

Contribution à l'élaboration de cartes hydrologiques

Cartes des étiages mensuels des bassins de la Meuse et de la Moselle de 1969 à 1973

PAR

J.-F. Zumstein

Docteur en Hydrogéologie
Ingénieur Hydrologue à l'Agence de Bassin Rhin-Meuse

Objet d'une représentation cartographique des écoulements superficiels

La mise au point de cartes hydrologiques à l'échelle du bassin de la Meuse et de la Moselle [3] a pour origine une double préoccupation :

1) Présenter sous forme synthétique toute l'information disponible concernant les débits et contribuer à l'estimation quantitative sur l'ensemble de ces bassins des ressources en eaux superficielles liées, en étiage, à la pluviométrie et aux nappes souterraines.

2) Proposer aux prestataires de service un outil leur permettant de répondre rapidement à une demande ponctuelle en matière de débit d'étiage. Ces débits estimés à partir de telles cartes, *sous réserve de certaines conditions d'utilisation*, pourront servir à la constitution de dossiers d'avant-projet concernant tant l'aménagement de la ressource en eau que la lutte contre la pollution.

Méthodologie

La réalisation de cartes hydrologiques sur fond topographique, nécessite une connaissance fine dans l'espace et dans le temps des débits transités par les cours d'eau. Dans le bassin Rhin-Meuse, cette condition se trouve réalisée. En effet, sur les bassins de la Meuse et de la Moselle qui ont servi de test à ce type de représentation, la densité du réseau hydrométrique est de l'ordre d'une station pour 200 km².

Remarques :

1) Le bassin du Rhin n'a pas été inclus dans le présent travail en raison de la particularité que présente le réseau

hydrographique en liaison avec la nappe phréatique de la plaine d'Alsace. Il mériterait une étude particulière.

2) En fait, les données des réseaux hydrométriques gérés par le Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Lorraine et la Circonscription Electrique Est ont été complétées au cours de la période 1969-1973 par des mesures effectuées pendant l'étiage (juillet-octobre) en des points contrôlant des bassins versants de faibles superficies.

On s'est limité à une représentation des débits mensuels d'étiage ou débits moyens minimums observés pendant un mois au cours d'une année calendaire. En effet, la saisie de ces données est aisée puisqu'elles sont publiées dans les annuaires des gestionnaires. Par ailleurs, leur utilisation est courante en tant que repères caractéristiques des phénomènes de sécheresse.

1. Cartographie utilisée

1.1. Représentation spatiale

Si l'hydrologie intéresse le chevelu du réseau hydrographique il est possible, en cartographie, d'étendre la représentation des écoulements superficiels à des surfaces drainées.

En fait, il apparaît que les débits spécifiques exprimés en l/s/km², reportés sur carte topographique en regard des points de contrôle permettent de grouper les cours d'eau *par classes suivant des caractéristiques géographiques*. Ce zonage est manifestement lié aux caractères physiques et climatiques des bassins versants. D'où l'intérêt d'une représentation spatiale des écoulements.

Remarques :

1) Une conséquence de cette possibilité de zonage est de permettre de détecter les anomalies d'observations. Il en résulte que ces cartes pourraient servir de base à une critique des données d'observation des réseaux hydro-métriques.

2) En pratique, les classes de débits spécifiques devront être choisies de manière à respecter ce zonage. Par ailleurs, les bornes de ces classes devront permettre une estimation correcte des débits des zones considérées et être définies à partir d'une valeur moyenne, fixée pour chaque classe à partir des données d'observations et d'un premier essai de cartographie. Ainsi, pour la période considérée, l'échelle suivante a été adoptée pour les classes :

- de 0 l/s/km² à 3 l/s/km², l'intervalle des classes est fixé à 1/2 l/s/km²,
- de 3 l/s/km² à 6 l/s/km², l'intervalle des classes est fixé à 1 l/s/km²,
- de 6 l/s/km² à 16 l/s/km², l'intervalle des classes est fixé à 2 l/s/km²
- au-delà de 16 l/s/km², l'intervalle des classes est fixé à 4 l/s/km².

Certaines années, il arrive que la faible dispersion des débits d'étiage entraîne une réduction de l'intervalle pour certaines classes. De même, un certain nombre de classes peuvent ne pas être utilisées.

1.2. Représentation linéaire

Le type de représentation ainsi défini ne rend pas compte des écoulements transités par les cours d'eau qui traversent plusieurs zones hydrologiques. Pour ces derniers, une formule linéaire doit être retenue. Ainsi, une représentation par chiffres cerclés, entre deux bornes placées sur le cours d'eau, de la valeur en l/s/km² du débit transité a été choisie de préférence à une représentation plus classique par variation d'épaisseur du trait représentatif du tracé du cours d'eau.

Cette cartographie tient compte des pertes totales, affectant certains cours d'eau (exemple : Meuse entre Bazoilles et Neufchâteau) et des écoulements influencés par les prises d'eau ou les rejets (exemple : Moselle à Remiremont, Woigot, Orne, Fensch, Chiers, Crusnes, Othain, Rosselle).

Les cartes décrites ci-dessus exigent, pour être utilisables en pratique, la connaissance en tout point du bassin, des surfaces drainées. Pour ce qui concerne le bassin Rhin-Meuse, des catalogues de surfaces par zone, sous-secteur et secteur ont été publiés par la Mission déléguée à la suite des catalogues de la codification hydrologique.

2. Elaboration des cartes

2.1. Les paramètres

La cartographie hydrologique est effectuée sur la base de paramètres physiques et climatiques liés aux écoule-

ments superficiels. En pratique, ces paramètres ont été définis à partir des documents de base suivants :

a) Les catalogues des débits d'étiage aux stations du réseau hydrométrique des bassins considérés. Ces catalogues seront utilement complétés par des débits mesurés, en particulier, au cours des campagnes d'étiage.

b) Les cartes schématiques des isohyètes annuelles et saisonnières (été) de la période considérée.

c) La carte hydrogéologique (1/500 000) [6] et les cartes géologiques existantes (1/50 000).

d) La carte orographique au 1/500 000 et les cartes hydrographiques au 1/100 000.

Les premiers essais (1973) ont été exécutés sur des cartes schématiques au 1/1 000 000 [3, 5]. Par suite, compte tenu des documents de base disponibles, l'échelle de la carte choisie pour la représentation fut le 1/500 000, échelle qui permet des tracés corrects sans précision illusoire.

Les paramètres retenus pour l'élaboration des cartes ont été : l'altitude, le relief, la géologie, ainsi que la pluviométrie, généralement liée aux précédents.

L'altitude et le relief

Les zones d'altitude et de relief ont été isolées à partir des enveloppes des courbes de niveau 400 et 800 m.

Ces courbes délimitent trois zones de relief :

1) Relief accentué : il correspond aux hautes Vosges du Sud (altitude > 800 m).

2) Relief moyen (entre 400 et 800 m) : il correspond au pourtour du massif vosgien, à la partie haute du massif ardennais et aux zones hautes du plateau lorrain.

3) Relief de collines et de plateaux : il correspond aux altitudes < 400 m et englobe outre le plateau lorrain, le pays de Bitche et le pourtour du massif ardennais.

Notons que l'enveloppe de la courbe 400 correspond à la limite topographique du massif vosgien et du plateau lorrain.

La géologie

Les cartes géologiques et hydrogéologiques permettent d'isoler les formations les plus marquantes :

Les formations cristallines — Elles intéressent pour l'essentiel le Sud du massif vosgien ou hautes Vosges. La limite d'affleurement avoisine la courbe de niveau 800. Dans le massif ardennais, ces formations prédominent au Nord du parallèle de Charleville-Mézières. *Zones d'altitude de faible stockage souterrain, elles sont caractérisées par une alimentation importante même en été.* Dans ces zones, on peut prévoir que se rencontreront les débits spécifiques les plus élevés du bassin.

Les formations gréseuses — L'importance des ressources en eaux emmagasinées dans ces formations fait qu'elles jouent un rôle primordial, en étiage, sur les débits transités par le réseau hydrographique : grès vosgiens en Lorraine de l'Est, grès rhétiens vers l'Ouest et grès du Luxembourg dans le massif ardennais. Il est à noter que la limite Ouest des affleurements des grès vosgiens est proche de la courbe du niveau 400 m.

Les formations calcaires — On s'est intéressé aux formations karstiques. Les études réalisées [1, 2, 7] et les

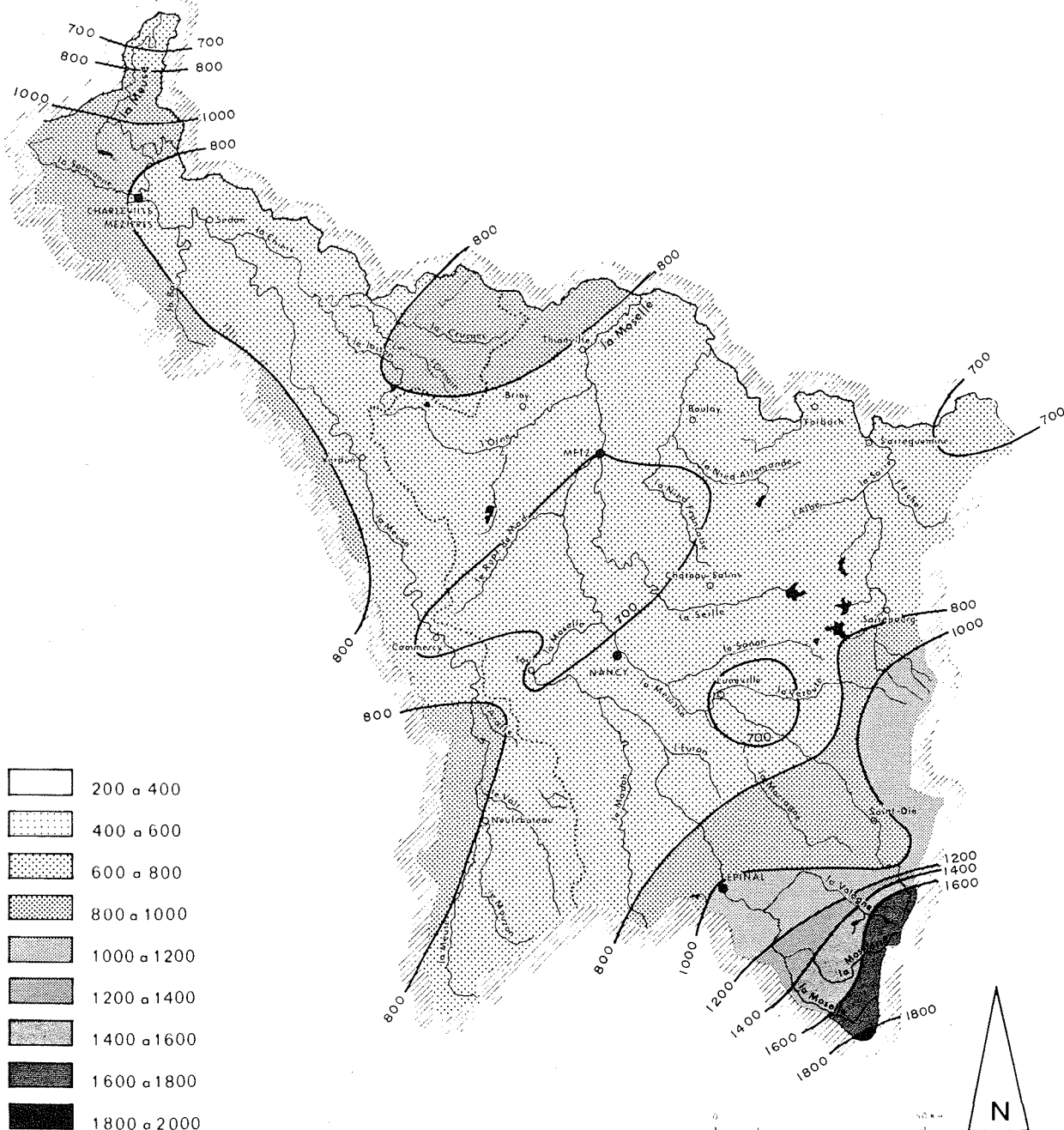
cartes hydrographiques de l'I.G.N. ont permis de définir des zones sans écoulement superficiel où l'on observe des pertes totales. Ces zones sont cartographiées à l'aide d'un figuré spécifique (fig. 3 et 4) :

— *Auréole calcaire du Jurassique* — Ces calcaires s'étendent en rive gauche de la Moselle et sur le bassin de la Meuse entre Longwy et Charleville et la région de Neufchâteau où ils sont responsables des pertes totales de la Meuse à Bazoilles et de celles des cours d'eau du plateau situés entre Meuse et Moselle tels que le Mouzon, l'Aroffe et l'Ar, etc. En étiage, les eaux des calcaires du jurassique sont drainées par la Moselle et certains de ses affluents du bassin aval (Esch, Rupt de Mad). Ainsi, d'importantes résurgences jalonnent le cours de la Moselle entre Toul et Metz (Pierre la Treiche, Villey St Etienne, Gorze...).

Remarques :

1) Les formations calcaires du Muchelkalk souvent karstifiées peuvent avoir localement une influence sur les débits d'étiage, notamment en rive droite de la Sarre entre Sarrebourg et Sarreguemines et dans la vallée de la Moselle d'Epinal à Charmes.

2) Les mines de fer de Lorraine rejettent par pompage dans les cours d'eau du bassin de l'Orne et de la Fensch leurs eaux d'exhaure en provenance de la nappe du jurassique. Elles influencent de ce fait les débits d'étiage de ces cours d'eau. Une influence similaire affecte le réseau hydrographique de la Nied et surtout de la Rosselle. Elle a pour origine l'exhaure et le pompage des Houillères du Bassin de Lorraine qui rejettent en surface des eaux en provenance de la nappe des grès vosgiens.



1/ Carte des isohyètes - Moyenne (1969-1973) - Année civile

— *Calcaires de l'Oxfordien* — Ils affleurent en rive droite de la Meuse entre Commercy et Verdun où aucun écoulement n'est observable en surface. C'est un immense réservoir d'eau souterraine qui alimente directement la Meuse en étiage. Sa présence permet de prévoir une influence importante sur les écoulements spécifiques de cette période.

La pluviométrie

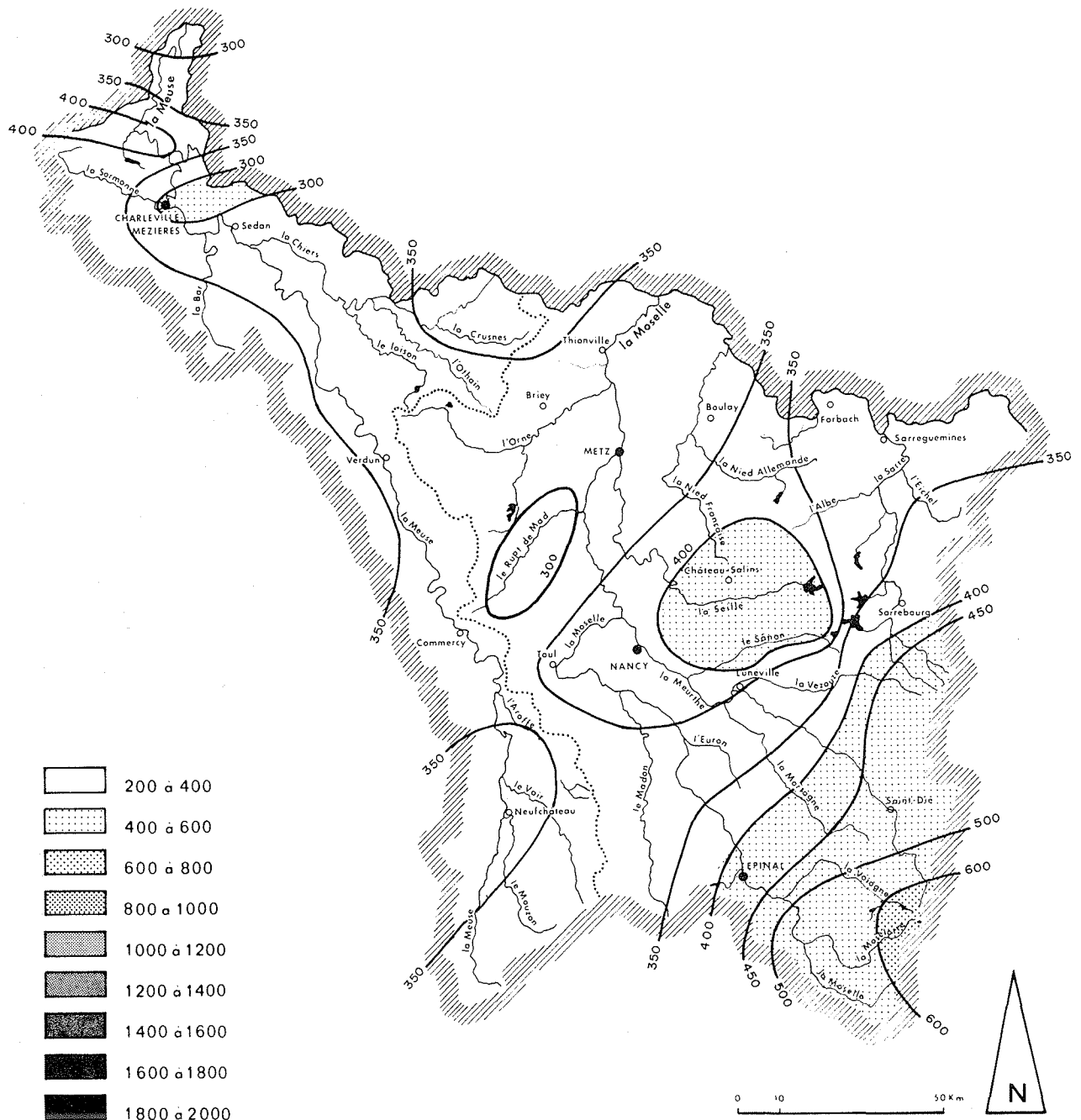
Elle est influencée par l'altitude comme le confirme la carte des isohyètes de la période 1969-1973 (fig. 1). La zone la plus arrosée correspond aux hautes Vosges (courbe de niveau 800 et formations cristallines). La hauteur pluviométrique précipitée décroît rapidement vers l'Ouest et le Nord-Ouest (à noter la dépression de Saint Dié). Sur le plateau lorrain des pôles pluviométriques peuvent

apparaître saisonnièrement sur les bassins de la Nied et de la Haute Seille (fig. 2).

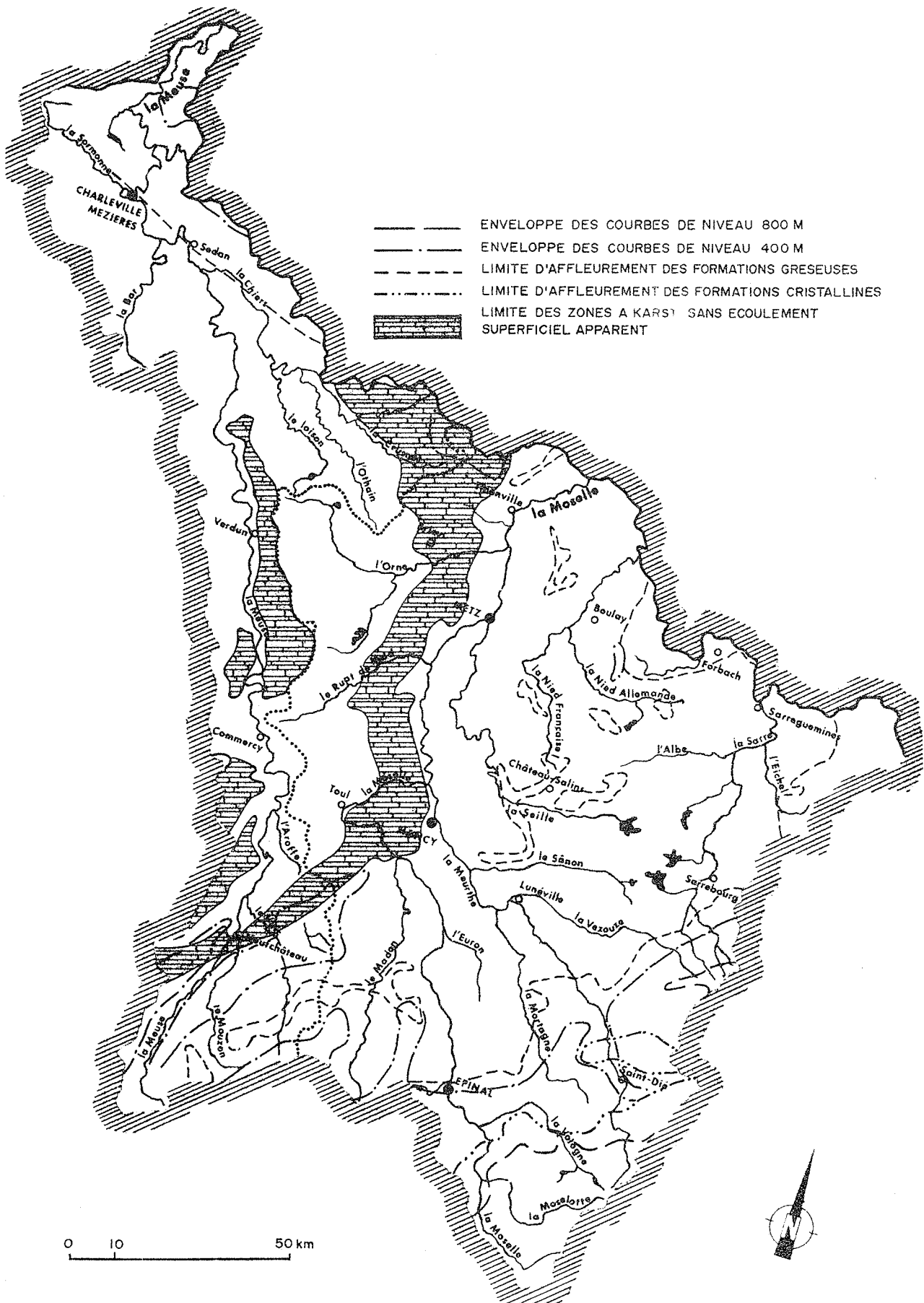
Dans le bassin de la Meuse, les maximums précipités s'observent dans le massif ardennais au Nord de Charleville-Mézières (courbes de niveau entre 400 et 800 et formations cristallines) avec un pôle en amont centré sur les bassins du Vair et du Mouzon.

2.2. Rôle des paramètres physiques lors de l'élaboration des cartes

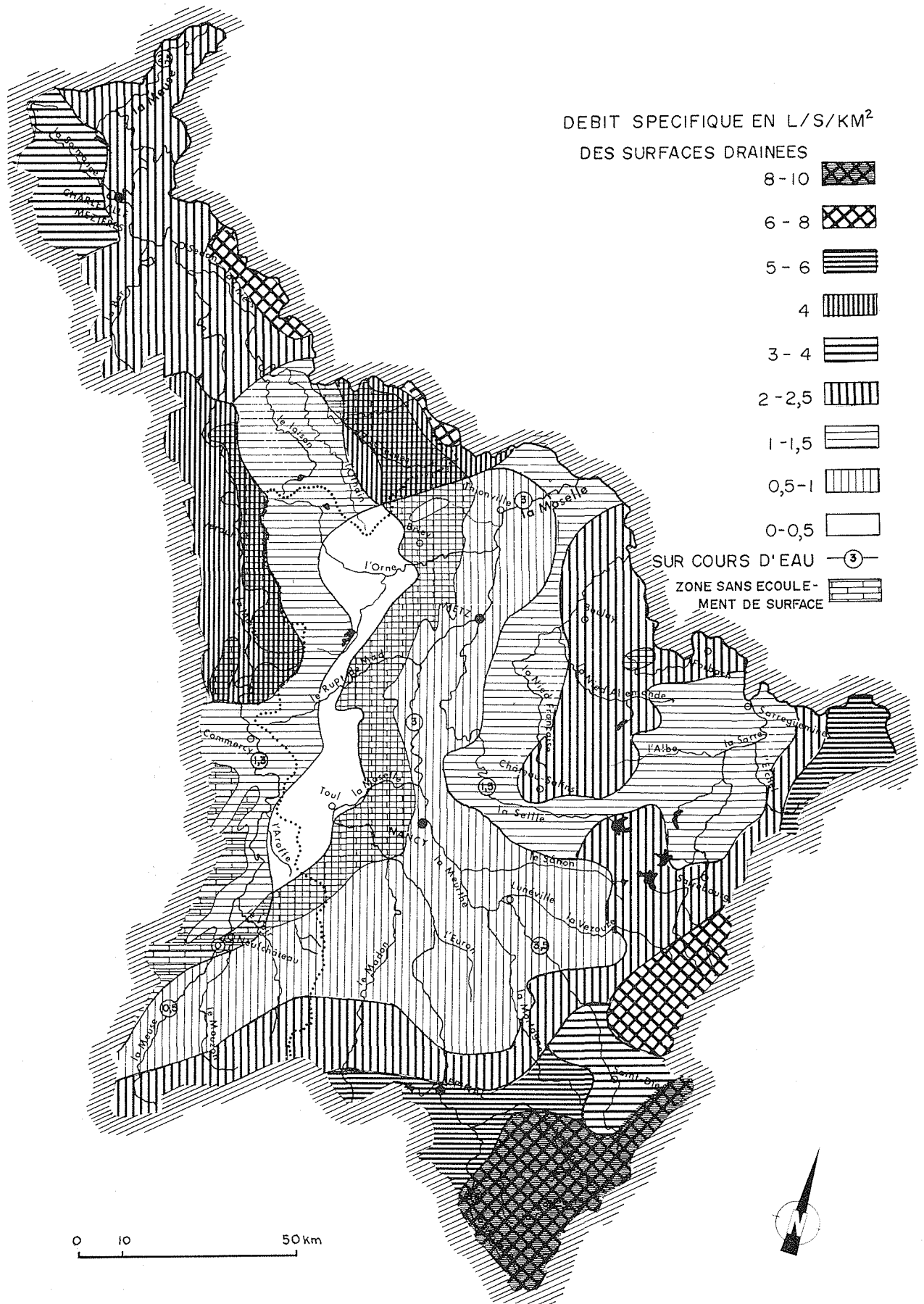
Sur la carte topographique au 1/500 000 ont été reportées les courbes correspondant aux différents paramètres décrits ci-dessus. Il s'agit des courbes 400 et 800 m (enve-



2/ Carte des isohyètes - Moyenne (1969-1973) - Eté (mai-septembre).



3/ Cartes des paramètres physiographiques du bassin de la Meuse et de la Moselle.



4/ Carte hydrologique des étiages mensuels - Moyenne (1969-1973).

lottes lissées), des limites d'affleurement des formations gréseuses, des formations calcaires pour lesquelles l'écoulement de surface est improbable en étiage.

Le tracé des limites des zones hydrologiques a été effectué à partir de ces diverses courbes en fonction des données d'observation du réseau hydrométrique et du réseau complémentaire d'étiage. Le paramètre pluie est utilisé en tant qu'élément d'ajustement éventuel, étant intégré par le relief et une partie de la géologie.

3. Résultats obtenus

L'observation des cartes d'étiage 1969-1973 permet de connaître les grandes lignes et d'établir les constantes de la répartition des écoulements au cours des mois les plus secs sur les deux bassins considérés (fig. 4).

3.1.

Les débits spécifiques les plus élevés se rencontrent dans le massif vosgien du Sud. On y remarque une disposition des zones en auréoles d'autant plus marquées que l'année est plus humide (1970). Les valeurs atteintes par les écoulements sont deux à trois fois celles rencontrées sur la partie du plateau lorrain qui juxtapose le massif.

3.2.

Hormis les zones karstiques, les débits spécifiques les plus bas ($0,2 - 0,5 \text{ l/s/km}^2$) se rencontrent entre les bassins de la Meuse et de la Moselle (région comprise entre Toul et le bassin amont de l'Orne) et ceci en année humide ou moyenne. En année sèche (1971) on constate une extension de cette zone sur une large partie du plateau lorrain vers Nancy et Epinal d'une part, Luneville et le pied du massif vosgien d'autre part ainsi que sur le bassin aval de la Sarre.

En fait, la comparaison entre cartes hydrologiques et cartes des isohyètes saisonnières ou même annuelles est d'autant plus valable que l'année est plus humide. *Les cartes hydrologiques laissent d'autant mieux apparaître l'influence des réserves souterraines que l'étiage est plus sévère.*

Certaines limites (*bordure du massif vosgien, bassin moyen de la Meuse, zone ardennaise* par exemple) sont assez stables pour apparaître d'une année sur l'autre. Ce type de constante devrait permettre de définir des zones caractéristiques de bassin.

Extensions possibles des cartes hydrologiques mensuelles

Cette extension peut comporter :

- La possibilité d'une critique des données d'observation fournies par les réseaux hydrométriques.
- L'établissement annuel de cartes des étiages mensuels pour obtenir une chronique des étiages.
- L'établissement de cartes d'étiage mensuels aux fréquences couramment utilisées en matière de ressource en eau et de lutte contre leur pollution (F 1/5, F 1/10. . .).

- Une présentation cartographique associée à des profils hydrologiques des cours d'eau principaux (figure 5) donnant le débit en l/s/km^2 et les surfaces en km^2 des bassins en regard des points kilométriques.

- L'établissement d'un catalogue de débits aux points de mesures et associé aux cartes (cf. exemple de la fig. 6).

- L'élaboration de tableaux des indices de sévérité des étiages relatifs et ramenés à la période de référence tel que
$$\text{SN} = \frac{\text{étiage mensuel}}{\text{module période de référence}} \% \text{ (cf. fig. 7).}$$

Ces indices permettent un classement des années sur une période donnée et par là de chiffrer l'importance de certaines sécheresses.

- L'étude statistique des étiages. Cette étude ne peut, en fait, être que ponctuelle la plupart du temps et entreprise que si une série d'observations suffisante est disponible. Sur le Bassin, seuls quelques points peuvent être étudiés (fig. 8).

Si l'on dispose d'un réseau de durée suffisante ou permettant sans trop de risque d'erreur grossière des allongements de séries, il est possible d'établir des cartes donnant la répartition fréquentielle des étiages (exemple de la fig. 9). Ce type de carte et le tableau de la figure 8 montrent qu'un étiage n'a pas la même fréquence en tout point d'un bassin même d'étendue relativement faible.

4. Critique de la cartographie et améliorations à apporter

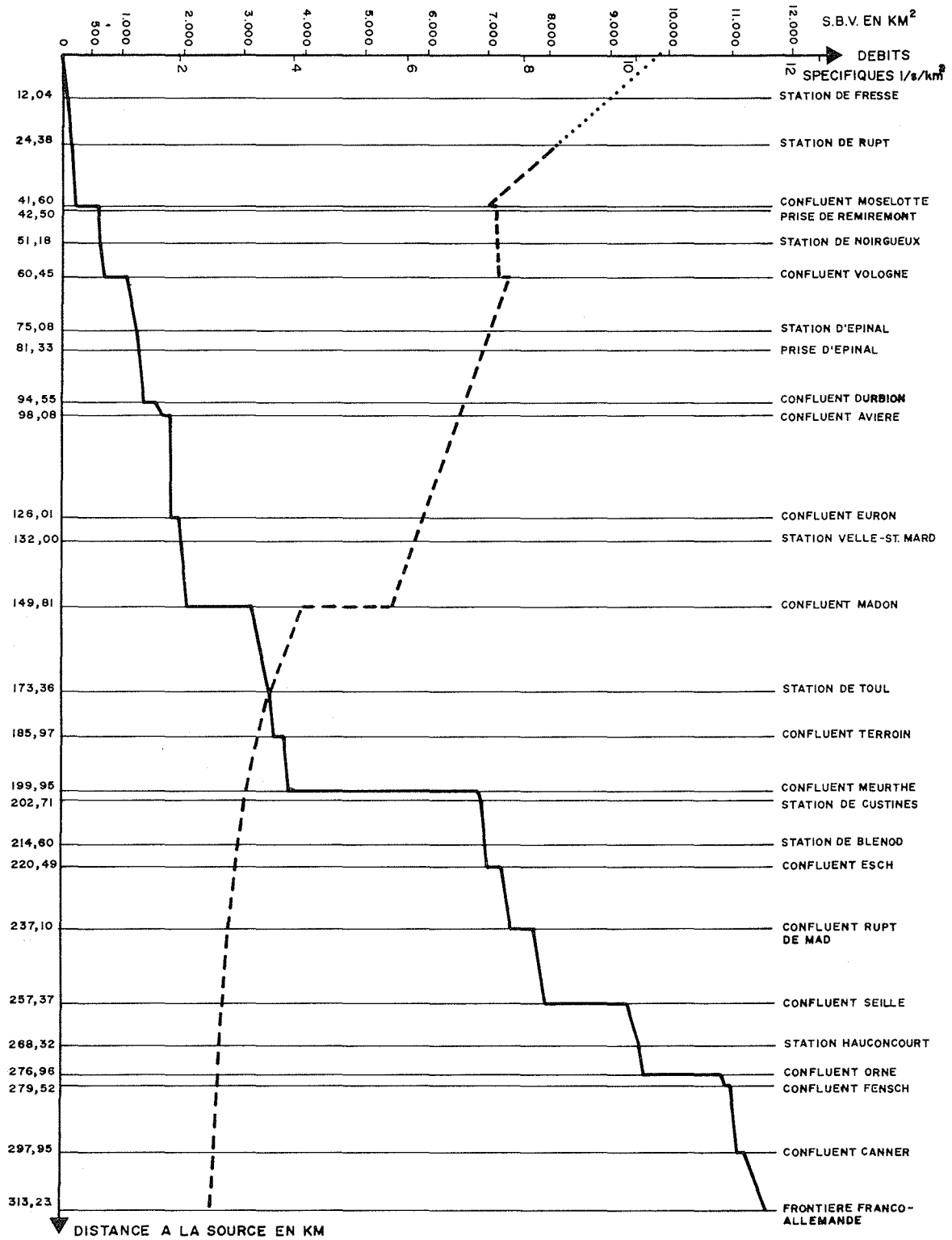
Cet essai de cartographie qui permet d'estimer les débits de bassins versants non contrôlés à partir du réseau d'observation suggère plusieurs réflexions.

4.1.

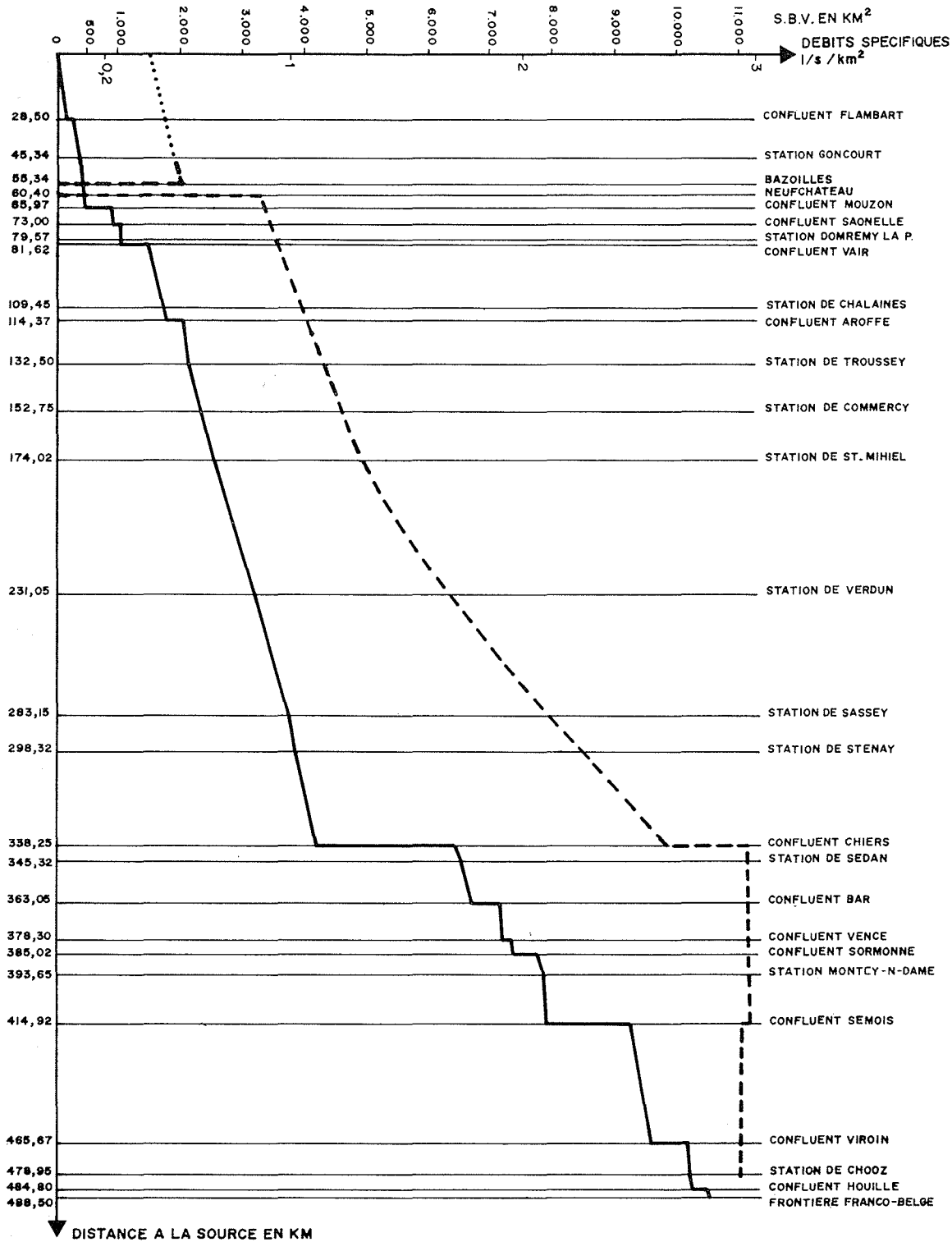
Les débits spécifiques affectés à un bassin donné sont d'autant plus synthétiques que le point de mesure est situé plus à l'aval (risque de recouvrement de plusieurs zones hydrologiques). Ces débits seront par ailleurs d'autant moins représentatifs que la variabilité est plus grande : en région montagneuse où les étiages sont très liés à la pluviométrie ou sur des bassins comportant des systèmes géologiques de perméabilités très différentes. C'est pourquoi, en certains points à définir à l'aide des cartes existantes, une connaissance plus approfondie par des mesures in situ est souhaitable en étiage. Cette information devrait permettre de quantifier des zones hydrologiques dont les constantes peuvent être par ailleurs trouvées en s'aidant des caractéristiques physiques et climatiques.

Remarque :

L'établissement des cartes hydrologiques nécessite en fait la présence d'un réseau hydrométrique qui couvre un large éventail de surfaces contrôlées. A ce niveau, les stations des petits bassins sont d'un plus grand intérêt que les stations primaires qui contrôlent des bassins recouvrant plusieurs zones hydrologiques. Leur intérêt, si elles contrôlent des bassins emboîtés, réside dans l'estimation des écoulements des bassins intermédiaires.



5a/ Profil hydrologique de la Moselle- Etiage mensuel (1969-1973).



5b/ Profil hydrologique de la Meuse - Etiage mensuel (1969-1973).

Code hydro	P.K.	Station hydro ou bassin versant intermédiaire	Rivière	S.B.V. km ²	1969	1970	1971	1972	1973	Moyenne 1969-1973
A 54220	999,25	AUTREY	Brénon	139	0,58	1,45	1,88	0,25	0,30	0,89
A 66212	947,25	AUTREY Ste-Hélène	Mortagne	100	-	10,4	4,18	4,91	4,55	6,01
-	-	B.V. de la Mortagne entre AUTREY et GERBEVILLERS	Mortagne	393	-	3,82	1,48	0,98	1,62	1,97
A 64433	998,30	BARBAS	Vacon	35	0,91	1,40	0,46	0,94	0,48	0,84
A 87020	977,78	BETTELAINVILLE	Canner	30	-	1,33	1,0	1,16	0,97	1,11
A 66233	998,20	BLEMENEY	Ru LEINTREY	21	0,86	1,80	0,38	0,25	0,10	0,68
A 80410	956,92	BONCOURT	Orne	412	0,61	0,41	-	-	0,26	0,42
A 94021	957,65	BOUSSEVILLER	Horn	95	-	9,10	4,78	4,32	4,22	5,60
A 99420	974,57	BOUZONVILLE	Nied	1160	2,79	3,69	1,63	1,61	1,24	2,19
-	-	BV de la Nied entre BOUZONVILLE et deux Niefs	Nied	297	3,77	5,75	2,34	0,97	0,94	2,75
A 63220	993,62	BRIEY	Moigot	75	7,6	9,45	5,6	4,68	3,24	6,13
A 81220	998,42	Cartoucharie	Yron	377	1,61	1,75	0,79	2,0	1,02	1,41
A 76420	995,28	CHATEAU-SALINS	Pt Seille	143	3,56	4,15	1,89	1,59	1,37	2,49
A 43610	996,00	CHEMINHIL	Vologne	355	-	13,2	5,25	6,7	8,10	8,31
A 41730	998,30	CLEURIE	Cleurie	68	-	17,3	6,7	8,55	13,8	11,68
A 70106	656,67	CUSTINES	Moselle	6829	3,4	5,85	-	-	3,02	4,09

6/ Exemple de présentation de catalogues de débits d'étiage mensuels, associés aux cartes hydrologiques - Présentation quinquennale.

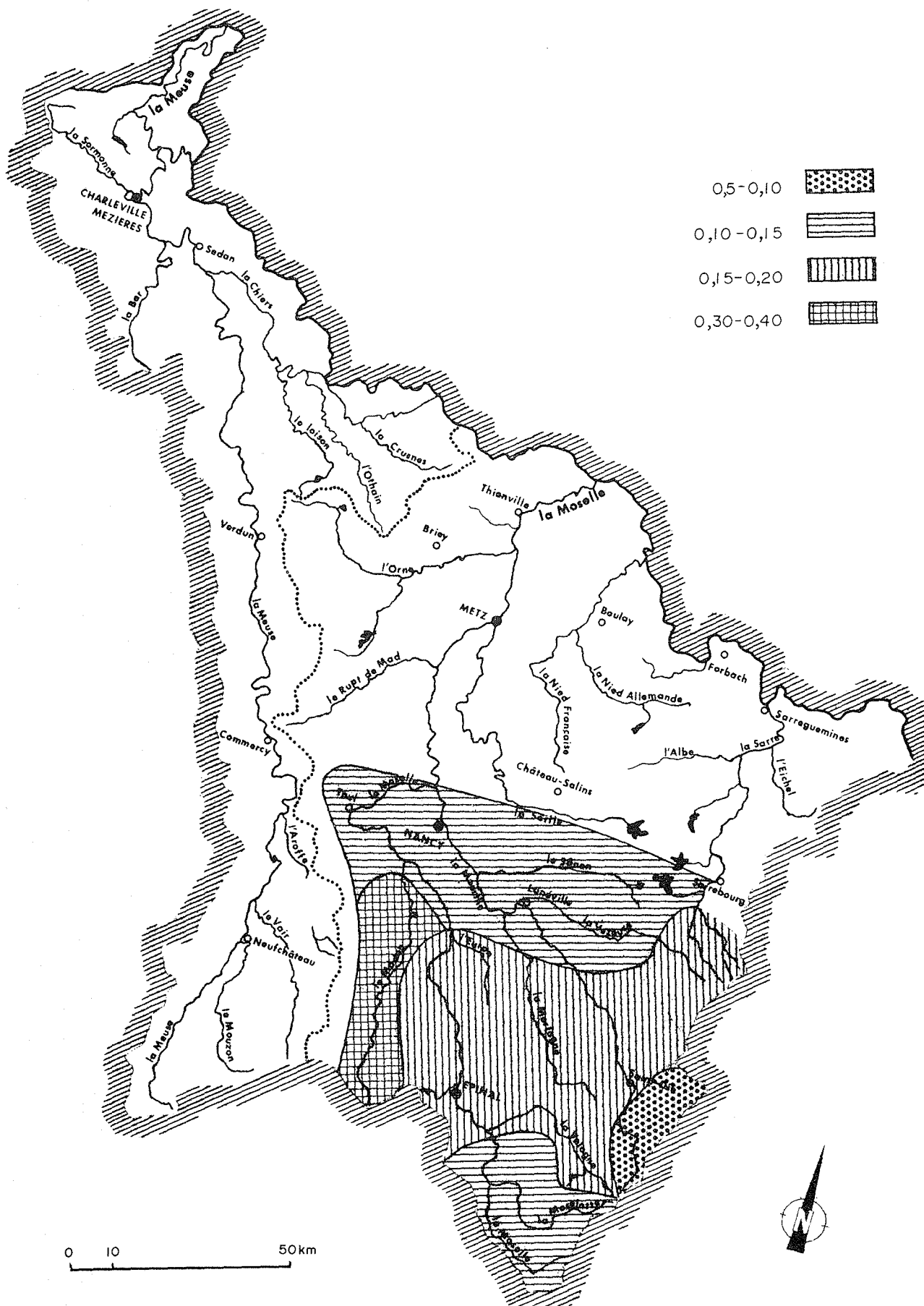
$$SN = \frac{\text{étiage mensuel}}{\text{module 1969-73}} \%$$

Code hydro	P.K.	Station hydro	Rivière	S.B.V. km ²	1969	1970	1971	1972	1973	Moyenne 1969-1973
A 40506	481,04	RUPT	Moselle	153	11	57	10	10	20	22
A 42506	531,74	EPINAL	Moselle	1215	21	53	16	18	24	26
A 51006	584,37	ST MARD	Moselle	1946	-	-	-	19	27	-
A 57106	628,92	TOUL	Moselle	3350	18	48	12	16	19	23
A 60510	980,37	ST DIE	Meurthe	374	23	46	15	22	29	27
A 69410	990,91	MALZEVILLE	Meurthe	2930	36	40	17	20	21	27
A 79306	715,06	HAUCONCOURT	Moselle	9400	23	42	14	21	19	24
B 11000	194,67	DOMREMY	Meuse	1033	7	17	8	9	8	12
B 22200	289,22	ST MIHIEL	Meuse	2540	13	25	11	14	14	15
B 31200	413,52	STENAY	Meuse	3904	23	35	15	28	15	23
A 45310	972,05	CARIGNAN	Chiers	1967	47	59	37	37	29	42
B 61110	994,25	HAULME	Semois	1336	12	26	17	18	10	17
A 70700	592,95	CHOOZ	Meuse	10120	24	38	20	27	21	26

7/ Indices de sévérité aux stations principales du bassin de la Meuse et de la Moselle - Période (1969-1973).

Code hydro	P.K.	Station hydrométrique	Rivière	S.B.V. km ²	1969	1970	1971	1972	1973
A 42506	531,74	EPINAL	Moselle	1215	0,35	0,90	0,15	0,21	0,50
A 57106	628,92	TOUL 3	Moselle	3350	0,30	0,90	0,10	0,25	0,40
A 69410	990,91	MALZEVILLE	Meurthe	2930	0,70	0,80	0,15	0,25	0,30
A 70106	656,67	BLENOD-CUSTINES	Moselle	6829	0,35	0,80	0,05	0,30	0,30
A 79306	715,60	HAUCONCOURT	Moselle	9400	0,30	0,80	0,05	0,30	0,20
B 70700	592,95	CHOOZ	Meuse	10120	0,30	0,80	0,15	0,40	0,20
B 72220	991,88	LANDRICHAMPS	Houille	186	0,40	0,85	0,20	0,60	0,15

8/ La fréquence des étiages à certaines stations hydrométriques des bassins de la Meuse et de la Moselle - Période (1969-1973).



9/ Bassin amont de la Moselle - Essai de cartographie spatiale des fréquences de l'étiage 1971.

4.2.

Si le relief est accusé ou au contraire inexistant ou encore si la perméabilité est peu différenciée, les limites affectées à deux zones hydrologiques sont difficiles à tracer. Dans ce cas, il est souhaitable d'entreprendre des visites in situ et de délimiter les zones à l'aide de cartes à plus grande échelle (1/100000 ou même 1/250000).

4.3.

Les zones influencées artificiellement par les prises d'eau ou les rejets devraient clairement être figurées sur les cartes. De même la définition des zones influencées par les stockages de surface mériteraient réflexion (exemple pays des étangs et Woëvre).

4.4.

Le passage d'une zone hydrologique à la zone aval est discontinu. Cette discontinuité est souvent justifiée : succession de deux affleurements de perméabilité distincte (exemple pied du massif vosgien). Elle est beaucoup plus discutable en région montagneuse où il serait avantageux de tendre vers une cartographie similaire à celle adoptée pour les cartes des isohyètes.

Conclusion

A l'issue de ce travail, il est apparu que l'élaboration de cartes de débits spécifiques présentait un intérêt indéniable dans la mesure où elle éclairait certains aspects de l'extension dans l'espace des écoulements superficiels. Cependant, cette cartographie n'est admissible que si un réseau hydrométrique fonctionnel est en place et d'une ancienneté suffisante.

Par ailleurs, permettant d'estimer en tout point d'un bassin les débits d'étiage mensuels des cours d'eau du

réseau hydrographique, elles peuvent être un outil efficace pour les prestataires de service en hydrologie.

Ce type de cartographie hydrologique peut, en fait, être étendu à d'autres écoulements que les débits d'étiage et constituer un élément de la connaissance des ressources en eau au même titre que les cartes pluviométriques ou hydrogéologiques dont elles pourraient être un complètement indispensable.

Ces cartes peuvent présenter un grand intérêt pour la critique des données hydrologiques, dont la méthodologie reste par ailleurs à développer.

Bibliographie

- [1] MAUBEUGE (P.L.) – Hydrologie du bassin ferrifère lorrain (première note) – *Bulletin technique des mines de fer de France*, n° 42, 1^{er} trimestre 1956.
- [2] MAUBEUGE (P.L.) – Hydrologie du bassin ferrifère lorrain (seconde note) – *Bulletin technique des mines de fer de France*, n° 90, 1^{er} trimestre 1968.
- [3] ZUMSTEIN (J.F.) – Etude des étiages de la Meuse et de la Moselle en 1969 et 1970 - aperçu de l'étiage 1971 - *AFBRM* Juillet 1973.
- [4] BOCQUEE (F.) – Détermination des étiages de la région lorraine *SRAEL* février 1974.
- [5] ZUMSTEIN (J.F.) – Etude des étiages de la Meuse et de la Moselle en 1971 - *AFBRM* septembre 1974.
- [6] DASSIBAT (C), RAMON (S.), ZUMSTEIN (J.F.) – Carte hydrogéologique du bassin Rhin-Meuse (1/500000) - *AFBRM* janvier 1975.
- [7] SALADO (J.) – Note sur les échanges entre les calcaires aquifères bajociens et les écoulements superficiels (exemples du Rupt de Mad, de l'Esch et du Terrouin) - *SRAEL* août 1975.
- [8] Catalogue des surfaces des bassins versants du bassin Rhin-Meuse, bassin de la Moselle - *Mission déléguée de bassin* janvier 1974.
- [9] Catalogue des débits mensuels d'étiage - bassin de la Moselle 1 - amont de Frouard - *Mission déléguée de bassin* novembre 1975.

Discussion

Président : M. M. CARLIER

M. le Président remercie M. ZUMSTEIN de son exposé fort bien illustré et ouvre la discussion.

M. LAFOSSE (Bureau Technique du Service de l'Hydraulique, Ministère de l'Agriculture) intervient sur les deux points ci-après :

1) Je voudrais, dit-il, poser le problème de la précision de ce type de carte. Pour classer les débits spécifiques d'étiage, on a choisi un intervalle de classe de 1 l/s/km² pour une gamme de 3 à 6 l/s/km² ; cela impliquerait une précision de l'ordre de 10 % dans l'estimation des valeurs considérées. Or, on sait toute l'imprécision des mesures de débits d'étiage sur les cours d'eau, et des courbes de tarage correspondantes. S'il s'agit de mesures volantes effectuées à des instants donnés, il faut tenir compte des variations de débit dues aux influences amont : ouverture des vannages, éclusées etc. Enfin, la superficie du Bassin versant intervient dans le calcul du débit spé-

cifique et l'on sait la difficulté d'évaluer celle des bassins karstiques. Et lorsqu'on fait ensuite l'interpolation entre stations, on introduit une cause d'imprécision supplémentaire malgré la référence - très judicieuse - à des paramètres physiques.

2) A-t-on contrôlé le choix judicieux des paramètres physico-climatiques utilisés par corrélation entre ces paramètres et les débits en faisant porter le calcul de corrélation sur les débits des stations de durées un peu plus longues que celles généralement utilisées - faute de mieux - dans l'étude sus-visée ?

Concernant la précision des mesures, M. ZUMSTEIN fait remarquer que, lorsqu'on reporte les observations sur une carte on s'aperçoit que les débits spécifiques de basses eaux se groupent en zones caractéristiques que l'on peut définir sans trop d'ambiguïté. La carte met, en même temps, en évidence des points singuliers (débits anor-

malement forts ou faibles, par exemple) dans les diverses zones et permet de préciser les différentes classes de débits spécifiques à retenir.

Il en est sensiblement de même pour l'établissement des corrélations entre les débits et les divers paramètres physiques des bassins versants. Ainsi, le report sur la carte fait très nettement apparaître une famille de débit pour la partie Sud du Massif vosgien et une autre pour le plateau lorrain. En tenant compte de la géologie et de l'altitude, on peut tracer la frontière entre les deux zones dont les débits spécifiques de basses eaux sont très différents : environ 6 l/s/km² pour la première contre 2 l/s/km² pour la seconde.

Très intéressé par les cartes présentées par M. ZUMSTEIN, M. GUILLOT souhaite qu'elles soient publiées. Il pose ensuite la question suivante :

A-t-on une idée de l'influence totale de l'exhaure des mines sur

le débit d'étiage ? Si, celle-ci conduit à une augmentation du débit des cours d'eau au droit du rejet, elle diminue probablement le débit des sources, de sorte qu'au total il peut y avoir compensation.

Il est difficile de répondre, estime M. ZUMSTEIN, car on ne connaît pas les débits naturels avant l'exploitation des mines. Il est vraisemblable que par ses "dépilages", celle-ci a créé des fractures qui ont modifié considérablement la topographie des nappes existantes qui se sont généralement disloquées et établies à un niveau beaucoup plus bas. Je ne suis pas en mesure de donner une vue d'ensemble, mais pour un bassin versant de 80 km², le débit spécifique de basses eaux est le triple de celui de toutes les rivières avoisinantes ; or, on sait que, dans cette région, la rivière reçoit les eaux d'exhaure des mines.

Si le débit d'exhaure est à peu près constant, on peut penser que la mine constitue une sorte de réservoir qui tend à renforcer les débits d'étiage, suggère M. REMENIERAS.