

Étude de la formation de l'écoulement rapide de crue dans un petit bassin-versant forestier breton

Claude Cosandey

Laboratoire de géographie physique « Pierre Birot »
CNRS, 1, place A. Briand, 92190 Meudon

La relation positive qui existe très souvent entre le « rendement » d'une précipitation (son coefficient de ruissellement) et le débit de base précédent la crue qu'elle génère, a été remarquée depuis longtemps par de nombreux auteurs. L'interprétation qui en est généralement donnée est que l'état de la nappe phréatique (dont dépend le débit de base) témoigne très largement de l'état hydrique du bassin, et notamment de celui des sols, qui conditionne le ruissellement sur les versants.

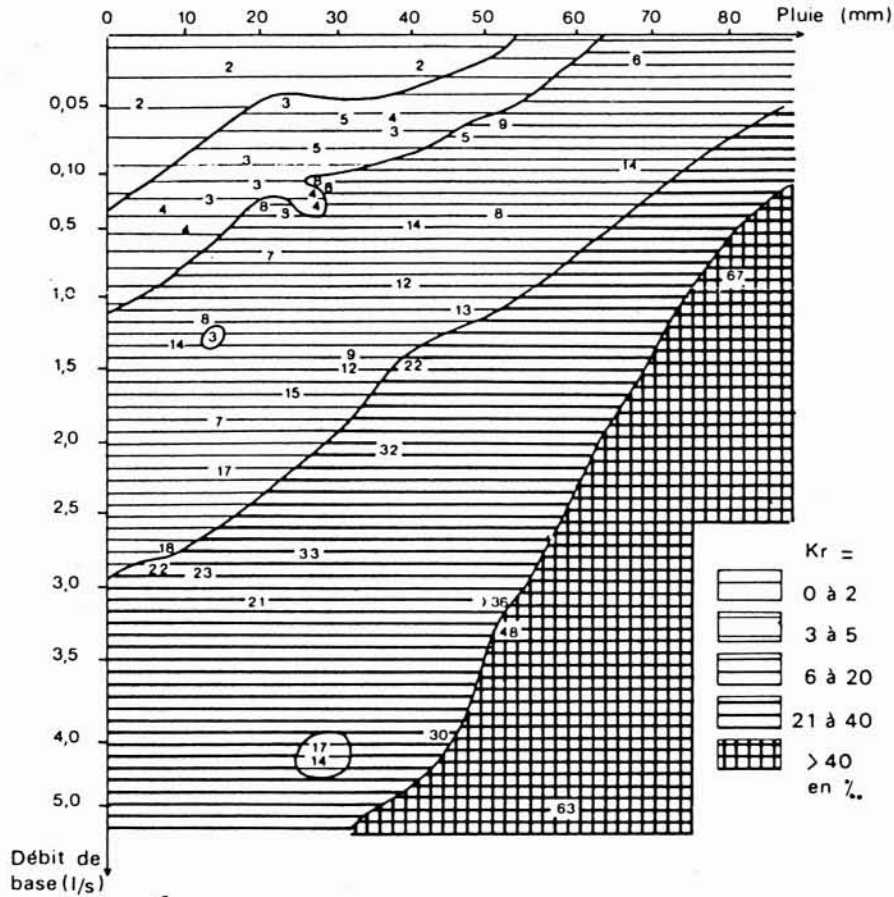
Il est vrai qu'on a longtemps considéré, avec HORTON, que les crues étaient la conséquence de pluies supérieures à la capacité d'infiltration des sols, et que le ruissellement provenait de l'ensemble du bassin-versant. Pourtant, dès 1960, P. CAPPUS, étudiant la formation des crues dans le bassin d'Alrance (SW du Massif Central), avançait l'idée que le ruissellement provenait de la quasi-totalité des pluies tombant sur une zone imperméable parce que saturée, généralement proche du cours d'eau, dont l'étendue varie avec l'état de la nappe phréatique, et que le ruissellement sur les versants était très peu important, voire inexistant. Cette théorie, oubliée en France, se développe dans les pays anglo-saxons (MOLDENHAUER *and al.*, 1960; HEWLETT, 1961, cités par DICKINSON and WHITELEY, 1970; HEWLETT and HIBBERT, 1965) et c'est ainsi que naît la notion de « partial

contributing area » (RIDDLE, 1969, cité par DICKINSON and WHITELEY, 1970), reprise ensuite largement, que ce soit dans des travaux particuliers (DUNNE *and al.*, 1975, aux Etats-Unis; VERSTRATEN, 1977, au Luxembourg; HUMBERT, 1983, dans les Vosges, par exemple...), ou dans des ouvrages généraux (KIRKBY, dans CHORLEY, 1971; DUNNE and LEOPOLD, 1978). Suivant cette théorie, la relation remarquée entre les valeurs du débit de base et du coefficient de ruissellement ne témoigneraient pas tant de l'état hydrique général du bassin-versant que de l'extension des zones saturées qui, seules, génèrent le ruissellement.

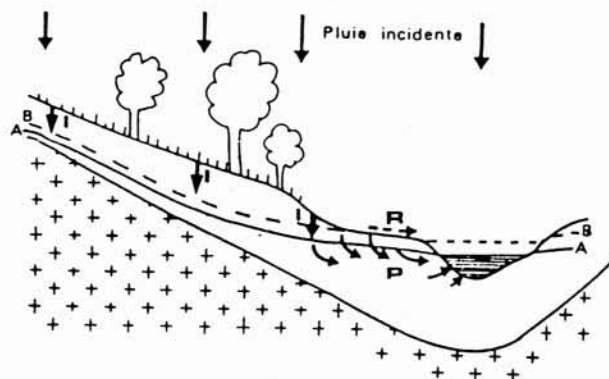
Pour vérifier cette théorie, l'étude de la formation de l'écoulement rapide de crue est menée dans un petit bassin-versant expérimental breton, en milieu forestier (bassin de Clohars-Carnoët, Sud Finistère). Trois années de mesures très fines permettent d'établir 67 couples d'événements pluie-débits, en retenant toutes les précipitations > 5 mm, convenablement individualisées. A chacun de ces couples sont associées un certain nombre d'informations complémentaires concernant la pluie (intensité, durée), l'état hydrique du bassin-versant (réserve utile, réserve hydrologique), les conditions climatiques (température, ETP), qui toutes sont supposées pouvoir influencer sur l'importance du coefficient de ruissellement.

Study concerning the rapid flow of flood waters in a small catchment area of a forested zone in Brittany

The relationship between the basic flow rate of a water course — which depends on the state of the groundwater table — and the significance of surface water are interpreted in various ways, according to the authors. Some authors place emphasis on the fact that the expansion of saturated zones at the bottom of the vale is conditioned by the groundwater table and others emphasize that the state of the groundwater table testifies the general state of the basin: namely the hydrologic reserve and the hydrous state of the soils. Studies conducted for three years in a small catchment basin in a forested granite area of Brittany have concluded that no Horton type surface irrigation exists on the valley flanks. It is therefore shown that the rapid flow of flood waters is explained by rainfall in the saturated zones of the bottom vale whose expansion is directly connected to the state of the groundwater table.



1. Le coefficient d'écoulement rapide en fonction des pluies et du débit de base initial.



2. Origines de l'écoulement rapide de crue. — A. Niveau de la nappe avant la pluie. B. Niveau de la nappe en fin de pluie. I. Infiltration. P. Circulation par effet-piston. R. Ruissellement de surface.

Différents traitements statistiques (AFP; ACP; régressions multiples) permettent les conclusions suivantes :

— le coefficient de ruissellement n'est pas corrélé de façon significative avec l'intensité des pluies, ni avec la hauteur totale des précipitations. Pourtant, pour chaque valeur du débit de base initial, il augmente avec la hauteur totale de la précipitation (fig. 1);

— la relation est bonne avec le débit de base précédent la crue (fig. 1), meilleure qu'avec l'état de la réserve utile.

Par ailleurs, des calculs basés sur des observations de terrain permettent d'estimer la place occupée par la nappe phréatique dans l'espace du bassin-versant, selon la valeur du débit de base : le tableau suivant permet de vérifier qu'il existe une relation convenable entre la surface occupée par la nappe et la « surface ruisselante », déterminée d'après le coefficient de ruissellement observé, pour une hauteur de précipitation donnée.

Débit de base initial (l/s)	Surface potentielle initiale d'affleurement de la nappe (SPAN) (m ²)	« surface ruisselante » moyenne pour une pluie de 10 mm	« surface ruisselante » moyenne pour une pluie de 60 mm
0.50	1,650	1,800	3,800
1	3,400	2,300	4,600
2	7,400	3,100	6,300
3	10,300	4,100	8,100
4	11,800	5,800	9,400

Ces différentes observations montrent que, dans le cas étudié, il est possible d'expliquer l'écoulement rapide de crue par les seules précipitations sur les zones saturées de fond de vallon, dont la surface varie au cours même de la précipitation. Toutefois, elles ne permettent pas de connaître les processus de transfert de l'eau entre son point de chute et le cours d'eau. Des travaux récents (par exemple : Mérot *et al.*, 1981) ont montré qu'il s'agissait souvent de circulation par effet-piston, l'eau qui s'écoule étant de l'eau de nappe chassée par l'eau de pluie; il est ainsi possible de proposer le schéma suivant (fig. 2), pour expliquer un « écoulement rapide de crue » dont le ruissellement ne serait plus le processus essentiel.

Le modèle d'écoulement proposé par DUNNE and LEOPOLD (1978), qui associe la théorie du « partial contributing area » à celle de la circulation de l'eau par effet-piston paraît s'appliquer tout-à-fait au bassin de Carnoët. L'écoulement rapide de crue s'explique convenablement sans faire appel à l'existence de ruissellement sur les versants. Les processus de HORTON n'interviennent pas, d'où le rôle négligeable tenu par l'intensité des pluies, comme par l'état physique du sol.

L'exemple étudié ici concerne un bassin forestier, complètement couvert par la végétation, en climat océanique. Il est bien évident que, dans d'autres conditions climatiques et surtout de couverture du sol, d'autres processus interviendraient et que les facteurs conditionnant l'importance du ruissellement seraient différents.

Bibliographie

- CAPPUS P., 1960. — Etude des lois de l'écoulement. Application au calcul et à la prévision des débits. B.V. expérimental d'Alrance. — *La Houille blanche*, A. J.T. A. 1960 : 493-520, Grenoble.
- COSANDEY C., 1984. — *Recherches sur les bilans de l'eau dans l'ouest du Massif Armoricain*. — Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Paris IV.
- COSANDEY C., 1986. — De l'origine de l'écoulement rapide de crue dans un petit bassin-versant expérimental breton. *Z. Geomorph.*, suppl.-Bd. 60, 177-186, Berlin-Stuttgart, Sept. 1986.
- DICKINSON W.T. & H. WHITELEY, 1970. — *Watershed areas contributing to runoff*. — Coll. de Wellington, 2, Aish, UNESCO.
- DUNNE T. & R.D. BLACK, 1970. — Partial area contributions to storm runoff in a small New-England Watershed. — *Water Resources Res.*, 6, 5 : 12-96.
- DUNNE T. & L.B. LEOPOLD, 1978. — *Water in environment planning*. — W.H. FREEMAN and Co. San Francisco.
- DUNNE T., T.R. MOORE & C.H. TAYLOR, 1975. — Recognition and prediction of runoff producing zones in humid regions. — *Bull. des Sc. Hydrol.*, 10, 3, Imp. Louvain, Centerick S.A.
- HEWLETT J.D. & A.R. HIBBERT, 1965. — Factor affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas. — *Int. Symp. on forest Hydrol.*, p. 275, Pergamon Press, Pennsylvanie.
- HUMBERT J., 1982. — Cinq années de bilans hydrologiques mensuels sur un petit bassin-versant des Hautes-Vosges (1976-1980). Le bassin de Ringelbach. — *Rech. Géog.*, 19-21 : 105-122. Strasbourg.
- KIRKBY M.J. & R.J. CHORLEY, 1967. — Throughflow, overland flow and erosion. — *Bull. de l'A.I.S.H.*, 12, 3 : 5, Imp. Louvain Centerick S.A. (1971) : *Introduction to fluvial processes*. — 218 p., Methven and Co, London.
- MEROT PH., M. BOURGUET & M. LE LEUCH, 1981. — Analyse d'une crue à l'aide du traçage naturel de l'¹⁸O mesurée dans les pluies, le sol, le ruisseau, *Catena*, 8 : 69-81, Braunschweig.
- VERSTRATEN J.M., 1977. — Chemical erosion in a forested watershed in the oesling (Luxembourg). *Earth Surfaces processes*, 2 : 175-185.

Adresse de l'auteur

Madame Claude Cosandey
Laboratoire de géographie physique
CNRS
1, pl. A. Briand
92190 Meudon
Tél. : 45.34.75.50