

# ÉTUDE DE LA FORME DE LA RELATION EXISTANT ENTRE L'ÉCOULEMENT MENSUEL ET LE DÉBIT SOLIDE MENSUEL

Frédéric FOURNIER

et

[Stéphane HÉNIN]

Bureau Interafricain des Sols

Institut national Recherche Agronomique

## RÉSUMÉ

La relation entre l'écoulement et le débit solide dépend de nombreux facteurs. Néanmoins, on peut espérer trouver parmi ceux-ci certains éléments de représentation qui mettent en évidence l'allure de la relation qui rattache ces deux phénomènes.

Celle-ci apparaît nettement lorsque l'on porte en coordonnées les coefficients mensuels d'écoulement et les coefficients mensuels correspondants de débit solide. Tous les cours d'eau à régime simple prennent alors place autour d'une courbe sur un même graphique. Si le régime des cours d'eau est complexe, il faut associer la pluie à l'écoulement pour expliquer le débit solide. On obtient alors une relation proportionnelle. Enfin, les cours d'eau comportant des crues nivales ne peuvent pas être représentés par l'une ou l'autre de ces deux relations établies.

## ABSTRACT

The relationship between flow and sediment load depends on numerous factors. Nevertheless, among these factors, one may expect to find certain representative elements which bring out the trend of the relationship linking the two phenomena.

This trend becomes clearly evident when monthly coefficients of flow and the corresponding monthly coefficients of sediment load are expressed as co-ordinates. All streams with a simple flow system then group around one curve on a same graph. In the case of streams with a complex flow system, rainfall characteristics must be associated with flow to explain the sediment load. A proportional relationship is then obtained. Lastly, streams whose flow system comprises thaw spates cannot be represented by either of the relationships established.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°/3682

Il est nécessaire de préciser autant qu'il est possible les relations entre les différents phénomènes se manifestant dans les cours d'eau. L'une des plus importantes est certainement la relation entre le débit liquide et le débit solide.

Si'il est difficile d'établir une formule reliant les différentes variables, du moins pouvait-on, en utilisant les méthodes de corrélation, espérer établir une expression mathématique qui permettrait de comparer ces phénomènes pour différents types de rivières.

Dans ce but, il était tentant de reprendre les études effectuées par l'un de nous et qui l'avaient conduit à établir une équation empirique entre les précipitations tombant sur un bassin et sa dégradation spécifique. Cette formule n'a pas permis d'éclairer le problème au niveau de la rivière, du fait probablement de l'indépendance existant, à un moment donné, entre les précipitations sur le bassin et l'écoulement du fleuve.

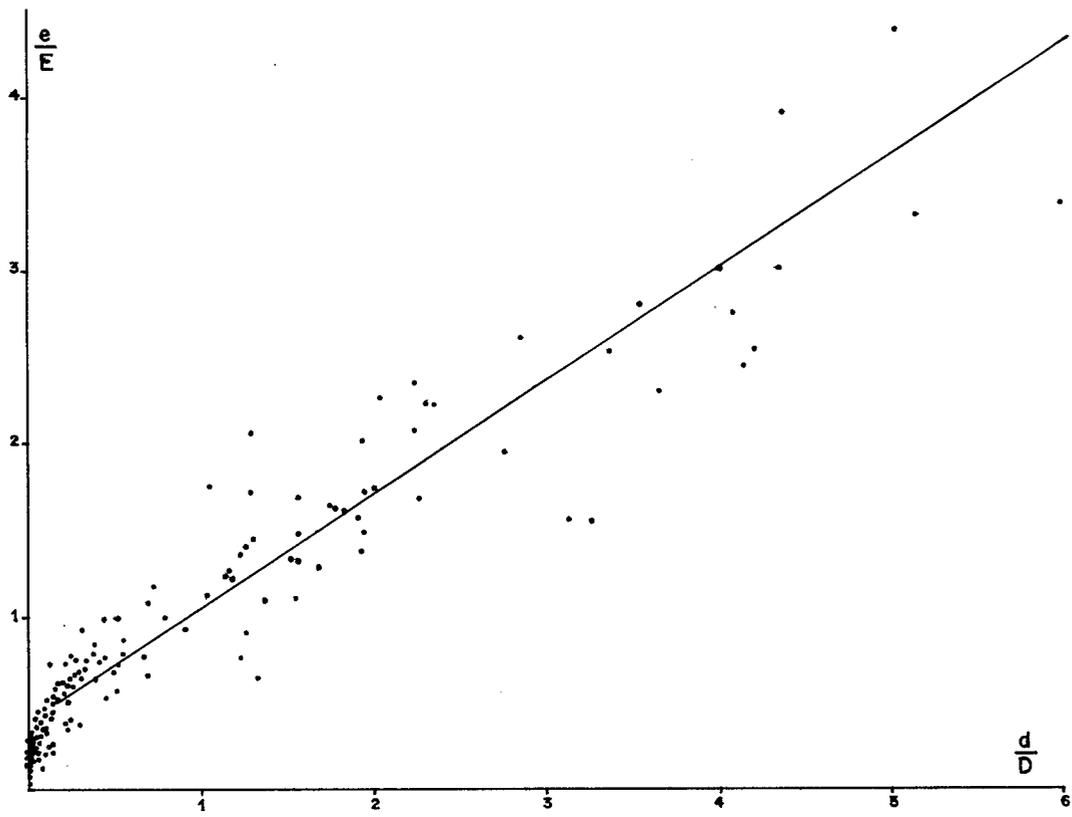
On est ainsi amené à concevoir que le phénomène d'entraînement dans la rivière présente un aspect global qui doit être considéré en lui-même et non pas rattaché directement aux précipitations. Ce fait n'est d'ailleurs pas général et nous constaterons que, dans certains cas, il faut tenir compte simultanément de l'écoulement et des précipitations pour rendre compte de l'évolution du débit solide au cours de l'année.

Si l'on considère le cas le plus simple au point hydrologique, c'est-à-dire les rivières présentant une période de crue annuelle, et si l'on essaye de rattacher le débit liquide et le débit solide, on est amené à utiliser le coefficient mensuel d'écoulement de Pardé, c'est-à-dire le rapport entre l'écoulement de chaque mois considéré et l'écoulement annuel moyen.

Si l'on porte ces grandeurs en ordonnées et en abscisses un coefficient mensuel moyen de débit solide, calculé de façon identique, on obtient, en reportant les points sur un graphique, deux zones, nettement apparentes sur le graphique 1, délimitées à leur contact par des valeurs du coefficient mensuel d'écoulement sensiblement inférieures à 1.

On peut interpréter ces zones de la façon suivante :

Au-dessous d'une certaine valeur, celle dont nous venons de parler, on peut estimer que la rivière coule dans son lit et que, de ce fait, le transport solide est minime. Lorsqu'on dépasse cette valeur critique on devrait se considérer dans la zone 2 comme en situation de crues avec un débit solide croissant rapidement à mesure que le débit liquide augmente. On pourrait, dans une certaine mesure d'ailleurs, considérer l'ensemble de la distribution des points comme parabolique, mais il est plus commode de l'envisager sous la forme de deux segments de droite dont le point de raccordement indique la limite de l'état de crue et de l'état d'étiage.



GRAPHIQUE 1

D'autre part on peut constater que les points correspondant aux différents cours d'eau se regroupent étroitement autour de la courbe moyenne puisque le coefficient de corrélation calculé est de 0,93.

Ainsi la relation établie antérieurement entre les caractères des précipitations et du relief et la dégradation spécifique annuelle doit être considérée comme reflétant un rapport entre deux phénomènes globaux, un phénomène d'arrachement amenant au lit de la rivière une certaine quantité de sédiments qui se trouveront transportés ultérieurement au cours des périodes de crues non nécessairement liées étroitement dans le temps aux périodes d'érosion du bassin versant.

Par contre, on peut concevoir le passage d'un diagramme en valeurs relatives à un diagramme en valeurs réelles du débit solide (par exemple exprimé en tonnes par km<sup>2</sup>) par la connaissance de la valeur moyenne calculée à partir des précipitations. Elle permettrait en effet de pondérer la valeur du rapport figurant sur le graphique.

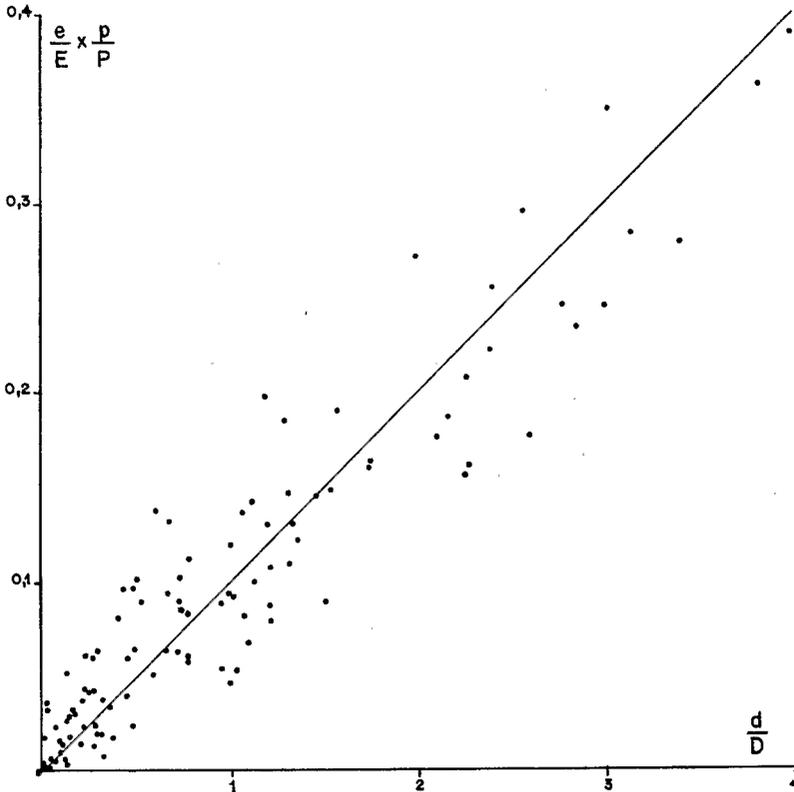
Cette première partie de notre étude concerne, comme nous l'avons dit, un certain nombre de fleuves caractérisés par l'existence d'une seule crue annuelle. Or il existe toute une série de cours d'eau tels que ceux du système alpin italien, pour lesquels on observe deux périodes de crues caractérisées par un débit liquide et un débit solide mensuel nettement supérieurs à la moyenne. Ce phénomène présente en plus la caractéristique suivante : pour une même valeur de débit liquide mensuel, le débit solide correspondant est généralement moins important pour la deuxième crue que pour la première. Ce fait semble marquer l'équipement des matériaux entraînés au cours de la première période d'entraînement. Si l'on examine les conditions climatiques existant dans de tels bassins et qu'on les compare à l'écoulement ultérieur, on constate une certaine dissymétrie entre ces phénomènes et il devient alors vraisemblable que pour interpréter les débits solides observés, il faille tenir compte simultanément des précipitations et de l'écoulement.

D'après cette remarque, après quelques tâtonnements, nous avons choisi, pour représenter les faits, le produit  $p/P \times e/E$ , dans lequel  
 $p$  = représente les précipitations du mois en millimètres,  
 $e$  = l'écoulement du mois en l/s/km<sup>2</sup>,  
 $P$  = les précipitations totales annuelles en millimètres,  
 $E$  = l'écoulement moyen annuel en l/s/km<sup>2</sup>.

Le débit solide a toujours été exprimé en valeur relative comme dans le cas étudié précédemment.

En portant en coordonnées les valeurs ainsi calculées, on observe alors un alignement des points autour d'une droite passant par l'origine et le point (0,1-1), (graphique 2). Il y a donc là encore une représentation assez fidèle du phénomène général et l'on peut affirmer qu'il se trouve ainsi sous la double influence des précipitations sur le bassin et de l'écoulement, contrairement au cas envisagé précédemment. Ce résultat semble confirmer les remarques tirées de l'examen du premier graphique. En effet, nous avons conclu que dans une rivière à une période de crue, celle-ci amenait un balayage des sédi-

ments accumulés par l'érosion pluviale indépendamment de l'allure de l'écoulement lui-même. Mais il devient évident que si deux périodes de crues se succèdent, la seconde rencontrant un lit déjà déblayé par la première n'aura de chance de se charger que si une seconde période d'érosion pluviale directement liée aux précipitations s'est manifestée sur le bassin versant entre les deux et que, bien entendu, celle-ci aura été plus ou moins intense.



GRAPHIQUE 2

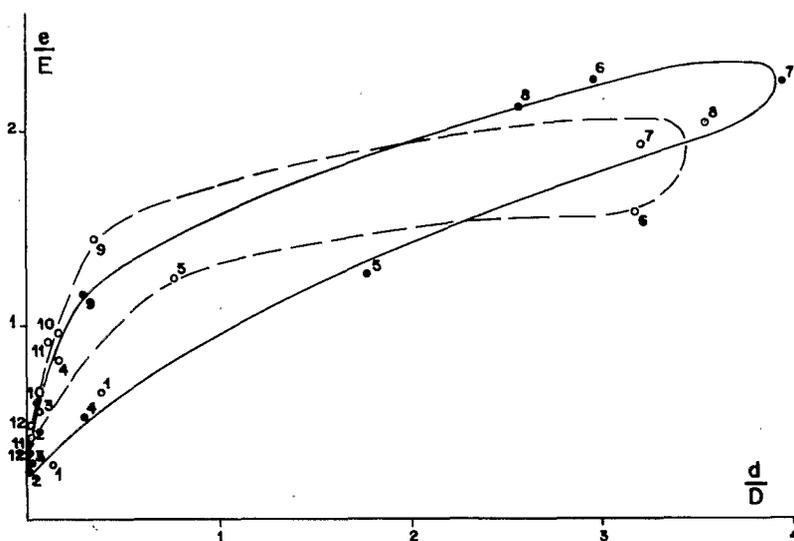
Pour apprécier la valeur de la représentation ainsi obtenue il faut souligner l'aspect particulier que présente la position des points correspondant aux mois de l'année. Quand on caractérise chaque mois de l'année par un numéro, on constate que ces points se distribuent de manière à former une surface montrant la non réversibilité du phénomène, l'érosion en décrue étant inférieure à l'érosion en crue.

Ceci souligne le caractère global de ces actions et cette notion de balayage qui est, bien entendu, plus marquée lors de l'établissement de la crue, attaquant la réserve de sédiments accumulée, qu'en période de décrue où les eaux, quoique excédentaires, rencontrent un chemin en quelque sorte déblayé et où elles exercent par conséquent une action d'entraînement moins intense. La distribution ordon-

née des points d'observation est très nette quand on applique à ces cours d'eau le premier système de représentation. Par contre, pour les mêmes cours d'eau, la deuxième représentation proposée montre un chevauchement des points correspondant aux différents mois si bien qu'il n'existe plus de différence systématique en fonction de leur ordre respectif, ce qui veut dire que l'on a pu éliminer ainsi un aspect spécifique du phénomène considéré.

Il reste une certaine imprécision. Celle-ci, comme dans toute corrélation, doit être imputée tant aux mesures qu'à l'existence de facteurs qui ont pu être négligés et qui correspondent à des particularités locales liées au terrain, à la végétation, voire même au profil de la rivière.

Reste enfin le cas des rivières à crues nivales. Il est impossible de les représenter par une formule du deuxième type car on ne peut imputer la chute de neige à un mois donné, cette chute ne produisant pas d'effet érodant en elle-même et sa fusion dépendant de l'allure des variations de température. On aurait pu penser par contre qu'une formule du premier type correspondrait à ce phénomène. En fait, on retrouve bien une certaine forme parabolique mais avec une distribution des points délimitant une surface « d'hystérésis ». Ce fait montre que chaque étape du phénomène dépend de la précédente et que l'ensemble présente ainsi un caractère unitaire (graphique 3).



GRAPHIQUE 3

En conclusion, cette première tentative montre que les divers types de rivière, caractérisés par l'allure et la fréquence de leurs crues, correspondent à divers types de relation entre le débit solide et le débit liquide et que ces relations peuvent s'exprimer par une relation caractéristique pour chacun des groupes de rivières considérés.

Il doit être possible, connaissant les précipitations moyennes annuelles d'une part et les répartitions mensuelles d'autre part, en se rattachant à la corrélation générale établie par l'un de nous, de passer de ces relations de principe à une première approximation des valeurs réelles en utilisant les grandeurs numériques spécifiques pour chaque zone considérée. Ainsi en dépit de la diversité de comportement que présentent les divers cours d'eau, en dépit surtout de la variété des conditions qui peuvent l'influencer, il existe quelques données fondamentales qui en déterminent l'allure moyenne. Ce sont elles qui mettent en évidence les analogies mises en évidence par les modes de représentation utilisés dans cette note.

### BIBLIOGRAPHIE

- FOURNIER (F). — Climat et érosion. La relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. Paris, P.U.F., 1960, 1 vol., in 4°, VIII, 201 p., tabl., graph., pl., h.t. bibl., 65 réf.
- PARDÉ (M.). — Fleuves et rivières, Paris, Armand Colin, 1<sup>re</sup> éd., 1933, 2<sup>e</sup> éd., 1947, 221 p., 18 fig.
- PARDÉ (M.). — La turbidité des rivières et ses facteurs géographiques, *Rev. de Géog. Alpine*, XLI, Grenoble, 1953, p. 399-421.

**HYDROLOGIE**

**MÉLANGES**

**OFFERTS PAR SES AMIS ET DISCIPLES**

A

**MAURICE PARDÉ**

*Professeur Honoraire de Potamologie*

*à l'Université de Grenoble*



**EXTRAIT**

FOURNIER (F.) [HENIN (S.)]

Editions OPHRYS

B 13682

B 13682

1968