

AGENCE FINANCIERE DE BASSIN RHIN-MEUSE

Le Longeau ROZERIEULLES B.P. 36

57160 - MOULINS-LES METZ



n° 9695

ETUDE DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS
AUX STATIONS HYDROMETRIQUES DU BASSIN RHIN-MEUSE.
ETABLISSEMENT D'UN CATALOGUE DE DEBITS DE CRUE

L. CASTEILL, A. GUILBOT, J. SAURIN

LABORATOIRE D'HYDROLOGIE MATHEMATIQUE
Université des Sciences et Techniques du Languedoc
Place Eugène Bataillon 34060 - MONTPELLIER-CEDEX

Mars 1983

LHM 3/1983

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
1 - <u>INTRODUCTION</u>	1
2 - <u>DONNEES UTILISEES</u>	2
3 - <u>ANALYSE FREQUENTIELLE DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS</u>	3
3.1 - Chronologie et analyse pour les séries ayant fonctionné au moins 5 années	3
3.2 - Ajustements des lois de probabilité pour les séries ayant fonctionné au moins 15 ans	5
3.3 - Evaluation des coefficients K_p	9
4 - <u>SYNTHESE DES RESULTATS - ETABLISSEMENT D'UN CATALOGUE DES DEBITS DE CRUES</u>	12
5 - <u>ANALYSE REGIONALE DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS</u>	13
5.1 - Influence d'une caractéristique pluviométrique	13
5.2 - Influence de la superficie du bassin versant	19
6 - <u>CONCLUSION</u>	25
<u>Annexe A</u> - Liste des stations hydrométriques	
<u>Annexe B</u> - Analyse fréquentielle des débits maximaux	
<u>Annexe C</u> - Ajustement de lois de distribution aux débits maximaux	
<u>Annexe D</u> - Caractéristiques statistiques des débits maximaux	

Que ce soit à des fins de connaissance et de gestion de la ressource en eau ou du respect des objectifs de qualité, l'estimation fréquentielle et spatiale des caractéristiques de débit des cours d'eau apparaît comme un passage obligé pour une définition d'un schéma régional d'aménagement des eaux.

Dans ce sens, l'Agence de Bassin RHIN-MEUSE, en collaboration avec le SRAE LORRAINE et le SRAE ALSACE, a effectué il y a quelques années un important travail d'analyse et de synthèse débouchant sur un catalogue des débits mensuels d'étiages naturels et contrôlés, des bassins du RHIN, de la MEUSE et de la MOSELLE.

Suite logique, la présente étude se propose de réaliser la représentation synthétique des débits maximaux des cours d'eau du bassin RHIN-MEUSE au droit des stations hydrométriques de contrôle et d'effectuer une première analyse régionale de ces débits.

Il s'agit essentiellement de tester les paramètres de premier ordre responsables de l'écoulement, à savoir les caractéristiques de précipitation et les surfaces de bassins drainés.

2 DONNEES UTILISEES

L'étude concerne les débits moyens journaliers maximaux de 159 stations hydrométriques des bassins du RHIN, de la MOSELLE et de la MARNE (débits connus jusqu'en 1979).

- 30 stations possèdent au moins 15 ans d'observations. Elles sont réparties de la façon suivante :

- . Bassin du RHIN : 10
- . Bassin de la MOSELLE + SARRE : 15
- . Bassin de la MEUSE : 5.

- 125 stations possèdent au moins 5 ans :

- . Bassin du RHIN : 25
- . Bassin de la MOSELLE + SARRE : 73
- . Bassin de la MEUSE : 27.

3 ANALYSE FREQUENTIELLE DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS

Deux saisons hydrologiques distinctes de production des crues ont été considérées :

- une saison estivale regroupant les mois de mai à octobre,
- une saison hivernale regroupant les mois de novembre à avril.

Pour ces deux saisons et pour chaque année d'observation, les débits moyens journaliers maximaux des stations ayant fonctionné au moins 5 ans, ont été extraits.

La liste des stations concernées figure en Annexe A :

- . Annexe A.1 : Bassin du RHIN
- . Annexe A.2 : Bassin de la MOSELLE
- . Annexe A.3 : Bassin de la MEUSE.

La carte ci-après précise la situation géographique de ces stations.

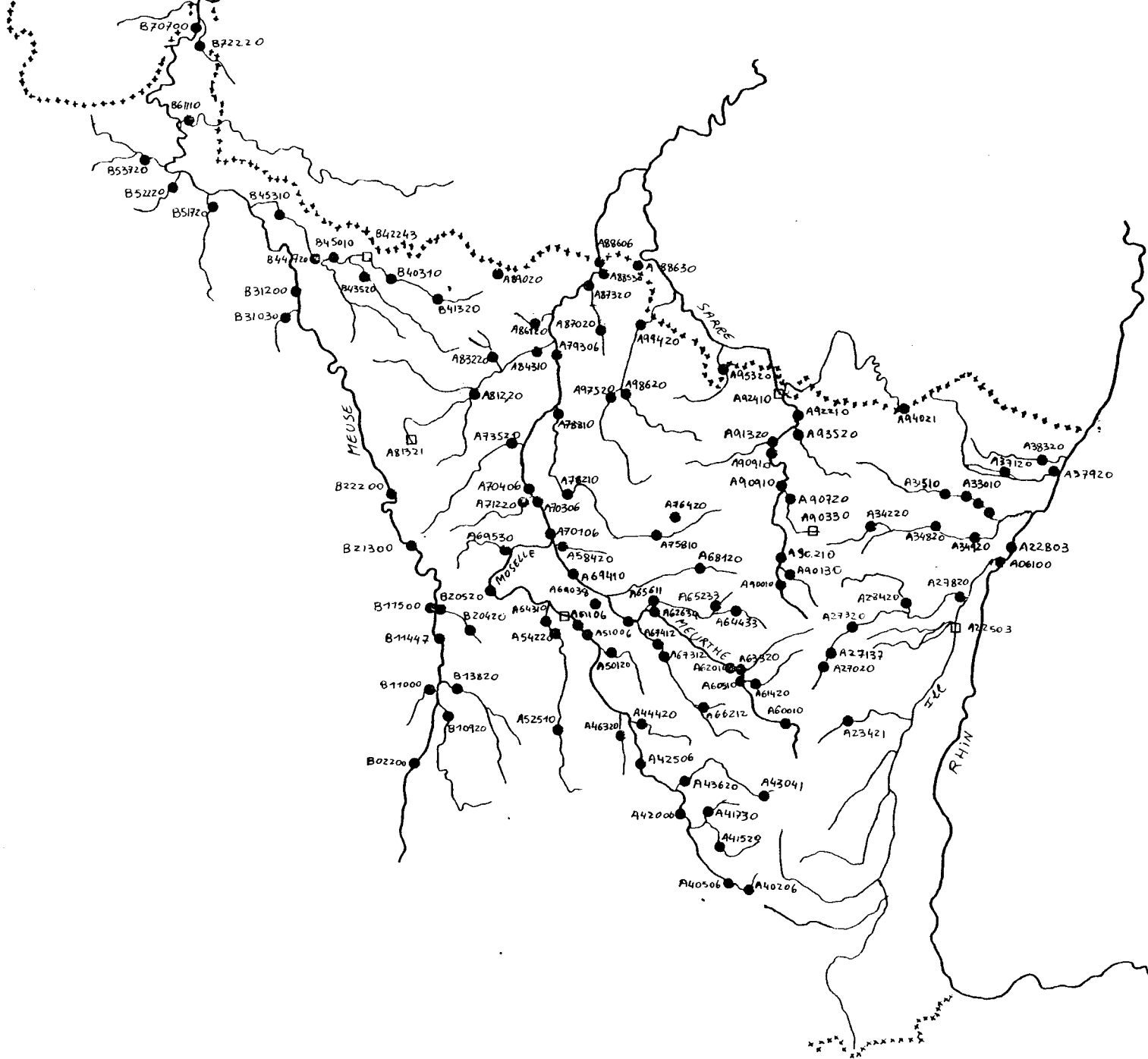
3.1 Chronologie et analyse pour les séries ayant fonctionné au moins 5 années

Les séries de débits obtenues ci-dessus, ont été analysées statistiquement.

Pour chaque station, nous avons regroupé dans un tableau (Annexes B.1 à B.127) :

- les débits moyens journaliers maximaux saisonniers classés, avec l'année d'observation, la fréquence d'observation, la durée de récurrence
La fréquence d'observation est exprimée par $\frac{i - 0.5}{N}$ et la durée de récurrence par $\frac{N}{i - 0.5}$
avec :
i = le rang du débit
N = le nombre de débits de l'échantillon ;
- les moyenne, écart-type et médiane des deux séries saisonnières.

Le traitement de ces séries a permis de repérer un certain nombre de débits maximaux erronés, l'erreur étant souvent une confusion d'unité (l/s au lieu de m³/s) au moment de la saisie informatique. Les erreurs facilement détectables ont été corrigées.



3.2 Ajustements des lois de probabilité pour les séries ayant fonctionné au moins 15 ans

Pour les 30 stations anciennes et pour chaque saison, deux lois de probabilité susceptibles de représenter des débits maximaux, ont été ajustées :

- la loi de GUMBEL,
- la loi Normale à 3 paramètres.

L'ensemble de ces ajustements figure dans les graphiques C.1 à C.60.

A l'examen de ces représentations, il apparaît en règle générale que les lois fréquentielles retenues représentent mieux les séries d'hiver que les séries d'été et que, dans la majorité des cas, la loi log Normale semble particulièrement adéquate.

Le comportement des séries hivernales des stations :

- . SAUER à LIEBFRAUENTHAL,
- . MOSELLE à HAUCONCOURT,
- . MOSELLE à SIERCK,
- . CHIERS à CHAUVENCY-LE-CHATEAU,

font toutefois exception.

Le problème du médiocre ajustement des séries d'été de certaines stations semble avoir une double origine :

- Un grand nombre de débits "maximaux" concernent visiblement des crues au caractère peu significatif, puisque voisin du module annuel.

- Sur la quasi-totalité des stations, la crue de mai 1970 est très souvent le maximum annuel de la période étudiée.

Pour se dégager de ce problème de double population, l'ajustement aurait pu être réalisé uniquement sur les valeurs de débits maximaux supérieurs à un seuil (correspondant à la "cassure" entre deux populations), mais cette façon de faire aurait fortement réduit le nombre de valeurs (huit valeurs seulement pour la station de la ZORN à WALTENHEIM présentant la plus longue série d'information). On pouvait aussi envisager l'ajustement d'une loi de GUMBEL uniquement sur les débits reconnus débits de crue effectifs, mais la valeur très isolée de la crue de mai 1970 aurait conduit à des estimations fréquentielles erronées.

Code hydro.	Station	Cours d'eau	Saison	GUMBEL	Log Normale	Asymptote (2 populations)	Observations
A06100	STRASBOURG	RHIN	E			(X)	TAROGAS influencé par la canalisation du RHIN (1). Plusieurs études critiques. Résultats incertains.
			H		X		
A27020	ST BLAISE LA ROCHE	BRUCHE	E	X	X		Semble une bonne station
			H		X		
A27320	WISCHES	BRUCHE	E	X	(X)		Nombreuses lacunes de 1948 à 1965. Station peut être soumise à débordement.
			H		X		
A30100	SELTZ	RHIN	E		X		Débits reconstitués de 1931 à 1974 à partir des hauteurs de SELTZ et de la courbe de tarage RFA de PLITTERODORF (voir 1).
			H	X	X		
A33010	SCHWEIGHOUSE	MODEL (aval)	E			X	Semble une bonne station. Existence d'un seuil. Courbe de tarage calculée de 1965 à 1969.
			H	X	X		
A34120	SAVERNE	ZORN	E			(X)	Pas de renseignements.
			H	(X)	X		
A34820	WALTENHEIM	ZORN	E			X	Échelle mise en place en 1916. Pas de limni- graphe ? 2 lectures par jour. Débits de crue sans doute sous-estimés.
			H	X	X		
A37120	LIEBFRAUENTHAL	SAUER	E			(X)	Une seule crue en été sur la période 1948-49. Lecture d'échelle de 1948 à 1966.
			H		(X)	X	

X : Loi probable
(X) : Loi possible

Code hydrol.	Station	Cours d'eau	Saison	GUMBEL	Log-Normale	Asymptote	Observations
A37920	BEINHEIM	SAUER	E			(X)	Semble être une bonne station.
			H	X	(X)		
A38320	NIEDERROEDERN	SELTZBACH	E			X	Il semble y avoir un pb de tassements des points de crues en hiver. Pas de débordements annoncés. Peut-être pb géologique (Pliocène).
			H	?	?	X	

A42006	NOIR-GUEUX	MOSELLE	E		X		Bonne station.
			H		X		
A42506	EPINAL	MOSELLE	E		X		Contournements possibles des eaux à partir de 400 m3/s environ. Bonne station
			H		(X)		
A52510	MIRECOURT	MADON	E	X	X		Semble être une bonne station.
			H	(X)	X		
A54310	PULLIGNY	MADON	E	X	X	X	Soumise aux débordements de l'ensemble du MADON amont.
			H		X		
A57106	TOUL	MOSELLE	E	X	X		Faible contournement en crue < 10 % Q
			H		X		
A69410	MALZEVILLE	MEURTHE	E		X	(X)	Bonne station
			H		X		
A73520	ONVILLE	RUPT DE MAD	E		X	(X)	Semble être une bonne station
			H	X	X		
A78810	METZ	SEILLE	E		X	(X)	Semble être une bonne station. Influencée par des débordements à l'amont (vers MAGNY).
			H	X	X		

Code hydrol.	Station	Cours d'eau	Saison	GUMBEL	Log-Normale	Asymptote	Observations
A79306	HAUCONCOURT	MOSELLE	E		X		Bonne station en crue. Débordement possible vers 800 m ³ /s.
			H		X		
A81220	CARTOUCHERIE	YRON	E		(X)	X	Débordements possibles en hauts débits.
			H	X	X		
A88606	SIERCK	MOSELLE	E		X		Débits reconstitués à partir de HAUCONCOURT et des débits affluents.
			H		X		
A88630	MANDEREN	Ru de MANDEREN	E	?	(X)	X	Source.
			H				
A92210	SARREINSMING	SARRE	E			X	Bonne station
			H	(X)	X		
A99420	BOUZONVILLE	NIED	E		X	(X)	Débordements généralisés vers 50 m ³ /s.
			H		X		
B21300	COMMERCY	MEUSE	E	X	X		Station navigation. Une courbe de tarage très ancienne. Zones inondables.
			H		X		
B31200	STENAY	MAUSE	E	(X)	X		Débordements à partir de 140 m ³ /s environ ? Zones inondables.
			H		X		
B45010	CHAUVENCY	CHIERS	E		X	(X)	Station influencée par barrage en faibles débits.
			H		X		
B70700	CHOOZ	MEUSE	E		X		Bonne station.
			H		X		
B72220	LANDRICHAMPS	HOUILLE	E	X	X		Bonne station.
			H	(X)	X		

3.3 Evaluation des coefficients Kp

Le coefficient Kp est défini comme étant le rapport de l'écoulement maximal instantané, à l'écoulement maximal journalier.

Les débits maximaux instantanés annuels fournis par l'Agence, sont connus à partir de 1963.

Rares sont les stations pour lesquelles les débits maximaux instantanés sont archivés sur l'ensemble de la période d'observation des débits moyens journaliers maximaux.

Pour plusieurs stations anciennes, les débits maximaux instantanés annuels ne sont pas archivés du tout :

- . RHIN à SELTZ,
- . ZORN à WALTENHEIM,
- . ORNE à BONCOURT,
- . MEUSE à COMMERCY.

Les coefficients Kp annuels ainsi que moyenne et écart-type, ont été calculés pour l'ensemble des stations ayant fonctionné au moins 5 ans (§ 3.1).

Les résultats figurent dans les tableaux B.1 à B.12.

Quelques valeurs paraissent élevées (≥ 3), mais correspondent chaque fois à des petits bassins dont la superficie reste inférieure à 100 km² (voir tableau ci-après).

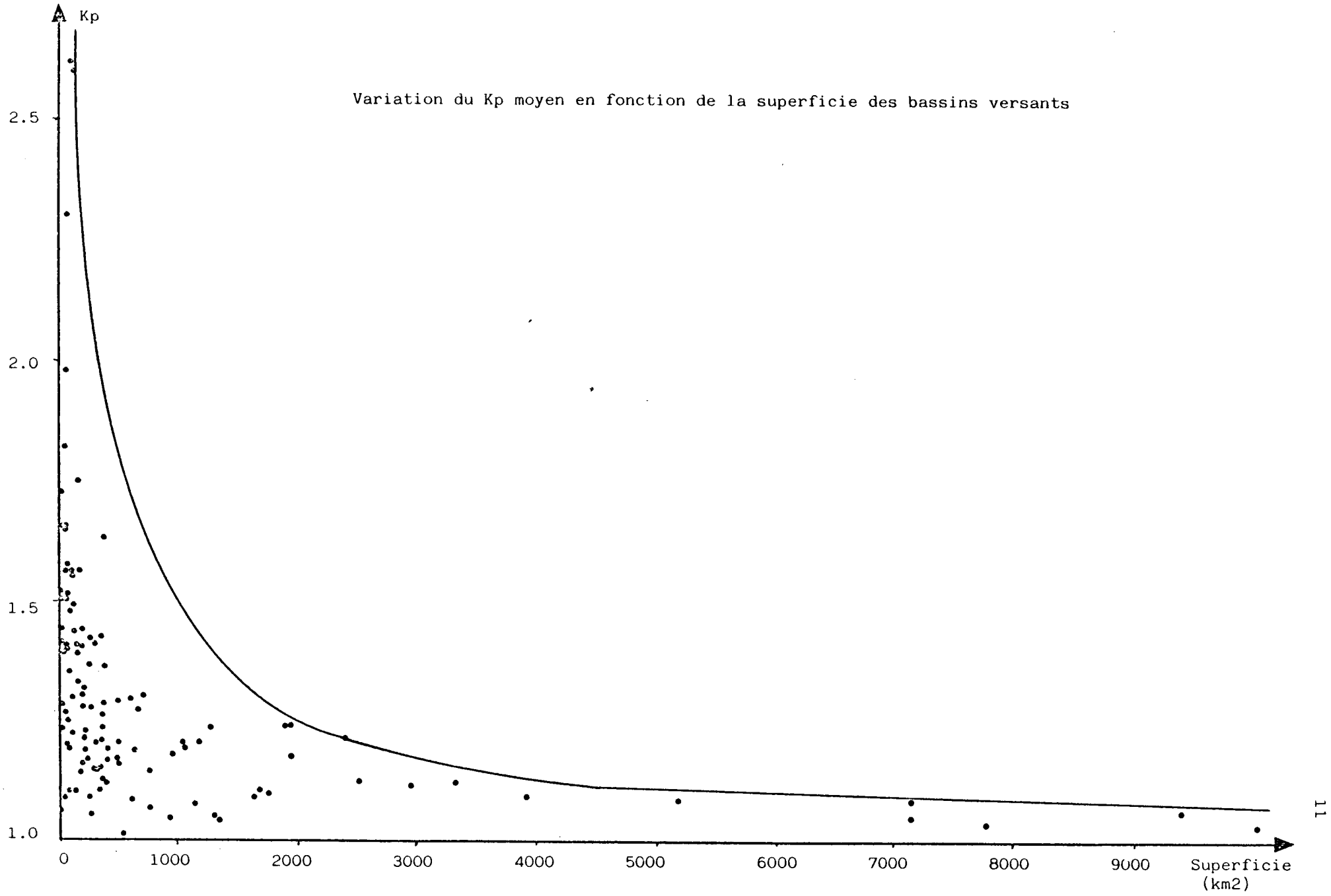
Station	Année	Débit instantané m ³ /s	Débit moyen journ. m ³ /s	Kp annuel	S km ²
SCHIRGOUTTE à BELMONT	971	0.680	0.215	3.16	< 100 (valeur donnée 333 fausse)
" "	977	2.14	0.590	3.63	
VACON à BARBAS	974	14.6	4.69	3.11	35
WOIGOT à BRIEY *	978	41.0	12.7	3.23	75
" "	979	88.5	10.8	8.19	
RU DE MONTENACH à SIERCK	972	9.6	2.52	3.81	47
" " "	979	55.0	13.4	4.10	
RU DE MANDEREN à MANDEREN	972	2.01	0.532	3.78	7.2

* Le cas du WOIGOT est particulier. Le régime de ce cours d'eau est totalement influencé par l'exhaure des mines de fer du Bassin de BRIEY pour la période étudiée.

Pour tous les bassins versants de superficie supérieure à 2 500 km², le Kp moyen sur la période d'observation est inférieur à 1.15.

Mais pour les petits bassins versants, le Kp reste très variable (graphique ci-après).

Variation du Kp moyen en fonction de la superficie des bassins versants



4 SYNTHÈSE DES RESULTATS - ETABLISSEMENT D'UN CATALOGUE DES DEBITS DE CRUES

L'ensemble des résultats obtenus dans le chapitre 1 pour les stations ayant au moins 15 ans d'observations, sont rassemblés dans les tableaux D.1 à D.12.

Dans ces tableaux, les stations sont regroupées par grand bassin :

Tableaux D.1 à D.4 : bassin du RHIN .

Tableaux D.5 à D.10 : bassin de la MOSELLE

Tableaux D.11 à D.12 : bassin de la MEUSE.

Pour chaque station, le tableau précise :

- . code hydrologique,
- . point kilométrique,
- . surface du bassin versant contrôlé,
- . nom de la station et du cours d'eau,
- . période d'observation.

Pour chaque saison et à partir de la loi Log Normale à 3 paramètres, les débits moyens maximaux journaliers ont été déterminés pour les durées de récurrence suivantes : 2, 5, 10, 25, 50 ans.

Pour 2 stations anciennes, il a été possible de déterminer le débit centenaire.

- . Pour chaque saison figure le K_p maximal annuel.

5 ANALYSE REGIONALE DES DEBITS MAXIMAUX JOURNALIERS

Cette partie de l'étude concerne en fait une recherche préliminaire à une véritable analyse régionale des débits maximaux, puisque seuls les paramètres pluie et surface ont été considérés.

La variable étudiée est le débit spécifique saisonnier, c'est-à-dire le rendement par unité de surface (l/s/km²) de période de retour donnée : 2, 5 et 10 ans (les séries de valeurs maximales ont également été analysées).

5.1 Influence d'une caractéristique pluviométrique

La nécessité de disposer d'une caractéristique saisonnière de la pluviométrie a conduit à retenir le gradex des précipitations journalières, caractéristique disponible sur la région étudiée, par simple lecture des cartographies publiées dans "Hauteurs des précipitations journalières décennales de la France du Nord-Est" par la Mission Déléguée de Bassin RHIN-MEUSE.

Plusieurs remarques sont à faire quant à l'utilisation de cette variable :

- Compte tenu des imprécisions de lecture et de correspondances entre cartes, l'incertitude d'estimation du gradex en un point est au moins de l'ordre de + 20 %.

- Nous nous limitant volontairement à une recherche exploratoire devant déboucher sur des propositions d'études complémentaires, la valeur du gradex affectée à chaque station hydrométrique est celle relevée en cette station. Compte tenu de la variabilité spatiale importante de la caractéristique pluviométrique, en particulier dans les hauts bassins, il y a nécessairement une différence significative entre le gradex à l'échelle du bassin concerné et le gradex à hauteur de la station hydrométrique. Une méthode d'obtention du gradex "moyen" sur un bassin reste à définir.

- Les valeurs figurant sur les cartes de la Mission Déléguée correspondent à des journées arbitrairement découpées de 6 h en 6 h. Pour obtenir le gradex sur une durée de 24 h, il conviendrait théoriquement de majorer ces valeurs par un coefficient correctif de WEISS ($K = 24/21$). Cette particularité ne pénalisant pas l'obtention de relations pluie-débit, les valeurs utilisées dans le cadre de l'étude n'ont pas subi cette correction.

Un certain nombre de relations linéaires ont été testées :

- débit moyen journalier saisonnier maximum maximorum de la série et du gradex,

- débit moyen journalier saisonnier maximal :

. de période de retour 2 ans et gradex,

. de période de retour 5 ans et gradex,

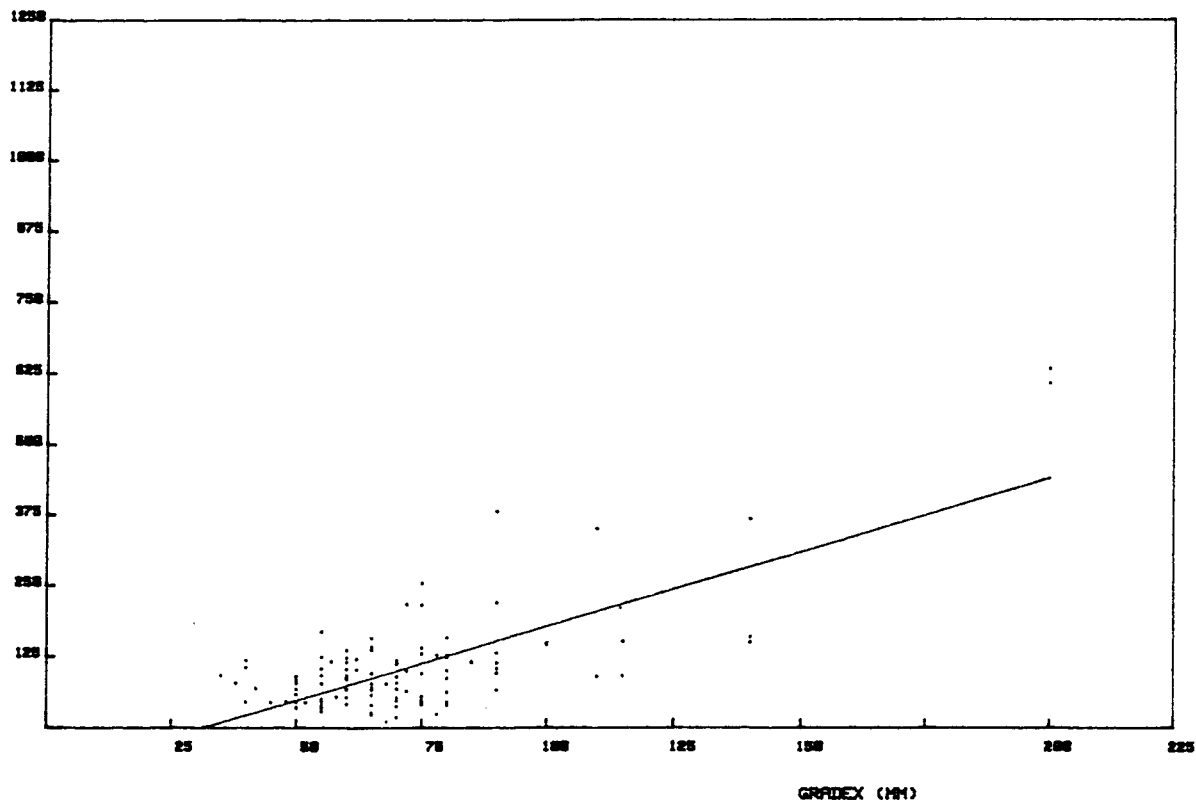
. de période de retour 10 ans et gradex.

Alors qu'une certaine organisation apparaît au niveau des valeurs d'hiver, aucune relation significative ne peut être dégagée sur la période estivale

	HIVER	Coef. de corrél.	ETE	Coef. de corrél.
Débit journalier maximal de période de retour 2 ans	$Q_2 = 2.62 G_{\text{hiver}} - 82.6$ l/s/km ² mm	0.73	Pas de relation significative	
Débit journalier maximal de période de retour 5 ans	$Q_5 = 3.29 G_{\text{hiver}} - 89.8$	0.71	"	
Débit journalier maximal de période de retour 10 ans	$Q_{10} = 3.08 G_{\text{hiver}} - 51.2$	0.63	"	
Débit journalier maximum maximorum	$Q_M = 3.82 G_{\text{hiver}} - 65.9$	0.57	"	

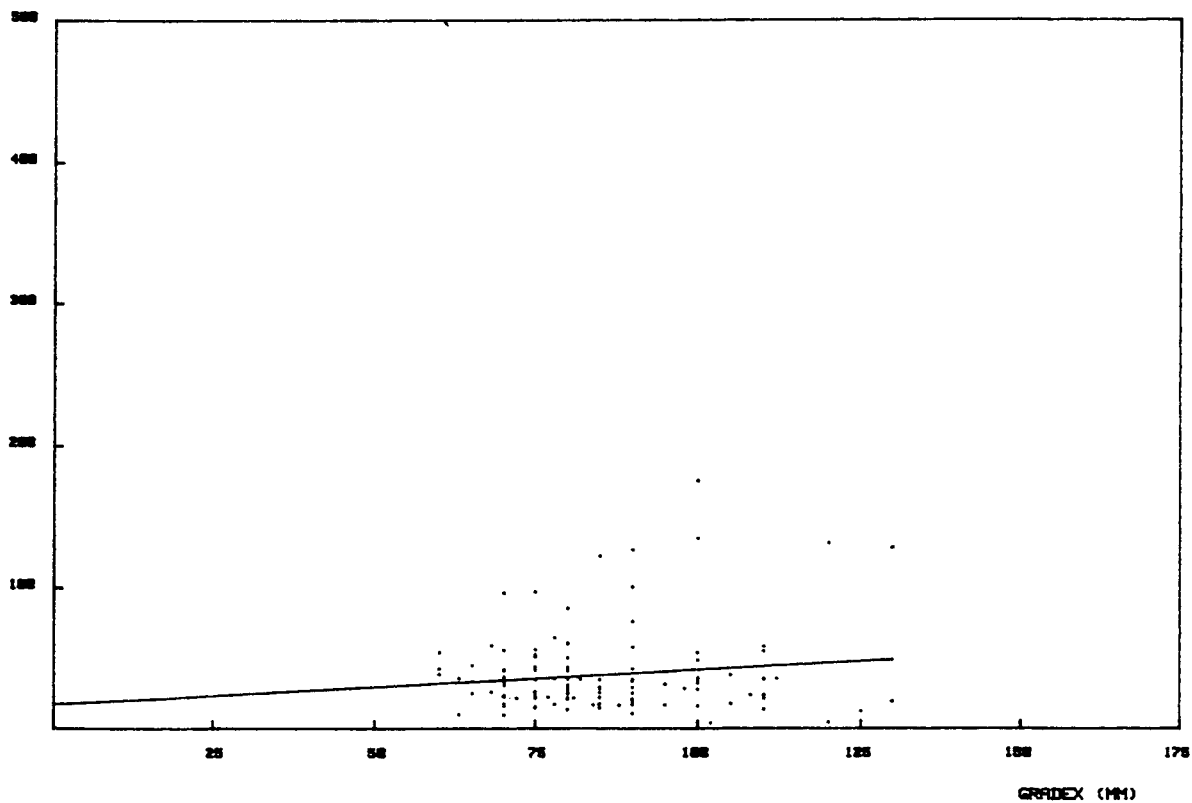
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER (T= 2 ANS) D'HIVER ET LE GRADEX D'HIVER

Q(L/S/1012)



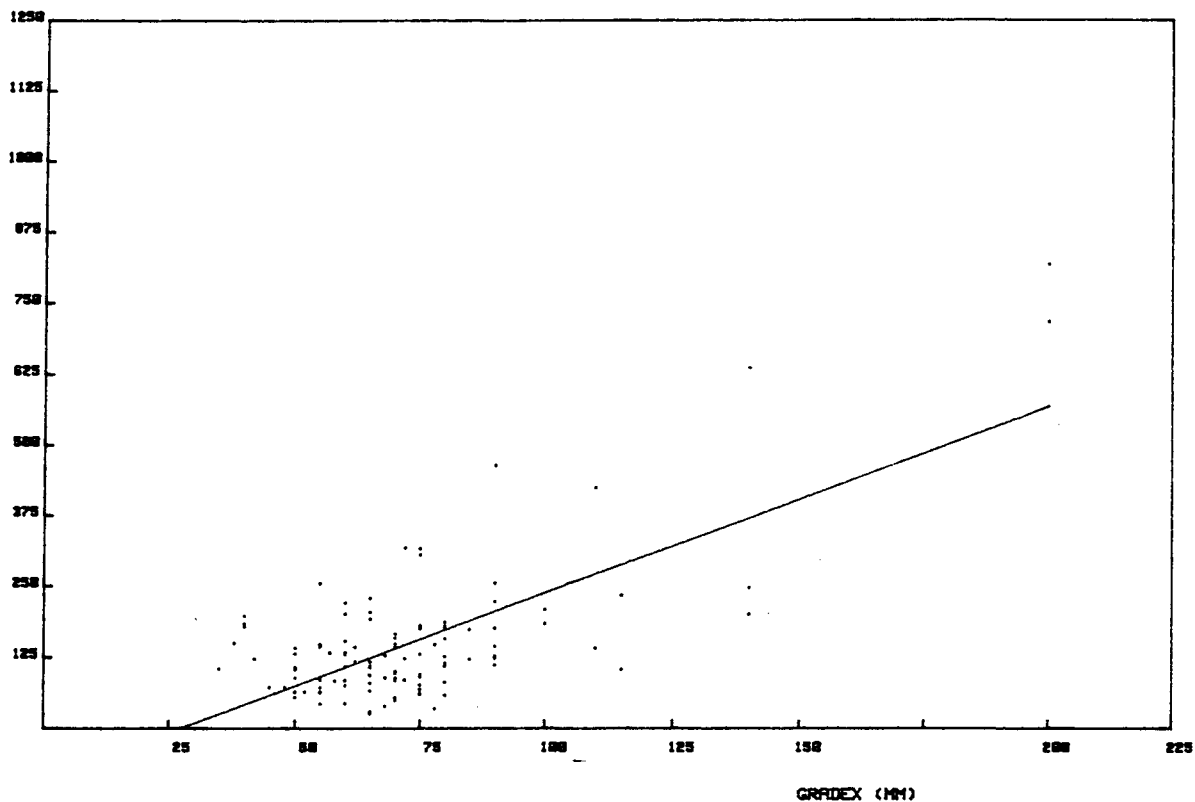
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER (T=2 ANS) D'ETE ET LE GRADEX D'ETE

Q(L/S/1012)



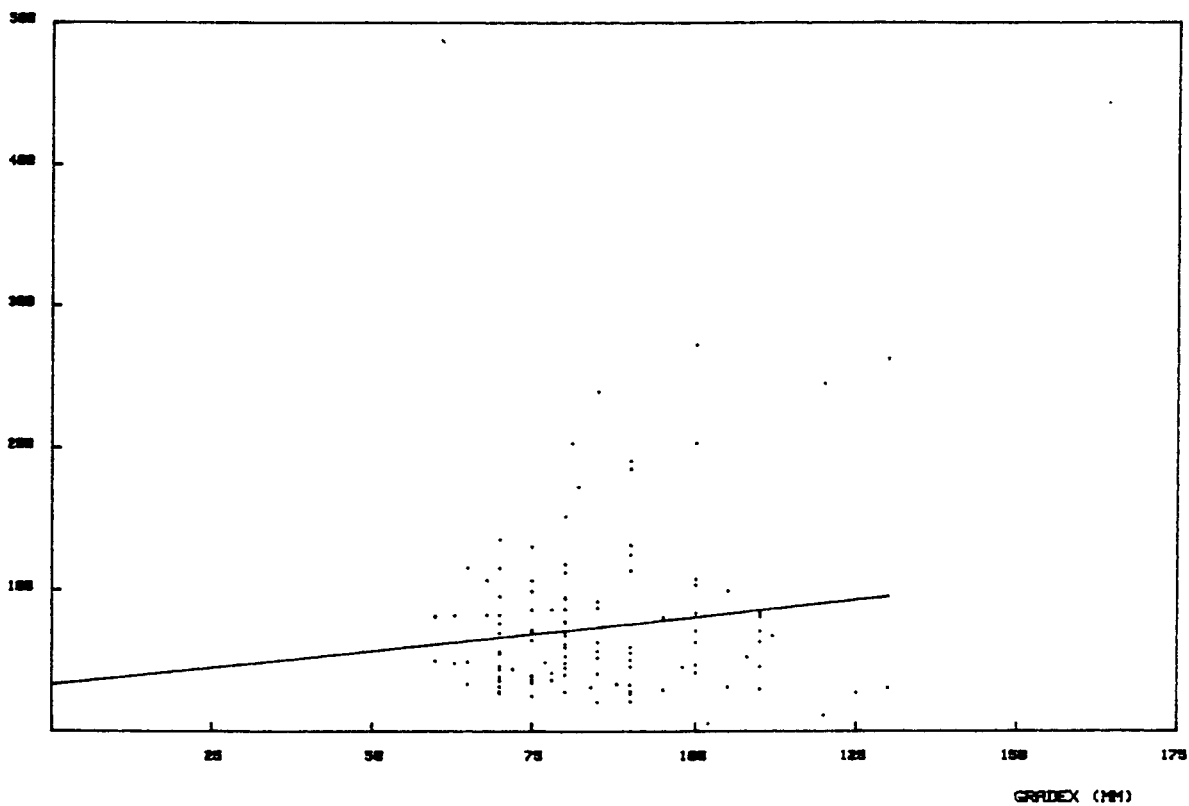
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER QUINQUENNAL D'HIVER ET LE GRADEX D'HIVER

Q(L/S/KM²)

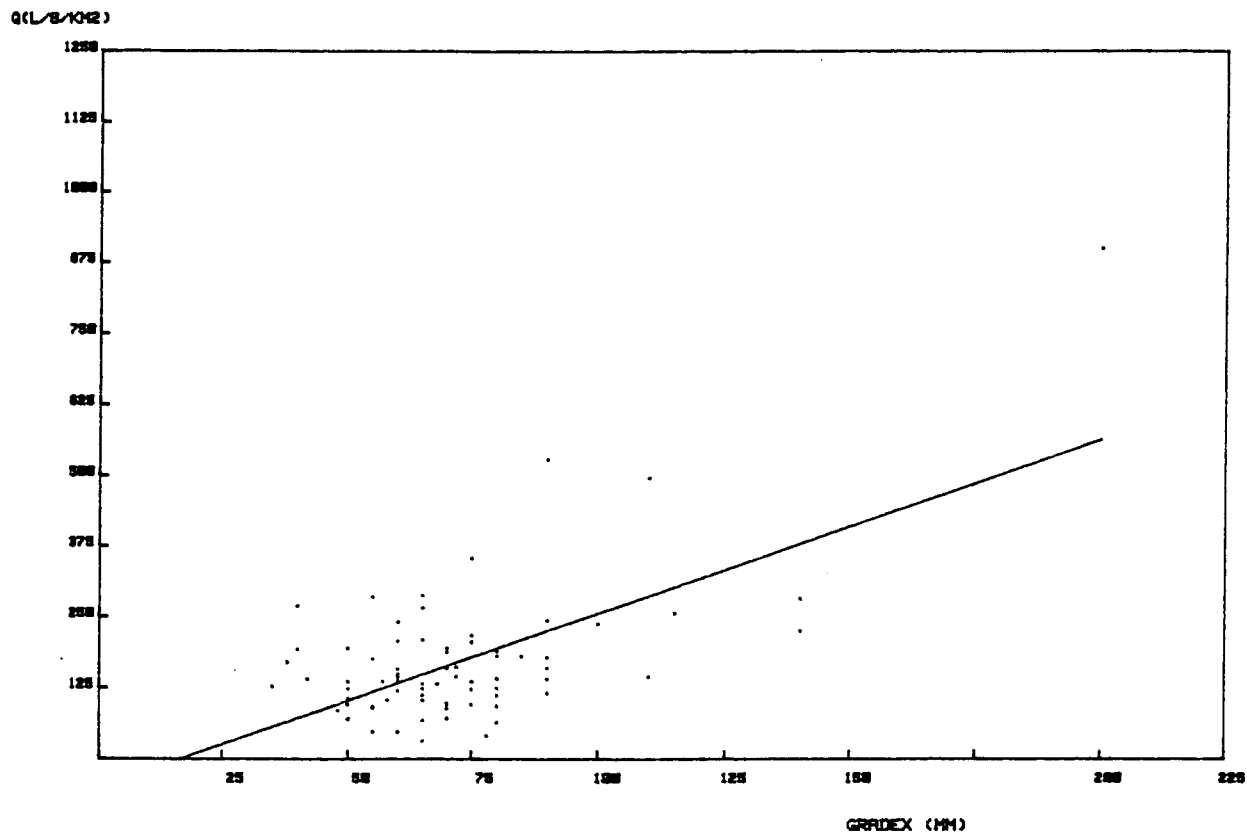


RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER QUINQUENNAL D'ETE ET LE GRADEX D'ETE

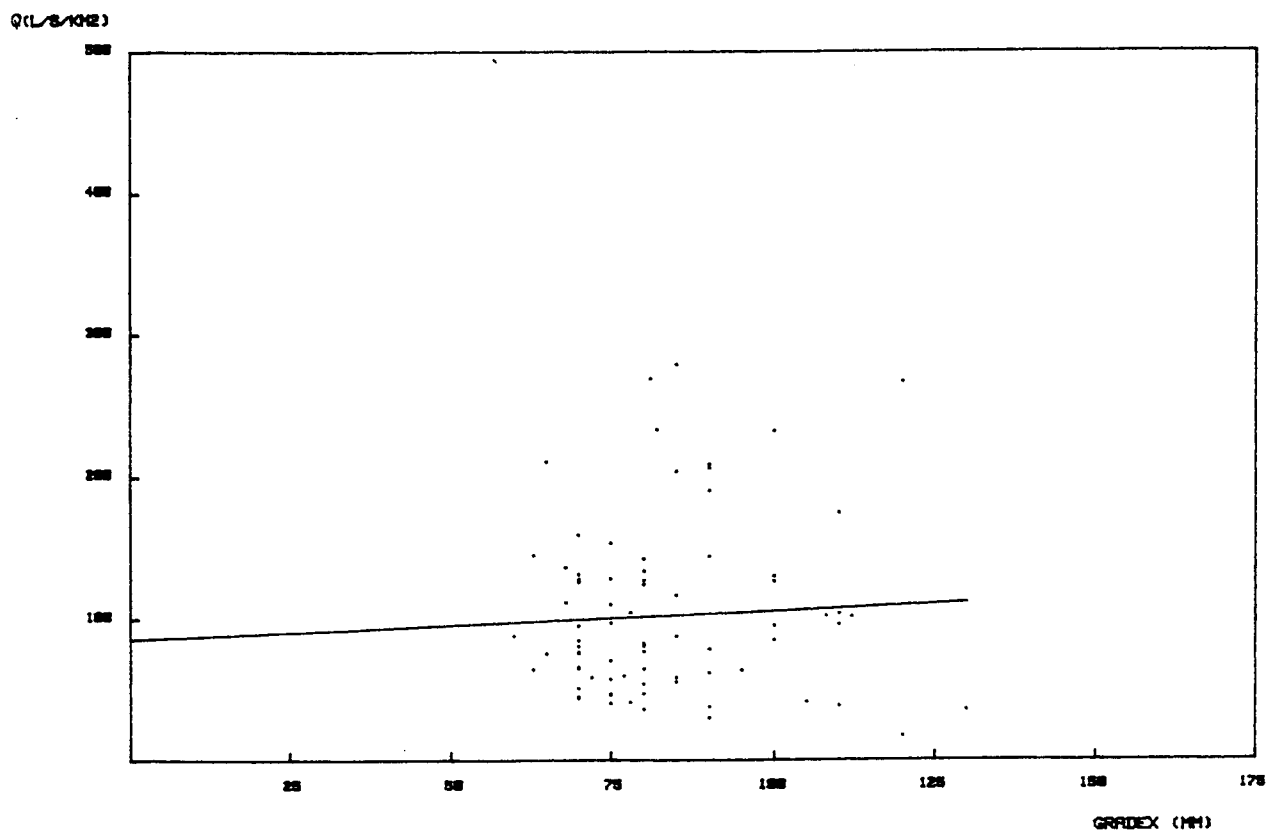
Q(L/S/KM²)



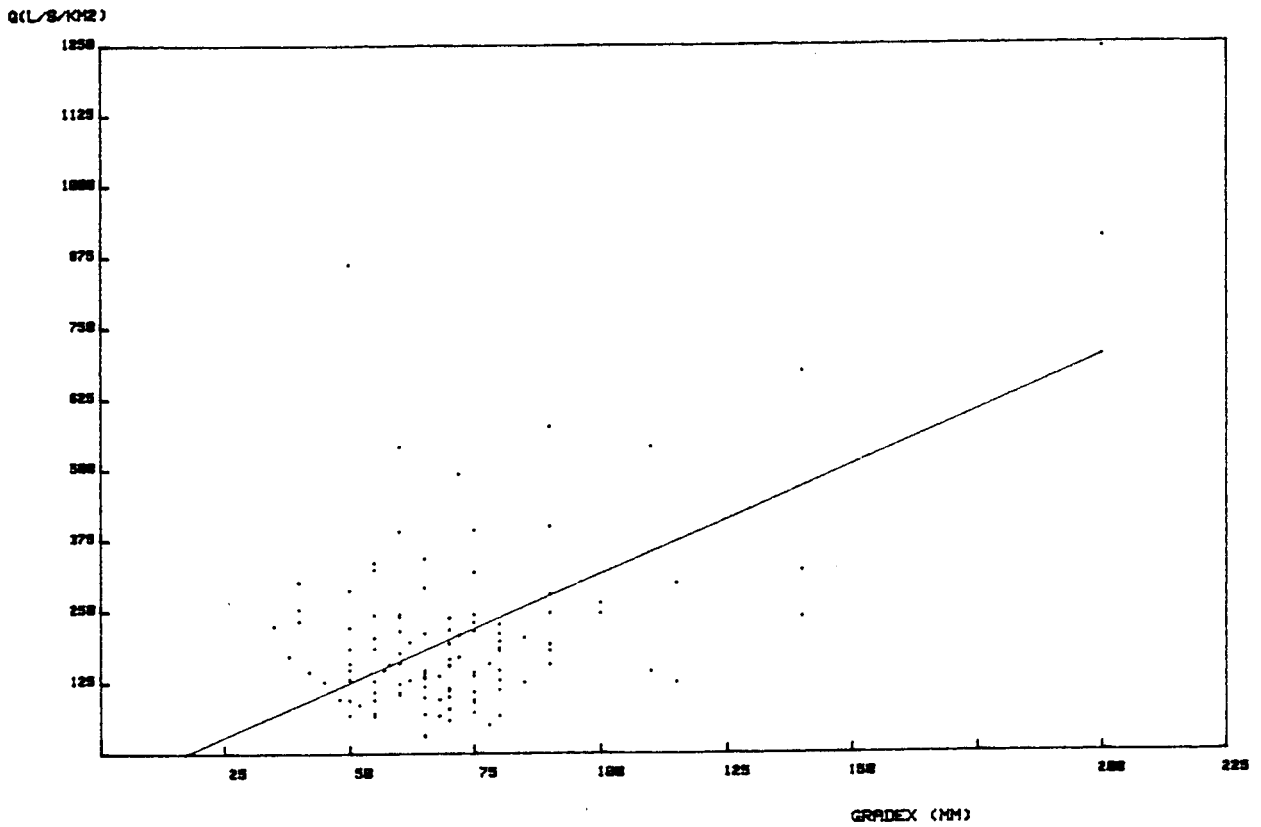
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER DECENNAL D'HIVER ET LE GRADEX D'HIVER



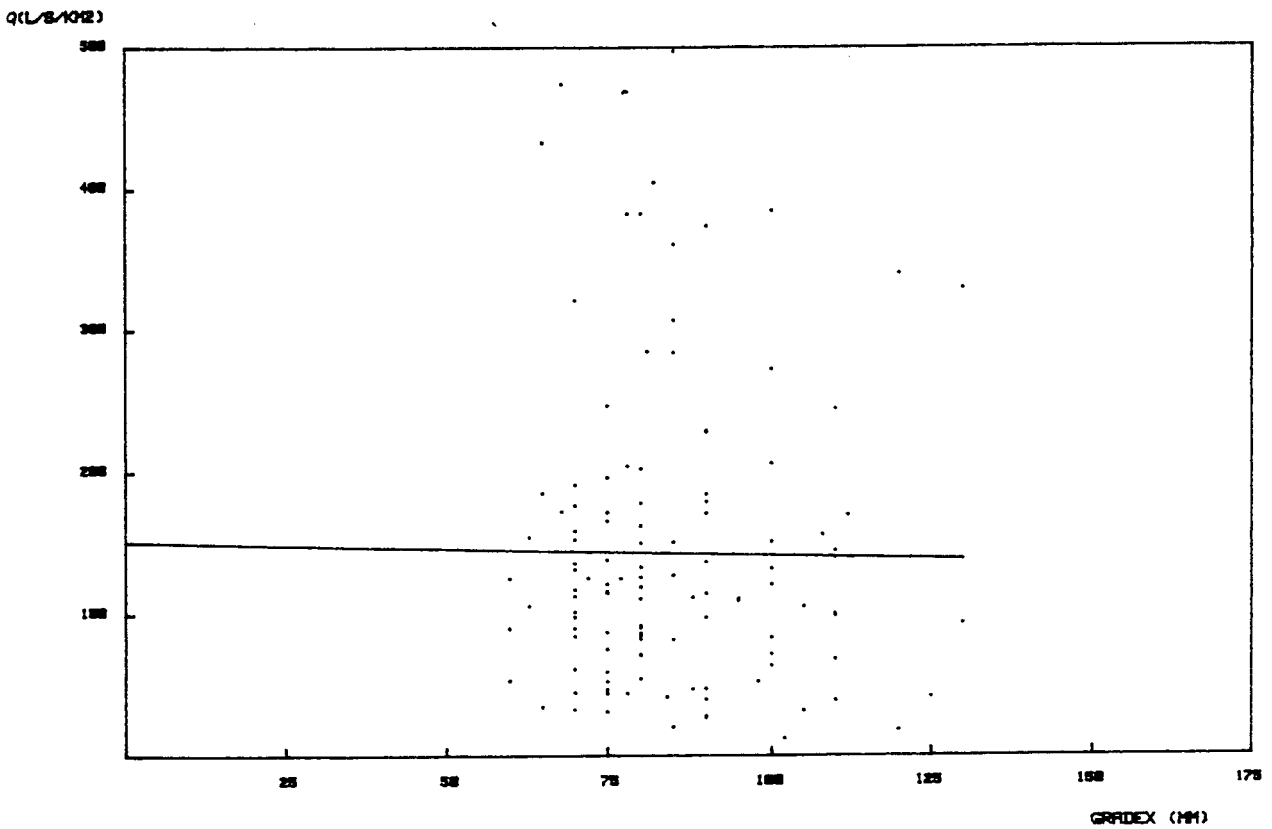
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER DECENNAL D'ETE ET LE GRADEX D'ETE



RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER MAXIMAL D'HIVER ET LE GRADEX D'HIVER



RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER MAXIMAL D'ETE ET LE GRADEX D'ETE



5.2 Influence de la superficie du bassin versant

Le fait de travailler en débit spécifique n'empêche pas de s'interroger sur l'influence éventuelle de la superficie du bassin versant.

Compte tenu de leur très grande superficie (respectivement 39 649 et 48 354 km²), les stations A06100, le RHIN à STRASBOURG, et A30200, le RHIN à SELTZ, n'ont pas été retenues. La station A23137, la SCHIRGOUTTE à BELMONT, au niveau de laquelle une indétermination demeure quant à la superficie réelle du bassin contrôlé a également été rejetée. La recherche de relation a été effectuée sur les mêmes caractéristiques de débit que celles envisagées dans le paragraphe précédent.

Si globalement aucune corrélation significative ne peut être dégagée, aussi bien sur les valeurs d'été que sur les valeurs d'hiver (les coefficients de corrélation restent inférieurs à 0.3 quelle que soit la caractéristique de débit considérée), l'examen des représentations des couples (Q,S) par bassin, laisse apparaître une certaine organisation "géographique" qui présage favorablement quant aux résultats à attendre de la prise en compte de données physiographiques.

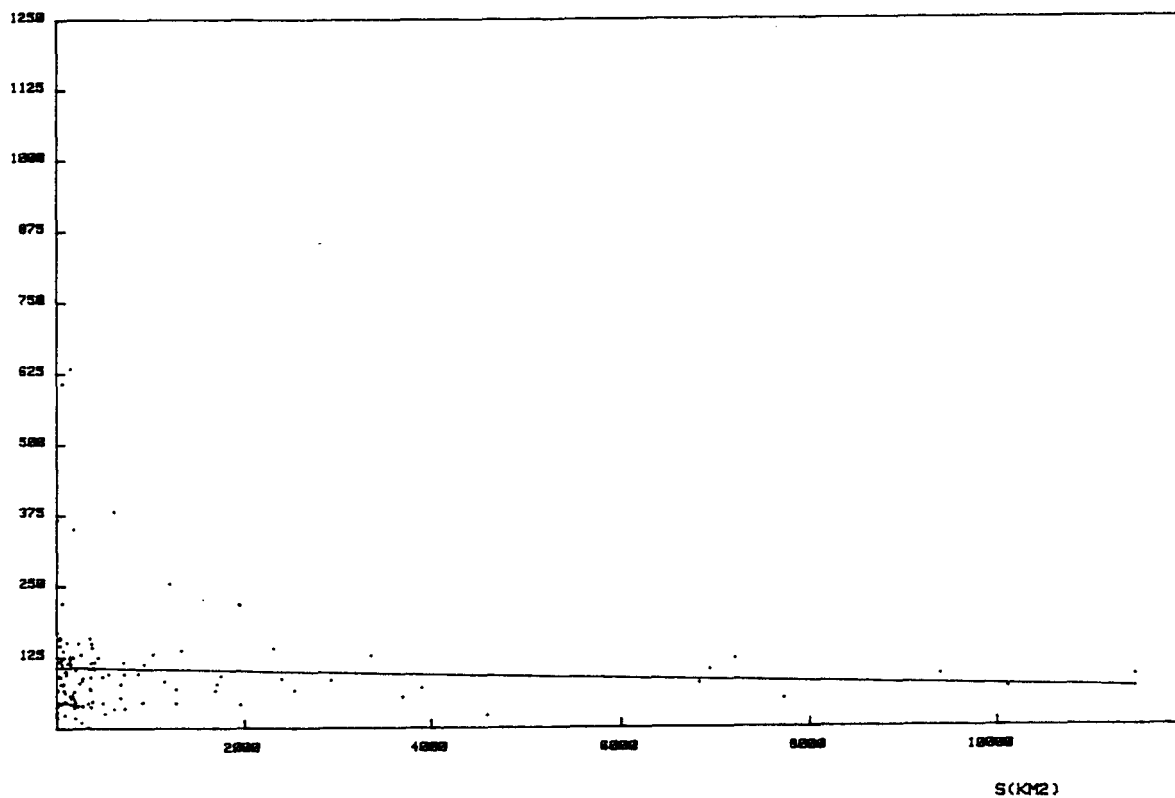
Quelques essais complémentaires ont été réalisés sur l'ensemble à partir de la variable (surface * gradex), mais sans succès.

Remarque :

Il paraît important de rappeler que le calcul de la caractéristique de débit étudiée est effectuée, dans bon nombre de cas, sur des séries de durées inférieures à 10 ans. L'hétérogénéité de la durée de la période d'observation est un facteur de disparité des couples (Q,S) ou (Q,P).

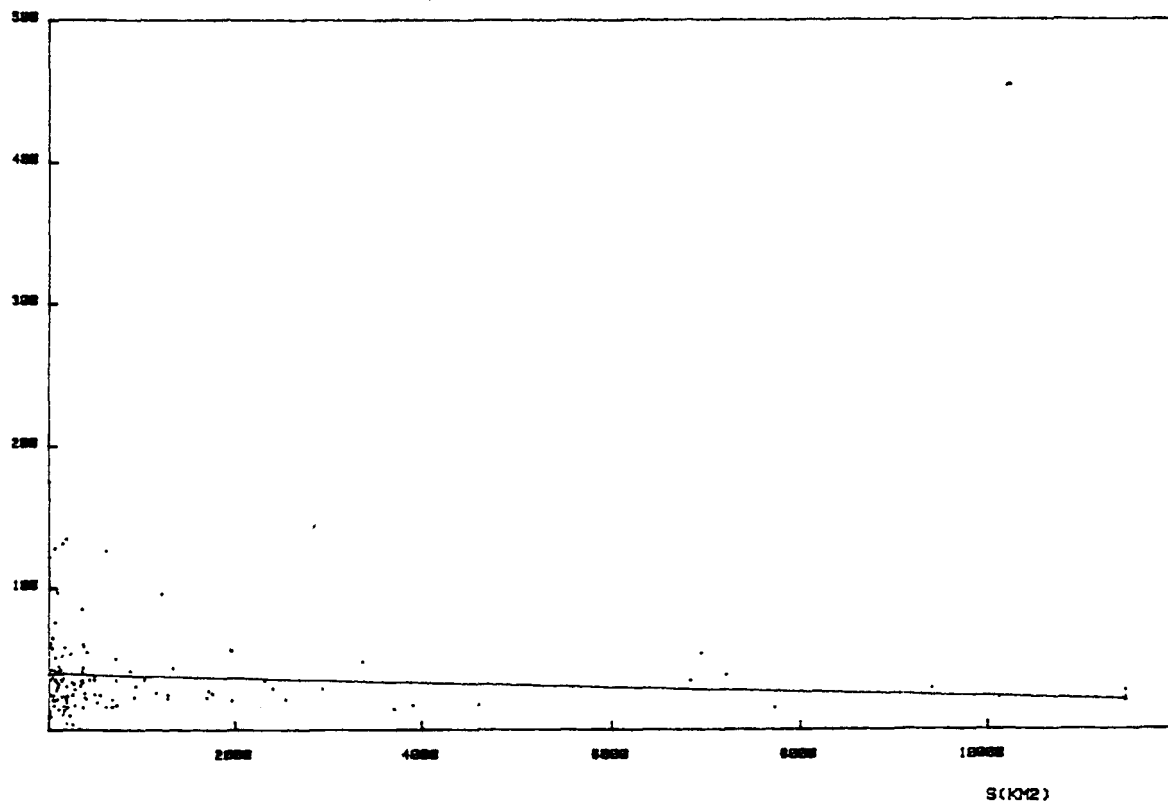
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER D'HIVER ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT
(T = 2 ANS)

q (L/S/KM²)



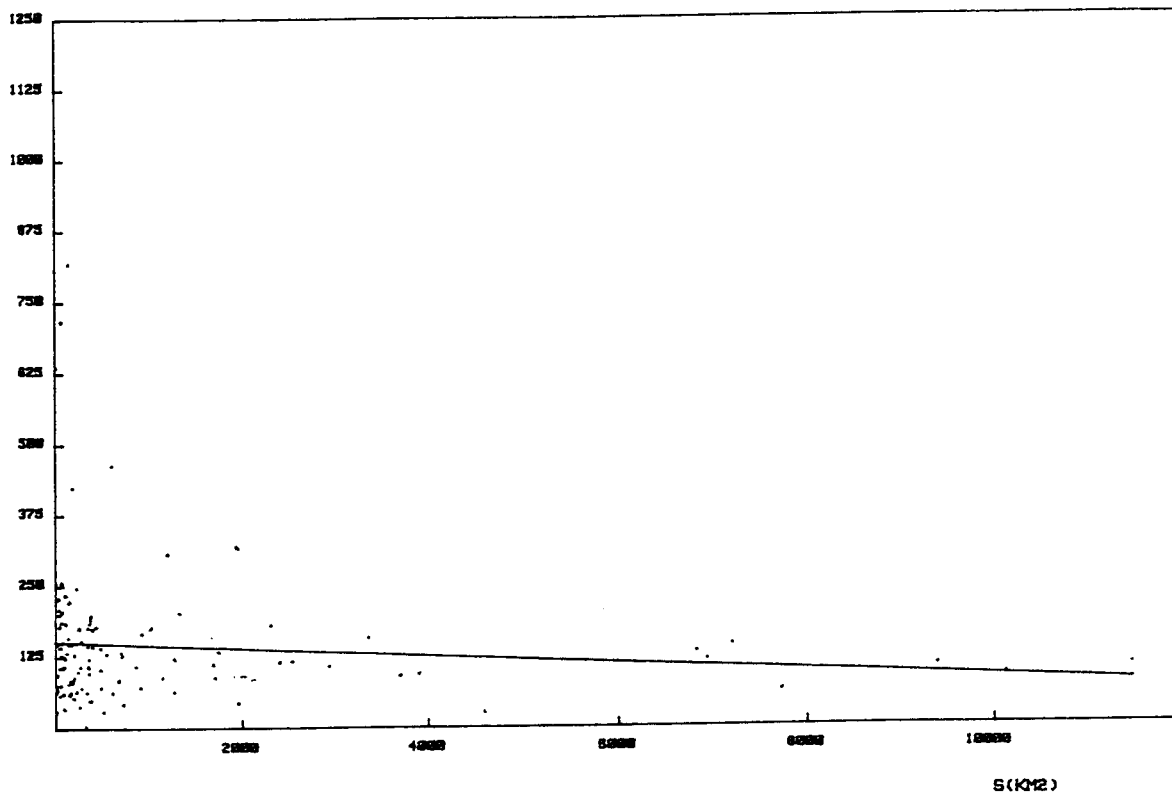
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER (T=2 ANS) D'ETE ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT

q (L/S/KM²)



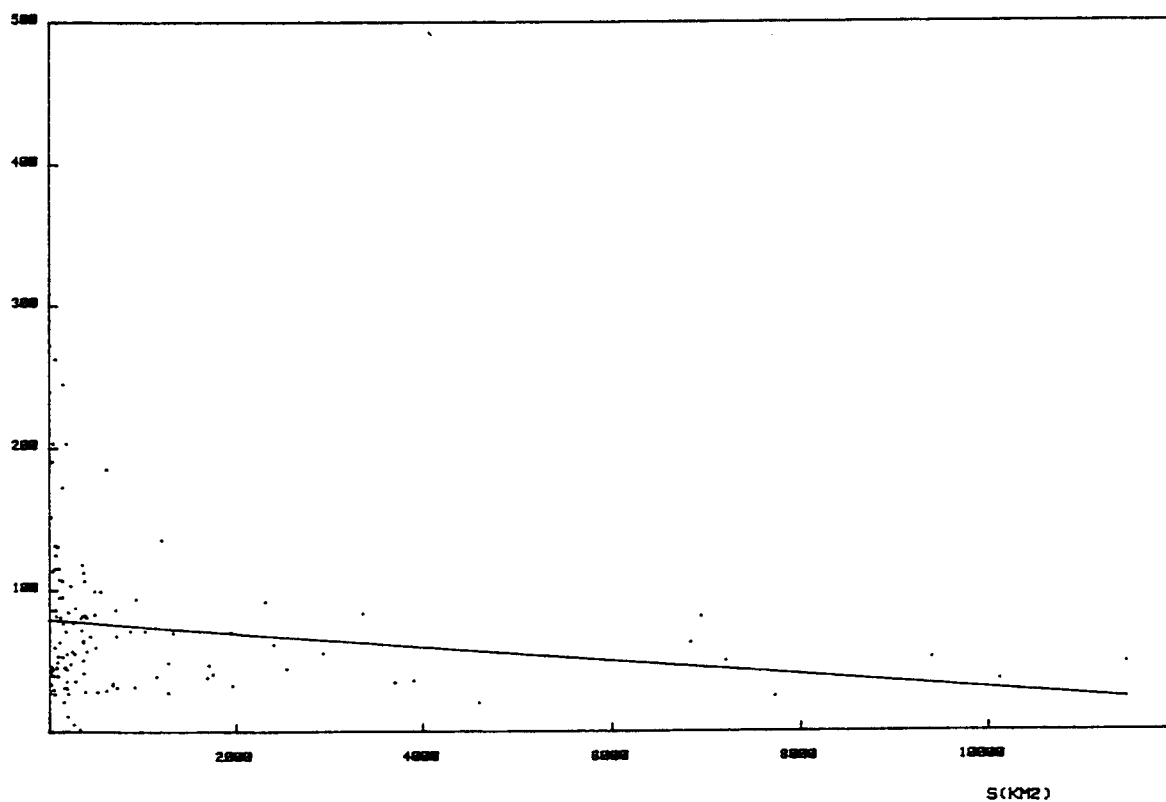
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER QUINQUENAL D'HIVER ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT

Q (L/S/KM²)



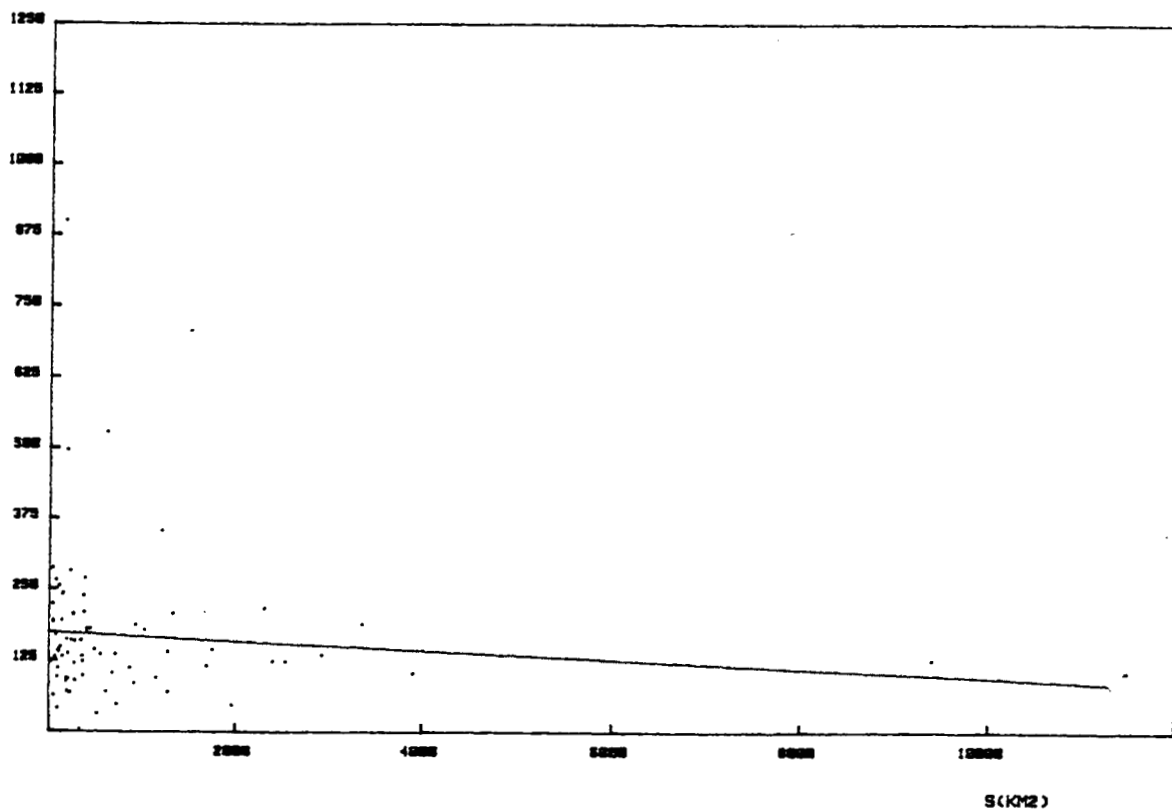
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER QUINQUENAL D'ETE ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT

Q (L/S/KM²)



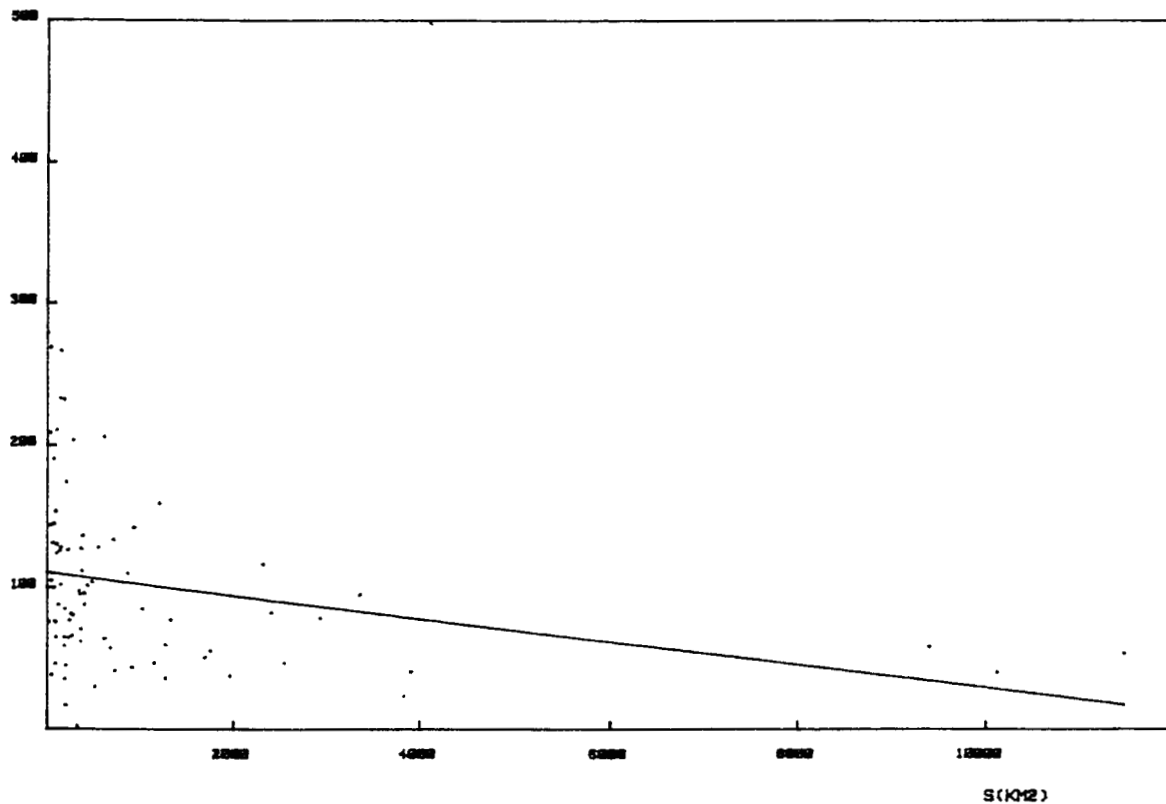
RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER DECENNAL D'HIVER ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT

Q (L/S/KM²)

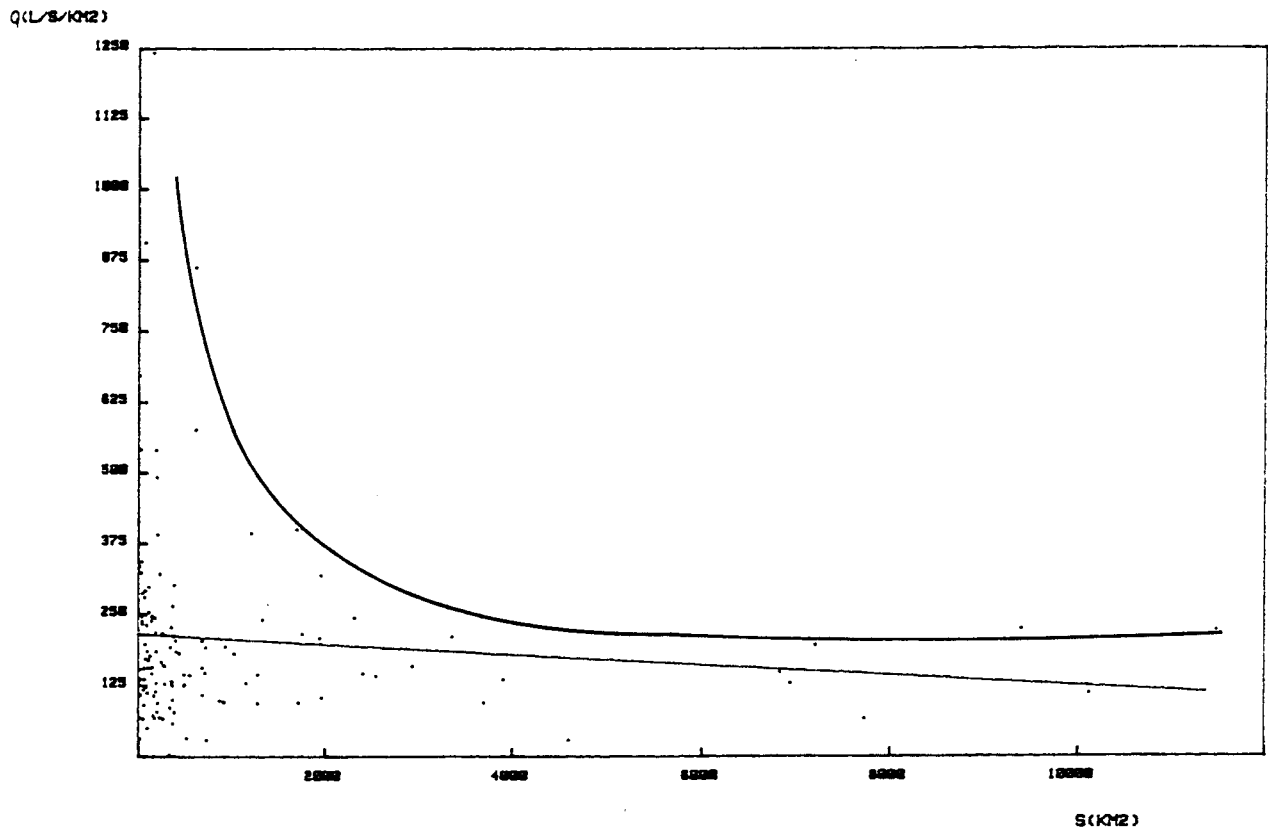


RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER DECENNAL D'ETE ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT

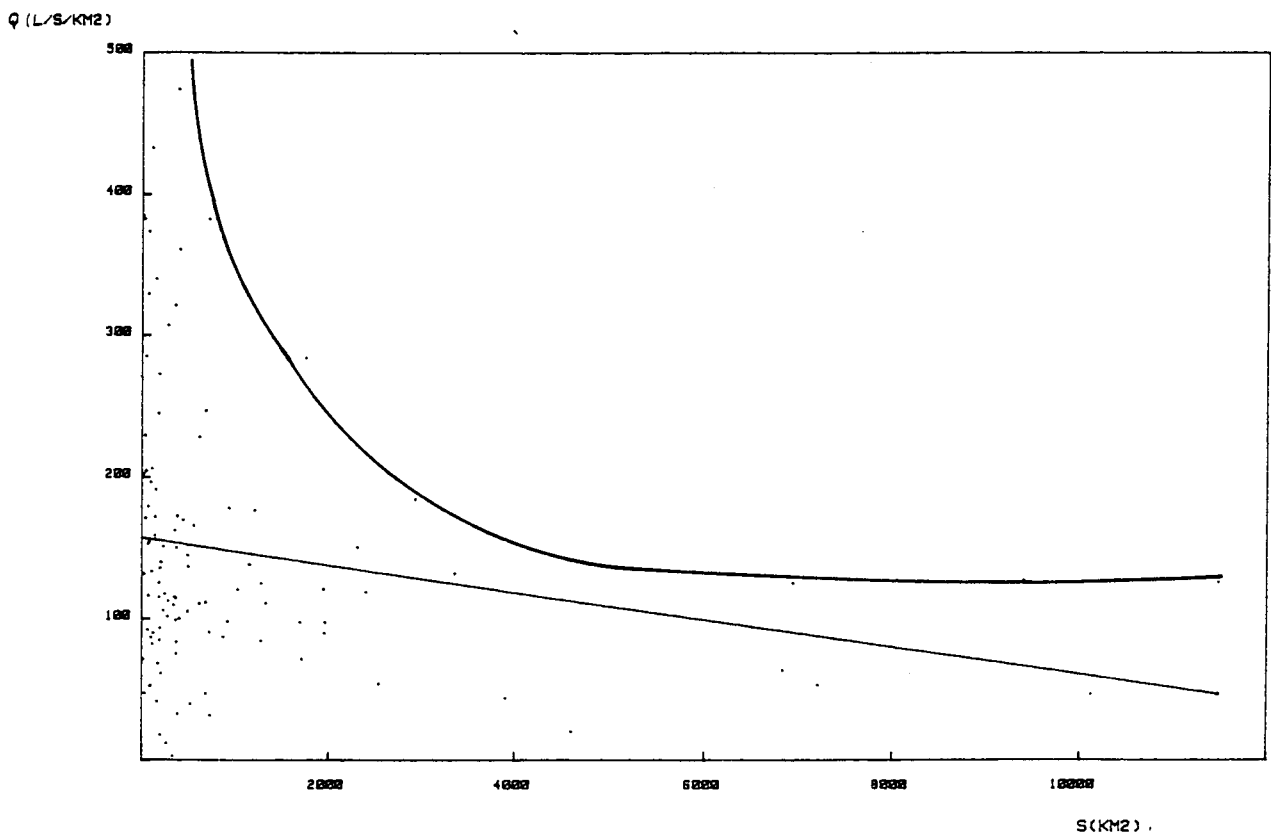
Q (L/S/KM²)

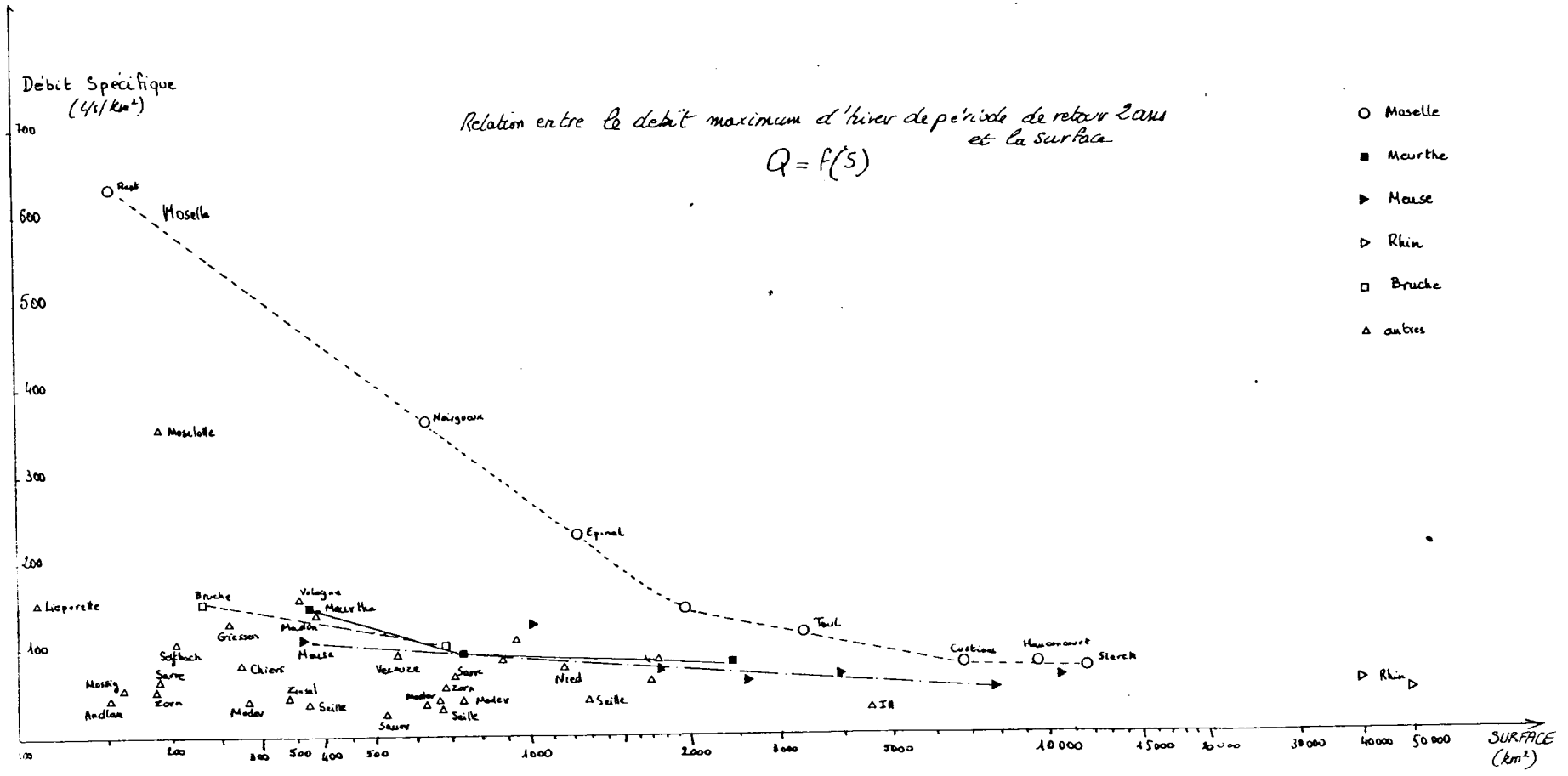


RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER MAXIMAL D'HIVER ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT



RELATION ENTRE LE DEBIT MOYEN JOURNALIER MAXIMAL D'ETE ET LA SUPERFICIE DU BASSIN VERSANT





6 CONCLUSION

L'étude a finalement permis l'obtention des caractéristiques statistiques et fréquentielles des débits maximaux en plus de 120 stations du Bassin RHIN-MEUSE et la mise en forme synthétique de ces caractéristiques.

Les premiers essais d'analyse régionale des débits maximaux spécifiques montrent certaines possibilités d'organisation en fonction des paramètres pluie et surface.

Ces résultats encourageants doivent maintenant être complétés par la prise en compte de paramètres complémentaires (géologiques, pédologiques, phytologiques,...), afin de déboucher sur une proposition méthodologique de régionalisation des crues.