LE RÉGIME D'ÉCOULEMENT DE LA BASSE-SURE

PAR

FÉLIX ENGEL

INGÉNIEUR-HYDRAULICIEN E. I. H.

En 1947, la Société Luxembourgeoise d'Etudes Hydro-Electriques entreprit l'étude d'un projet d'aménagement hydro-électrique au fil de l'eau sur la Basse-Sûre, à Rosport. Une telle étude impliquait nécessairement la connaissance préalable du régime de la rivière en question.

L'auteur de cette note fut chargé par la dite société de rechercher et de rassembler les données météorologiques, fluviométriques, topographiques et géologiques, et d'exécuter des travaux de nivellement et de mesure de débit au moulinet afin de compléter les renseignements disponibles, dont l'examen devait permettre la détermination du régime de la Basse-Sûre à Rosport.

Cette étude a été exposée dans un rapport intitulé «Note sur le Régime de la Basse-Sûre», en date du 15 septembre 1947.*

Dans les pages présentes, nous n'en reproduisons que les parties essentielles. Pour les détails, la documentation et la bibliographie, nous renvoyons le lecteur au rapport cité.

---

*) Société Luxembourgeoise d'Études Hydro-Électriques (document ronéographié).

Ce travail a été fait avec le concours de Monsieur Auguste Wirion, ingénieur en chef - directeur des Ponts et Chaussées et de Monsieur Mathias Gillen, directeur de l'Administration des Services Agricoles, qui a bien voulu autoriser le Service d'Hydrographie et de Météorologie, dirigé par Monsieur J. P. Engels, à mettre à notre disposition ses archives et à exécuter avec nous les travaux de nivellement et de mesures de débit.

Pour autant qu'il était nécessaire, nous avons tenu compte ici de renseignements météorologiques supplémentaires empruntés à l'ouvrage de Monsieur E. Lahr, professeur, «Un siècle d'Observations météorologiques au Grand-Duché de Luxembourg», ouvrage paru en 1950.

TABLE DES MATIÈRES

I. Détermination des débits journaliers de la Basse-Sûre durant les années 1877 à 1917, 1918, 1922, 1929, 1932, 1938 et 1939.

II. Étude du régime de la Basse-Sûre.

III. Figures :

No. 1 Carte Hydrographique du Grand-Duché.

No. 2 Courbes des débits aux échelles de Ralingen et de Steinheim.

No. 3 Débits moyens mensuels (Max. moy. min.).

No. 4 Courbe des débits annuels.

No. 5 Courbes des débits classés mensuels.

No. 6 Courbes des débits classés mensuels.

IV. Tableaux :

No. 1 Débits moyens mensuels et annuels.

No. 2 Coefficients de débits mensuels.

No. 3 Fréquences partielles des débits moyens mensuels.

No. 4 Fréquences partielles des débits journaliers de 0 à 200 m^3/sec.

No. 5 Débits journaliers minima de chaque mois.

No. 6 Rapidité et volumes totaux des grandes Crues.

No. 7 Fréquences partielles des Crues.

No. 8 Débits journaliers maxima de chaque mois.

No. 9 Débits journaliers durant l'année 1908.

No. 10 » » » 1909.

No. 11 » » » 1910.

I. DÉTERMINATION DU DÉBIT JOURNALIER DE LA BASSE-SURE DURANT LES ANNÉES 1877 A 1917, 1918, 1922, 1929, 1932, 1938 et 1939.

Pour déterminer les débits journaliers d'un cours d'eau, il faut disposer de mesures limnimétriques journalières effectuées en un point de la rivière durant une certaine période. Au même point il faut mesurer les débits correspondant à différentes hauteurs d'eau. Par l'interprétation graphique des résultats de ces mesures on peut tracer la courbe dite «courbe des débits» qui permet de déduire le débit en m^3/sec correspondant à une hauteur d'eau déterminée.

L'endroit de mesure sur la Basse-Sûre doit se trouver en aval de Münden, qui est au confluent de la Sûre et de la Prüm, dernier affluent de la Sûre avant Wasserbillig (fig. 1).

Nous disposons de mesures limnimétriques faites aux échelles de Steinheim et de Ralingen, mais il n'existe pas de courbe des débits, ni pour l'une ni pour l'autre de ces 2 échelles. Les mesures limnimétriques journalières de Steinheim s'étendent sur une période continue d'une quarantaine d'années[1]), celles de Ralingen sur plusieurs années non consécutives. Pour cette dernière échelle, nous possédons, en outre, les résultats de mesures directes de débits pour différentes hauteurs d'eau qui nous permettront de tracer la courbe des débits correspondante.

Détermination de la courbe des débits à l'échelle de Ralingen.

Altitude du zéro de l'échelle de Ralingen : 146,80.

Bassin versant : 4 282 km^2.

Les indications de débits que nous utiliserons sont les suivantes :

---

[1]) Les représentations graphiques de ces mesures sont déposées dans les archives du Service d'Hydrographie et de Météorologie à Luxembourg.

a) Dans un mémorandum[2]), en date du 6 février 1923, adressé par le Regierungspräsident de Trèves à la Direction des Travaux Publics du Grand-Duché, quelques observations sont faites au sujet du débit de la plus grande crue et des débits d'étiage de la Sûre à Rosport : Die auf preussischer Seite vorhandenen Angaben über die Wasserführung der Sauer ergeben nachstehendes Bild : Die grösste Hochwassermenge der Sauer am 16. 1. 1918 ist aus den Niederschlägen für das gesamte Abflussgebiet auf 1180 m³/sec *errechnet,* also nicht sehr zuverlässig. An der Wehrstelle wird daher mit rd. 1200 m³/sec gerechnet werden müssen. Für niedrigere Wasserstände sind bei Wasserbillig einige Flügelmessungen vorhanden, die auf das Niederschlagsgebiet des Pegels zu Ralingen von 4282 km² Grösse umgerechnet folgende Zahlen ergeben :

— 0,01 m am Pegel zu Ralingen : 13,8 m³sec.
— 0,04 m 11,2 m³/ sec.
— 0,16 m 8,0 m³/sec..

b) Mesures de débits :

Endroit de mesure	date de la mesure	hauteur d'eau correspondante au limnimètre de Ralingen	débit en m 3/sec	section de passage de l'eau m²	vitesse moyenne m/sec	intrument de mesure
Ralingen en aval de la gare	3-XII-38	118	85,54	51,85	1,65	moulinet à flotteur
Ralingen	13-VI-39	+ 22	12,59	26,81	0,469	Stangen-flügel
en amont	14-VI-39	+ 22	11,15	26,90	0,415	moulinet
du pont	15-VI-39	+ 23	12,04	26,98	0,446	à flotteur
Wasserbillig en amont	10-IX-04	— 16	8,10	18,5	0,44	?
du pont,	1-VII-04	— 4	11,36	16	0,71	moulinet
en aval	24-IX-1890	+ 1	14	34,06	0,41	moulinet
de Langsur	28-II-1910	+ 283	444,31	283	1,57	flotteur de surface

[2]) Ce mémorandum concerne le projet d'aménagement hydro-électrique de Rosport élaboré en 1920.

La dernière mesure avec flotteur de surface a été effectuée entre 3 sections distantes l'une de l'autre de 200 m.

La pente moyenne de la surface libre pour le parcours total de 400 m était de 0,0006 m/m.

Les sections de passages étaient de respectivement 292, 292 et 265 m².

Bassin versant : 4 338 km², débit spécifique : 100 l/sec/km².

La crue de 1882 marquait à l'échelle de Ralingen 75 cm de plus. Il y correspond une section de passage de 348 m² à l'endroit de mesure. En estimant la vitesse à 1'80 m/sec, le débit aurait été de 625 m³/sec, ce qui correspond à un débit spécifique de 145 l/sec/km².

Les mesures mentionnées ci-dessus ont été effectuées par le «Wasserstrassenamt» de Coblence.

Les mesures faites à Langsur doivent être rapportées au bassin versant de Ralingen. En conséquence elles seront multipliées par le rapport des bassins versants $\frac{4282}{4362}$, ce qui donne:

pour h = — 16 cm Q = 8,10 $\cdot \frac{4282}{4362}$ = 7,94 m3/sec

h = — 4 cm Q = 11,36 $\cdot \frac{4282}{4362}$ = 11,14 m3/sec

h = + 1 cm Q = 14 $\cdot \frac{4282}{4362}$ = 13,73 m3/sec

h = + 283 cm Q = 444,3 $\cdot \frac{4282}{4362}$ = 435,5 m3/sec.

Nous remarquons une faible différence avec les chiffres cités sub a) :

8,0 m³/sec.
11,2 m³/sec.
13,8 m³/sec.

Comme il est dit, ces débits ont été rapportés au bassin versant de Ralingen. Seulement, on y a admis pour Langsur un bassin versant de 4338 km², tandis qu'en réalité il est de 4362 km².

D'où la différence entre les chiffres.

Les résultats des mesures de débits dont nous disposons sont donc les suivants :

h	Q	Moyen de mesure [1]
— 16 cm	7,94 m3/sec	?
— 4 cm	11,14 m3/sec	M
+ 1 cm	13,73 m3/sec	M
+ 283 cm	435,50 m3/sec	F
+ 118 cm	85,54 m3/sec	MF
22 cm	12,59 m3/sec	M
22 cm	11,15 m3/sec	M
23 cm	12,04 m3/sec	F

Les débits spécifiques extrêmes correspondant à ces mesures sont 1,85 l/sec/km² pour le débit d'étiage de 7,94 m³/sec. et 101,70 l/sec/km² pour le débit de crue de 435,50 m³/sec.

Les débits des crues plus grandes ont été calculés à :

hcm	Q m 3/sec	
575	1180	
505	1000	
360	620	
358	625...	(déduite de la mesure h = 283 cm en estimant la vitesse moyenne à 1,80 m/sec)

et le débit d'étiage — 3 cm à 4,28 m³/sec.

Il convient de considérer avec une certaine réserve les débits de crue calculés ou évalués au moyen de flotteurs.

Dans ces conditions nous pouvons, avec ces chiffres, tracer la courbe des débits à l'échelle de Ralingen (fig. 2).

En déterminant maintenant la correspondance entre les hauteurs d'eau aux échelles de Ralingen et de Steinheim, nous pour-

[1]) Ces mesures ont été effectuées au moyen de : M = Moulinet ; MF = Moulinet flotteur ; F = Flotteur.

rons, en nous basant sur la courbe des débits de la première, déduire celle de la seconde.

Correspondance les hauteurs d'eau aux échelles de Ralingen et de Steinheim.

Altitude du zéro de l'échelle de Steinheim : 154,48.

Bassin versant : 4271 km².

Cette échelle a été enlevée vers 1922.

La détermination par le calcul de la fonction reliant les indications limnimétriques aux deux échelles en question est aléatoire parce qu'elle dépend d'une série de facteurs dont l'influence n'est pas suffisamment étudiée.

S'il est possible d'arriver à des résultats satisfaisants pour les étiages et les eaux moyennes, il n'en est pas ainsi pour les hautes eaux. On peut dire qu'on trouve rarement deux crues qui, marquant à une échelle une même hauteur d'eau, ont des évolutions de croissance et de décroissance identiques.

La discordance d'évolution de la hauteur d'eau, de la vitesse et du débit ne doivent pas jouer un grand rôle.

En effet, si le décalage peut être important pour des fleuves très lents (Mississipi), il doit être très petit pour une rivière comme la Sûre dont l'évolution des crues est très rapide.

Etant donné que l'échelle de Ralingen n'est qu'à environ 3 km de celle de Steinheim,

qu'aucune rivière ne vient se jeter dans la Sûre entre ces deux endroits,

que nous disposons de mesures limnimétriques journalières effectuées aux deux endroits durant les années 1915 et 1918, nous déterminons directement de ces mesures la correspondance entre les différentes hauteurs d'eau aux deux échelles.

Nous pensons atteindre ainsi au moins le même degré d'approximation que par toute autre méthode qui ne se baserait pas

sur des mesures directes plus précises que celles dont nous disposons.

Toute différence entre les indications de débits aux deux échelles a donc, si elle existe, une ou plusieurs des causes suivantes :

a) apport du bassin versant compris entre Steinheim et Ralingen;

b) erreur de lecture ;

c) changement du lit de la Sûre en amont ou en aval ou en face de l'une des échelles ;

d) lectures faites aux deux échelles à des heures différentes.

cause a) Le bassin versant à Minden est de 4266,8 km² et à Ralingen 4282 km². De Minden à Ralingen le bassin versant augmente donc de 15,2 km². En supposant que sur cette courte distance les variations des bassins versants sont proportionnelles aux distances mesurées le long de la rivière, l'augmentation du bassin versant entre Steinheim et Ralingen est

$$\frac{15{,}2 \cdot 3}{4} = 11{,}4 \text{ km}^2.$$

En admettant le débit spécifique de la Sûre égal à 10,5 l/sec/km², ces 11,4 km² augmenteront le débit annuel moyen de 0,0105 . 11,4 = 0,119 m³/sec, ce qui fait $\frac{100 \cdot 0{,}119}{45} = 0{,}26$ % du débit moyen annuel admis à 45 m³/sec.

Cette augmentation est très petite. Nous en tiendrons d'ailleurs compte plus loin.

Pour une grande crue, l'influence reste encore très petite. Une pluie de 30 mm par jour peut causer, si les conditions sont favorables, une grande crue.
Admettons une averse exceptionnelle de 80 mm en 24 heures. Les pertes se montent à environ 20 mm et les 60 mm qui s'écoulent en 24 heures correspondent à

un débit de : 60 . 11,57 . 11,4 = 7,8 m³/sec, représentant l'apport du bassin intermédiaire.
Si cette averse faisait partie d'une pluie générale sur l'ensemble du bassin, la crue de la Sûre pourrait avoir un débit de pointe de 708 m³/sec par exemple. L'apport du bassin serait donc de 1,1 %.

cause b) Nous n'avons pas de moyens pour contrôler l'exactitude des mesures limnimétriques mais, apparemment, il n'y a pas de raisons directes pour douter de leur exactitude.

cause c) Dans aucun des dossiers ayant trait aux deux limnimètres en question il n'est question d'un changement du lit de la Sûre aux deux endroits. Nous devons espérer qu'il n'y en a pas eu lieu.

cause d) Une erreur assez importante peut provenir de ce que les mesures limnimétriques à Ralingen et à Steinheim n'ont pas été faites à la même heure du jour.
Celles de Ralingen furent faites à midi; quant à celles de Steinheim, nous n'avons pas pu savoir l'heure du jour à laquelle elles furent faites.

Cherchons à apprécier l'erreur possible :

La vitesse de l'eau sur le tronçon en question varie approximativement entre 0,4 et 2 m/sec. L'eau mettra donc entre 2 heures et 25 minutes à franchir la distance d'une échelle à l'autre.

A l'échelle de Diekirch nous remarquons dans l'évolution de la crue du 6 au 9 janvier 1932, qui fut très rapide, une croissance maximum de 3,3 cm/heure. L'échelle de Diekirch est fixée au pont qui rétrécit notablement la section de passage de l'eau, tandis qu'à Ralingen et à Steinheim il n'y a pas de modification brusque de la section. La variation horaire de la hauteur d'eau ne sera donc certainement pas plus rapide à Ralingen et Steinheim qu'à Diekirch. Admettons la même valeur. Si les lectures aux deux échelles

ont été faites à la même heure du jour, c. à d. à midi, elles peuvent différer au maximum de $\frac{3{,}3 \cdot 25}{60} = 1.37$ cm aux croissances ou aux décroissances des grandes crues. Cette différence correspond à 1 à 3 m³/sec pour un débit total de 100 ou 500 m³/sec. L'erreur est donc négligable. Il est évident qu'à l'état normal, ou à l'étiage, le niveau de l'eau varie plus lentement de sorte que l'intervalle entre les heures de lecture a des conséquences de plus en plus faibles.

Mais si, par contre, les mesures de Steinheim ont été faites à 6 heures du soir, la différence de lecture peut atteindre un maximum approximatif de

$$6 \cdot 3{,}3 = 19{,}8 \text{ cm},$$

ce qui correspond à 47 m³/sec pour un débit total de 400 m³/sec, soit 11,7 %. (ou 53 m³/sec pour un débit total de 1000 m³/sec, soit 5,5 %), ce qui n'est plus négligeable.

Ces différences peuvent jouer un rôle pour une crue isolée ou pour les débits d'une courte période. Mais pour de plus longues périodes et notamment pour la période d'un an, ces erreurs doivent s'annuler.

Ces réserves faites, nous allons nous servir des mesures limnimétriques journalières faites à l'échelle de Ralingen et à l'échelle de Steinheim pendant les années 1915 et 1918 et représenter sur un graphique, jour par jour, la correspondance de ces 2 mesures.

Nous constatons que la courbe moyenne comporte à sa partie inférieure 2 branches.

A partir de février 1918, la branche I n'étant plus valable, c'est la branche II qui compte. Il ne nous a pas été possible de savoir d'où est venu ce changement. Aucune indication d'ensablement ou de changement d'échelle n'est marquée dans les dossiers, et, manifestement, ces différences ne sont pas des erreurs de lecture. Comme notre série de mesures commence en 1877 et finit en 1919, c'est la branche I que nous utiliserons. Elle donne

des débits moyens et des étiages plus faibles que la branche II. (voir fig. 2)

Connaissant la courbe des débits à Ralingen et connaissant les hauteurs d'eau à Steinheim en fonction de celles à Ralingen, nous pouvons en déduire la *courbe des débits à Steinheim.* (voir fig. No 2)

Il est possible de vérifier l'exactitude de cette courbe en calculant les débits totaux qui, au cours d'une année, doivent être les mêmes à Steinheim et à Ralingen, abstraction faite de l'apport du bassin versant intermédiaire et des petites différences provenant des écarts possibles signalés plus haut, qui, à la croissance d'une crue, ont pu laisser passer à Ralingen le volume d'une pointe de crue enregistrée à Steinheim, ou inversément pour les décroissances de crue. Ces différences peuvent encore se faire sentir sur de courtes périodes p. ex. 1 mois ou 2, mais elles disparaissent pour des périodes plus longues.

Les débits totaux pour 1915 et 1918 ainsi évalués pour chacune des deux échelles permettent la comparaison suivante :

	Steinheim		Ralingen	
	1915	1918	1915	1918
	m3/sec	m3/sec	m3/sec	m3/sec
Novembre	35.5	41,4	33,04	43,28
Décembre	111,35	33,9	111,9	31,63
Janvier	205,60	155,4	204,28	159,22
Février	114,4	23,3	121,6	32,51
Mars.	37,20	22,4	34,7	30,2
Avril	32,90	90,8	31,9	94,5
Mai	19,20	34,3	19,3	41,5
Juin	10,50	11,5	10,91	17,8
Juillet	9,55	9,55	10,01	15,7
Août	9,44	10.4	10,16	16
Septembre	8,80	16,9	8,2	23
Octobre	8,43	20,1	8,09	25,7
Total . . .	602.87		604,09	
Moyenne . . .	50,24	39,3	50,34	44,3

Du débit de 50,34 m³/sec (Ralingen, 1915) il convient de retrancher l'apport du bassin versant intermédiaire, soit 0,26 %, ce qui fait : 50,21 m³/sec.

L'échelle de Steinheim a enregistré, pour la même année, une moyenne de 50,24 m³/sec.

On remarque que pour les moyennes mensuelles cette exactitude n'existe pas. La différence mensuelle peut atteindre environ 7 %.

Pour l'année 1918, la différence réelle des moyennes annuelles est de $44{,}3\ (1 - \frac{0{,}26}{100}) - 39{,}3 = 4{,}89$ m³/sec, soit 12,4 % du débit à Steinheim.

L'importance de cette différence s'explique par le changement de correspondance entre les mesures aux échelles, changement survenu en février 1918. Il affecte la partie inférieure de la courbe des débits. La différence est donc moins sensible pour les crues.

Comme nous l'avons dit plus haut, il y a deux branches de courbe : I et II. Nous avons choisi la branche I correspondant aux années antérieures à 1918. Il est naturel qu'en appliquant celle-ci à l'année 1918 il doit en résulter une plus forte différence du débit annuel moyen. Cette différence est accrue par le fait que l'année 1918 a été moins humide que l'année 1915 et, de ce fait, l'influence d'un changement dans la partie inférieure de la courbe des débits sera encore plus sensible.

Ceci semble nous autoriser à ne pas tenir compte des résultats obtenus pour l'année 1918 et comme la différence trouvée pour l'année 1915 est insignifiante nous pouvons admettre la courbe des débits (avec la branche I) telle que nous l'avons déterminée.

Dans cette courbe des débits, il suffit maintenant de porter, jour par jour de la période 1877 à 1917, et à l'échelle convenable, les longueurs représentatives des mesures limnimétriques faites à Steinheim, et d'en déduire les débits journaliers correspondants, en m³/sec. Ceux-ci ont été déterminés pour 47 années et reproduits dans le rapport mentionné plus haut.

II. ETUDE DU RÉGIME DE LA BASSE-SURE

L'examen des chiffres indiquant les débits journaliers durant les années 1877 à 1917 nous a permis de faire les remarques suivantes au sujet du régime de la Basse-Sûre :

a) On peut distinguer uniformément une saison froide de hautes eaux et une saison chaude de basses eaux.

Comme il appert par ailleurs d'une étude de Monsieur Albert Gloden, professeur, sur «Les précipitations au Grand-Duché de Luxembourg» (avec une carte pluviométrique), la répartition pluviale sur le bassin versant n'accuse qu'une faible supériorité de la pluviosité hivernale vis-à-vis de la pluviosité estivale.[3])

Les basses-eaux de la saison chaude ont donc pour cause la forte évaporation des précipitations, tandis qu'en saison froide cette évaporation est très réduite.

C'est là le caractère du régime simple du genre pluvial océanique. (Exemples : la Loire, la Seine, la Tamise, la Moselle, le Main).

b) Cependant la variation de la moyenne globale mensuelle est telle que le maximum des hautes eaux n'a pas lieu en janvier ou février comme l'exige le régime pluvial océanique, mais en décembre et en février, le mois de janvier formant un creux entre les deux moyennes précédentes.

C'est une conséquence de l'influence de la neige des Ardennes et de l'Eifel qui empêche l'écoulement des précipitations tombées au mois de janvier et qui, sous l'action de la chaleur, concentre cet écoulement sur le mois de février et encore sur le mois de mars.

Ainsi varient les débits des rivières appartenant aux *régimes pluvio-nivaux de la sous-catégorie océanique.* (Exemple : en France l'Ain, le Doubs, la Dordogne, l'Allier).

---

[3]) Nous convenons de considérer comme saison d'hiver les mois de novembre à avril, et comme saison d'été, les mois de mai à octobre.

Débits moyens mensuels.

Le tableau No 1 contient les débits moyens mensuels et annuels et le graphique No 3 illustre les variations des moyennes annuelles et des moyennes mensuelles maxima et minima de chaque année.

Il en ressort qu'il n'existe pas de relation évidente entre les moyennes mensuelles maxima et minima. D'autre part on peut constater que ce ne sont pas forcément les années humides qui présentent la moyenne mensuelle la plus élevée.

La variabilité des moyennes mensuelles peut être caractérisée par les rapports des moyennes mensuelles extrêmes pour chaque année :

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1870	—	—	—	—	—	—	—	17,8	7,5	9,77
1880	14,3	29,1	7,85	27,7	22,3	18,8	11,27	16,29	20,3	8,13
1890	13,12	8,42	15,65	38,6	12,95	25,4	16,21	21,70	13,5	24,65
1900	27,55	22,30	16,31	12,94	37,7	12,29	28,33	11,72	16,16	7,06
1910	26,25	38,1	18,90	13.45	20,1	24,4	24,6	13,5	—	—

Le rapport des moyennes mensuelles extrêmes globales est

$$\frac{92.17}{11,05} = 8,33.$$

Les écarts sont donc relativement grands.

Le chiffre type pour les rivières du régime pluvial océanique est le plus souvent de 4 à 7, et dans le régime pluvionival les rapports sont également modérés.

L'explication d'un rapport élevé comme 38,6 trouvé pour la Sûre nous semble être la constitution géologique du bassin versant. Les 2/3 de ce bassin se trouvent dans les schistes compacts du dévonien. Or, ceux-ci sont imperméables, ce qui favorise le ruissellement immédiat, et est très défavorable aux réserves souterraines ; d'où des débits d'étiage extrêmement faibles.

Nous remarquons encore que les plus grands écarts ont lieu pour les années sèches :

année :	1893	1904	1911
rapports des moyennes mensuelles extrêmes :	38,6	37,7	38,1

Ceci semble vérifier la constatation faite pour d'autres rivières, à savoir que dans les régions à pluviosité bien répartie mais ayant le minimum en été, les écarts mensuels des débits sont d'autant plus grands que les précipitations totales annuelles sont plus faibles.

Débits journaliers et leur variation.

Comme il était possible de le prévoir en raison de la constitution géologique et topographique du bassin versant, les débits journaliers, accusent une variabilité très prononcée.

Nous ne reproduisons ici que les débits journaliers de 3 années que nous avons choisies de façon à avoir une année humide, une année moyenne et une année sèche. (voir tableaux N° 9, 10, 11.)

Coefficients de débit.

Afin de faciliter l'étude et la comparaison des diverses moyennes mensuelles de débit, nous exprimerons celles-ci par leur coefficient de débit K :

$$K = \frac{Q\,m}{Q\,M} = \frac{\text{débit moyen mensuel}}{\text{débit moyen annuel}}$$

Les coefficients de débit pour les moyennes mensuelles globales sont les suivants :

$$QM = 45{,}73\ m^3/sec.$$

Mois	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
K	1,173	2,020	1,768	2,010	1,785	0.765	0,491	0,366	0,353	0,241	0,344	0,714

Le tableau No 2 contient les coefficients de débit pour chaque mois de la période de 41 années.

L'examen de ces chiffres montre que l'écoulement des eaux ne se reproduit pas chaque année d'une façon analogue ; il y a parfois de grands changements d'une année à l'autre, ce qui est un trait caractéristique du régime pluvial.

La moyenne mensuelle maximum peut survenir en décembre, janvier, février, mars et même, avec beaucoup moins de chance cependant, en novembre ou octobre. La répartition de ces maxima d'une année à l'autre, se fait d'une façon absolument irrégulière. Il est donc impossible de la prévoir et il s'ensuit que l'étude du régime de la Sûre doit être basée sur une longue période de 30 à 40 ans au moins.

On peut cependant noter les fréquences mensuelles des moyennes maxima. Durant la période 1877 à 1917 celles-ci ont eu lieu :

3	fois	en	Novembre
8	»	»	Décembre
8	»	»	Janvier
9	»	»	Février
11	»	»	Mars
0	»	»	Avril
0	»	»	Mai
0	»	»	Juin
0	»	»	Juillet
0	»	»	Août
0	»	»	Septembre
2	»	»	Octobre

Les mois de décembre à mars ont donc de loin les plus grandes chances de présenter le débit moyen mensuel maximum de l'année. Cependant il n'est pas possible d'en dire davantage sur la probabilité de cette répartition comme le montre p. ex. le cas du mois de mars qui, durant dix ans, n'a jamais présenté le maximum mensuel (1877 à 1887) et qui de 1905 à 1909, l'a présenté 5 fois de suite.

Relevons encore que le mois de septembre, quoique n'ayant jamais été le mois le plus humide, peut tout de même avoir (mais rarement) un débit moyen assez élevé comme c'était le cas en 1882 : Qm = 113,7 m³/sec. (le maximum de l'année était de 122,6 m³/sec en octobre). Une remarque analogue peut être faite pour le mois de novembre.

Pour les gros débits mensuels on n'a donc aucune donnée concrète pour préciser leurs répartitions si ce n'est qu'on peut dire qu'ils ont lieu, en général, durant la période allant de décembre à mars.

Pour mieux faire voir cette irrégularité du régime saisonnier nous avons calculé les fréquences partielles des débits moyens mensuels. (voir tableau No 3). On y reconnaît la grande variabilité des débits moyens mensuels durant les mois de décembre à mars inclus et, dans une moindre mesure, des mois de novembre et octobre.

En plus on peut estimer que, durant les mois de décembre à mars, le débit moyen mensuel ne tombe pas en-dessous de 10 à 15 m³/sec., et que la probabilité pour que le débit se maintienne entre deux limites déterminées atteint au maximum 15 %. Pour le mois de novembre cette probabilité peut atteindre 25 %.

Un fait plus concrèt cependant est représenté par les faibles débits durant les mois d'été où la probabilité que le débit moyen se maintienne entre certaines limites, atteint jusqu'à 66 %. Les mois d'avril à septembre, et surtout le mois d'août, sont des mois à régime plutôt stable.

Coefficients d'écoulement.

Dans le régime d'un cours d'eau il est encore intéressant de connaître le mode d'écoulement des précipitations. On le caractérise par les coefficients d'écoulement mensuels et annuels.

$$C = \text{coefficient d'écoulement} = \frac{\text{eau écoulée par la rivière en mm/m}^2}{\text{précipitations moyennes en mm / m}^2}$$

Comme les précipitations atmosphériques entrent dans la définition de ce coefficient, il convient d'étudier le régime

pluviométrique sur l'ensemble du bassin versant, ce que nous faisons ci-après, en insistant sur le fait que ces évaluations ne peuvent servir que d'ordre de grandeur, étant donné que les observations météorologiques sont insuffisantes.

L'ensemble du bassin versant de la Sûre à Steinheim est composé des bassins suivants : (voir fig. No 1)

bassin de la Wiltz et de la Clerf à Gœbelsmühle (Oesling) : 424 km²

bassin de la Sûre à Gœbelsmühle (Oesling) : 650 km²

bassin intermédiaire de Gœbelsmühle à Ettelbruck (Oesling) : 36 km²

bassin de l'Alzette à Ettelbruck (Bon Pays) : 1100 km²

bassin intermédiaire entre Ettelbruck et Bollendorf : 190 km²

bassin de l'Our, Irsen et de la Gay près de Wallendorf (Eifel) : 752 km²

bassin de la Prüm, Nims et Enz près de Minden (Eifel) : 892 km²

bassin intermédiaire entre Wallendorf et Steinheim : 217 km²

Total : 4271 km²

Environ les 2/3 du bassin totale se trouvent dans les Ardennes et dans l'Eifel et 1/3 dans le Bon Pays. C'est dire que dans 2/3 du bassin la pluviosité est plus élevée qu'à Luxembourg-Ville.

En se basant sur la carte pluviométrique de M. A. GLODEN pour les rivières du Grand-Duché et sur celle des dossiers R. W. E. du Barrage de l'Our pour les rivières de l'Eifel, on peut attribuer à chacun de ces bassins les moyennes pluviométriques suivantes, tout en faisant remarquer que cette détermination reste approximative et qu'il convient de la vérifier lorsqu'on disposera sur l'ensemble du bassin d'un certain nombre de pluviomètres enregistrant pour une plus longue période les précipitations simultanées à différents endroits :

424 km² à 880 mm
650 km² à 950 mm
36 km² à 820 mm
1100 km² à 810 mm
190 km² à 790 mm
752 km² à 850 mm
892 km² à 850 mm
217 km² à 750 mm

La moyenne géométrique pour l'ensemble du bassin est de :

847 mm.

Pour étudier les relations entre les précipitations sur le bassin versant, les eaux écoulées par la rivière et les pertes d'eau de toutes sortes, nous dressons le bilan annuel de l'écoulement.

P = précipitations moyennes en $^{m}/_{m}$
P' = eau écoulée par la rivière en $^{m}/_{m}$
$D = P - P'$ = déficit d'écoulement
$C = \frac{P'}{P}$ = coefficient d'écoulement

Il est très difficile, sinon impossible, de déterminer par une mesure directe le déficit d'écoulement D. Aussi s'efforce-t-on de le déterminer indirectement en mesurant les précipitations atmosphériques et le débit des rivières.

Plusieurs auteurs ont établi des formules empiriques permettant de calculer D pour un bassin versant déterminé. De ces dernières nous ne citons que celles de W. Wundt établies sous forme d'abaques qui tiennent compte des facteurs température et répartition des pluies entre saison chaude et saison froide.

Température moyenne.

Nous ne disposions que de mesures faites à Luxembourg-ville. Pour la période 1877 à 1917, la température moyenne a été de 8,3° C.

Cette température peut être considérée comme correspondant à $^1/_3$ du bassin versant. Pour les autres $^2/_3$, la moyenne sera plus faible à cause de la plus haute altitude de ces régions.

Nous admettons que la température moyenne pour l'ensemble du bassin versant durant la période 1877 à 1917 ait été de 7,3° environ.

Pour P = 847 m/m et T = 7,3° C, les abaques de W. Wundt donnent un déficit d'écoulement D = 467 m/m environ, d'où on calcule la quantité d'eau écoulée

$$P' = 847 - 467 = 380 \text{ m/m},$$

et le coefficient d'écoulement

$$C = \frac{P'}{P} = \frac{380}{847} = \mathbf{0,447}$$

Ce coefficient peut encore être évalué d'une autre façon :

la pluviosioté moyenne à Luxembourg-Ville se monte à 743 m/m pour la période de 1854 à 1945

et à 708 m/m pour la période de 1877 à 1917,

tandis que la période, pour laquelle M. A. Gloden a établi sa carte pluviométrique, accuse 800 m/m.

La pluviosité moyenne sur l'ensemble du bassin versant peut être calculée en admettant le même rapport que précédemment entre la moyenne à Luxembourg-Ville (800 m/m) et la moyenne sur l'ensemble du bassin versant (847 m/m).

On aura donc, pour la période 1877 à 1917 :

$$\frac{847 \cdot 707}{800} = 749 \text{ m/m}$$

Pour cette même période nous avons évalué le débit moyen de la Basse-Sûre à 45,73 m³/sec. Nous en déduisons :

$$q = \frac{45730}{4271} = 10,71 \text{ l/sec/Km}^2$$

$$P' = 10,71 \cdot 31,557 = 338 \text{ m/m}$$

D'où : $D = 749 - 338 = 411$ m/m

$$C = \frac{338}{749} = \mathbf{0,450}$$

que nous considérons comme la valeur approximative probable du coefficient d'écoulement de la Basse-Sûre.

A titre de renseignement, nous donnons ci-après le bilan d'écoulement de quelques rivières avoisinantes :

	S km2	P m/m	Pt m/m	D m/m	C
Moselle à Epinal	1230	1450	1040	410	0,73
Sarre près de Trèves	7385	765	331	434	0,43
Moselle à Coblence	28230	764	334	430	0,44
Meurthe (bassin total)	2910	880	410	470	0,47
Meuse à Maesych	21360	890	397	493	0,44

(ces chiffres sont évalués pour une période de 30 à 40 ans)

Variation du débit moyen annuel.

La variabilité du débit moyen annuel est caractérisée par le coefficient d'irrégularité annuelle ou rapport des moyennes annuelles extrêmes.

Pour la Sûre il est de : $\frac{72,5}{29,5} = 2,4$ pour la période de 1877 à 1917.

Ce chiffre est relativement faible, car pour les rivières à régime pluvio-nival on trouve fréquemment des valeurs comprises entre 3,5 et 4.

Le rapport des moyennes pluviométriques annuelles extrêmes à Luxembourg-Ville s'élève à $\frac{1311,1}{385,6} = 3,4$

Fréquences partielles des débits.

L'étude du régime d'un cours d'eau n'exige pas seulement la connaissance des débits moyens et extrêmes, mais également celle de leur fréquence.

Nous avons calculé les fréquences partielles des différents débits allant de 0 à 1000 m³/sec.

Les représentations graphiques des fréquences partielles mensuelles et annuelles exprimées en jours/mois et jours/an

affectent l'allure des courbes en cloche classiques à une bosse qui, par leur écrasement, démontrent nettement l'irrégularité du régime durant les mois de saison froide. Par contre les mois de saison chaude présentent une plus grande régularité.[1]) Le tableau N° 4 contient les fréquences partielles des débits journaliers inférieurs à 200 m³/sec.

Débits classés.

Si on additionne les fréquences partielles de bas en haut (c. à d. en commençant par le débit maximum) on obtient les fréquences partielles cumulées que l'on peut représenter graphiquement. La courbe ainsi obtenue est dite «courbe des débits classés». On peut en déduire directement et pour n'importe quel débit, durant combien de jours par an en moyenne un certain débit est surpassé ou pas atteint. Nous avons reproduit sur la fig. 4 la courbe des débits classés en moyenne annuelle et, sur les fig. 5 et 6, les mêmes courbes en moyennes mensuelles.

Débits classés caractéristiques :

Certains des débits classés correspondant à telle ou telle durée sont dits «débits caractéristiques».

Ces débits caractéristiques fournissent un excellent critère pour juger rapidement des possibilités pratiques offertes aux aménagements hydro-électriques au fil de l'eau.

Nous évaluerons les débits caractéristiques suivants :

DCE = débit caractéristique d'étiage = débit dépassé durant 355 jours par an
DC 11 = débit dépassé durant 11 mois/an
DC 9 = débit dépassé durant 9 mois/an
DC 6 = débit dépassé durant 6 mois/an
DC 3 = débit dépassé durant 3 mois/an
DC 1 = débit dépassé durant 1 mois/an
DC 10 jours = débit dépassé durant 10 jours/an = débit caractéristique de crue.

[1]) Pour le tableau des fréquences partielles et leurs représentations graphiques, nous renvoyons au rapport mentionné plus haut.

	m3/sec	coefficient de débit	valeur type pour les rivières de régime	
			pluvial océanique	pluvio-nival océanique
DCE	7	0,15	0,15 à 0,25	0,08 à 0,16
DC 11	8,5	0,18	0,25 à 0,35	0,15 à 0,25
DC 9	12,2	0,26	0,35 à 0,45	0,30 à 0,40
DC 6	18	0,39	0.68 à 0,75	0,60 à 0,80
DC 3	35,6	0,78	1,20 à 1,35	1,20 à 1,35
DC 1	158	3,45	2,10 à 2,50	2 à 2,40
DC 10 jours	322	7,04	3 + 3,5(?)	3,50 à 4,50

Le grand écart existant entre les coefficients de la Sûre et les valeurs types s'explique par l'imperméabilité des chistes dévoniens. Cette imperméabilité accroit les hautes eaux et réduit les étiages d'où les coefficients plus faibles, pour les étiages, et plus forts, pour les hautes eaux, que les valeurs types, d'où un DCE et DC 9 très petits et DC 1 et DC 10 jours élevés.

Les Etiages.

Le débit minimum minimorum ne constitue pas un critère sûr pour juger les étiages, car on peut estimer que ces minima sont d'autant plus bas que la période de comparaison est plus longue.

Au tableau No 5 nous avons noté les débits journaliers minima pour chaque mois de la période de 41 ans.

Les minima de chaque mois oscillent entre les limites suivantes :

					Rapport
Novembre	32	m3/sec	et	5,3 m3/se	6,04
Décembre	41,5	„	„	8 „	5,18
Janvier	28,6	„	„	9,3 „	3,07
Février	124	„	„	10,4 „	11,91
Mars	42,8	„	„	8,8 „	4,86
Avril	23,5	„	„	7,7 „	3,05
Mai	20,2	„	„	5,1 „	3,96
Juin	19	„	„	6,2 „	3,07
Juillet	15,2	„	„	4,2 „	3,62
Août	14,3	„	„	4,4 „	3,25
Septembre	17,1	„	„	3,8 „	4,50
Octobre	24	„	„	3,8 „	6,31

On constate aussi pour les étiages une grande irrégularité, très importante surtout en saison froide.

Le minimum minimorum de la période est de 3,8 m³/sec. Il a eu lieu en 1911, qui fut une année sèche.

Cependant l'année 1921, année plus sèche que 1911, a vu tomber le débit d'étiage encore en-dessous de cette valeur. Au limnimètre de Ralingen on a noté le niveau d'eau à 30 cm le 19 septembre. Le débit correspondant a dû être de *3 m³/sec* environ.

C'est le plus faible débit noté en cet endroit et le débit spécifique correspondant est de 0,7 l/sec/km².

Pour la période 1877 à 1917 la répartition, sur les 12 mois, des minima mensuels s'établit comme suit :

Novembre	0	fois
Décembre	0	»
Janvier	1	»
Février	0	»
Mars	0	»
Avril	0	»
Mai	1	»
Juin	3	»
Juillet	6,5	»
Août	10	»
Septembre	14,5	»
Octobre	4	»

Etiages caractéristiques.

Nous appelons débit d'étiage caractéristique le débit dépassé durant 355 jours/an (DC 355).

La figure No 4 permet de le déterminer directement : débit d'étiage caractéristique = 7 m³/sec (1,63 lsec/km²).

Le chiffre type du débit spécifique de l'étiage caractéristique est, pour les rivières du régime pluvial océanique : 1,5 à 3, et pour les rivières du régime pluvio-nival-océanique 2,5 à 4 l/sec/km².

La faiblesse du chiffre 1,63 vis-a-vis des limites 2,5 à 4, s'explique encore par la constitution géologique du bassin versant. L'imperméabilité du sous-sol n'est pas favorable à une réserve sous-terraine, d'où des étiages anormalement faibles.

Rapport de l'étiage caractéristique au minimum minimorum.

Ce rapport varie entre 2 à 2,5 pour beaucoup de rivières à régime pluvial ou pluvio-nival.

Pour la Sûre il est de $\frac{7}{3} = 2{,}33$

Remarque :

Il est intéressant de montrer l'influence de la formation géologique du sous-sol sur les étiages des différentes rivières, dans des conditions aussi exceptionnelles que le furent celles de l'été 1947.

Le 17 septembre 1947 nous avons mesuré les débits suivants :

Rivière	endroit de mesure	bassain versant km²	mode de mesure	Débit	Débit spécifique l/sec/km²
Haute Sûre	Insenborn	553,8	par flotteur dans une étroite rigole	50 l/sec	0,09
Boevener-bach . .	Insenborn	43,9	estimation	0,5 l/sec	0,01
Dirbach . .	Insenborn	16,5		0 l/sec	0
Lultzhausen-erbach. .	Lultzhausen	17,7		0 l/sec	0
Our	Vianden	638	par flotteur dans une étroite rigole	120 l/sec	0,18
Basse-Sûre	Rosport (200 m en aval du pont)	4.272	Moulinet	6,5 m³/sec	1,5
Moselle . .	Machtum	11.700	Moulinet	13,6 m³/sec	1,16

Les grands étiages de la Basse-Sûre sont donc déterminés presque uniquement par les réserves d'eau souterraines du Bon Pays.

Les Crues.

Les crues sont les traits de caractère hydrologiques les plus intéressants et les plus importants d'une rivière.

Vu la complexité de leur mécanisme, il est indispensable que l'étude soit basée sur une foule d'observations météorologiques et pluviométriques.

En ce qui concerne la Sûre, il est regrettable que les observations existantes soient absolument insuffisantes et, avant d'entreprendre une étude rationnelle des crues de ce cours d'eau il faut encore attendre que les observations météorologiques et fluviométriques entreprises par le Service de Météorologie et d'Hydrographie s'étendent sur une suite d'années assez longue.

Aussi nous bornerons-nous à dégager des observations dont nous disposons, quelques caractéristiques pouvant servir d'ordre de grandeur. Le tableau No 8 contient les débits journaliers maxima de chaque mois durant la période envisagée.

Parmi les crues de la période 1877 à 1917, nous en avons choisies 37 dont la pointe de débit a dépassé 450 m³/sec. (voir tableau No 6)

Fréquences des Crues.

Fréquence saisonnière.

Toutes les rivières dont le régime est du type pluvial ou pluvio-nival ont en général leurs crues en saison froide, de novembre à mars.

Il en est de même pour la Sûre.

Durant la période 1877 à 1917, les grandes crues ont eu lieu

8	fois en	novembre
11	»	décembre
8	»	janvier
7	»	février
3	»	mars

Fréquences partielles des Crues.

Au tableau No 7, nous avons noté les fréquences mensuelles partielles des crues, l'intervalle étant de 50 m³/sec. Comme crues ont été considérés les débits au-dessus de 100 m³/sec pour la période novembre à avril et au-dessus de 50 m³/sec mai à octobre.

Vitesse de translation des Crues de la Sûre.

Le nivellement de la surface libre de la Sûre à Steinheim lors de la crue de janvier 1918 a donné une pente de 0,56 m par km.

La profondeur de l'eau dépassait 7 m.

Etant donné que la vallée de la Sûre en cet endroit est assez étroite il n'y a eu que de très faibles inondations.

Dans ces conditions on peut, par analogie avec des crues connues d'autres rivières, évaluer la vitesse de translation à 6 à 9 km/heure. (1,6 à 2,5 m/sec)

La section de passage de l'eau était approximativement de 500 m². Pour faire passer un débit de 1180 m³/sec., la vitesse moyenne a dû être approximativement de :

$$\frac{1180}{500} = 2{,}36 \text{ m/sec} = 8{,}49 \text{ km/heure.}$$

Rapidité de croissance et de décroissance des crues.

Comme le bassin versant est assez accidenté dans sa majeure partie et comme, d'autre part, le sous-sol est imperméable, il est à prévoir que les crues de la Sûre sont en général rapides.

Comme nous l'avons dit plus haut, l'absence d'observations météorologiques ne nous permet pas d'étudier la rapidité de «réponse» de la rivière aux variations des précipitations, de la température et du vent.

En comparant les crues de la Sûre avec les observations météorologiques faites à Luxembourg-Ville, il semble toutefois qu'on puisse fixer l'ordre de grandeur du retard qu'accusent les crues sur leurs causes. Ce retard, qui est fonction de l'état du

sol et de la température, est de l'ordre de 1 à 2 jours. Il se réduit à une dizaine d'heures si l'écoulement se fait sur un sol gelé ou saturé d'eau et si la température ambiante est de quelques degrés.

Un autre trait qui caractérise la rapidité des crues est donné par le gradient maximum[5]) du débit à la croissance et à la décroissance. Le tableau No 6 contient ces valeurs pour les grandes crues de la période 1877 à 1918.

Si on convient de classer les crues d'après leurs débits maxima journaliers, on peut dire que ce ne sont pas forcément les plus grandes crues qui ont le plus fort gradient de débit.

Par exemple :

crue du 12 décembre 1881 : Q max. : 1014 m³/sec
max : + 586 m³/sec

crue du 2 février 1897 : C max. : 642 m³/sec
max. : + 626 m³/sec.

La rapidité à la décroissance est presque toujours moins grande qu'à la croissance. Il peut arriver le contraire, mais le cas est très rare (1 fois en 42 années).

Le problème de la concordance des crues peut jouer ici un grand rôle. Les distances inégales qu'ont à parcourir les eaux de la Prüm, de l'Our, de l'Alzette et de la Sûre au-delà d'Ettelbruck peuvent occasionner à Steinheim l'arrivée successive des flots de ces rivières et prolonger ainsi la croissance et la décroissance.

Rapport de l'augmentation du débit écoulé au débit pluvial.

Pour les crues de saison froide ce chiffre doit être de l'ordre de 0,7 à 0,8.

Pour en savoir davantage il faudrait pouvoir comparer les précipitations journalières en différents endroits du bassin.

---

[5]) Gradient maximum de débit = variations maximum du débit durant 24 heures, en m³/sec.

Nous pouvons cependant essayer de nous en rendre compte en examinant la crue de janvier 1890.

Date	Hauteur d'eau à Bollendorf cm	Débit à Steinheim m3/sec
17		28,7
18		26,5
19	70	25,2
20		55
21		117
22		138
23		443
24	360	751
25		447
26		319
27	154	250
28		329
29	184	342
30		278
31		233
1		150
2		100
3		57
4		51

Les précipitations mesurées le 24 Janvier ont été les suivantes:

Arlon	10 mm
Luxembourg	10 mm
Trèves	12 mm
Bastogne	6 mm
Bitburg	18 mm
Schneeifel	26 mm

On peut approximativement attribuer à différents bassins les moyennes suivantes :

bassin de l'Eifel et bassin de l'Our : 2000 km² à $\frac{18 + 26}{2}$ = 22 mm

bassin du Bon Pays : 1272 km² à $\frac{10 + 10 + 12}{3}$ = 10,6 mm

bassin des Ardennes : 1000 km² à $\frac{6 + 18}{2}$ = 12 mm

Avec cette répartition, le débit pluvial à Steinheim se monte à: 808 m³/sec.

Rapport du débit réel au débit pluvial :

$$\frac{713}{808} = 0{,}88$$

Volume total d'eau des crues.

Par volume total d'eau d'une crue nous entendons le volume d'eau écoulée par la rivière à partir du début de la crois-

sance jusqu'à la fin de la décroissance, abstraction faite du volume que la rivière aurait écoulé si la crue n'était pas venue. Le tableau No 6 renseigne sur les volumes totaux des principales crues de la période 1877 à 1918. Pour mieux montrer la part qu'apportent les crues dans la détermination du débit moyen annuel, nous avons exprimé ces volumes de crue en % du volume total annuel.

On constate qu'il n'existe pas de rapport fixe entre le volume total d'une crue d'une part et la durée totale ou la pointe de la crue d'autre part. En très large approximation on pourrait dire qu'en général, les grandes crues de la Sûre écoulent en moyenne quelques *18 millions de m³ en 24 heures.*

Pour toutes les grandes crues de la période 1877 à 1918 on peut dire qu'elles ont écoulé, *par jour, entre 0,63 et 1,62 % du débit annuel total.*

Les années sont rares (7 sur 42) où une seule crue ne transporte pas au moins 10 % du volume annuel total.

Or, durant l'année, il y a en général plus d'une crue, de sorte *que 40 à 60 % du volume total annuel peuvent s'écouler en 30 à 60 jours.*

Concordance des crues des différentes rivières luxembourgeoises.

Ce problème, plein d'intérêt pratique et théorique, ne peut être étudié avec le peu de données existantes.

Nous notons simplement que, pour la Sûre et la Moselle, les grandes crues peuvent concorder mais qu'il n'en est pas toujours ainsi :

Exemple : à la crue extraordinaire de la Sûre en janvier 1918 correspondait une crue ordinaire de la Moselle, tandis qu'à la crue extraordinaire de la Moselle le 26 décembre 1919 correspondait une très grande crue (mais pas la plus grande) de la Sûre le 23 décembre 1919 (1115 m³/sec).

Remarque : La connaissance du problème de la concordance des crues des différentes rivières luxembourgeoises est d'un grand intérêt, tout spécialement pour la Sûre.

En effet les principaux affluents de la Sûre à Steinheim sont :

la Sûre elle-même à Ettelbruck
l'Alzette à Ettelbruck
l'Our à Wallendorf
la Prüm à Minden.

Une importante averse locale peut causer une crue notable de l'une de ces rivières qui, après s'être jetée dans la Sûre, n'aura plus de grands effets.

D'autre part, des crues relativement faibles de chacune de ces 4 rivières, peuvent causer une crue formidable de la Sûre, si leurs évolutions sont telles que les pointes s'ajoutent au moment où elles se jettent dans la Sûre.

Origine des crues — Plus grande crue possible.

Les crues de la Sûre peuvent provenir des pluies ou de la fonte des neiges ou des deux à la fois.

La plupart des crues de la Sûre semblent être d'origine pluviale. Le bassin versant assurant un fort ruissellement, cette rivière est exposée à des crues nombreuses et irrégulières suivant d'assez près les variations irrégulières des précipitations, surtout durant la saison froide.

Une forte pluie, en saison froide, produit donc une forte crue ; il semble en être ainsi pour la crue de décembre 1881 dont la pointe atteignait *1014* m³/sec.

Le 20 décembre, il est tombé à Luxembourg 31,2 mm de pluie. Si nous admettions que ce chiffre représente la moyenne du bassin versant, *l'apport pluvial* correspondant à cette pluie serait :

$$31{,}2 \cdot 11{,}57 \cdot 4272 = 1500 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Or, une pluie de 31 mm par jour ne constitue ni un maximum ni un événement très rare.

La formule d'ISKOWSKI évalue la plus grande crue à environ 1850 m³/sec : (433 l/sec/km²)

$$Q \text{ max.} = \text{Ch. m. h. F.}$$

F = superficie du bassin versant 4272 km²

h = précipitations atmosphériques moyennes annuelles soit : 0,8 mètres d'eau

m = un coefficient dépendant de F ; soit : m = 3,225

Ch = un coefficient dépendant de la constitution topographique et géologique du bassin versant :

pour les Ardennes et l'Eifel = 0,190

pour le Bon Pays = 0,125

La moyenne géométrique est : 0,168.

Il est certain qu'une crue catastrophique aura lieu le jour où, à d'abondantes chutes de neige (surtout dans l'Eifel et les Ardennes) sur un sol gelé, suivra un notable changement de température avec vent chaud et pluies chaudes.

Il serait absolument normal que cette multiple coïncidence n'eût pas eu lieu durant les dernières 100 ou 200 ans.

Admettons, par exemple, une abondante chute de neige sur un sol gelé. La couche de neige sera normalement plus épaisse dans l'Oesling que dans le Bon Pays. Supposons que la couche uniforme équivalente ait 30 cm.

30 cm de neige fraîche donnent, après fusion,

$$1{,}5 \cdot 30 = 45 \text{ mm d'eau.}$$

Supposons ensuite un brusque changement de température (de 0 à 10° p. ex.) avec vent SO et une pluie chaude de *80* mm en deux jours.

La neige étant fraîche et non tassée, nous admettons que la fusion se fait en deux jours.

En 24 heures, il s'écoule donc $\frac{45 + 80}{2} = 62{,}5$ mm d'eau correspondant à un débit théorique de 3089 m³/sec.

En admettant une perte de 30 mm (ce qui est beaucoup dans ces conditions) correspondant à un débit théorique de 1482 m³/sec, il restera un débit réel de 3089 - 1482 = 1607 m³/sec.

En conclusion de ce qui précède, nous estimons que la plus grande crue à laquelle on puisse s'attendre (peut-être seulement

une fois tous les 100 ou 200 ans) dépassera largement les 1000 m³/sec, et un débit de *1500 à 1700 m³/sec* ne nous semble pas être exclu.

Remarque : Sous toutes réserves, nous comparons ci-dessous les observations météorologiques faites à Luxembourg-Ville en décembre-janvier 1880 et l'évolution de la crue correspondante de la Sûre :

Du 1er au 28 décembre la température reste constamment en dessous de 0° et oscille entre 0° et -19°. Le sol est donc bien gelé. Les précipitations sont nulles jusqu'au 28 décembre. Le débit de la Sûre est à l'étiage : environ 14 m³/sec depuis le 1er décembre.

Le vent est de direction N et NNE.

Soudain, d'un jour à l'autre, ces conditions changent.

Ci-dessous nous notons ces changements :

Jour du mois de décembre	Débit de la Sûre m3/sec	Pluie à Luxembg. mm	Température			Vent
			matin	midi	soir	
..	....	....	. .	. .	. .	. . .
26	14,6	----	— 8	— 4,5	— 6	NNE
27	14,2	----	— 8	— 4,5	— 8,5	NNE
28	14	----	— 8	— 5	0	E
29	13,6	36,5	1,7	3	2,5	SO
30	63	----	,5	2,5	2,5	SO
31	247	10,1	2	3,5	5	SO
1	749	0,5	7	8	8	SO
2	645	----	6	7	6,5	SO
3	390	0,3	2,5	7	4	SO
4	266	----	3	4,5	1	O
5	173	----	— 1	3	— 1	NE
6	92	----	— 3	— 1	1	NE
7	60	----	— 2	— 1	— 1	NE
8	45	----	— 1	— 0,5	0	NE
..	....	....	. .	. .	. .	. . .

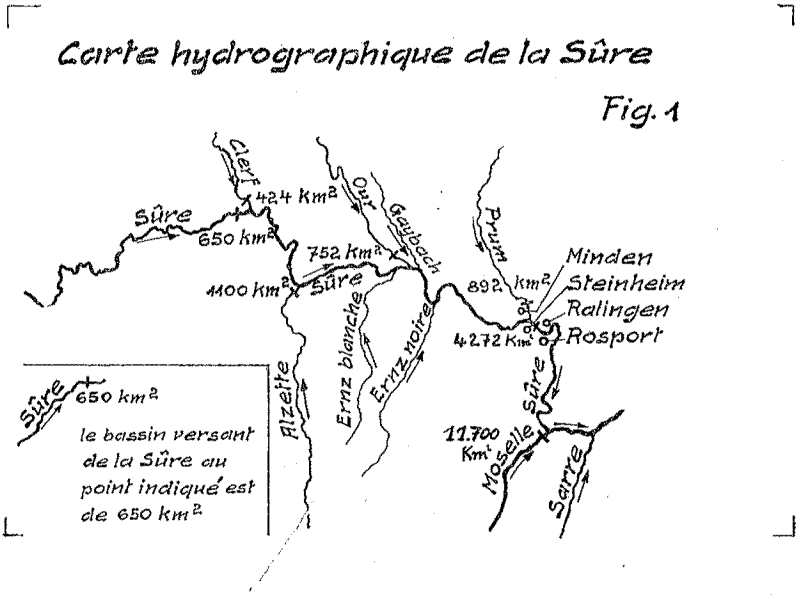
En étendant par hypothèse les observations météorologiques à l'ensemble du bassin versant, on comprend mal le grand retard

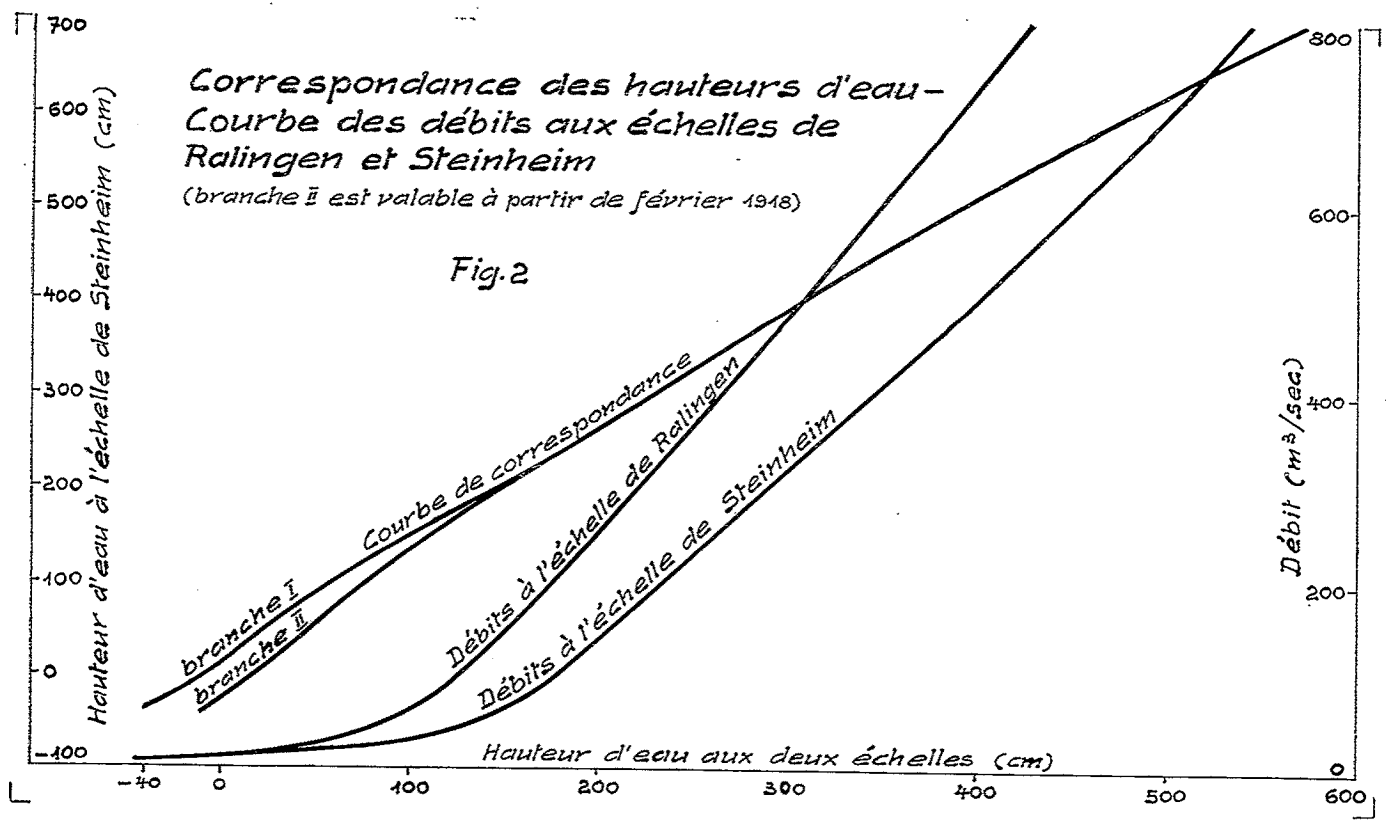
de 3 jours entre la plus forte pluie et la pointe de la crue. Le sol étant profondément gelé, ce retard n'aurait pas dû dépasser 24 heures. On remarque que la pointe de la crue coïncide avec une augmentation notable de la température et il est possible que les débits de 63 m³/ sec et 247 m³/sec provenaient surtout de l'apport du bassin versant de l'Alzette, tandis que, dans la partie nord, les précipitations tombaient sous forme de neige mouillée. Sous l'action d'une pluie chaude (le 31 décembre) et d'une température croissante à partir du 31 avec vent SO, cette neige fondait rapidement et avait, sur le sol gelé, un écoulement rapide amenant une pointe de crue de 749 m³/sec.

Nous avons cité cet exemple pour montrer que le problème des crues contient plusieurs facteurs qui sont accessibles à l'observation directe. En disposant d'un ensemble d'observations météorologiques et fluviométriques des différentes rivières, on pourra déterminer la relation existant entre les principaux caractères de la crue et ces observations.

Une fois ce travail fait, il sera *possible,* dans la mesure où la météorologie est capable de prédire les conditions atmosphériques, de prédire les chances qu'on a de voir se produire une crue de grandeur donnée.

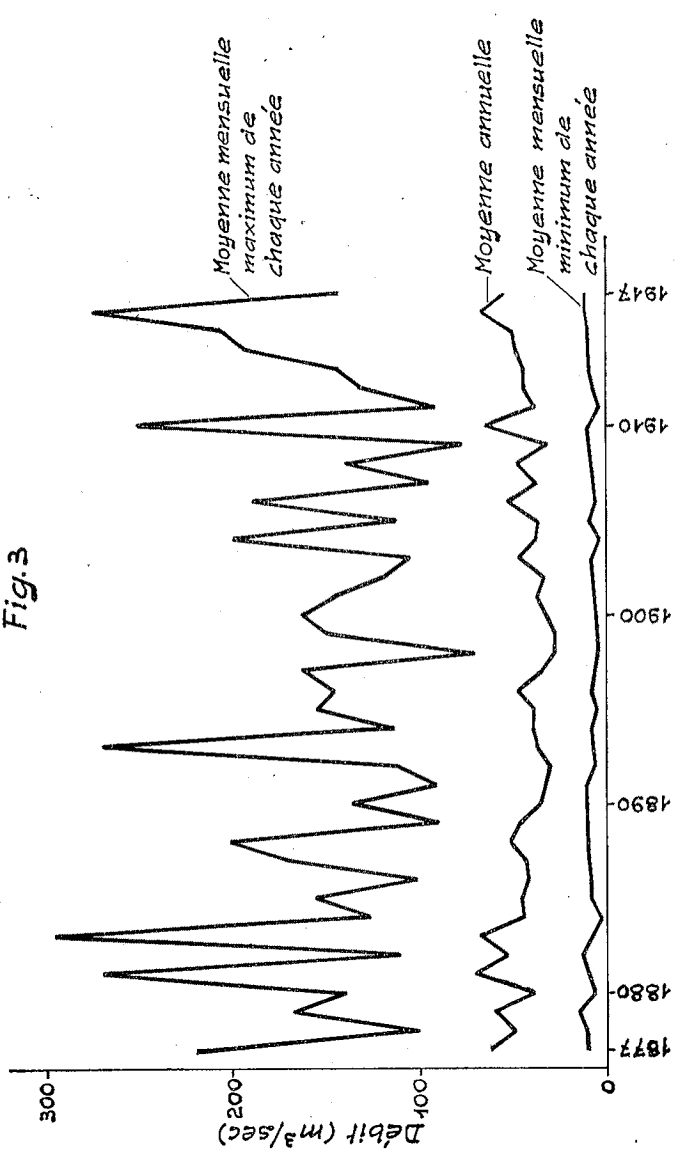
III. FIGURES

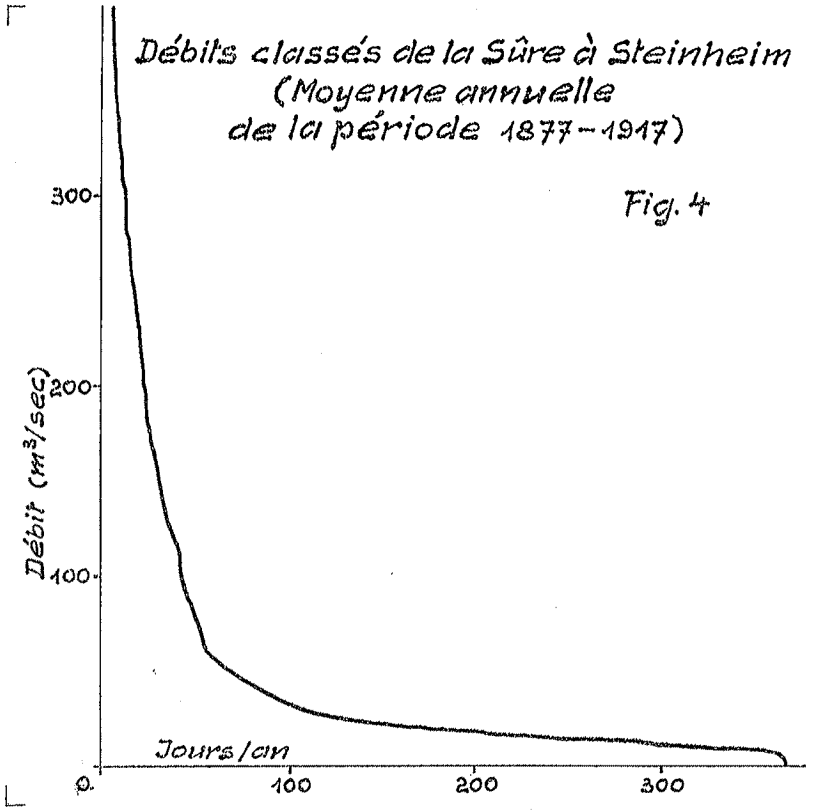

Carte hydrographique de la Sûre
Fig. 1
Clerf
424 km²
Sûre
650 km²
752 km²
Our
Gaybach
Prüm
892 km²
Minden
Steinheim
Ralingen
Rosport
4272 Km²
1400 km²
Sûre
Ernz blanche
Ernz noire
Alzette
Sûre
650 km²
le bassin versant de la Sûre au point indiqué est de 650 km²
Sûre
11.700 Km²
Moselle
Sarre

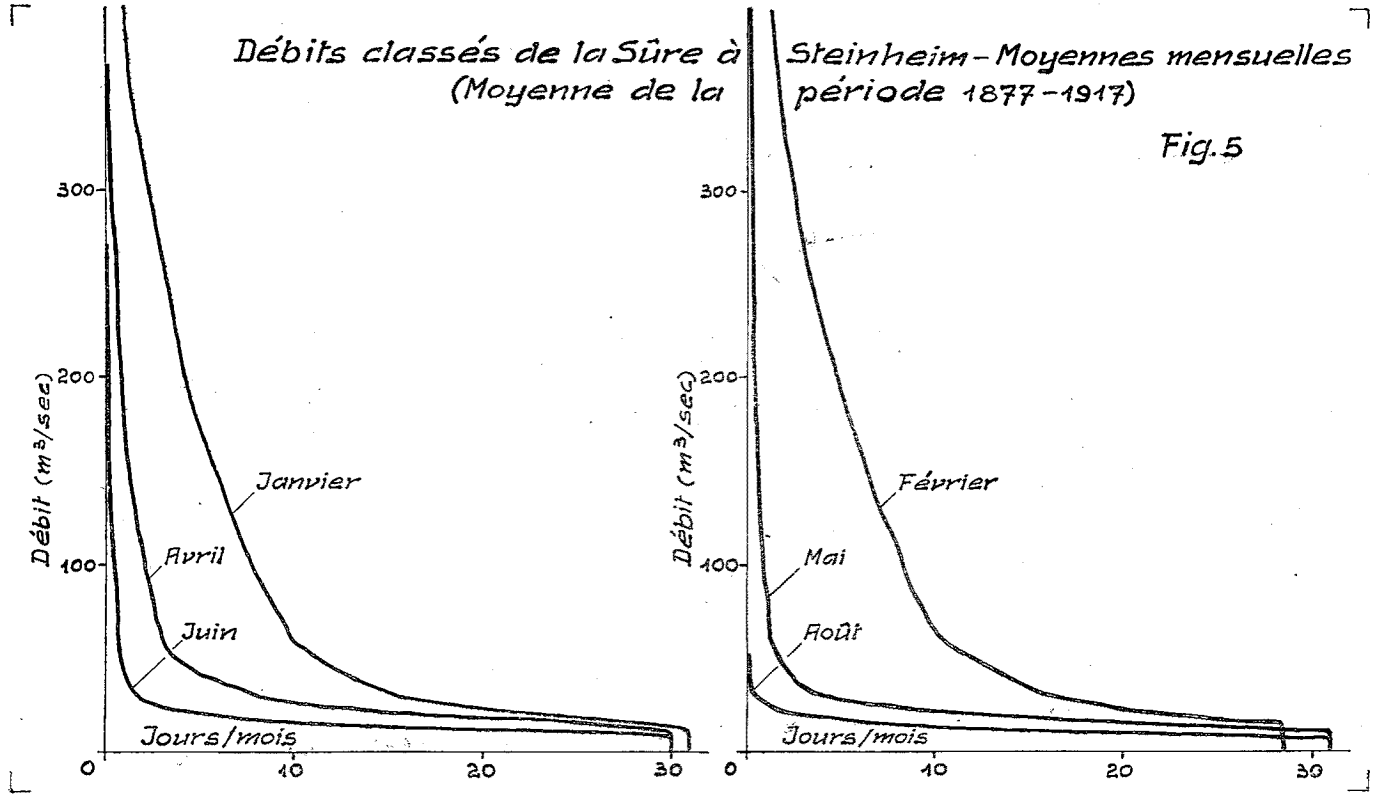

Correspondance des hauteurs d'eau – Courbe des débits aux échelles de Ralingen et Steinheim
(branche II est valable à partir de février 1918)
Fig. 2
Hauteur d'eau à l'échelle de Steinheim (cm)
Débit (m³/sec)
Hauteur d'eau aux deux échelles (cm)
Courbe de correspondance
branche I
branche II
Débits à l'échelle de Ralingen
Débits à l'échelle de Steinheim
700
600
500
400
300
200
100
0
-100
800
600
400
200
0
-40
0
100
200
300
400
500
600

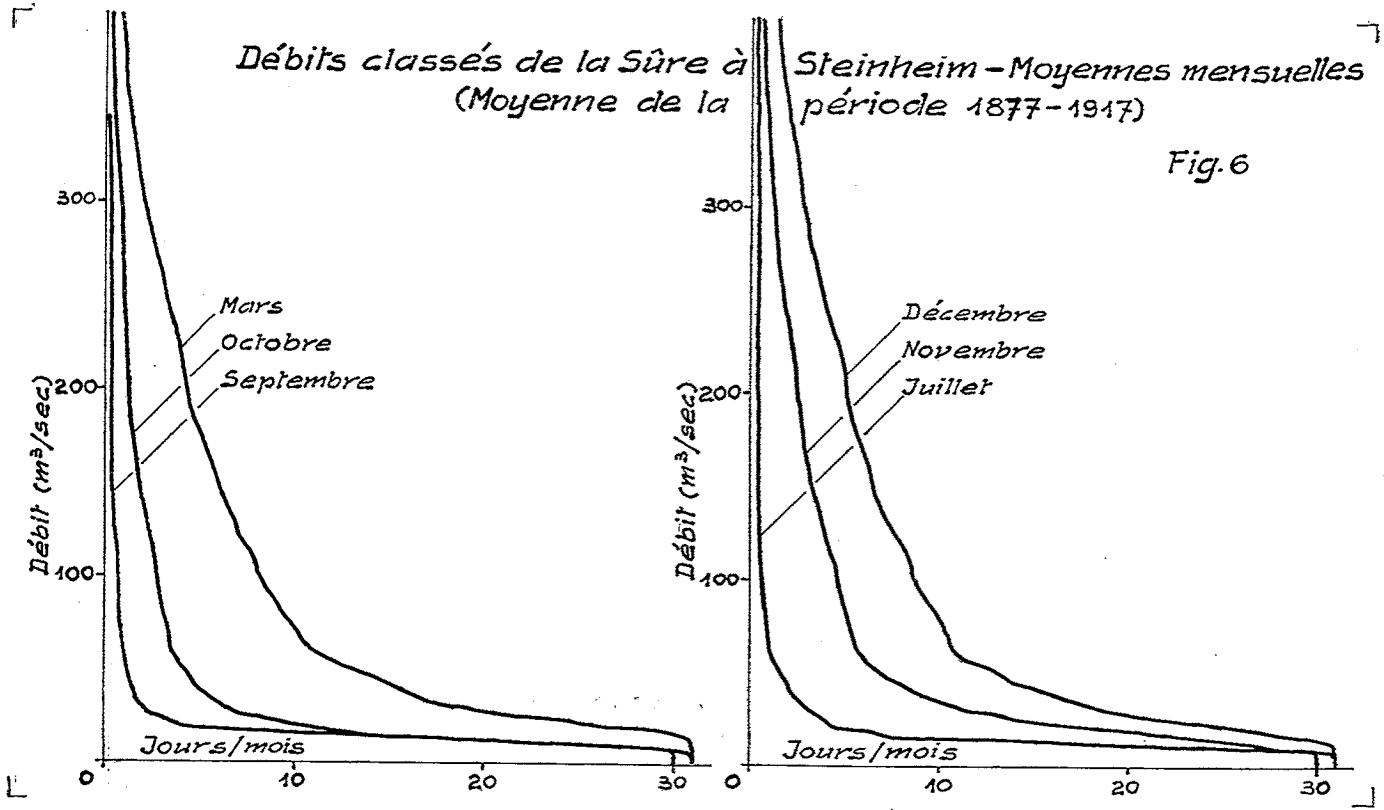
Régime de la Sûre à Steinheim
(1877 - 1917)

Fig. 3




Débits classés de la Sûre à Steinheim
(Moyenne annuelle
de la période 1877–1917)
Fig. 4
Débit (m³/sec)
300
200
100
0
Jours/an
100
200
300


Débits classés de la Sûre à Steinheim - Moyennes mensuelles
(Moyenne de la période 1877-1917)
Fig. 5
Débit (m³/sec)
300
200
100
0
10
20
30
Jours/mois
Janvier
Février
Avril
Mai
Juin
Août


Débits classés de la Sûre à Steinheim – Moyennes mensuelles
(Moyenne de la période 1877-1917)
Fig. 6
Débit (m³/sec.)
300
200
100
0
10
20
30
Jours/mois
Mars
Octobre
Septembre
Décembre
Novembre
Juillet

IV. TABLEAUX

No 1.

RÉGIME DE LA SURE A STEINHEIM

Debits moyens mensuel et annuel en m^3/sec.

Année	Nov.	Déc.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Année
1877	35,6	132,2	86,1	223,3	156	66,2	18,2	15,6	13	13,5	12,5	18,4	65
1878	93,4	62,6	99,8	38,8	92	53,1	28,2	49,5	14,4	13,3	15,5	55,5	51,4
1879	116,8	70,5	109,5	169	45,3	20,8	17,3	28,5	113	17,6	18,1	24,6	62
1880	24,7	23,8	91,5	133,1	85,4	20,8	11,3	12,1	9,7	11,7	9,3	57	40,7
1881	100,8	274	71	132,3	145,7	21	14	11,9	9,4	13,1	54,6	23	72,5
1882	56,9	83	53,7	23,6	65,9	31,3	17,5	15,6	37,8	22,2	113,7	122,6	53,8
1883	298,6	168,1	90,5	61,8	22,2	19,8	15,2	10,8	12,2	14,2	15,8	113,6	70,1
1884	125,7	127,2	82,2	112,3	29,3	15,2	22,3	12	6	5,7	6,9	7,6	45,8
1885	8,2	157,9	24,5	127	68,5	17,5	18,3	12,1	12,8	8,4	14,9	97,3	47
1886	51,8	89	101,6	72,1	85,6	22,9	12,8	21,5	12,1	10,6	9	33,1	43,4
1887	34,9	169,3	17,7	63,3	73,4	29,5	40	60,4	10,4	13,4	12,6	18	45,3
1888	93,1	50,8	48,1	87,7	209,8	55,2	15,3	15,1	44,4	19,3	10,3	14,8	54,7
1889	18,6	27,6	14,2	65,4	90,3	33,8	35,2	17	11,8	14,7	11,1	16,3	29,5
1890	18,9	79,8	136,6	30,6	40,7	53,5	18,9	10,5	23,1	14,1	10,4	11,7	37,6
1891	91	20,7	38,6	29,2	55,3	64,6	24,2	40,8	15,6	17,6	10,8	12,2	35
1892	18,8	95,3	68,1	108	30,3	17,7	12,3	9,4	7,9	6,9	7,5	11	32,6
1893	15,5	47,8	42,8	250,9	49,6	11,4	7,9	7,4	7,4	7,5	6,5	19,2	38,2
1894	33,4	72	77	108,9	44,4	13,7	12,6	10,7	8,4	10,1	11,4	87,6	40,6
1895	81,2	48,6	80,3	21	142,2	47,5	15,6	10,5	8,1	9,1	5,6	8,3	40,1
1896	21,9	141	51,8	13,6	102,2	18,4	13,2	9,5	9	11,9	38,1	146	48,6
1897	45,6	36,8	35,7	160,9	71,6	35	17,5	11,7	9	7,4	13	8,4	36,9
1898	6,8	59,4	13,8	58,3	71,5	16,3	57	51,1	9,5	6,9	5,3	6,6	30,2
1899	6,3	13,1	150,6	21,6	11,5	87,1	17,5	9,9	12,3	6,1	7,3	11	29,6
1900	10,4	20,5	162,5	131,5	20,4	15	10,7	9,4	11,3	7,6	5,9	7,1	34,1
1901	17,9	57,9	45,4	21,6	149,7	64,6	14,2	8,6	6,7	7,7	19,2	50,5	39

1902	19,9	120	93,8	70	28,3	23,6	23,3	13	7,3	7,3	11,1	12,1	35,8
1903	11	81,8	107,4	20	78,5	102	38	11,9	8,3	18,2	10,6	86	48,2
1904	56,1	79,6	45,5	200	39,6	23,6	12,6	9,1	5,8	5,3	5,3	6,9	40,1
1905	13,6	74,6	64,2	48,2	113	41,1	15,8	14,4	11,7	9,2	22,4	37,9	39
1906	95,8	25,7	169,6	66,6	187	16,5	28,9	15,7	9,4	9,5	6,6	7,6	53,4
1907	30	46,7	72,5	78	95	16,8	66,8	10,2	10,2	8,1	9,4	10	37,7
1908	30,7	99,8	35,8	107,9	139	23,5	88,8	18,9	10,3	12,3	14,6	8,6	49,2
1909	15,3	33,1	35,3	57,8	75	36,6	12,9	12,3	50,2	10,8	10,6	41,5	32,5
1910	24,1	213,5	106,8	252,2	52	12,2	14,6	16	49,2	12,2	26,1	9,6	64,8
1911	171,6	92,7	28,2	42,3	72	18,8	14,1	10,6	6,2	5	4,5	6,1	39,2
1912	33,9	132,3	119,5	36,7	130	18,4	9,9	8,2	7	9,4	18,7	16,8	45,6
1913	46,6	97,8	129,2	98,4	19,4	47,1	42,7	13,3	16,2	9,6	12	14,3	45,4
1914	61,9	24,9	89,5	118,6	193	25,9	15,7	19	11,2	10,5	12,1	9,6	49
1915	35,5	111,35	205,6	114,4	37,2	32,9	19,2	10,5	9,5	9,4	8,8	8,4	50
1916	21,9	273	100	156,3	41,4	76,7	17,5	20,3	20,6	11,1	15,4	29,1	65,3
1917	104,9	143,3	114,8	37,7	85,4	68,8	15,8	13,2	10,8	14,7	10,7	52,8	56,3
Moyenne	53,64	92,17	80,76	91,95	81,57	35,03	22,53	16,78	16,16	11,05	15,71	32,65	45,73

No 2. *Coefficients de débit pour tous les mois de la période 1877-1917*

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	QM
1877. . .	0,548	2,03	1,325	3,43	2,4	1,02	0,28	0,24	0,2	0,207	0,192	0,283	65
1878. . .	1,817	1,21	1,94	0,755	1,79	1,033	0,548	0,961	0,28	0,258	0,301	1,079	51,4
1879. . .	1,87	1,14	1,76	2,72	0,73	0,33	0,28	0,46	1,82	0,28	0,29	0,39	62
1880. . .	0,607	0,584	2,25	3,27	2,09	0,51	0,278	0,297	0,238	0,287	0,228	1,4	40,7
1881. . .	1,39	3,78	0,98	1,82	2	0,29	0,193	0,164	0,129	0,18	0,754	0,317	72,5
1882. . .	1,058	1,542	1	0,438	1,225	0,582	0,325	0,29	0,7	0,412	2,1	2,276	53,8
1883. . .	4,25	2,4	1,29	0,882	0,317	0,282	0,2165	0,154	0,174	0,202	0,227	1,62	70,1
1884. . .	2,74	2,77	1,8	2,45	0,638	0,331	0,486	0,261	0,131	0,124	0,151	0,166	45,8
1885. . .	0,176	3,36	0,52	2,7	1,46	0,37	0,386	0,257	0,272	0,179	0,317	2,07	47
1886. . .	1,195	2,05	2,34	1,66	1,93	0,527	0,295	0,495	0,279	0,244	0,207	0,763	43,4
1887. . .	0,77	3,73	0,391	1,39	1,62	0,65	0,88	1,33	0,229	0,291	0,278	0,397	45,3
1888. . .	1,7	0,93	0,88	1,6	3,84	1,01	0,28	0,276	0,814	0.352	0,188	0,27	54,7
1889. . .	0,63	0,936	0,481	2,22	3,06	1,14	1,19	0,576	0,4	0,5	0,376	0,552	29,5
1890. . .	0,5	2,12	3,63	0,816	1,088	1,42	0,5	0,279	0,615	0,375	0,277	0,31	37,6
1891. . .	2,6	0,59	1,1	0,83	1,573	1,845	0,69	1,165	0,445	0,494	0,308	0,348	35
1892. . .	0,576	2,92	2,09	3,31	0,93	0,54	0,377	0,29	0,242	0,212	0,23	0,337	32,6
1893. . .	0,406	1,25	1,12	6,79	1,3	0,298	0,207	0,194	0,194	0,196	1,7	0,502	38,2
1894. . .	0,824	1,77	1,9	2,68	1,095	0,337	0,31	0,264	0,27	0,249	0,281	2,16	40,6
1895. . .	2,03	1,21	2	0,524	3,54	1,185	0,389	0,263	0,22	0,227	0,14	0,207	40,1
1896. . .	0,45	2,9	1,068	0,28	2,1	0,379	0,27	0,195	0,185	0,245	0,785	3	48,6
1897. . .	1,27	0,997	0,968	4,34	1,94	0,949	0,474	0,317	0,244	0,2	0,352	0,228	36,9
1898. . .	0,225	1,97	0,457	1,93	2,37	0,54	1,89	1,691	0,314	0,228	0,175	0,218	30,2
1899. . .	0,213	0,44	5,08	0,73	0,388	2,94	0,591	0,334	0,415	0,206	0,247	0,371	29,6
1900. . .	0,303	0,6	4,76	3,86	0,598	0,44	0,314	0,275	0,331	0,223	0,173	0,208	34,1
1901. . .	0,459	1,486	1,163	0,554	3,84	1,66	0,364	0,22	0,17	0,197	0,492	1,295	39
1902. . .	0,556	3,35	2,62	1,96	0,79	0,658	0,653	0,363	0,204	0,204	0,31	0,338	35,8
1903. . .	0,228	1,7	2,25	0,414	1,63	2,11	0,789	0,247	0,172	0,377	0,22	1,785	48,2
1904. . .	1,4	1,985	1,135	4,99	0,987	0,588	0,314	0,227	0,144	0,132	0,132	0,172	40,1
1905. . .	0,348	1,912	1,648	1,232	2,9	1,052	0,405	0,369	0,3	0,236	0,574	0,97	39
1906. . .	1,795	0,481	3,17	1,247	3,5	0,309	0,54	0,294	0,176	0,178	0,123	0,142	53,4
1907. . .	0,795	1,24	1,925	2,07	2,52	0,446	1,77	0,27	0,27	0,215	0,249	0,265	37,7
1908. . .	0,624	2,03	0,728	2,19	2,82	0,478	1,806	0,384	0,209	0,25	0,297	0,175	49,2
1909. . .	0,47	1,02	1,085	1,78	2,31	1,126	0,397	0,378	1,54	0,332	0,326	1,27	32,5
1910. . .	0,372	3,28	1,64	3,89	0,802	0,188	0,225	0,247	0,76	0,188	0,403	0,148	64,8
1911. . .	4,37	2,364	0,72	1,08	1,836	0,479	0,36	0,27	0,158	0,127	0,115	0,155	39,2
1912. . .	0,74	2,91	2,62	0,81	2,85	0,41	0,217	0,18	0,153	0,206	0,41	0,368	45,6
1913. . .	1,05	2,2	2,91	2,22	0,437	1,06	0,94	0,308	0,365	0,216	0,27	0,315	45,4
1914. . .	1,263	0,508	1,82	2,42	3,94	0,528	0,32	0,388	0,228	0,21	0,247	0,196	49
1915. . .	0,71	2,204	4,1	2,29	0,743	0,657	0,384	0,21	0,191	0,188	0,176	0,168	50
1916. . .	0,335	4,18	1,53	2,39	0,634	1,175	0,268	0,31	0,315	0,17	0,235	0,445	65,3
1917. . .	1,86	2,55	2,04	0,67	1,52	1,22	0,28	0,23	0,19	0,26	0,19	0,94	56,3
Moyenne	1,173	2,020	1,768	2,010	1,785	0,765	0,491	0,366	0,353	0,241	0,344	0,714	45,73

No 3. *Fréquences partielles des débits moyens mensuels*

Qm m³ / sec.	Novembre		Décembre		Janvier		Février		Mars		Avril	
	jrs	%	jrs	%	jrs	%	jrs	%	jrs	%	jrs	%
0 à 10	3	7,31	0		0	0	0	0	0	0	0	0
11 à 20	10	24,4	1	2,44	3	7,31	1	2,44	2	4,88	14	34
21 à 30	5	12,20	6	14,61	2	4,88	6	14,61	4	9,75	9	21,9
31 à 40	6	14,61	2	4,88	4	9,75	4	9,75	3	7,31	5	12,20
41 à 50	2	4,88	3	7,31	4	9,75	2	4,88	5	12,20	3	7,31
51 à 60	3	7,31	3	7,31	2	4,88	2	4,88	2	4,88	3	7,31
61 à 70	1	2,44	1	2,44	2	4,88	5	12,20	2	4,88	4	9,75
71 à 80	0	0	5	12,2	3	7,31	2	4,88	6	14,61	1	2,44
81 à 90	1	2,44	3	7,31	4	9,75	1	2,44	3	7,31	1	2,44
91 à 100	4	9,75	4	9,75	5	12,20	1	2,44	3	7,31	0	0
101 à 110	2	4,88	0	0	4	9,75	3	7,31	1	2,44	1	2,44
111 à 120	1	2,44	2	4,88	2	4,88	3	7,31	1	2,44		
121 à 130	1	2,44	1	2,24	1	2,44	1	2,44	1	2,44		
131 à 140	0	0	2	4,88	1	2,44	3	7,31	1	2,44		
141 à 150	0	0	2	4,88	0	0	0	0	3	7,31		
151 à 160	0	0	1	2,24	1	2,44	1	2,44	1	2,44		
161 à 170	0	0	2	4,88	2	4,88	2	4,88	0	0		
171 à 180	1	2,44	0	0	0	0	0	0	0	0		
181 à 190	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2,44		
191 à 200	0	0	0	0	0	0	1	2,44	1	2,44		
201 à 210	0	0	0	0	1	2,44	0	0	1	2,44		
211 à 220	0	0	1	2,24			0	0				
221 à 230	0	0	0	0			1	2,44				
231 à 240	0	0	0	0			0	0				
241 à 250	0	0	0	0			0	0				
251 à 260	0	0	0	0			2	4,88				
261 à 270	0	0	0	0								
271 à 280	0	0	2	4,88								
281 à 290	0	0										
291 à 300	1	2,44										

No 3 (suite). *Fréquences partielles des débits moyens mensuels*

Mai		Juin		Juillet		Août		Septembre		Octobre		Qm m³ / sec.
jrs	%	jrs	%	jrs	%	jrs	%	jrs	%	jrs	%	
2	4,88	8	19,5	18	43,9	19	46,3	14	34,1	13	31,7	0 à 10
27	65,8	26	63,4	16	39	22	53,7	22	53,7	12	29,20	11 à 20
5	12,20	3	7,30	2	4,88			2	4,88	3	7,31	21 à 30
3	7,31	0	0	1	2,44			1	2,44	2	4,88	31 à 40
1	2,44	2	4,88	2	4,88			1g	2,44	1	2,44	41 à 50
1	2,44	1	2,44	1	2,44			0	0	4	9,75	51 à 60
1	2,44	1	2,44	0	0			0	0	0	0	61 à 70
0	0			0	0			0	0	0	0	71 à 80
1	2,44			0	0			0	0	2	4,88	81 à 90
				0	0			0	0	1	2,44	91 à 100
				0	0			0	0	0	0	101 à 110
				1	2,44			1	2,44	1	2,44	111 à 120
										1	2,44	121 à 130
										0	0	131 à 140
										1	2,44	141 à 150
												151 à 160
												161 à 170
												171 à 180
												181 à 190
												191 à 200
												201 à 210
												211 à 220
												221 à 230
												231 à 240
												241 à 250
												251 à 260
												261 à 270
												271 à 280
												281 à 290
												291 à 300

No 4. *Fréquences Partielles*

pour les débits ≦ 200 m³/sec. : intervalle 10 m³/sec.

Débit en m³/sec.	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Année
0 à 10	155	15	3	0	13	7	115	372	637	656	564	453	2 990
10 à 20	416	279	386	283	273	622	814	699	476	559	548	465	5 820
20 à 30	220	256	269	242	294	296	217	92	57	44	55	119	2 161
30 à 40	108	127	103	88	102	102	38	19	30	5	15	47	784
40 à 50	61	84	64	69	97	56	24	9	23	4	12	30	533
50 à 60	44	78	47	67	68	23	15	8	12	2	6	19	389
60 à 70	10	17	17	26	28	14	0	1	4	0	3	6	126
70 à 80	14	14	24	17	25	8	6	4	5	0	4	10	131
80 à 90	9	34	21	22	26	6	7	3	4	0	2	8	142
90 à 100	15	19	35	16	23	13	6	1	5	0	0	8	141
100 à 110	15	24	21	24	39	10	5	7	0	0	4	10	159
110 à 120	13	28	14	16	10	8	2	1	2	0	3	10	107
120 à 130	10	21	11	15	20	5	0	2	3	0	0	10	97
130 à 140	14	18	15	18	16	9	2	1	2	1	1	7	104
140 à 150	6	7	12	9	15	5	2	3	0		0	4	63
150 à 160	8	12	15	10	13	3	3	0	0		0	2	66
160 à 170	5	14	14	16	15	2	1	0	1		1	7	76
170 à 180	6	12	14	12	10	0	1	0	0		1	5	61
180 à 190	7	3	12	12	9	3	2	2	1		1	2	54
190 à 200	6	13	12	19	12	7	0	0	1		1	2	73

No 5. *Débits journaliers minima de chaque mois en $m^3/sec.$*

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
1877 . .	14	24,8	21,6	124	42,8	19	15,5	12,4	11,7	11,1	10,7	10,5
1878 . .	19	24,3	23	20,3	40	18,3	19,6	19	11,3	10	11,8	11
1879 . .	32	17,2	15,3	19,6	19,6	17,8	14,2	15,1	15,1	14,3	12,8	11,4
1880 . .	15,2	11,7	12,4	12,3	14,5	14	9,2	9,2	7,9	8,7	8,4	8
1881 . .	18	21	13,3	41	28,5	17,3	11,2	11,3	7,8	7,3	10,9	15
1882 . .	16	21	15,7	12,3	17,6	16,8	11,8	8,5	8,3	14,2	17,1	24
1883 . .	44	41	15,6	24,7	17,2	12,2	11,8	9,1	9,3	9,8	10	20,2
1884 . .	20,9	25	20,5	24,2	17,2	13,1	5,1	6,1	5,3	4,2	4,7	4,3
1885 . .	5,3	10	11,2	41	16,3	13,2	13,9	9	8,7	7,6	9,3	13,1
1886 . .	16,5	12,4	20,2	16,5	15	14	10,8	10,7	8,5	8,4	7,8	8
1887 . .	13,1	17,3	11,4	13,6	12,9	13,5	18,3	10,3	7,9	10,8	10,6	10,7
1888 . .	19	24,3	15,7	15	15,2	19,7	10,9	9,7	12,3	12	8,8	10,5
1889 . .	12,1	12,4	10,4	13,1	16,7	16	14	10,6	8,4	10,3	9	11,5
1890 . .	13,2	13	20,4	14	11,8	15,1	11,8	9,1	10,3	11,1	8,2	7,7
1891 . .	18,3	12	10,8	13,5	14,4	16,4	14,3	15,2	12,3	10,7	9,3	9,8
1892 . .	9,7	20	15,5	21,9	17,9	14,3	9,2	7,7	7,2	6	6,8	7,6
1893 . .	12,2	12,8	14,8	24,7	16,4	8,8	7,2	6,3	6,2	5,8	5,8	7
1894 . .	16,5	16,7	16	20	15,8	11,9	9,3	9,2	7,5	7,9	8,5	10,4
1895 . .	17,1	13,2	15	15	16,5	18,4	11,7	7,8	7	7	4,9	4,5
1896 . .	9,6	18,2	14,9	11,5	15,2	15,7	10,7	8	6,8	7	11,3	20,7
1897 . .	17,8	17	10,6	13,6	21,8	18,1	9,5	9,1	7,3	6,1	8	6,5
1898 . .	5,8	12,7	10	16,3	16	13,8	13,2	12,3	7	5,7	4,5	4,5
1899 . .	5,3	8	20,2	13,2	8,8	12,7	13,7	7,7	6,5	5,3	5,8	6,4
1900 . .	7,3	7,8	23,7	20	14,9	10,5	8,1	7,9	7,1	6,5	5,3	5,2
1901 . .	11,6	15,7	10,5	11	19,3	19,2	8,9	6,2	5,2	6	6	8,6
1902 . .	11,3	15,1	18,4	24,2	17,6	7,7	15,8	8,3	6,5	6	7,8	7
1903 . .	5,7	15	15,3	16	14,9	23,5	13	8,8	6,8	8,3	8,6	9,9
1904 . .	17,1	10,4	11,5	28	20	12,3	10,4	7,2	4,2	4,6	4,7	5,8
1905 . .	5,5	13,3	13	20,9	17,2	14,8	9,1	8,6	7,7	6,4	11,5	14,8
1906 . .	22	12	22,7	19	23	13,1	15,2	10,3	8	7,3	5,9	5,9
1907 . .	8,5	12	14,2	13	22	12,2	11,2	8,4	8,1	6,8	6,9	7
1908 . .	10	20	9,3	17,8	20,1	15,9	20,2	10,8	8,1	7,7	8,3	7,3
1909 . .	6	13,1	9,8	10,4	9,7	15	8,7	6,5	13,6	8,8	8,7	12,3
1910 . .	14	23	26,2	27,6	13	11,1	10,3	9,6	15,2	8,8	8,7	8,7
1911 . .	9,1	41,5	16,6	13,6	27,3	11,1	9,7	8,7	4,9	4,4	3,8	3,8
1912 . .	8,4	19,8	20	14,5	27,2	10,5	8,6	6,9	5,3	5,6	9,3	9,4
1913 . .	21,3	22,4	19,2	14,9	13,2	14,9	11,7	9,1	9	6,8	8,3	9,8
1914 . .	9,8	16,2	16,1	14	28,3	13,1	12	10,4	7,9	8,5	6,2	8,4
1915 . .	15,3	16,2	23,4	23,1	18,6	16	11,5	9,2	7,9	7,7	7,4	7,5
1916 . .	8,7	28,1	28,6	24	21,3	19,3	12,9	12,4	10,3	8,8	10,8	13,1
1917 . .	24,2	19,2	19	16	26,1	21	11,2	10,3	9,2	10,1	8,1	8,2
1918 . .	20,8	16	12,4	19,8	16	19,5	13,8	10,5	8,5	8,2	9,3	11,5

No 6. *Rapidité et volumes totaux des grandes crues*

Année	Date du début	Durée de la crue	Débit max.	Variation max. du débit en 24 heures		Volume max. en 24 hres	Volume total annuel	Volume total de la crue	
				+	—				en % du volume total annuel
		jours	m³/sec.	m³/sec.	m³/sec.	10^6 m³	10^6 m³	10^6 m³	
1877	27 Nov.	17	502	290	149	43,35	2 049,8	243,6	11,9
1877	28 Janvier	43	514	238	177	44,40	2 049,8	644,8	31,4
1878	22 Nov.	13	510	370	180	44,10	1 620	166,8	10,3
1879	27 Déc.	14	582	313	132	50,60	1 954	273,6	14
1879	6 Février	18	531	249	144	45,90	1 954	281,1	14,3
1880	30 Déc.	9	749	502	255	64,70	1 287	184,5	14,3
1880	3 Mars	8	581	515	155	50,20	1 287	131,3	10,2
1881	15 Nov.	10	512	390	105	45,24	2 286,3	143,9	6,3
1881	12 Déc.	26	1 014	586	451	87,60	2 286,3	694,8	30,3
1881	8 Février	10	591	228	165	51,15	1 686	155,2	9,24
1882	27 Nov.	8	521	451	234	45,00	1 686	90,6	5,36
1883	4 Nov.	40	760	341	167	65,63	2 210,6	749	33
1883	25 Déc.	16	670	405	162	57,92	2 210,6	324	14,7
1884	11 Déc.	15	532	256	117	45,95	1 447,3	189,5	13,1
1886	25 Janvier	13	513	395	266	44,30	1 368	184,3	13,4
1887	4 Déc.	22	531	199	120	45,90	1 429	329,5	23,1
1888	22 Nov.	14	514	375	196	44,40	1 729,7	170	9,84
1888	8 Mars	15	665	323	176	57,50	1 729,7	267,5	15,48
1890	19 Janvier	17	751	308	304	64,85	1 186	279	23,5
1891	23 Janvier	6	469	426	273	40,50	1 103	59,3	5,3
1893	29 Janvier	11	696	547	373	60,10	1 204	216	17,9
1895	16 Mars	21	547	327	115	47,27	1 262	289,5	22,9
1896	5 Déc.	17	676	407	301	58,34	1 526,8	276,5	18,1
1897	2 Février	20	642	626	289	55,40	1 164	326	28
1900	16 Février	13	585	239	119	50,52	1 078,3	216,5	20,1
1902	24 Déc.	17	507	370	192	43,80	1 129	265,5	23,5
1907	18 Février	9	512	212	192	45,24	1 189	108,5	9,1
1910	29 Nov.	14	518	177	140	44,75	2 042	291,7	14,2
1910	17 Février	20	710	291	243	61,30	2 042	355	17,4
1912	20 Déc.	14	525	300	137	45,35	1 441,9	249	17,3
1913	17 Janvier	14	543	250	179	46,90	1 431	195,5	13,6
1913	30 Janvier	11	515	374	153	44,50	1 431	137	9,5
1915	1 Janvier	22	538	217	95	46,50	1 576	354	22,4
1916	30 Nov.	19	681	287	209	58,90	2 064,9	358	17,3
1916	23 Déc.	12	645	410	115	55.75	2 064,9	216	10,4
1916	12 Février	15	645	223	227	55,75	2 064,9	258	12,5
1917	22 Déc.	24	655	448	175	56,60	1 774	450	25,4
1918	15 Janvier	17	1 180	1 195	415	101,95	1 397	321	23
1920	18 Déc.	?	1 115	705	425	96,33	?	?	?
1873	19 Janvier	12	870	846	375	75,16	?	?	?

No 7. *Fréquences partielles des Crues*
(intervalle : 50 m³/sec.)

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Année
50 à 100							2	1	1			2	6
101 à 150	12	19	8	7	16	5	3	4	2	1	2	8	87
151 à 200	4	4	6	5	6		2	1	1		2	2	33
201 à 250	5	7	5	3	5	3	1	2			2		33
251 à 300	2	5	8	5	8	1	2		1			3	35
301 à 350	3	3	3	9	5	2						4	29
351 à 400	1	3	5	2	3	1					1	2	18
401 à 450	1	3	5	1	3		1	1				1	16
451 à 500	3	2	6	3	3				1			1	19
501 à 550	4	5	3	5	2							1	20
551 à 600		1		3	1							1	6
601 à 650		1		2									3
651 à 700		4		1	1								6
701 à 750			1	1									2
751 à 800	1		1								1		3
801 à 850													
851 à 900													
901 à 950													
951 à 1 000													
1 001 à 1 050		1											1
1 051 à 1 100													
1 101 à 1 150													
1 151 à 1 200													
Total	36	58	51	47	53	12	11	9	6	1	8	25	317

No 8. *Débits journaliers maxima de chaque mois en m³/sec.*

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
1877 . .	119	502	514	402	289	193	21,3	26	17,1	19,9	16,4	55,5
1878 . .	510	432	435	139	205	218	53	188	20,3	39,7	26,5	324
1879 . .	305	582	512	531	130	30	26,3	102	464	24,4	81	176
1880 . .	54,5	247	749	478	581	48	13,8	18,3	12,3	16	11,6	310
1881 . .	512	1 014	396	591	493	28	17,2	13,3	12,3	26,8	379	44
1882 . .	521	305	167	50	266	110	30,2	33,3	130	52	774	467
1883 . .	760	670	353	202	38,5	46,5	23,9	13,3	17,9	22	42	365
1884 . .	348	532	496	300	66	17,3	93	18	7	7,6	9	15,5
1885 . .	13	353	124	326	330	35,7	26,7	21,1	31,3	13,1	32	316
1886 . .	368	351	346	513	374	43	17	108	15,9	14,1	11	270
1887 . .	159	531	34,6	308	387	130	190	432	17,1	19,6	16,7	55,4
1888 . .	514	128	255	382	665	327	22	23,7	124	48,6	12,4	39
1889 . .	42,4	125	18	333	305	100	212	52,7	17,8	19,3	14,6	20,9
1890 . .	35,5	453	751	150	211	328	38,5	13,3	98	28,1	15	20,4
1891 . .	474	47,4	469	174	258	276	74	212	31,6	41	13	21
1892 . .	43	360	385	272	110	31,6	15,7	13,5	9,2	7,8	8,6	24,9
1893 . .	21,5	209	243	696	236	15,5	8,8	9	9,3	10,7	7,1	45
1894 . .	54	426	291	258	126	15,2	15,1	12,3	9,2	12,1	17,8	525
1895 . .	298	215	332	39	547	254	22	13,9	9,8	12	6,8	10,3
1896 . .	75	676	297	17,8	384	21,7	16,5	12,6	13,8	38,3	246	578
1897 . .	226	117	184	642	153	116	25,8	17,5	15,6	9,3	22,4	22
1898 . .	14	317	17,3	272	284	21,2	143	220	12,6	8,4	6	9,2
1899 . .	9,5	35,3	467	37,4	15	313	28,1	16	28	8,6	15,2	32,2
1900 . .	18,2	175	402	585	47	19	18,4	15,2	26	9,3	7,3	18,8
1901 . .	27,9	289	271	96	545	200	22,4	11,1	8,4	13,4	102	250
1902 . .	52,2	507	400	331	45,5	42,8	43,4	18,8	8,6	8,4	20,8	24
1903 . .	15	220	471	32	418	375	151,5	16,6	12,6	133	14,4	302,2
1904 . .	427	328	321	466,7	106	42,8	18	14	7,3	6,2	7	10,5
1905 . .	45,5	450	408	129	294,1	97	24,8	32	22,5	15,2	140	140
1906 . .	337,6	55,4	467	470	479	22,9	84	20,8	13,2	16	8	13,1
1907 . .	136	144	424	512	323	26	432	13,2	16,7	11,5	12,4	13,3
1908 . .	232	401	263	330	419	39	268	52,5	18,4	21,2	23,1	11
1909 . .	54	102	221	326	265	155	23	11,8	285	14,5	15,3	127
1910 . .	165	518	386	710	309	13,3	33	45	191	20,9	195	12,1
1911 . .	479	272	46,5	167	188	42	21,2	14,7	8,9	6,1	5,3	11,9
1912 . .	246	525	431,5	144	315	37	14	9,8	11,5	25	55,4	120
1913 . .	173	367	543	515	28,7	235	283	24,3	66	13,7	19,2	19,8
1914 . .	221	54	364	395	473	67	32	110	14	14,8	24	13,1
1915 . .	209	260	538	331	102	110,8	51,4	12,2	12,4	11,2	11,6	10,7
1916 . .	97	681	177	645	242	245	23,2	42,8	51,8	18,1	35	209
1917 . .	267	655	480	80	313,5	312,5	20,1	17,4	12,5	23,5	13,6	318

No 9. *Débits journaliers de la Sûre à Steinheim — Année 1908*

en m³/sec.

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	
1	14,3	29,3	18,8	35,4	300	23	26,1	52,5	10,2	11,5	19,8	11	
2	13,9	26,1	14	27,9	233	23	26,1	35,2	9,3	10,4	20	10,5	
3	13,6	24,8	9,3	23,2	198	20,9	24,9	28	9,4	9,6	20,3	10,1	
4	13	27,4	10,9	22	165	23	22,7	24,6	8,8	9,3	22,4	9,8	
5	12,4	24,7	14,6	20,9	155	34	24	22,4	9,1	9	21,2	9,6	
6	11,6	49	15,2	20	132	37	23,2	21,3	9	9,3	23,1	9,6	
7	10,6	37,6	18,6	18,6	232	39	22	22,9	9,1	9,6	21	9,3	
8	10,8	36,7	21,9	17,8	251	37,5	23	19,7	9,4	14,6	17,2	9,2	
9	10,7	209	76	26,3	276	30	21,1	18,3	9	12	12,8	9,4	
10	10	227,4	36	53	399	25,9	20,2	17,7	8,8	10	14,3	9,4	
11	10	204,4	19,6	38,3	419	24,9	20,8	16,5	9,2	9,7	14	7,3	
12	10,3	148	17,6	31,5	380	23,1	21,2	14,6	9,1	9,2	14	8,8	
13	10,2	131	16,9	26	252	21	147	13,6	8,8	8,6	13,6	8,9	
14	12,6	251	16,5	22,9	217	20,2	152	12,5	9,3	9	13,2	9,2	
15	13	401	16,5	25	143	19	140	12,4	10,2	9,7	12,5	8,5	
16	13	328	16,1	52	100	18,4	93	12,4	10,2	9,2	11,2	8,3	
17	14,3	217	15,6	78	70	17,2	50	11,6	9,4	9	10,8	8,1	
18	13,8	132	16,2	80	52	16,3	37	13	9,7	9,8	10,8	8	
19	13,2	89	17	186	41,3	15,8	27,7	14	9,7	8,7	10,3	8,1	
20	12,2	101	19,8	330	35,3	16,7	24,6	16,8	13,2	8,1	10	8,3	
21	12,5	78	17,2	283	28,5	17,7	26,6	19,8	12,2	7,7	9,6	7,7	
22	12,1	65	15,2	228	26,9	17	223	20,8	10,9	10,7	8,3	6,9	
23	11,6	51	13	228	24,9	16	238	21	11	13,2	9,6	7,9	
24	11,1	38	12,1	224	24,9	17	165	19,8	10,1	20,8	13	7,8	
25	11,6	31	12,7	216	23,8	33,8	261	20,7	9,8	21,2	20	7,8	
26	100	26	12,5	193	22,7	27,9	268	17,5	9	19,8	15,8	7,9	
27	232	25,2	14,4	181	22	17,8	221	13,3	8,1	19,2	13,8	7,9	
28	148	23	150	195	21	20,9	144,5	12,1	8,5	18,5	14	8,5	
29	97	21,7	263	243	20,6	25,9	88	11,5	18	18	12,2	8	
30	43,3	20,3	151,5		20,1	26	80	10,8	18,4	18,5	11,2	7,8	
31		20	40		20,6		90		12,1	20,9		7,8	
													17 996
Moyenne	30,7	99,8	35,8	107,9	139	23,5	88,8	18,9	10,3	12,3	14,6	8,6	49,2

No 10. *Débits journaliers de la Sûre à Steinheim — Année 1909*

en m^3/ sec.

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	
1	8	22	12,3	13,3	9,7	155	23	9,1	285	14,4	9,8	12,4	
2	7,3	22	14	13,1	10,4	133	22	8,7	218	14,5	9,8	13	
3	7,8	21,8	14,3	14,5	11,7	109	23	8,4	136	13,4	9,2	13,6	
4	7,9	21,7	13,5	290	10,9	67	20,1	8,4	66	12,9	9	18,5	
5	7,6	21,1	11,9	326	11	48,2	18,2	10	40	12,6	8,7	72	
6	7,6	21	11	294	11,2	38	17,6	10,9	34	12,1	9,2	126	
7	7	20,9	11	175	13,3	22,4	16,5	10,1	38,3	11,2	10	72	
8	7	20,9	11,2	112	16,3	26	14,9	9,3	45,5	10,6	9,7	42	
9	6,7	20,6	12	43,5	16,3	24	14	8,3	47	10,1	9,7	93	
10	6	20,3	10,2	37	20,8	21,3	13,4	8,2	73	10,2	9,2	57	
11	6,2	32	9,8	35	21,4	18	13,1	8	45	10,1	11,1	44	
12	6,4	94	12	27	21,4	18	12,9	7,8	53,6	11,2	13,2	37	
13	7,8	97	18,2	17,3	21,5	18,7	11,8	7,3	57	11,2	11,2	31,5	
14	8,8	102	43,4	20,7	17,6	37	11,6	7,6	42	10	10,9	24,8	
15	8,2	81	116	17,3	16,4	42,5	11,3	7,3	37	9,6	11	23	
16	8	57	221	16,8	14,9	36	11	7,7	43,4	9,2	10,7	20,7	
17	8,2	46	170	16,9	13,6	29,5	11	7,2	41	9	9,5	18	
18	8,1	37,5	100	16,6	13,2	27	10,7	7	37,4	9,3	9,7	17	
19	9	35,3	54	15,3	21,4	26	11,2	6,5	24,3	8,8	11,9	15,2	
20	9,5	27	37,4	14,7	21	25,8	10,4	6,5	23,2	10	15,3	15	
21	10,2	24,6	31,5	14,4	171	23,7	10	6,9	20,4	9,2	13,8	14	
22	10,5	24	26,1	14	102	17,8	9,6	7,6	16,6	8,9	12,9	13,3	
23	28	23,3	18,1	15,2	261	17,8	8,7	9,6	16,1	12,7	11,6	13,2	
24	54	22	17,6	14	246	18	9	9,6	13,8	10,8	11,5	12,3	
25	49	20	17,6	13,3	191	16,8	9,3	9,2	16,8	9,5	11,2	14,8	
26	43	18,6	16,5	10,4	145	16,8	9,8	8,8	16	9,3	8,8	15,1	
27	34	17,3	13,5	10,7	265	17	9,2	11,7	15,7	11,2	9,1	127	
28	30	15,7	13	11,3	166	16,8	10	11,2	14	10,9	9,3	106	
29	25,6	13,8	13		116	15	9,8	11,8	14,3	10,9	11,9	81	
30	23,2	13,8	13,7		124	16,8	9,1	11,7	13,6	10,9	11,9	69	
31		13,1	13,2		120		9,3		14,2	10,9		54,5	
													11 893,7
Moyenne	15,3	33,1	35,3	57,8	75	36,6	12,9	12,3	50,2	10,8	10,6	41,5	32,5

No 11. *Débits journaliers de la Sûre à Steinheim — Année 1910*

en m^3/sec.

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	
1	21,9	342	163	43	309	11,8	10,9	10,6	28,3	20,9	8,7	12,1	
2	21,2	375	118	40,2	242,6	11,8	10,9	10,2	27,5	17,7	10	11	
3	18	463	74	37,4	174,5	11,8	11,1	10	33	16,5	9,7	10,3	
4	17,3	511	65	34,7	133	13,1	11,3	10	43,6	16	11,5	10	
5	16,1	518	43,5	29,3	99	13,3	10,7	9,8	46	15,6	34,7	10	
6	15	378	37,5	27,6	88	13	10,8	9,6	47,5	15,3	195	9,8	
7	14,6	393	34,3	212	45,5	12,6	13,1	12,2	185	15,2	104	9,7	
8	14,2	340	27,7	597	42,8	12,7	14,3	10,9	191	15,1	46,5	9,3	
9	14	251	26,2	493	38,4	12,4	14,2	15	165	15,1	29,3	9	
10	14	170	26,4	380	33,2	12,1	14,3	14	83	13,7	29,3	9	
11	15	72	26,8	397	31	11,9	14	11,9	48,7	12,3	25	9	
12	16	52,7	43,5	265	27,1	11,7	31	14,1	36	11,9	24,3	9	
13	22	41,5	53	197,5	25,6	11,9	33	18,3	27,6	11,8	20,3	10,3	
14	22	34,5	52	162	24	12,4	24,4	45	27,3	11,2	16,3	10	
15	21,2	26	72	87	23,6	12	22	27,8	22	11	16,9	9,6	
16	23,6	23	83	59,5	22	13,1	17,8	21,3	20,8	11,2	15,2	8,7	
17	23	44,6	93	69	21,3	13,1	17,	16,4	17,2	10,3	14	8	
18	18,5	48,5	181,4	186	22	12	14,5	14,9	36,5	9,9	13,2	9	
19	19,4	221	386	127,4	20,7	11,6	14,2	13,2	78	10	12,5	9,2	
20	20,1	148	384	254	21	11,6	14,2	12	45	9,7	13	9,5	
21	20,3	85	248	215,8	17,1	11,1	13,3	12,3	31	9,7	18	11,7	
22	20,6	226	174	360	15,6	11,8	13	11	25	10,1	16	11,7	
23	17	245	110	453	17,8	13,2	13,6	1,16	32,2	9,7	14,5	10,7	
24	16	233	84	396	16,7	12,9	13,1	12,2	43	9,7	13,4	10	
25	17	211,3	116	348	16	12,5	12	18	36	10,7	13	9,3	
26	17,8	167,6	78	419,8	15,8	12,6	11,2	22,5	40	11,6	12,4	9,2	
27	18,2	120	48,4	710	14,9	12,8	11	18,2	31,5	10,3	12	9	
28	17,3	247,4	39	467	15,3	12,5	10,8	22,8	15,2	9,9	11,7	9,2	
29	48	264	181,6		14,9	11,6	10,3	28,2	21,7	9,5	11,3	8,8	
30	165	220	156		14	11,4	10,6	28,2	16	9,2	11,3	9	
31		150	88		13,8		10,8		16,2	8,8		8,7	
													23 634,6
Moyenne	24,1	213,5	106,8	252,2	52	12,2	14,6	16	49,2	12,2	26,1	9,6	64,8