILISATION DES CONDUITES (Volumes transportés)

1^{er} tronçon (débit de saturation 800 l/s) Directoire-Manzo



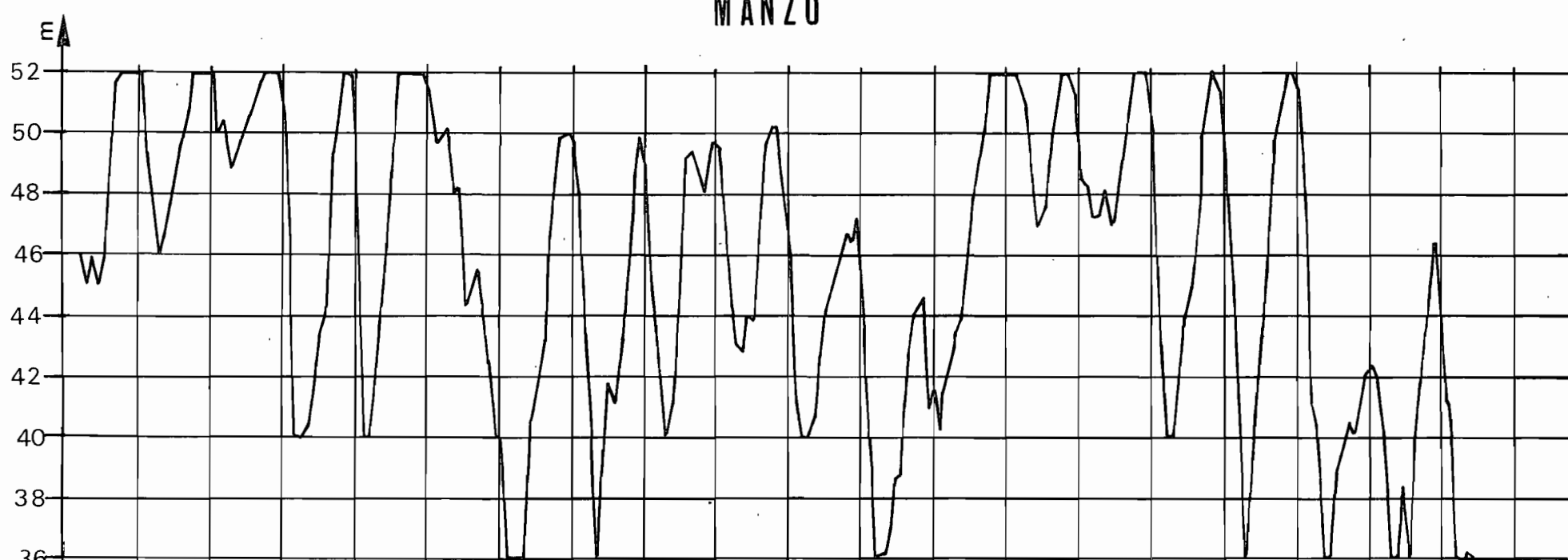
DANS LA VARIANTE B4

DEBITS DISPONIBLES ET DEBITS PRELEVES

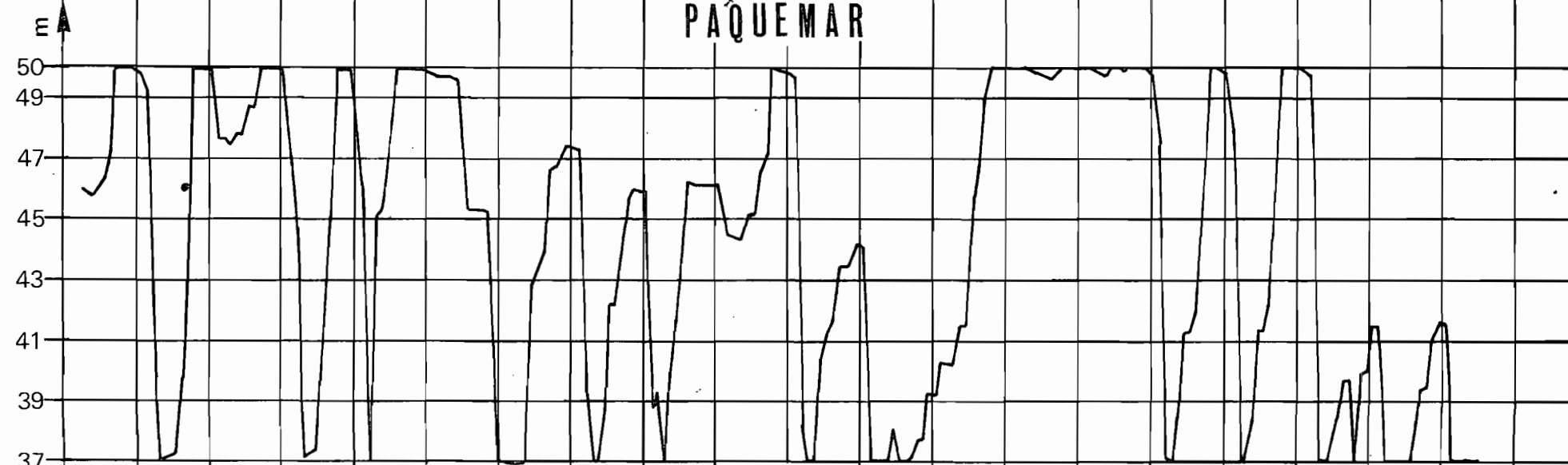


VARIATION DU NIVEAU DE L'EAU DANS LES RETENUES

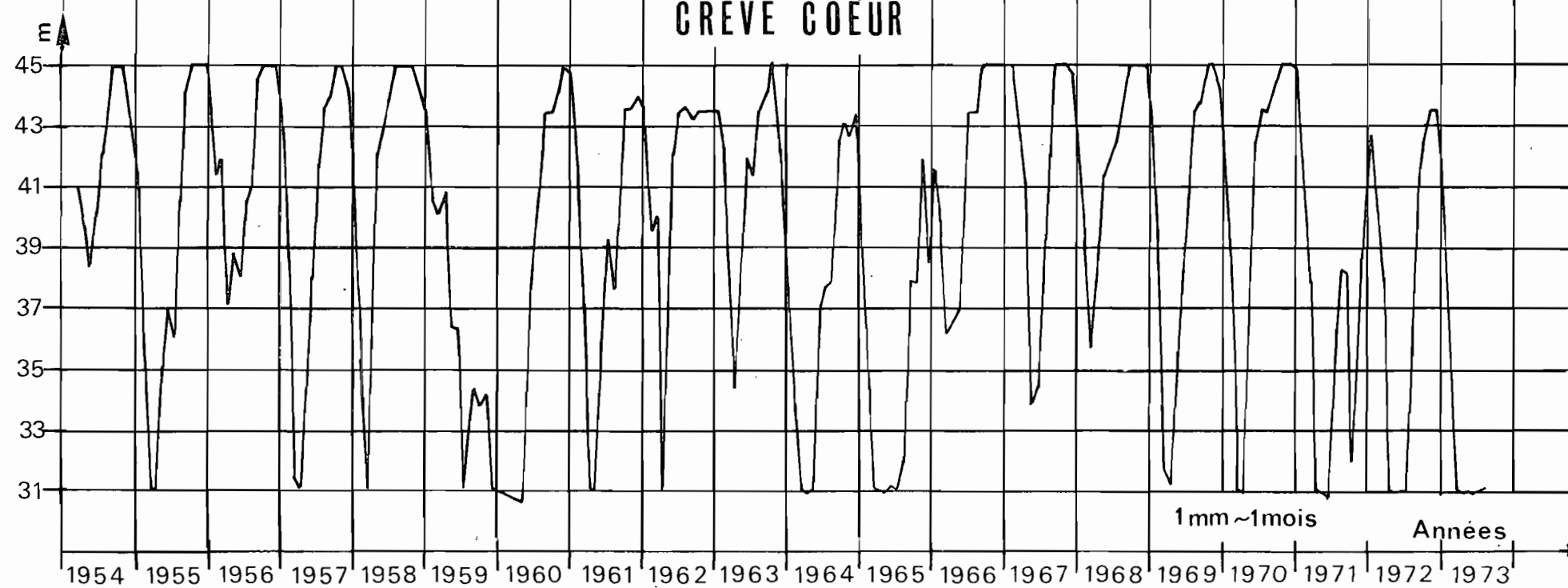
MANZO



PAQUEMAR



CREVE COEUR



UTILISATION DES CONDUITES (Volumes transportés)

1^{er} tronçon (débit de saturation 800 l/s) Directoire Manzo - adduction gravitaire

