

## Les transports en suspension et en solution de la Meuse à Liège et à Tailfer (amont de Namur)

par J.F. CLOSE-LECOCQ (1), A. PISSART (1) et G. KOCH (2)

Résumé. — *Des mesures des charges en suspension et en solution, transportées par la Meuse à Liège, ont été réalisées de manière discontinue pendant une année. Les équations des droites de régression établissant les relations entre le débit et les deux types de charge ont été calculées. A partir de ces relations et des mesures journalières de débit réalisées pendant 20 ans à Ampsin-Neuville, la charge moyenne de la rivière a été estimée.*

*Pour un bassin versant de 16 400 km<sup>2</sup>, un débit annuel moyen de 5 708 millions de m<sup>3</sup>, la charge moyenne annuelle en suspension s'élève à 388 455 t et la charge moyenne annuelle de bicarbonates en solution est de 1 092 763 t. La comparaison de ces résultats avec des mesures effectuées par W. Spring et E. Prost (1883) au même endroit montre que la charge en solution s'est probablement peu accrue, mais que la charge en suspension a par contre considérablement augmenté au cours du dernier siècle. Cette augmentation résulte probablement des activités industrielles du sillon Sambre-et-Meuse. Les transports actuels en suspension à Tailfer (en amont de Namur) sont cependant comparables à ceux observés il y a un siècle à Liège par Spring et Prost.*

*C'est aux modifications du lit fluvial pour la navigation qu'est due sans doute la diminution de la charge en suspension lorsque les débits de la Meuse sont faibles et aussi l'augmentation de cette charge en suspension pour des débits plus importants.*

Abstract. — *Measurements of suspended and dissolved load carried by the Meuse river in Liège, have been done discontinuously during one year. The equations of the regression lines working out the relations between the flow and the suspended and dissolved load have been calculated. From these relations and from 20 years of daily flow measurements at Ampsin-Neuville the average load of the river has been estimated.*

---

(1) Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Université de Liège, place du Vingt-Août 7, B-4000 Liège.

(2) Département de Métrologie Nucléaire, Section « Mesures bas-niveau », Centre d'Etudes de l'Energie Nucléaire, Boeretang, 200, B-3400 Mol.

*For a drainage basin of 16,400 km<sup>2</sup>, an average annual flow of 5,708 millions of m<sup>3</sup>, the average annual suspended load is 388,358 tons, the average annual load of bicarbonate in solution is 1,092,441 tons. The comparison between these results and measurements done by Spring and Prost (1883) at the same place shows that the suspended load has considerably increased during the last century. Probably this increase results from the industrial activity of the basin Sambre-et-Meuse. Nowadays the suspended load carried in Tailfer (upstream from Namur) are nevertheless comparable with those observed in Liège by Spring and Prost one century ago.*

*The alterations of the river-bed for the navigation are probably responsible for the decrease of the suspended matter when the flows of the Meuse river are low and also for the increase of these when the flows are high.*

Remerciements. — Les bouteilles Nansen nous ont été prêtées par l'Institut des Sciences Naturelles, grâce à l'amabilité de son directeur M. X. Misonne. M. Maschelein, de la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux (C.I.B.E.), nous a communiqué les données recueillies à Tailfer de 1974 à 1980 concernant les matières en suspension. MM. J. Smitz, chercheur au Service de Mécanique des Fluides, et J.L. Schepers, assistant, nous ont aidés dans la réalisation des programmes et le traitement des données par ordinateur. Le Dr. A. Lafontaine, directeur de l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, nous a autorisés à consulter et à faire mention de l'étude radiosédimentologique effectuée en 1974 conjointement par ses services et le Centre d'Etudes de l'Energie nucléaire (C.E.N.) à Mol. M. F. Livens, chef de la section chimie analytique du C.E.N., a assuré l'analyse semi-quantitative par spectrométrie d'émission de six échantillons de sédiments en suspension. Sans l'aide que nous avons reçue de toutes les personnes mentionnées ci-dessus, cette recherche n'aurait pu être réalisée. Nous les prions de trouver ici l'expression de nos vifs remerciements.

## I. — INTRODUCTION

Une étude chiffrée de l'importance des transports en solution et en suspension de la Meuse a été publiée en 1883 par W. Spring et E. Prost [12] (3). Ils avaient prélevé chaque jour pendant toute une année, 5 litres d'eau de Meuse à Liège, à proximité du pont de la Boverie (à l'emplacement de l'actuel pont Kennedy). Après décantation, pendant 48 heures, le liquide clair était siphonné ; le résidu était filtré et le poids du dépôt sur le filtre considéré comme représentant la charge en suspension. Dans un litre de liquide siphonné, les auteurs dosaient chaque jour les matières organiques à l'aide d'une solution de permanganate de potassium. L'évaporation d'un autre litre d'eau siphonnée et la pesée du résidu et des analyses chimiques leur permettaient de déterminer la quantité et la nature des matières dissoutes transportées par le fleuve.

---

(3) Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie *in fine*.

Cette recherche a établi la quantité de sédiments transportés par la Meuse à Liège pendant une année, du 13-11-1882 au 13-11-1883. Les charges en suspension, maximum et minimum, mesurées étaient respectivement de 416,98 mg/l et de 1,56 mg/l (ces valeurs étaient portées à 430,98 mg/l et 5,21 mg/l en ajoutant les matières organiques observées les mêmes jours) pour des débits de 719 et 172 m<sup>3</sup>/s. La charge en suspension était en général d'autant plus élevée que le débit était important. Par contre, en ce qui concerne la charge en solution, la relation inverse avait été observée, avec un maximum et un minimum respectivement de 279 mg/l et 86 mg/l correspondant à des débits de 51 et 271 m<sup>3</sup>/s.

Après 366 jours de prélèvements, les auteurs ont calculé que la Meuse avait transporté en un an 260 035 t de matières en suspension (y compris 21 844 t de matières organiques) et 1 081 884 t de matières en solution. La quantité d'eau écoulée durant la même période s'élevait à 5 538 millions de m<sup>3</sup>.

Cette étude méritait d'être reconsidérée de nos jours. Il faut, en effet, se demander quelle est aujourd'hui la valeur des résultats obtenus pour cette année 1882-1883, puisque la charge transportée par le fleuve est sous la dépendance de l'importance et du nombre de crues qui se succèdent. Dans quelle mesure cette année 1882-1883 se rapproche-t-elle, en effet, des conditions annuelles moyennes ? D'autre part, il est intéressant de rechercher si la charge de la Meuse n'a pas varié au cours du dernier siècle, en relation avec le développement des activités humaines et l'aménagement du lit du fleuve.

Afin de fournir des éléments de réponse à ces questions, nous avons mesuré la quantité de matière en suspension et en solution pendant une partie des années 1979, 1980 et 1981 à Liège. En plus, nous avons disposé, grâce à l'amabilité de M. Masschelein, directeur à la Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux, de données se rapportant aux transports en suspension de la Meuse à Tailfer (7 km en amont du confluent de la Sambre à Namur). Nous présenterons ci-dessous les données dont nous avons disposé en ces deux endroits. Nous tenterons d'autre part d'étendre le résultat de nos observations sur des périodes beaucoup plus longues en considérant les débits de la Meuse pendant plusieurs années.

## II. — ÉTUDE DE LA CHARGE EN SUSPENSION DE LA MEUSE

### A. — A LIÈGE

Nos prélèvements ont été réalisés au cœur de la Ville de Liège, depuis la Passerelle, soit 300 m environ en aval des lieux de prélèvement de Spring et Prost [12].

En amont de l'emplacement où nous avons effectué ces mesures, c'est-à-dire sous la Passerelle, une jonction existe entre l'Ourthe et la Meuse. Cette liaison permet, lorsqu'une crue est plus importante dans un des cours d'eau, de répartir les débits entre la « dérivation » et la Meuse qui coule sous la Passerelle. Pareille liaison existait déjà du temps des études de W. Spring et E. Prost [12]. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'une partie importante des débits de l'Ourthe passent dans la Meuse. Il faut toutefois conserver à l'esprit que cette situation a pu affecter quelques-unes des données que nous avons recueillies.

Une bouteille Nanssen d'une contenance de 1 250 ml a été utilisée pour effectuer les prélèvements. Il s'agit d'un récipient ouvert à ses deux extrémités et dont les deux ouvertures se referment simultanément quand l'opérateur libère une masse qui glisse sur le câble de retenue. Les échantillons ainsi prélevés étaient mis à décanter puis filtrés et pesés.

Plusieurs prélèvements ont été effectués simultanément à environ 1 km en amont de la Passerelle, sur la rive droite, au moyen d'une centrifugeuse continue. Les concentrations, déduites des quantités recueillies par cet appareil, qui a traité chaque fois des volumes de quelques centaines de litres, étaient du même ordre de grandeur que celles observées à la Passerelle.

En l'absence de données sur les débits du fleuve à proximité de la Passerelle, nous avons considéré les débits à Ampsin-Neuville, soit 10 km en amont du point de mesure. Les débits du fleuve en cet endroit nous ont été communiqués par l'Office de la Navigation. Le bassin versant de la Meuse à Ampsin-Neuville est de 16 400 km<sup>2</sup> d'après l'annuaire hydrologique de Belgique. Il est de 16 800 km<sup>2</sup> à Liège, sans tenir compte du bassin de l'Ourthe.

Nous avons considéré que les transports de la Meuse sous la Passerelle sont en g par l les mêmes que ceux d'Ampsin-Neuville. Il existe donc ici encore une source d'erreur. Les résultats de la présente étude doivent, de ce fait, être confirmés par d'autres mesures.

Nos prélèvements ont été effectués d'une manière presque continue du 11-12-79 au 27-4-80. Ensuite nous avons prélevé dans le courant du mois de juillet 1980, afin de suivre une crue exceptionnelle. Enfin, nous avons repris nos prélèvements régulièrement du 25-8-80 au 17-1-81. Nous avons donc observé la Meuse pendant 267 jours. Au cours de cette période, la Meuse a connu 10 crues importantes et 4 crues mineures. Le maximum de charge en suspension a été observé le 21 juillet 1980 avec 951 mg/l pour un débit de 1 600 m<sup>3</sup>/s. Ce qui représente un transport colossal de 131 467 t par 24 h. Le minimum observé a été de 4 mg/l le 15 avril 1980 alors que le débit était de 188 m<sup>3</sup>/s ; cette très faible concentration a été notée aussi le 11 septembre 1980 alors que le débit était seulement de 82 m<sup>3</sup>/s.

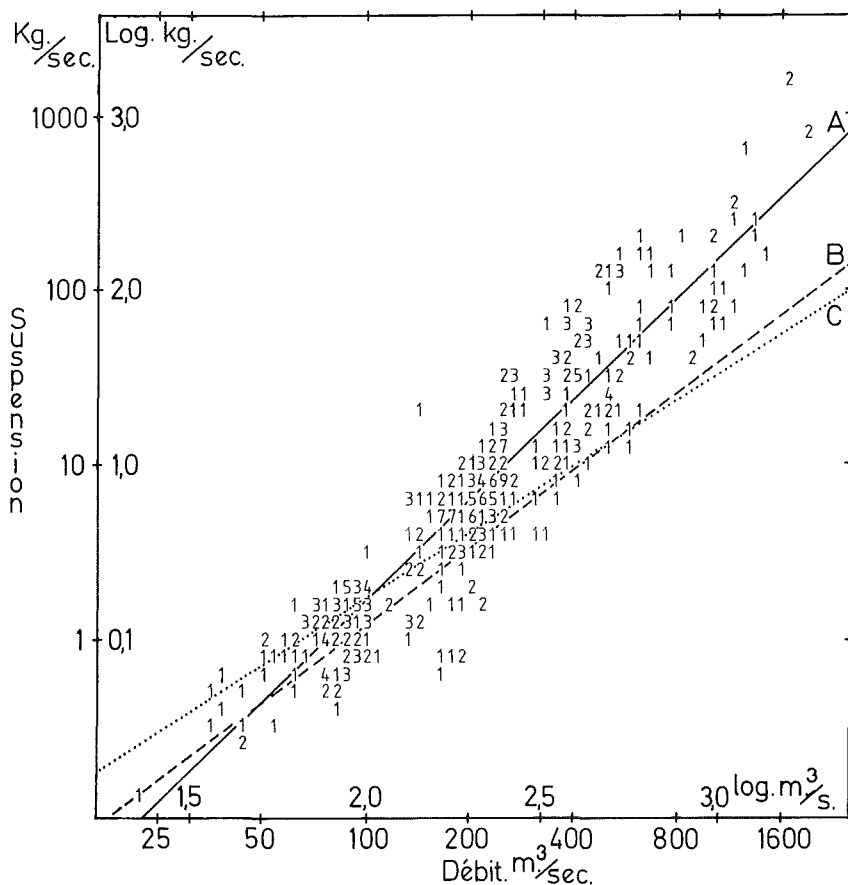


FIG. 1. — Relation entre les débits liquides ( $m^3/s$ ) et les débits solides (g/s).

La droite A et les chiffres se rapportent à nos observations discontinues en 1979-1980-1981. Les chiffres indiquent le nombre de données qui prennent place en chaque point. La droite B, en tireté, résulte des données en suspension recueillies par W. SPRING et E. PROST en 1882-1883, sans les matières organiques. La droite C, en pointillé, reprend les mêmes données mais en y ajoutant les matières organiques.

Nous avons recherché pour les 267 données que nous avons obtenues la relation qui unit le débit de la Meuse avec la charge en suspension. Comme le montre la figure 1, la relation entre le logarithme du débit liquide ( $m^3/s$ ) et le logarithme du débit solide (g/s) est très bonne (coefficient de corrélation de 0,93). La droite de régression obtenue pour toutes les données de 1979-1980 est exprimée par la formule

$$\log s = 1,9606 \log d - 0,73234 \quad (1)$$

où  $s$  = le débit solide en g/s et  $d$  = le débit liquide en  $m^3/s$ .

TABLEAU I.

Année	Débit annuel (m <sup>3</sup> )	Débit moyen (m <sup>3</sup> /s)	S U S P E N S I O N		S O L U T I O N	
			Estimation d'après l'équa- tion (kg)	Charge moyenne en mg/l	Estimation à partir de l'équation (kg)	Charge moyenne en mg/l
1958	5.664.902.400	179,6	382.118.690	67	1.080.276.500	191
1959	2.628.115.200	83,3	106.031.810	40	541.743.500	206
1960	5.819.126.400	184,5	398.686.752	69	1.114.387.200	192
1961	7.814.534.400	247,8	743.114.304	95	1.435.354.460	184
1962	7.015.939.200	222,5	607.998.528	87	1.297.900.800	185
1963	4.573.411.200	145,0	256.001.472	56	902.715.840	197
1964	2.953.411.200	92,6	112.935.168	38	607.049.860	206
1965	9.933.148.800	314,9	1.046.952.000	105	1.799.089.900	181
1966	10.324.800.000	327,4	1.000.399.680	97	1.873.013.800	181
1967	6.585.840.000	208,8	410.664.384	62	1.256.083.200	191
1968	6.577.459.200	208,5	402.385.536	61	1.259.159.000	191
1969	5.300.380.800	168,1	203.412.384	38	1.050.071.000	198
1970	7.755.436.800	245,9	666.164.960	86	1.437.393.600	185
1971	3.396.470.400	107,7	116.335.872	34	698.282.200	206
1972	4.285.526.400	135,9	144.491.040	34	869.244.800	203
1973	3.843.763.200	121,9	134.561.880	35	781.610.690	203
1974	6.537.456.000	207,3	406.639.872	62	1.247.257.400	191
1975	5.079.369.600	161,1	272.294.784	54	990.541.440	195
1976	2.390.512.200	75,8	59.299.516	25	507.612.960	212
1977	5.692.896.000	180,5	298.613.952	52	1.106.490.200	194
Total	114.172.499.400	Débit moyen	7.769.102.584		21.855.278.350	
	$\bar{X} = 5.708.624.970$	$\bar{x}=181,0$	$\bar{Y} = 338.455.129$	$\bar{x}=60$	$\bar{Y} = 1.092.763.920$	$\bar{x}=194$

L'application de cette formule nous a permis de calculer, à partir des débits journaliers à Ampsin-Neuville de 1958 à 1977, la charge transportée par la Meuse en 20 ans.

Ces résultats sont rassemblés au tableau I. Ils montrent que, en considérant uniquement le débit annuel moyen, il n'est pas possible d'évaluer correctement la charge en suspension. Ainsi, pour des débits très voisins de 5 665 millions de m<sup>3</sup> en 1958, et 5 692 millions de m<sup>3</sup> en 1977, la charge en suspension a varié de 382 000 t à 298 000 t.

Ces calculs permettent d'estimer que, de 1958 à 1977, la charge moyenne en suspension de la Meuse à Liège a très vraisemblablement été voisine de 388 000 t par an.

Nous avons également calculé l'équation liant charge en suspension et débit pour les 365 données de Spring et Prost (période 1882-1883). Cette équation s'écrit

$$\log s = 1,4815 \log d + 0,13391 \quad (2)$$

en utilisant les mêmes unités que pour la formule (1). Le coefficient de corrélation pour cette opération est bien inférieur à celui obtenu pour nos données. Il est égal à 0,785.

Il nous a semblé que les matières organiques mesurées par Spring et Prost devaient être ajoutées aux matières en suspension afin que leurs données soient comparables à celles que nous avons obtenues. Avec cette modification, l'équation devient

$$\log s = 1,2773 \log d + 0,6734 \quad (3)$$

Le coefficient de corrélation n'est cependant plus que de 0,690. Cette droite de régression a été dessinée également sur la figure 1.

Comparer les deux droites de cette figure ne peut se faire — étant donné les différences de méthodes — qu'avec une grande prudence. Cette comparaison indique que, actuellement, les transports en suspension sont plus importants pour des débits dépassant 100 m<sup>3</sup>/s et moins importants pour des débits inférieurs à cette valeur. Au total, le transport annuel moyen est actuellement beaucoup plus important qu'autrefois : la formule montre que, pour un débit de 500 m<sup>3</sup>/s, le transport en suspension est de 39,8 kg/s alors qu'il était autrefois de 12,5 kg/s.

## B. — A. TAILFER

La Compagnie Intercommunale Bruxelloise des Eaux prélève en continu à Tailfer de l'eau du fleuve au moyen d'un tube dont l'orifice est situé à 2-3 m au-dessus du fond de la rivière. Les matières en suspension sont recueillies sur des filtres, puis pesées.

Les quantités de matières en suspension sont en général moins importantes qu'à Liège. Au cours de la période 1974-1980 (pour laquelle des données ont été recueillies 2 162 jours sur 2 557), la charge maximum a été de 191 mg/l, le 10-2-74, pour un débit de 465 m<sup>3</sup>/s. Lors de la grande crue de 1980, qui a provoqué à Tailfer un débit de 1 497 m<sup>3</sup>/s le 22 juillet, la charge a seulement été de 117 mg/l. L'équation de la droite de régression liant le débit à la charge en suspension pour les 2 162 jours d'observation est la suivante :

$$\log s = 1,5187 \log d + 0,04801 \quad (4)$$

(coefficient de corrélation = 0,92)

où  $s$  = charge en suspension en g/s et  $d$  = débit en m<sup>3</sup>/s.

Cette droite de régression est très proche de celle obtenue à Liège avec les données de Spring et Prost (équation 2) sans considérer les matières organiques (voir fig. 1).

### III. — INTERPRÉTATION DES DONNÉES RÉCOLTÉES

Les droites de régression obtenues nous permettent de tenter une comparaison des transports en suspension actuels de la Meuse que nous avons considérés plus haut. Au moment de mettre en parallèle les différents résultats, il faut souligner que les méthodes de prélèvement, tout autant que les techniques d'analyse, n'ont pas été les mêmes et donc que la comparaison doit être faite avec prudence. Elle nous paraît cependant possible, car les écarts notés entre les différentes courbes sont considérables. Les calculs, en partant des débits journaliers pour la période 1958 à 1977, indiquent en effet des transports en suspension à Liège plus de trois fois plus importants sur la base de l'équation (1) actuelle que sur la base de l'équation (2) résultant des données de Spring et Prost pour la période 1882-1883. Les transports en suspension auraient donc triplé au cours du dernier siècle.

Au moment de rechercher une explication du phénomène, remarquons tout d'abord que les droites de régression considérées indiquent une accentuation des transports, principalement pour les débits de crue. Pour les faibles débits, il s'agit au contraire d'une diminution. Cette évolution peut sans doute s'expliquer par l'aménagement du lit du fleuve pour la navigation. L'établissement de plans d'eau, de profondeur d'autant plus considérable que le tonnage des bateaux admis est élevé, engendre un écoulement extrêmement lent en période d'étiage, écoulement qui permet la sédimentation de particules en suspension. Au moment des crues, ces dépôts importants sont remis en mouvement. Comme, d'autre part, en certains endroits, les cailloux ont été dragués, la mise en mouvement du



fond du lit fluvial se fait avec plus de facilité, ce qui est susceptible d'accroître la charge maximum. Bref, le fleuve mobilise plus aisément de nos jours, en temps de crue, les dépôts fins du lit mineur, dépôts fins qui auraient été très limités sans l'aménagement du fleuve pour la navigation.

Cette mobilisation des dépôts meubles du fond du lit pourrait également expliquer le fait, comme Spring et Prost l'avaient déjà observé, que le maximum de suspension est d'autant plus considérable qu'une période d'étiage longue a existé entre les crues. Il faut en effet qu'une sédimentation ait eu le temps de se produire pour que le phénomène évoqué ci-dessus prenne toute son ampleur. En outre, comme Spring et Prost l'avaient également constaté et comme nous l'avons aussi noté, très souvent le maximum de suspension (en g/l) a lieu avant le maximum de débit. Cela procède du même phénomène, à savoir la mise en mouvement des dépôts antérieurs, à laquelle contribue sans doute considérablement l'abaissement des barrages mobiles au moment où la crue se développe. Spring et Prost proposaient d'y voir le résultat de la désagrégation qui, pendant la période de sécheresse relative des étiages, « prépare le butin des premières averses ».

L'accumulation de sédiments fins en amont des barrages écluses sur la Meuse a été mise en évidence lors d'une étude radiosédimentologique de la Meuse effectuée en 1974 par le groupe mixte Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire et Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie (Ministère de la Santé Publique). Cette sédimentation a d'ailleurs pu être observée directement en septembre 1980 à un moment où, entre Hastière et Namur, la Meuse étant en étiage, les barrages-écluses étaient abaissés pour effectuer des travaux de réfection entre la frontière française et Namur. A cette occasion, une autre observation a pu être faite : le 15 septembre 1980, alors qu'aucune précipitation n'était tombée dans le bassin de la Meuse, ni ce jour, ni la veille, lorsque les barrages ont été couchés, la masse d'eau libérée a provoqué une petite crue qui a fait passer le débit à Tailfer de 68 à 207 m<sup>3</sup>/s. En même temps, la charge s'est accrue et est passée de 6 mg/l le 14, à 25 mg/l le 15.

Mais tout ce que nous avons dit plus haut n'explique en rien le transport annuel plus important que nous avons décelé. Pour que les mécanismes que nous avons évoqués ci-dessus puissent se développer, il faut tout d'abord que des sédiments arrivent dans le fleuve. Le problème se pose alors de savoir pourquoi il en arrive plus de nos jours qu'il y a un siècle.

Cette augmentation des transports est certainement due aux actions anthropiques. Il est hasardeux d'en rechercher les causes sur la base des seules observations dont nous disposons maintenant, car elles peuvent

être fort diverses. L'augmentation des surfaces bâties et l'égouttage interviennent en modifiant les conditions d'écoulement. En outre, les modifications des pratiques agricoles (agrandissement des parcelles, substitution des engrais chimiques au fumier) entraînent une accélération de l'érosion dans les terres cultivées [9]. L'importance de ce dernier facteur dans les transports de la Meuse semble à première vue jouer un rôle prépondérant. Elle n'est toutefois pas confirmée par les données recueillies dans le bassin agricole de la Méhaigne en amont du village de Méhaigne, du 1-9-73 au 1-6-77, par L. Sine et J.P. Agneessens [11]. Ces auteurs ont mesuré, en effet, à l'aval d'un bassin de 20,44 km<sup>2</sup> que la charge en suspension y correspond à une érosion de 10 t/km<sup>2</sup> par an pour toute la période considérée. La valeur est cependant portée à 17 t/km<sup>2</sup> par an si on considère seulement leurs deux premières années d'observation en écartant la longue période de sécheresse survenue par la suite.

A Ampsin-Neuville, pour la période 1958-1977, la charge moyenne annuelle en suspension calculée de 388 458 t correspond sur tout le bassin à une érosion de 24 t par km<sup>2</sup> (en considérant comme superficie du bassin versant, 16 400 km<sup>2</sup>). Ces données permettent de montrer que ce n'est pas l'érosion des terres cultivées de Hesbaye qui détermine l'accroissement considérable des sédiments transportés en suspension entre Tailfer et Liège.

En conséquence, il nous paraît vraisemblable que les activités industrielles du sillon Sambre-et-Meuse pourraient être à l'origine d'une bonne partie de l'accroissement de charge observé. Un début de confirmation est donné par le fait que dans les sédiments recueillis par la centrifugeuse continue, lors d'une agitation pour homogénéiser le matériau recueilli, 3 à 4 % de la masse sont constitués de particules magnétiques provenant sans doute principalement de l'industrie. Des analyses semi-quantitatives, réalisées au C.E.N. à Mol, par spectrométrie d'émission, de six échantillons de sédiments en suspension prélevés, ne montrent pas de différence significative, bien que les prélèvements aient été réalisés pour des débits variables (620, 540, 575, 1 075, 200 m<sup>3</sup>/s) au cours des mois de décembre 1980, janvier et février 1981. Les principaux éléments observés sont donnés ci-après, avec leurs valeurs moyennes : Si, 50 % ; Ca, 16,5 % ; Al, 16,3 % ; Fe, 8,5 % ; Mg, 6,3 %. Une seule grande différence entre ces résultats et ceux de Spring et Prost apparaît : la teneur en calcium est beaucoup plus élevée maintenant (Spring et Prost avaient trouvé  $\pm 6$  % de chaux dans les matières en suspension). Il paraît évident à la suite de ces analyses que la Meuse transporte actuellement des grains de calcaire en suspension.

## IV. — ÉTUDE DES TRANSPORTS EN SOLUTION

Spring et Prost [12] ont mesuré journallement pendant un an non seulement la charge en suspension, mais aussi la charge dissoute. C'est en évaporant un litre d'eau qui a été laissé en repos pendant 48 h (voir Introduction) et en pesant le résidu sec qu'ils ont déterminé la quantité des éléments dissous.

Après un an de mesures, ils ont calculé que la Meuse à Liège avait évacué à l'état dissous 1 081 884 t de matières, soit plus de quatre fois la quantité transportée en suspension (238 191 t). La charge moyenne en solution avait été de 211 mg/l, avec comme minimum 86 mg/l, le 28-12-1882, au moment où le débit était de 271 m<sup>3</sup>/s. La charge maximale atteignait 279 mg/l le 18-7-1883 alors que le débit était de 51 m<sup>3</sup>/s.

Spring et Prost ont souligné, comme de nombreux auteurs l'ont indiqué depuis lors, que la charge en solution exprimée en mg/l augmente lorsque le débit diminue. C. Ek [3] a précisé par la suite que la quantité de matières évacuées en dissolution, exprimée en poids par unité de temps, est cependant plus importante lorsque le débit s'accroît.

D'une manière identique à celle dont nous avons procédé pour la charge en suspension, nous avons recherché la droite de régression exprimant le rapport existant entre le débit et la charge en dissolution pour les 365 données de Spring et Prost. La relation s'écrit

$$\log s = 0,88558 \log d + 2,5599 \quad (5)$$

où  $s$  = charge en solution exprimée en kg/s et  $d$  = débit exprimé en m<sup>3</sup>/s. Pour cette formule, le coefficient de corrélation était égal à 0,985.

Les analyses réalisées par Spring et Prost leur ont permis de déterminer la part de silice, d'oxyde ferrique, d'oxyde aluminique, de chaux, de magnésie, d'anhydride sulfurique, de chlore, d'anhydride carbonique et d'autres que contenait le sédiment. Ces mesures différaient considérablement des mesures du T.A.C. (titre alcalin complet) qui ont été réalisées pour nous au cours de l'année 1980-1981. Ces analyses nous ont fourni à vingt reprises la teneur de l'eau en bicarbonate dissous. Elles sont réparties sur toute l'année (sauf le mois d'août) et ont été effectuées à notre demande, selon les normes fixées par C. Ek, par M<sup>me</sup> N. Lousberg, du Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire de l'Université de Liège.

Les valeurs extrêmes obtenues étaient de 294 mg/l pour un débit de 44 m<sup>3</sup>/s et de 166 mg/l pour un débit de 1 040 m<sup>3</sup>/s.

Pour ces 20 données, l'équation unissant la charge en solution au débit s'exprime

$$\log s = 0,835 \log d + 2,71567 \quad (6)$$

Le coefficient de corrélation était égal à 0,989.

D'une manière identique à ce que nous avons écrit pour la charge en suspension, il est extrêmement délicat de comparer des résultats d'analyses à ce point différentes. Il convient donc de considérer avec beaucoup de prudence les commentaires ci-dessous.

Les droites de régression obtenues pour la charge totale en solution de Spring et Prost et pour les mesures actuelles du titre alcalin complet sont très voisines, comme le montre la figure 2. Comme cependant les éléments correspondant au T.A.C. constituent, en considérant les données de Spring et Prost, 69,62 % de la charge totale mesurée, il est vraisemblable que la charge en solution s'est accrue d'environ 30 % au cours du dernier siècle.

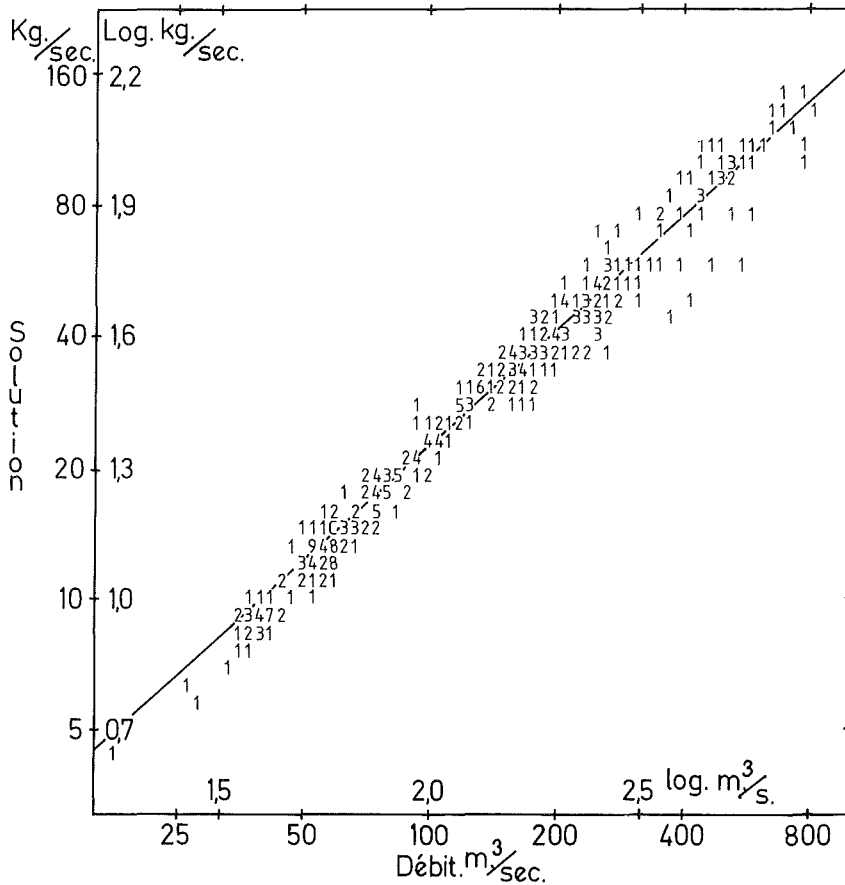


FIG. 2. — Relation entre le débit liquide exprimé en m<sup>3</sup>/s et le débit en solution d'après les données de W. SPRING et E. PROST de 1882-1883 [12].

En se basant sur cette relation et en considérant les débits journaliers de la Meuse pendant 20 ans, de 1958 à 1977 (voir tabl. I), il a été possible d'estimer la charge moyenne annuelle probable de la Meuse à Liège pour cette période. La Meuse aurait évacué en moyenne 1 092 441 t de bicarbonates par an (valeur à laquelle il conviendrait d'ajouter, si l'on considère les analyses de Spring et Prost, près de 300 000 t d'autres éléments dissous), le transport en suspension ne représentant, avec 388 458 t, que 28 % de la charge en solution.

En répartissant cette perte sur tout le bassin de la Meuse (ce qui est évidemment erroné, les roches solubles étant inégalement réparties), les transports en solution correspondent à une érosion de 67 t/km<sup>2</sup> de bicarbonates et de 85 t/km<sup>2</sup> pour tous les éléments dissous.

#### V. — CONCLUSION

A la suite de l'étude de prélèvements effectués sous la Passerelle à Liège et des mesures journalières de débit de la Meuse réalisées pendant 20 ans, 10 km en amont, à Ampsin-Neuville, nous avons pu estimer que la Meuse transporte en solution trois fois et demie plus de matières en solution que de matières en suspension. Pour un bassin de 16 400 km<sup>2</sup>, elle aurait emporté en moyenne par an, pour une période de 20 ans, 85 t/km<sup>2</sup> d'éléments dissous et 24 t/km<sup>2</sup> de produits en suspension.

Au total, la comparaison des données recueillies par W. Spring et E. Prost [12] avec les observations que nous avons faites montre que la charge en solution s'est relativement peu accrue depuis un siècle. Par contre, la charge en suspension paraît fortement augmentée depuis cent ans.

Les transports solides sont bien moins importants à Tailfer qu'à Liège, ce qui semble indiquer qu'une bonne partie de la charge provient des activités industrielles du sillon Sambre-et-Meuse. Des mesures doivent être multipliées pour confirmer ces résultats et leur interprétation.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] CLOSE-LECOQ J.-F. — *Les transports en suspension de la Meuse à Liège et à Tailfer*. Mémoire de Licence en Sciences géographiques, 1981 (inédit), conservé à l'Université de Liège, 180 p.
- [2] DOLE R.B. and STABLER H. — *Denudation*. U.S. Geol. Survey, Paper 234, 1909.
- [3] EK C. — *Facteurs, processus et morphologie karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique*. Thèse de doctorat, Laboratoire de géologie et de géographie physique, Université de Liège, 1969, 150 p.

- [4] HOHBERGER K., EINSELE G. — *Bedeutung des Lösungsabtrages verschiedener Gesteine für die Landschaftsentwicklung im Mittel-Europa*, dans *Z. für Geomorph.*, 23, 4, 1979, 362-365.
  - [4] HSIEH WEN SHEN. — *Modeling of rivers*. John Wiley and Sons, Ed., Intersc. Publ., New York, 1979, p. 5-22 à 5-29, 9-50 à 9-60, 11-35.
  - [5] KIRCHMANN R., FIEUW G., BONNYNS-VAN GELDER E., CANTILLON G. et COLLARD J. — *Etude radiosédimentologique de la Meuse et du Canal Albert*. Groupe mixte C.E.N./S.C.K.-I.H.E. (Ministère de la Santé Publique). Document de travail (diffusion restreinte), 1975, 270 p.
  - [6] LEOPOLD L., WOLMAN M.G., MILLER J.P. — *Fluvial processes in geomorphology*. W.H. Freeman and Co, San Francisco and London, 1964, 522 p.
  - [7] MEYBECK M. — *Dissolved and Suspended matter carried by rivers : composition, time and space variations, and world balance*. Presented at : *Interaction between sediments and fresh water*. International Symposium, Amsterdam, Netherlands, 6 september 1976. Publ. Dr. W. JUNCK, B.U., The Hague (Netherlands). Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, 1976, pp. 25-32.
  - [8] MORISAWA M. — *Streams, their dynamics and morphology*. McGraw-Hill Book Company, New York, 1968, pp. 24-54.
  - [9] PISSART A. et BOLLINNE A. — *L'érosion des sols limoneux cultivés de la Hesbaye. Aperçu général*, dans *Pédologie*, XXVIII, 2, 1978, pp. 161-183.
  - [10] SCHUMM A. — *The fluvial system*. A. Wiley. Intersc. Public. John Wiley and Sons, New York, 1977.
  - [11] SINE L. et AGNEESSENS J.P. — *Etude des débits solides et du phénomène de migration dans une rivière drainant un bassin agricole*, dans *Pédologie*, XXVIII, 2, 1978, pp. 183-191.
  - [12] SPRING W. et PROST E. — *Etude sur les eaux de la Meuse*, dans *Ann. Soc. géol. Belg.*, t. XI, 1883, pp. 123-220.
  - [13] VEREERSTRAETEN J. — *Hydrologie du bassin de la Meuse*, dans *Revue belge de Géographie*, t. 94, 1-2-3, 1970, pp. 1-339.
-