

L'évolution de la charge en suspension d'une rivière ardennaise au cours de périodes de crue (*)

par F. PETIT

Laboratoire de Géographie physique
Université de Liège

MOTS-CLES. - *Transport en suspension, débit solide, érosion du bassin versant, débit à pleins bords.*

RESUME. - *La charge en suspension transportée par une petite rivière ardennaise lors de ses crues est relativement faible (160 mg/l au maximum). Au cours d'une crue voisine du débit à pleins bords, crue qui se présente en moyenne 2,5 fois par an, 9,5 t de matériel a été transporté en suspension. Pour des débits voisins du débit moyen (0,31 m³/sec), la charge en suspension représente 6 mg/l. La faible valeur du coefficient de dénudation (4,4 t/km²/an) résulte du fait que le bassin hydrographique est entièrement boisé et que l'influence anthropique y est limitée.*

KEY-WORDS. - *Suspended load, watershed basin erosion, bankfull discharge.*

ABSTRACT. - *Suspended load carried by a small river in the Ardennes has been measured during two floods : one adjoining the bankfull discharge, the other the five-year flood. The highest suspended load reaches hardly 160 mg/l. The transported load during the bankfull flood is estimated at 9.5 t; this flood pattern occurs mean 2.5 times/year. The average load is only 6 mg/l for mean annual discharge (0.31 m³/sec). The small values of denudation coefficient (4.4 t/km²/year) result from the fact that the watershed basin is quite wooded and that man's activity is limited.*

INTRODUCTION

Des échantillons d'eau ont été prélevés régulièrement lors de plusieurs campagnes de courte durée afin d'estimer la charge en suspension transportée par une petite rivière ardennaise (La Rulles en forêt d'Anlier). Des relevés limnographiques effectués pendant près de sept ans, ont permis de déterminer la fréquence annuelle moyenne des débits pour lesquels les prélèvements ont été effectués. De la sorte, il est possible d'avancer un ordre de grandeur concernant la quantité de matériel qui est annuellement transportée en suspension par la rivière.

(*) Nous tenons à remercier le Professeur J. Alexandre qui a bien voulu relire ce texte et nous faire part de ses judicieuses remarques.

I.- CARACTERISTIQUES PHYSIOGRAPHIQUES DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE ET METHODE D'ETUDES

Le bassin hydrographique de la Rulles situé en amont du site de prélèvement des échantillons (au lieu-dit la Passée du Cerf) a une superficie de 16,08 km². Il a une forme compacte, son périmètre stylisé est de 7,7 km et le coefficient de Gravélius est de 1,24. Ses pentes sont relativement fortes : l'indice de pente de la Roche est de 0,374 et la pente longitudinale moyenne de la rivière est de 1,20 %. Le substrat est imperméable, principalement les quartzites et quartzophyllades du Siegenien moyen (E. Asselberghs, 1946). La totalité du bassin est boisée, principalement en feuillus (moins de 20 % de résineux).

Les prélèvements d'eau ont été effectués grâce à un échantillonneur séquentiel ISCO, par pompage de 650 ml d'eau pendant deux minutes. Les échantillons ont ensuite été filtrés sous vide, sur filtres Millipore de 0,8 µm d'ouverture préalablement tarés. La sonde de prélèvement a été placée au milieu de la rivière à 25 cm du fond du lit. Des échantillons ont également été prélevés manuellement au moyen de bouteilles de 1,5 l, en différents points de la section et à plusieurs profondeurs, ceci afin de s'assurer de la représentativité des prélèvements.

Les variations des hauteurs d'eau ont été enregistrées de novembre 1973 à août 1980, au moyen d'un limnigraphe OTT à retournement, muni d'un dispositif de réduction. Une lame déversante a été installée juste en aval de la station limnigraphique de façon à connaître directement le débit en fonction des hauteurs d'eau, grâce à la formule des déversoirs en paroi mince sans contraction latérale (A.T. Troskolanski, 1960). Une quarantaine de jaugeages au moulinet ont permis de contrôler le bien-fondé de l'application de cette relation au déversoir. Des traitements statistiques ont été effectués en vue de déterminer la récurrence de débits caractéristiques, ceci grâce à des ajustements à l'aide des distributions de Galton et de Gumbel (P. Degée et F. Petit, 1981). Ainsi le débit de la crue annuelle est de 3 m³/sec, celui de la crue quinquennale de 5 m³/sec, ceci pour un débit moyen annuel de 310 l/sec et un débit médian de 150 l/sec. Par ailleurs, le débit à pleins bords (1,3 m³/sec) est atteint ou dépassé 2,5 fois/an ou encore pendant 12,2 jours/an. Une étude comparative avec les débits de la Semois, pour laquelle il existe une longue série de données, a montré que la période où les débits de la Rulles ont été enregistrés, présente des caractères de sécheresse relative (F. Petit, 1983).

II. - RESULTATS

A.- COMPARAISON ENTRE LES VALEURS TROUVEES PAR PRELEVEMENT MANUEL DANS L'ENSEMBLE DE LA SECTION ET PAR PRELEVEMENT PONCTUEL DE L'ECHANTILLONNEUR

Au cours d'une campagne-test, douze prélèvements manuels ont été effectués en quatre endroits de la section, respectivement à 15 cm et 30 cm du fond du lit et en surface. Les concentrations obtenues à partir de ces douze échantillons varient peu (coefficient de variation égal à 0,08), montrant ainsi que la charge en suspension se répartit de façon homogène dans la section. La con-

centration moyenne des douze échantillons est de 23 mg/l contre 19 mg/l pour l'échantillon prélevé par pompage en un seul endroit de la section. La localisation de la pompe dans la section est donc bien représentative de la charge en suspension de la rivière.

B.- EVOLUTION DE LA CHARGE EN SUSPENSION POUR DIFFERENTS DEBITS

1.- *Pour des débits proches du débit moyen.* - Vingt-et-un prélèvements horaires ont été effectués du 12 au 14 février 1975. Pour un débit de 290 l/sec, la charge moyenne était de 6,2 mg/l, avec un coefficient de variation de 0,32.

Vingt-sept échantillons ont été prélevés du 3 au 7 mars 1975. La charge moyenne était de 6,8 mg/l, avec un coefficient de variation de 0,75. Cette valeur plus élevée du coefficient de variation s'explique par le fait qu'un petit coup d'eau a été enregistré (le débit passe de 200 l/sec à 290 l/sec, le 6 mars) et qu'une concentration plus forte a alors été observée (19 mg/l).

Il ressort de ces deux campagnes de mesures, qu'en l'absence de variations importantes du débit, la concentration des matières en suspension est de l'ordre de 6 mg/l pour un débit proche du débit moyen.

2.- *Lors d'une crue voisine du débit à pleins bords* (fig. 1). - Cette crue survient après une période de deux mois où les débits ont été très faibles. Elle résulte d'une fonte de neige tout d'abord lente mais qui s'accélère le 27 mars 1975, sous l'effet d'une pluie d'assez forte intensité (29 mm recueillis à Anlier le 27 mars).

Le maximum de concentration (154 mg/l) se produit avant le maximum du débit, au moment où la montée des eaux commence à se marquer. Ceci résulte notamment du remaniement des dépôts non stabilisés qui se sont constitués lors des débits relativement faibles qui ont précédé cette crue; ceci alors que l'effet de dilution joue encore peu.

La quantité de matériel transporté en suspension par la rivière lors de cette crue représente 9 500 kg (en 79 heures) soit 2,9 t/j.

3.- *Lors d'une crue quinquennale* (fig. 2). - Tout comme la crue analysée ci-dessus, cette crue s'est produite après une période assez longue de débits faibles (près de 2 mois). Elle résulte également de la fonte d'un tapis neigeux très important qui s'était maintenu depuis le début du mois de janvier. Le redoux a tout d'abord provoqué un dégel lent qui s'est accéléré le 24 janvier 1977 sous l'effet de pluies assez faibles (8 mm à Anlier), mais qui a provoqué une première montée des eaux (de 200 l/sec le 23 à 900 l/sec le 24). Les fortes pluies du 25 janvier ont ensuite provoqué la fonte totale de la neige et déclenché l'inondation.

Les concentrations ont été moins importantes qu'au cours de la crue analysée ci-dessus (30 mg/l), mais il est fort probable que le maximum se soit produit lors de la première montée du 24 janvier. Au total, près de 4 500 kg de matériel auraient été évacués au cours de cette crue, tout en sachant que cette valeur est une estimation

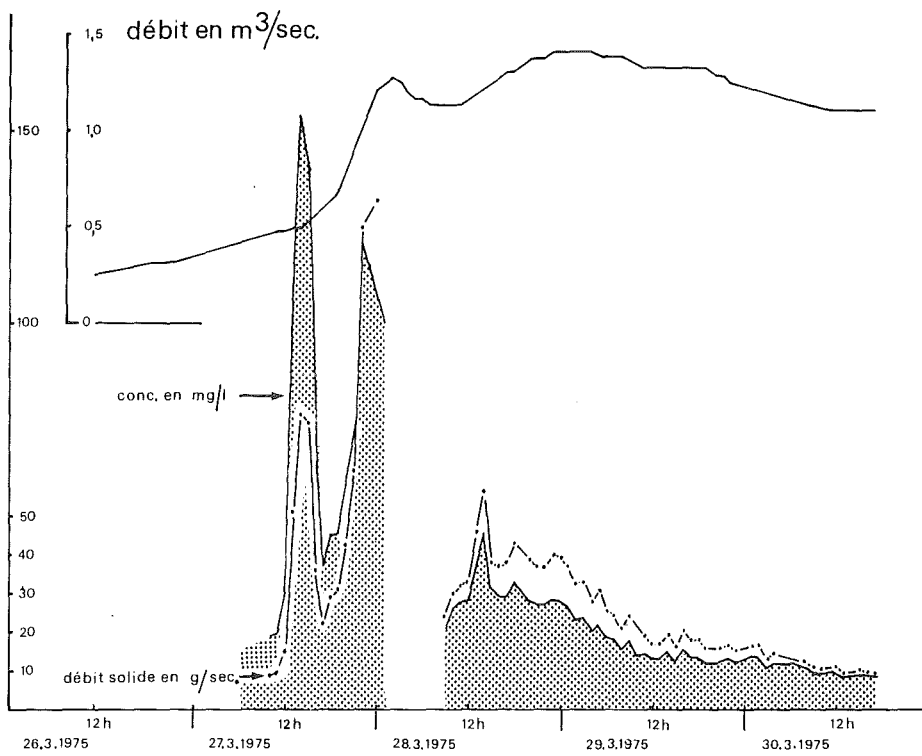


FIG. 1. - Evolution de la charge en suspension au cours d'une crue voisine du débit à pleins bords (du 26 au 30 mars 1975).

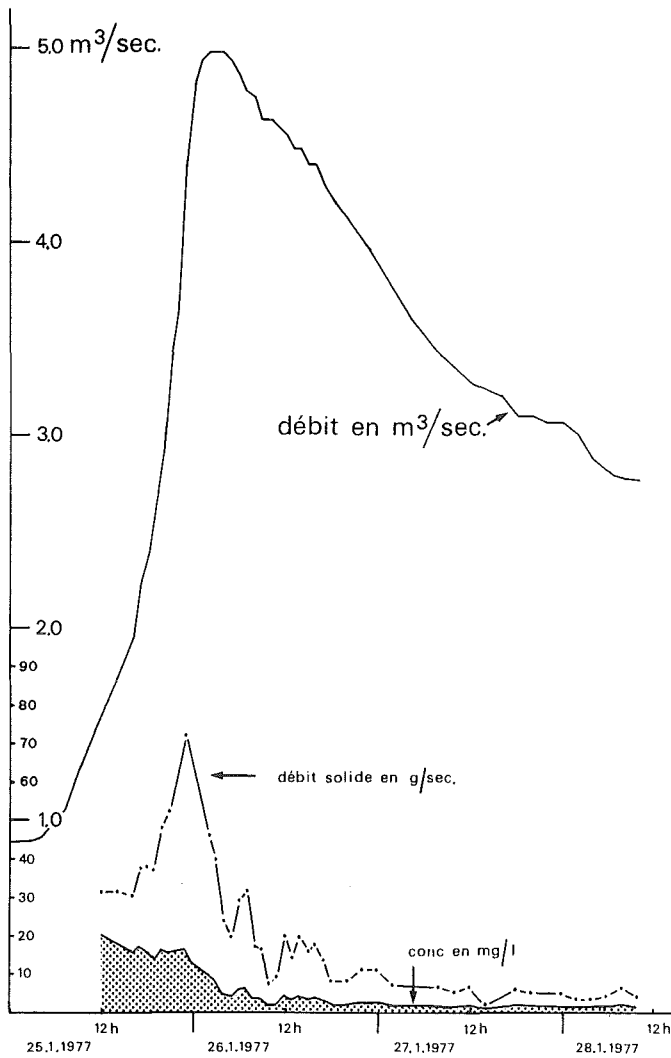


FIG. 2. - Evolution de la charge en suspension au cours d'une crue quinquennale (du 25 au 28 janvier 1977).

par défaut, du fait que la charge en suspension a probablement été la plus importante juste avant que ne débute notre campagne de prélèvement.

III. – COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

Les concentrations observées lors des deux crues analysées ci-dessus sont peu importantes vis-à-vis de ce qui a été mis en évidence dans d'autres études (J.F. Close-Lecocq, A. Pissart et G. Koch, 1982). Deux causes peuvent être avancées. Tout d'abord, ces deux crues se présentent tard dans la saison hydrologique et, dans les deux cas, plusieurs crues avaient été enregistrées auparavant (en novembre et décembre). Celles-ci ont déjà eu l'occasion de remanier les dépôts qui se sont constitués lors des débits d'étiage et d'éroder les parties de berge ameublées au cours de l'été par l'action des animaux fouisseurs. Ensuite, ces deux crues résultent d'une fonte de neige et même si des pluies d'assez forte intensité ont été enregistrées, leur action quant à une érosion des sols au niveau du bassin versant a probablement été limitée du fait que ces pluies sont tombées sur un tapis neigeux qui protégeait le sol. Pour ces deux raisons, il y a tout lieu de croire que les valeurs observées lors de crues automnales seraient plus importantes, même si ces crues étaient moins élevées.

Par ailleurs, sachant qu'une crue voisine du débit à pleins bords évacue 9,5 t de matériel d'une part, et que ce type de crue se présente en moyenne 2,5 fois par an d'autre part, on pourrait estimer que 24 t de matériel seraient pour le moins transportées chaque année. Comme d'autre part les concentrations lors des débits proches du débit moyen atteignent 6 mg/l, près de 47 t de matériel seraient en outre évacuées. Ainsi, un peu plus de 71 t de matériel seraient transportées annuellement en suspension, ce qui donnerait un coefficient de dénudation de l'ordre de 4,4 t/km²/an.

Cette valeur apparaît nettement plus faible que celle trouvée par L. Sine et J.P. Agneessens (1978) dans la Meuse (10 t/km²/an), par J.F. Close-Lecocq, A. Pissart et G. Koch (1982) dans la Meuse (24 t/km²/an) ou par G. Lemin (1984) dans la Hoegne (19,3 t/km²/an).

Certes, la méthodologie que nous avons suivie est différente et, dans l'élaboration d'un bilan annuel, moins précise que celle suivie par ces différents auteurs. Ainsi, la charge annuelle de la Rulles aurait été plus importante si les concentrations des crues automnales étaient entrées en ligne de compte, pour les raisons exposées ci-dessus. Mais ceci ne semble pouvoir justifier à lui seul de tels écarts.

En revanche, le fait que, contrairement aux bassins étudiés par ces auteurs, le bassin de la Rulles soit entièrement boisé et que l'influence anthropique y soit limitée, semble jouer un rôle prépondérant.

Les études faites par C. Dave (1975) dans un petit bassin versant (4,33 km² de superficie) également peu soumis à l'influence anthropique (le ruisseau de Wavelinse dans le Condroz), confirment

cet aspect. En suivant l'accroissement d'un delta qui s'édifiait dans un étang situé à l'exutoire du bassin, cet auteur a en effet estimé que la charge totale de la rivière représentait 27,6 t/an. Comme par ailleurs cet auteur avait pu évaluer, grâce à des pièges à sédiment, que la seule charge de fond représentait près de 1,2 t/an, on peut donc déduire que la quantité de matériel uniquement évacuée en suspension représente 26,4 t/an, c.-à-d. 6,1 t/km²/an.

Toutefois, il arrive que des concentrations très importantes de matériel en suspension soient observées dans des bassins forestiers, principalement à la suite des travaux d'exploitations forestières. C'est ainsi qu'en relation avec ces travaux, A.P. Plamondon (1982) a observé au sud du Québec des concentrations proches de 200 gr/l. De même J. Mercenier (1973) a observé dans des petites rivières du rebord du plateau des Tailles, des concentrations aussi élevées (jusqu'à 290 gr/l) du fait notamment de la détérioration de chemins forestiers lors des travaux de débardage. Il semble toutefois qu'à l'échelle d'un bilan global annuel, l'occurrence de tels événements soit relativement faible.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELBERGHS E., 1946. - L'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines, *Mémoire de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain*, t. XIV, 598 p.
- CLOSE-LECOQ J.F., PISSART A. et KOCH G., 1982. - Les transports en suspension et en solution de la Meuse à Liège et à Tailfer, *Bull. Soc. géog. de Liège*, 18, pp. 5-18.
- DAVE C., 1975. - *Etude de la dynamique fluviale d'un petit ruisseau de type torrentiel. Le ruisseau du fond de Wavelinse*, Mémoire de licence en Sciences géographiques (inédit) conservé à l'Université de Liège, 148 p.
- DEGEE P. et PETIT F., 1981. - Détermination de la période de retour de certains phénomènes hydrologiques, *Notes de Recherches, Soc. Géog. de Liège*, 1, pp. 46-56.
- LEMIN G., 1984. - *Contribution à l'étude des transports solides dans des rivières du bassin de la Meuse*, Mémoire de licence en Sciences géographiques (inédit) conservé à l'Université de Liège, 183 p.
- MERCENIER J., 1973. - *Dynamique fluviale dans un petit bassin du rebord méridional du plateau des Tailles*, Mémoire de licence en Sciences géographiques (inédit) conservé à l'Université de Liège, 148 p.
- PETIT F., 1983. - *Les processus de façonnement en milieu naturel du lit d'une rivière à sédiment limono-caillouteux. La Rulles en forêt d'Anlier*, Thèse de doctorat en Sciences géographiques (inédit) conservée à l'Université de Liège, 648 p.
- PLAMONDON A.P., 1982. - L'influence de l'exploitation forestière sur la concentration des particules dans les petits cours d'eau de la Beauce, Québec, *Géog. Physique et Quaternaire*, XXXVI, 3, pp. 315-325.
- ROCHE M., 1963. - *Hydrologie de Surface*, Gauthier Villard, Paris, 430 p.

- SINE L. et AGNEESSENS J.P., 1978. - Etude des débits solides et du phénomène de migration dans une rivière drainant un bassin agricole, *Pédologie*, XXVIII, 2, pp. 183-191.
- TROSKOLANSKI A.T., 1962. - *Théorie et pratique des mesures hydrauliques*, Dunod, Paris, 820 p.
-