

Rôle de l'humidité des sols sur les crues en milieu urbain

par Florence Gomis, Jean-Michel Gresillon

Centre de Développement des Géosciences Appliquées, Université Bordeaux I

I ■ INTRODUCTION

On souhaite étudier le rôle de l'humidité du sol dans la réponse d'un bassin versant urbain à un épisode pluvieux.

Après avoir mis en évidence sa liaison avec le débit dans le collecteur à l'échelle de l'année, on étudiera l'influence de l'état d'humidité du sol sur la réponse d'un bassin versant à une crue.

Le site d'étude est le bassin versant de Marly à Caudéran (Bordeaux). Sa superficie est de 2,23 ha ; il est occupé par un habitat de type petit collectif. Le coefficient d'imperméabilisation est 60 % à 3 % près. Le réseau est unitaire. La longueur totale du réseau est 380 m. La topographie du bassin versant est peu marquée, avec une pente moyenne de 5,6 mm/m.

Ce bassin a été équipé et suivi de 1991 à 1994 par le Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest.

A l'exutoire du bassin versant se trouve un déversoir équipé de sondes de hauteur, et un pluviomètre à augets basculeurs est situé sur le toit d'un immeuble voisin.

Après analyse et critique des données, 43 épisodes sont à notre disposition.

Puisque le réseau est unitaire, il faudra tenir compte de la participation des eaux usées au débit.

II ■ ÉTUDE DU DÉBIT DE FOND

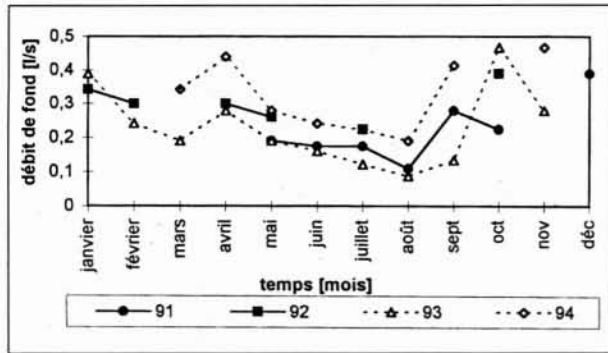
On considère les enregistrements de hauteur à l'exutoire du collecteur, en l'absence de précipitation. La valeur dite « débit de fond du mois » est la valeur minimale du débit dans la dernière semaine du mois correspondant. Elle se situe toujours dans la période nocturne.

Role of several variables on the hydrology of a small urban catchment

The catchment is the Marly, in Cauderan (Bordeaux, France), area 2.23 ha. It is equipped with a combined sewer, and there is a dry-weather flow we have to deal with. Five three-stoyered buildings are sited on this place. The impermeabilisation ratio is 60 % (+ 3 %). The total length of the network is 380 m . The average slope on the catchment is 5.6 mm/m.

Measurements were held on this catchment between 1991 and 1994, by the Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement du Sud-Ouest. There is a runoff gauge at the outlet, and a rainfall gauge is located on the roof of a 50 m far garage. We retain 43 sequences of rainfall-runoff data.

We show the presence of a permanent runoff in the network, related to the humidity of the soil. But during a rainfall event, this seasonal humidity aspect has no influence on transfer, nor on production. The production coefficient reaches a constant value for relatively strong events, close to the impermeabilisation ratio. For weaker events, the coefficient depends on the initial state of the surface in terms of humidity. A high height of the rainfall, and a high intensity accelerate the transfer. It seems that the soil humidity does not have any influence on the rainfall-runoff transformation. This means that quick drainage through soil is negligible on this catchment. The main process in the rainfall-runoff transformation is runoff on impervious surfaces.



1. Graphiques superposés des débits de fond des quatre ans.

Le débit de fond présente clairement des variations saisonnières (figure 1).

La variable suivante caractérise les flux hydriques d'entrée et de sortie dans le sol :

$$petp(i) = pp(i) - etp(i)$$

avec $pp(i)$: hauteur de précipitation du mois i ,

$etp(i)$: évapotranspiration potentielle Penman du mois i .

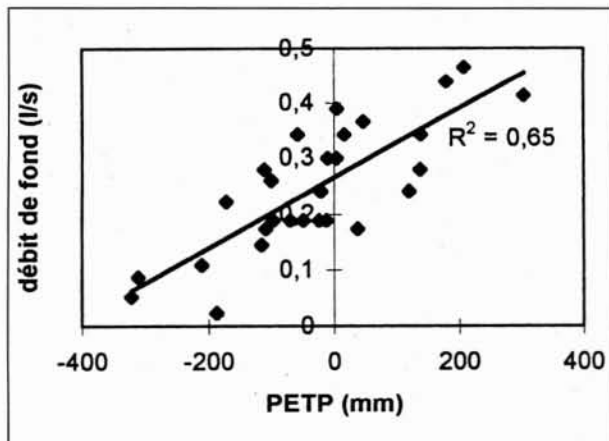
La réserve d'eau dans le sol au mois j , $PETP(j)$, se constitue progressivement au cours de l'année hydrologique :

$$PETP(j) = \sum_{i=0}^{j-1} petp(i)$$

Le débit de fond est fortement corrélé à $PETP(j)$ (figure 2).

D'autre part, une régression linéaire montre que la valeur mensuelle du débit de fond est conditionnée par les apports hydriques nets au sol depuis deux mois (75 % de variance expliquée), et plus particulièrement par ceux du mois en cours (66 % de variance expliquée).

En l'absence de précipitation, les écoulements dans le réseau sont nettement dépendants de l'état d'humidité de l'ensemble du profil du sol. La valeur mensuelle du débit de fond est conditionnée principalement par les apports hydriques nets au sol dans le mois en cours.



2. Graphique de corrélation débit de fond (l/s) / PETP (mm).

III ■ ÉTUDE DU TRANSFERT

● 3.1 Principe de l'étude

On se propose d'étudier la variabilité de la fonction de transfert du bassin versant de Marly.

On retient comme variables susceptibles d'influer sur la fonction de transfert :

- la hauteur totale précipitée,
- la durée totale de la pluie,
- l'intensité maximale précipitée en 8 minutes (durée déterminée par une étude préliminaire qui établit en moyenne cette valeur pour le temps de réponse du bassin),
- l'état initial du bassin, caractérisé par le nombre de jours secs qui précèdent l'épisode considéré,
- la saison : été ou hiver, en liaison avec l'état d'humidité du sol.

Le logiciel DPFT (différentielle première de la fonction de transfert), mis au point par EDF, identifie la fonction de transfert moyenne d'un groupe d'épisodes donné, en s'appuyant sur la détermination en parallèle des pluies nettes de chaque épisode. Il procède par itérations.

● 3.2 Résultats

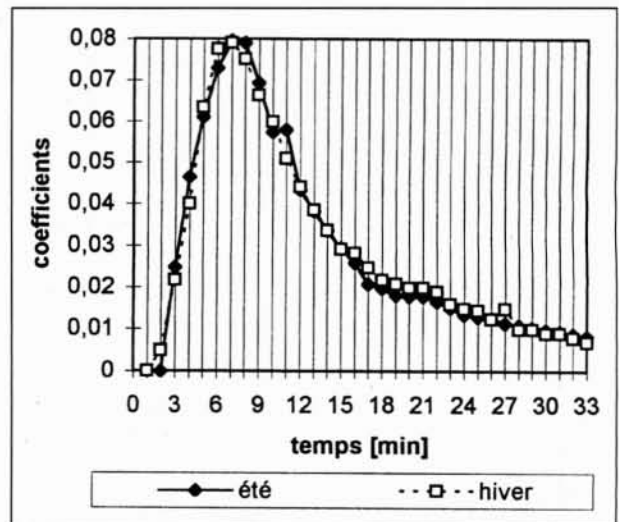
Parmi toutes les variables dont on a étudié l'influence, l'intensité semble être la seule à avoir une influence réelle sur le transfert dans la réponse du bassin versant à une crue. Ce rôle, assez net, mérite probablement d'être pris en considération pour l'étude des crues en zone urbaine. On peut l'interpréter de la façon suivante : dans le cas de pluies de forte intensité, les vitesses de ruissellement sont grandes, en conformité avec les lois des écoulements superficiels (Manning-Strickler).

— saison : voir figure 3.

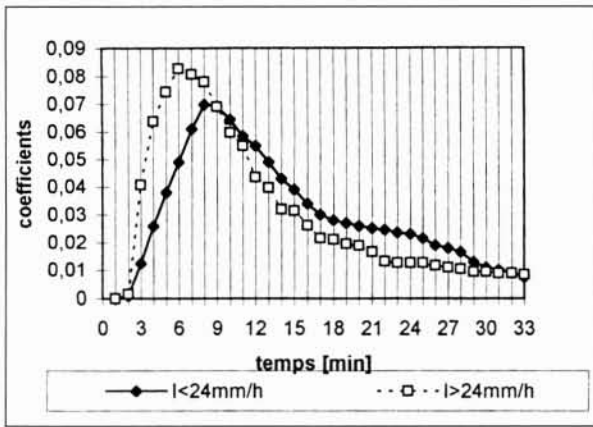
— intensité : voir figure 4.

L'état initial de la surface du bassin semble aussi jouer un rôle, une surface plus sèche ralentissant le transfert.

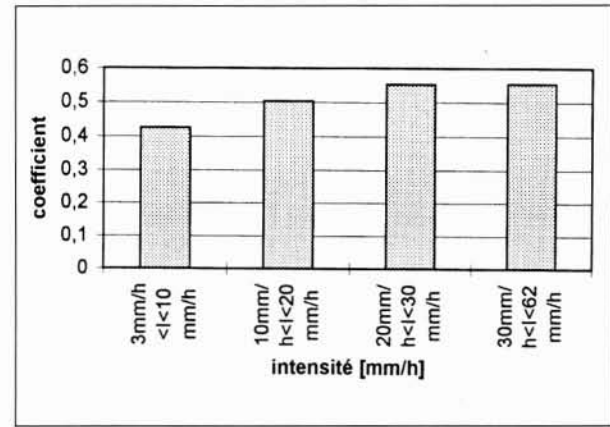
Contrairement au débit de fond, le transfert sur ce petit bassin urbain paraît insensible à l'état d'humidité profonde du sol. Ce résultat permet d'avancer que la composante de drainage rapide, dont le mécanisme est favorisé par une forte humidité du sol, est négligeable sur Marly pour la gamme de pluie dont on dispose.



3. Superposition des fonctions de transfert du bassin versant pour l'été et l'hiver (sol humide ou moins humide).



4. Superposition des fonctions de transfert relatives à la partition des épisodes selon l'intensité de la pluie.



5. Coefficient d'écoulement en fonction des classes d'intensité maximale de la pluie en 8 minutes.

IV ■ ÉTUDE DE LA PRODUCTION

Le coefficient d'écoulement est défini de la façon suivante :

$$C_e = \frac{\text{volume pluvial écoulé}}{\text{volume précipité}}$$

	minimum	maximum	moyenne	écart-type
C	0,18	0,72	0,52	0,13

On se propose d'étudier la variabilité du coefficient d'écoulement sur le bassin versant de Marly en fonction des variables déjà retenues pour l'étude de la variabilité de la fonction de transfert.

Pour chaque variable, on effectue une partition en deux classes des épisodes, relativement à la valeur moyenne de la variable. Pour chaque variable, on obtient une valeur moyenne du coefficient d'écoulement dans chacune des deux classes. Le coefficient d'écoulement sur le bassin versant de Marly varie de façon significative selon la hauteur de pluie, et de manière moins affirmée mais réelle selon l'état initial et l'intensité de la pluie (fig. 5 et 6).

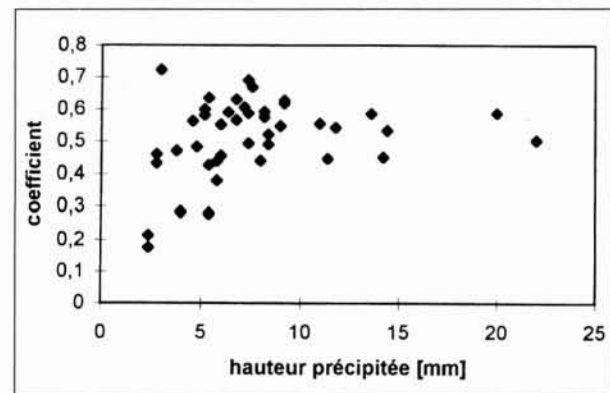
L'écart-type est systématiquement plus faible dans les populations qui se rapportent à des valeurs fortes des coefficients d'écoulement.

Une régression multiple dans chacune des classes montre que dans tous les cas, le coefficient varie peu autour d'une valeur moyenne.

Pour les faibles valeurs des variables caractéristiques de la pluie (intensité, hauteur, durée), on note l'influence significative de l'état initial. En revanche, pour les fortes valeurs des variables, le terme constant est souvent le seul significatif, toujours voisin de 0,56. Cette valeur est proche de celle du coefficient d'imperméabilisation (0,6). Dans le cas d'une pluie survenant après plus d'un jour sec, la hauteur précipitée a une influence significative sur le coefficient d'écoulement.

Cette étude met en évidence l'existence d'un coefficient d'écoulement indépendant des caractéristiques de la pluie si celles-ci dépassent un certain seuil. Le coefficient d'écoulement tend alors en moyenne vers le coefficient d'imperméabilisation. Pour ces pluies, c'est le même mécanisme de transfert par ruissellement sur les surfaces imperméables qui est mis en jeu. Ce résultat permet de confirmer l'apport négligeable du drainage rapide.

En deçà de ce seuil, l'écoulement dépend notamment de l'intensité de la pluie et de l'état initial du bassin.



6. Nuage de points caractérisant la corrélation entre la hauteur précipitée et le coefficient d'écoulement.

V ■ CONCLUSION

Dans le cas d'un petit bassin versant urbain de Bordeaux, occupé par un habitat collectif, nous avons mis en évidence l'intrusion de débits parasites dans le réseau, en liaison avec l'état d'humidité du sol. Cependant, lors d'un épisode pluvieux, ces débits parasites n'influencent ni sur la production ni sur le transfert.

Le coefficient d'écoulement atteint une valeur constante pour les pluies significatives, voisine du coefficient d'imperméabilisation. Pour les pluies plus faibles, un bassin plus sec ou une pluie moins intense diminuent la production. L'intensité a une influence notable sur le transfert : pour une pluie de forte intensité, le temps de montée de l'hydrogramme est plus court, et la décrue plus rapide. De la même façon il semble qu'une surface de bassin humide accélère le transfert.

Ainsi, lors de crues en milieu urbain, les mécanismes de ruissellement sont prépondérants et le drainage rapide négligeable. En particulier, pour l'échantillon dont on dispose, il s'agit vraisemblablement de ruissellement sur les surfaces imperméables. Il est possible que pour des caractéristiques de pluie plus importantes, le coefficient d'écoulement augmente avec l'extension des surfaces contributives due par exemple à la saturation de surfaces perméables [3].

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Centre d'Etudes Techniques du Sud-Ouest qui nous a fourni les données utilisées dans cette analyse, et plus particulièrement Jean-Daniel Baladès et Jean-Jacques Douence, ainsi que la section Electricité de France de Toulouse, qui a mis à notre disposition le logiciel DPFT, et notamment Yves Rodriguez.

RÉFÉRENCES

- [1] BALADES J.-D., LIVET M., GUILLIN J.-C., PILLOY J.-C. (1991). — Quelques exemples d'utilisation des modèles hydrologiques. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 172.
- [2] BAREYRE S. (1995). — Etude de la variabilité du coefficient d'apport en milieu urbain. Rapport de stage CETE/ ENSEEIHT.

- [3] BOYD M.J., BUFILL M.C., KNEE R.M. (1993). — Pervious and impervious runoff in urban catchments. Hydrological Sciences Journal, 38,6.
- [4] BREIL P., JOANNIS C., RAIMBAULT G., BRISSAUD J.-M., DESBORDES M. (1993). — Drainage des eaux claires parasites par les réseaux sanitaires. De l'observation à l'élaboration d'un modèle prototype. La Houille Blanche, n° 1.
- [5] GRÉSILLON J.-M., OBLED C., NEYRET-GIGOT J.-M., LE MEILLOUR F. (1994). — Variabilité de la fonction de transfert d'un bassin versant. Analyse des causes et essais d'interprétation. Crues et inondations, T. 1, pp. 237-244, 23^e Journées de l'Hydraulique, Congrès SHF Nîmes, sept 1994.
- [6] MORGENS J. (1990). — Rain-runoff parameters for six small gauged urban catchments. Nordic Hydrology, n° 21.
- [7] RAIMBAULT G. (1996). — Effet des sols et sous-sols urbains sur le devenir des eaux pluviales. Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, n° 202.
- [8] STEPHENSON D. (1994). — Comparison of the water balance for an undevelopped and a suburban catchment. Hydrological Sciences Journal, 39,4.