

Contribution à l'analyse du risque en hydrologie urbaine

Jean-Emmanuel PATUREL (1), Bernard CHOCAT (2)

RÉSUMÉ

Le risque est abordé en hydrologie urbaine par le biais de l'étude de l'événement perturbateur, le phénomène pluvieux. Afin de mieux le connaître et de mieux gérer son réseau d'assainissement, la Communauté urbaine de Lyon (Courly) s'est équipée depuis 1984 d'un réseau de mesures pluviométriques d'une densité voisine de 1 poste pour 20 km².

Notre étude s'est intéressée à la variabilité spatiale de la pluie en se basant sur la construction de courbes IDF en chacun des postes de mesures. Il semblerait qu'il y ait une hétérogénéité spatiale du phénomène pluvieux sur le territoire de la Courly.

Nous avons également étudié la représentation que l'on se fait du phénomène pluvieux : les modèles de pluie de projet. Les observations révèlent qu'une pluie de projet classique (pluie double triangle symétrique) associée au modèle du réservoir linéaire surestime les débits de période de retour donnée.

Les résultats de cette étude, si ils sont confirmés, soulèvent le problème du calcul du risque en hydrologie urbaine à partir d'une seule information ponctuelle. En outre, la notion de pluie de projet n'est peut-être plus adaptée.

MOTS CLÉS : Hétérogénéité de la pluie — Courbes intensité-durée-fréquence — Erreurs de mesure — Modèles de pluie de projet — Pluie réelle — Courbes débit-fréquence.

ABSTRACT

RISK ANALYSIS IN URBAN HYDROLOGY

The risk is addressed in urban hydrology through the study of the disturbing event, i.e. the rainfall phenomenon. In order to improve knowledge of the spatial distribution of the rainfall, and thus to manage their storm drainage systems better, the Urban Community of Lyon (Courly) has set up since 1984 a network of rain gauges with a density of about 1 station per 20 km².

We studied the spatial variability of the rainfall by plotting « Intensity-Frequency » curves for each rain gauge. The results show a high statistical heterogeneity of rain gaging data. There may be spatial heterogeneity of rainfall over the area of the Courly.

We studied too the means of representing rainfall events : synthetic storm patterns. Our study demonstrated that a traditional design storm model (symmetrical double triangle rainfall) combined with the Linear Reservoir model overestimates peak flows corresponding to a given return period.

If confirmed, these results call into question risk assesment in Urban Hydrology on the basis of point information at a single point. Moreover, the design storm notion may not be appropriate.

KEY WORDS : Rainfall heterogeneity — Frequency-Intensity-Duration curves — Rainfall measurement errors — Design storm — Real rainfall — Peak flow-Frequency curves.

(1) Orstom, 06 BP 1203 cidex 1, Abidjan 06, République de Côte-d'Ivoire.

(2) Insa Lyon, laboratoire Méthodes, bât. 304, 69621 Villeurbanne cedex, France.

1. INTRODUCTION

Les phénomènes de précipitation atmosphérique, de ruissellement, d'inondation, même exceptionnels, ne datent pas d'aujourd'hui. Mais il est impossible de garantir une protection totale envers ces différents éléments. Aujourd'hui, la variable qui intéresse le plus le gestionnaire et le concepteur de réseau d'assainissement est la variable débit. La mesure de la quantité de hauteur d'eau précipitée semble cependant être la plus abordable. Aussi tout risque de dysfonctionnement d'un réseau sera associé à la fréquence d'occurrence de l'événement pluvieux. L'hypothèse qui sous-tend est : les statistiques obtenues sur les événements pluvieux sont les mêmes que celles des effets en résultant (HARREMOES, 1984). La fréquence d'occurrence de l'événement pluvieux est tirée d'une analyse statistique de données pluviométriques qui permettent de construire des courbes IDF et des modèles de pluie de projet. Mais tous ces modèles ne satisfont pas complètement leurs utilisateurs car, entre autres, la modélisation ignore bien souvent la réalité du phénomène pluvieux lui-même (répartition spatiale et temporelle, mécanisme du phénomène,...). Il nous a semblé nécessaire de prolonger les différentes études menées en hydrologie en essayant d'apporter au risque une nouvelle dimension, une dimension spatiale. Nous avons été aidé en cela par les efforts qu'entreprennent les collectivités territoriales responsables de la gestion de leur espace urbain.

2. SITE D'ÉTUDE — APPAREILLAGE — DONNÉES

La Communauté urbaine de Lyon regroupe 55 communes et a une superficie de l'ordre de 600 km² (fig. 1). Afin de permettre une connaissance de la pluie à une échelle fine de temps et d'espace, son service d'assainissement a décidé d'implanter en 1983 un réseau constitué à terme d'une trentaine de stations de mesures réparties uniformément sur son territoire. Cette densité du réseau (1 poste pour 20 km²) résulte d'un double choix (KHELIL, 1985) :

- économique : nombre de postes raisonnable vis-à-vis des problèmes de maintenance et d'exploitation du parc de mesures ;
- scientifique : densité correspondant à peu près à la taille des plus petites cellules convectives pouvant avoir une influence sur le réseau.

À ces impératifs se juxtapose le classique problème de la localisation en site urbain de sites possibles de mesures.

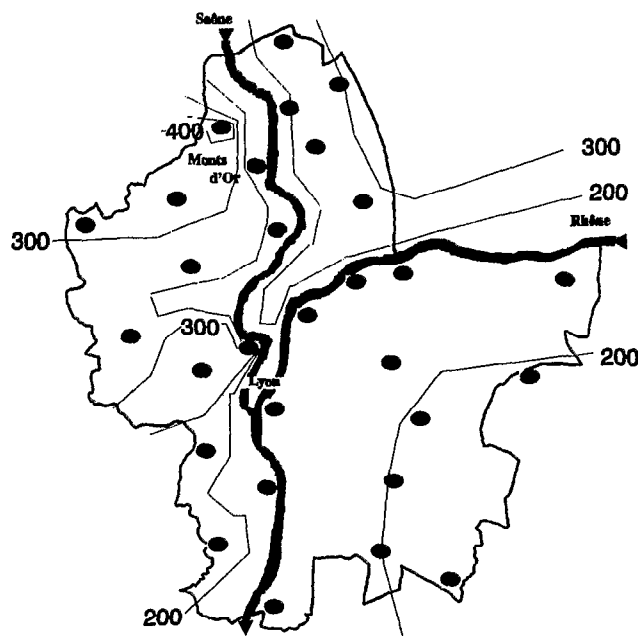


FIG. 1. — Schéma de répartition des postes de mesure et des isohypses de la Courly.

Jusqu'en 1990, l'appareil de mesure a été constitué d'un pluviomètre transducteur à impulsion de type R01 3030A Précis mécanique agréé par la Météorologie nationale française. L'appareil permet la mesure et la totalisation sur support magnétique (matériel Auteg) des nombres de basculement des augets.

Les résultats présentés par la suite portent sur une analyse des données enregistrées durant une période s'étendant de mi 1984 à fin 1989 pour la majorité des postes.

3. ANALYSE DES DONNÉES PLUVIOMÉTRIQUES

3.1. MÉTHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DES COURBES IDF

L'événement pluvieux est défini par une durée de 4 heures de temps sec avant et après. Nous ne travaillons par sur tous les événements pluvieux. Ne sont retenus que les événements où une valeur d'intensité maximale sur un pas de temps dépasse les seuils proposés par la Météorologie nationale française (tabl. I).

TABLEAU I
Seuils d'intensité retenus pour la sélection des événements pluvieux

pas de temps (mn)	intensité moyenne minimale (mm/h)
6	40
15	24
30	14
60	9
120	5,5

Ayant pour chaque intervalle de temps un nombre fini de valeurs, les distributions empiriques obtenues ont été ajustées, sans faire référence à une loi de probabilité :

$$\text{Log}(I(t,T)) = b \cdot \text{Log}(T) + a$$

$I(t,T)$: Intensité moyenne maximale,
 t : pas de temps,
 T : période de retour,
 a, b : paramètres d'ajustement.

Les intensités estimées ont été ensuite ajustées par la loi de Montana :

$$I(t,T) = a' \cdot (T)^{b'}$$

a', b' : paramètres de Montana.

Remarques :

- notre période d'étude n'étant voisine que de 5 ans, nous nous sommes surtout intéressés aux périodes de retour de 1 et 2 ans ;
- certains postes n'ont pas fonctionné correctement sur la période considérée et nous n'avons retenu, au total, que 28 points de mesures.

3.2. PREMIÈRES CONSTATATIONS

Les figures 2 et 3 représentent les intensités maximorum et minimorum relevées après les différents ajustements. De même, nous avons reporté les déciles 90 % et 10 %.

Une analyse rapide des résultats des figures 2 et 3 met en évidence les points suivants :

— quelques postes ont enregistré des valeurs d'intensités pluvieuses plus fortes que d'autres et ce, quelque soit le pas de temps d'étude ;

— sur certains postes il pleuvrait *statistiquement* presque 2 fois plus intensément que sur d'autres.

Par ailleurs, les ajustements des courbes IDF sont très différents d'un poste à l'autre.

Il semblerait donc que les caractéristiques statistiques de la pluviométrie de la Courly puissent varier sensiblement d'un poste à l'autre.

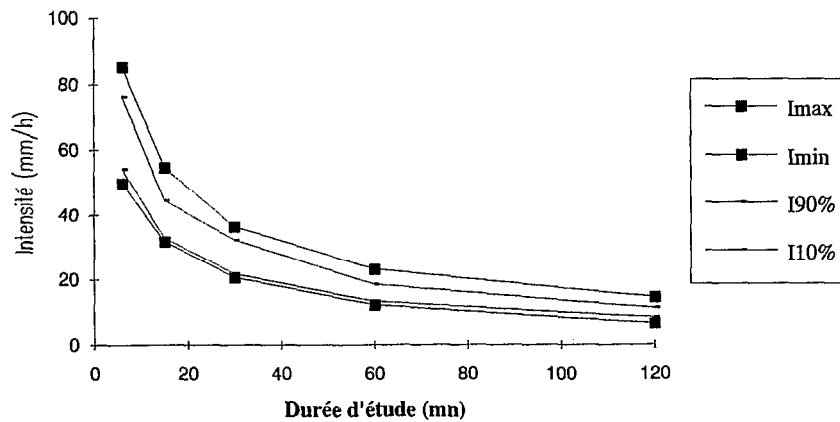


FIG. 2. — Distribution des intensités — période de retour 1 an.

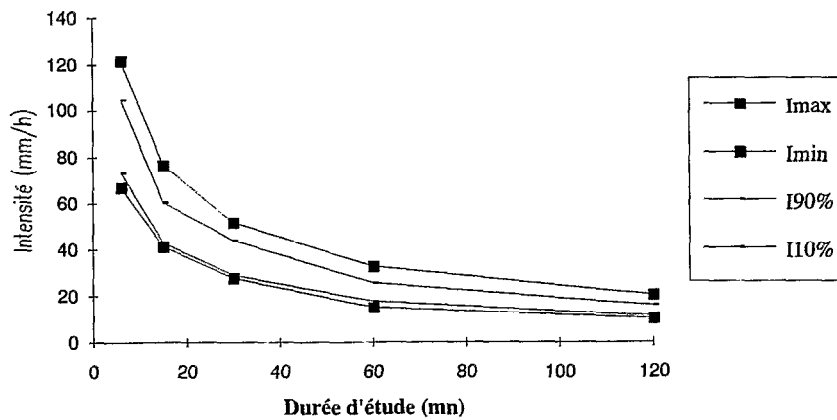


FIG. 3. — Distribution des intensités — période de retour 2 ans.

3.3. ANALYSE

L'hétérogénéité statistique des données pluviométriques peut être la résultante des 4 points suivants :

- erreurs de mesures systématiques sur les postes ;
- erreurs d'échantillonnage ;
- période d'observation trop faible ;
- hétérogénéité spatiale effective de la pluviométrie de la Courly.

3.3.1. Erreurs de mesures systématiques

D'une manière générale, il est vrai qu'il est difficile d'effectuer une mesure précise de la pluie : les erreurs peuvent être liées à l'instrument de mesure mais aussi à son environnement immédiat (CERNESSON, 1989) De plus, très souvent, les appareils fonctionnent mal dans des conditions extrêmes ; or ce sont ces conditions que les hydrologues essaient de caractériser ! Toutefois, au cours de nos recherches bibliographiques, nous n'avons lu nulle part un auteur envisager des erreurs possibles de 100 % sur une mesure (à quoi servirait alors les études sur la pluviométrie dans ces conditions ?).

On mettra en exergue la nécessité absolue d'entreprendre des recherches approfondies sur la métrologie du phénomène pluvieux.

3.3.2. Erreurs d'échantillonnage et période d'observation trop faible

Ces 2 points sont très liés et posent le problème de toute analyse statistique de données quantitatives : mon échantillon est-il représentatif de la population mère ?

Nous avons effectué des tests statistiques qui nous ont permis de ne pas rejeter, à des seuils de confiance élevés, l'hypothèse que les ajustements étaient significativement différents entre eux. Mais ils ne nous permettent pas d'avancer avec certitude si les écarts observés peuvent, ou non, être entièrement expliqués par les types d'erreurs évoqués ci-dessus.

Nous avons néanmoins voulu appréhender les écarts que pouvait introduire l'échantillonnage. Pour ce, nous nous sommes limités à 21 postes et à une période de mesure de 4 ans (1986-1989) que nous avons divisé en 2 « sous-périodes » (1986-1987 et 1988-1989). Pour chacune de ces « sous-périodes », nous avons établi 21 courbes IDF qui ont permis de classer les postes de mesure pour un pas de temps et une période de retour donnés :

catégorie 1 : postes dont les intensités moyennes maximales estimées sont parmi les 5 plus fortes,

catégorie 2 : ... parmi les 5 suivantes,

catégorie 3 : idem,

catégorie 4 : ... parmi les 5 plus faibles,

le « poste médian » appartenant indifféremment aux catégories 2 ou 3.

Cette classification a été comparée d'une « sous-période » à l'autre en notant les changements de catégorie selon la règle suivante :

0 : pas de changement de catégorie,

1 : changement d'1 catégorie,

2 : changement de 2 catégories,

3 : changement de 3 catégories.

Si l'échantillonnage explique les écarts observés, la distribution du nombre de changement de catégories (105 possibles : 5 (pas de temps d'étude) * 21 (postes)) doit être décrite par une loi uniforme.

Or les 2 histogrammes de distribution (fig. 4) ne ressemblent pas à une telle distribution. Au contraire la catégorisation semble être assez stable (majorité de valeur « changement de 0 ou 1 catégorie »).

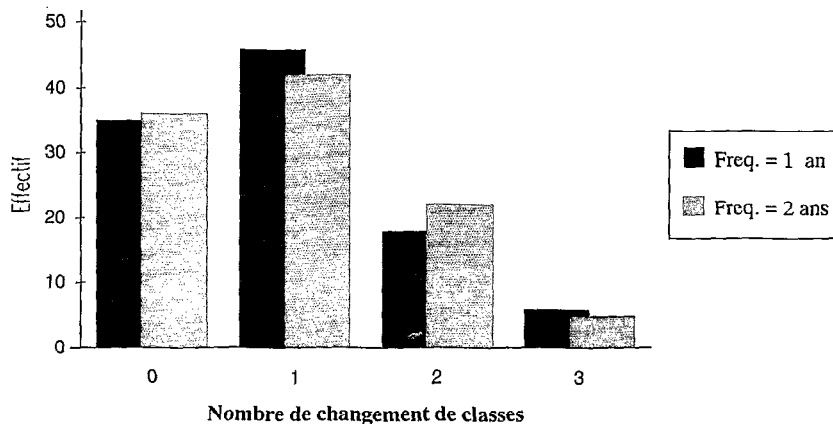


FIG. 4. — Histogramme des nombres de changement de classes.

Nous nous interdisons cependant de conclure de façon définitive que l'échantillonnage n'explique pas les écarts observés précédemment : nous avons réduit la durée de notre période d'observation, donc diminuer le nombre de données utilisées pour les ajustements, donc augmenter notre erreur d'échantillonnage.

3.3.3. Hétérogénéité spatiale de la pluviométrie

Le report des résultats obtenus sur une carte du territoire de la Courly semble montrer que :

— les pluies les plus intenses sont observées sur l'agglomération lyonnaise et sur des zones exposées aux vents d'ouest (rive gauche de la vallée de la Saône) ;

— les pluies les moins intenses sont observées au sud de l'agglomération et sur des zones protégées des vents d'ouest (flancs est des monts d'Or).

Ce « zonage géographique » est très qualitatif, mais il est en accord avec les différentes observations faites depuis toujours dans la région : renforcement des événements orageux en remontant la vallée du Rhône et stagnation sur l'agglomération lyonnaise.

Le territoire de la Courly a un relief assez accidenté et les effets orographiques sont très certainement des éléments déterminants qu'il faudrait pouvoir analyser de manière plus détaillée.

3.4. COMPARAISON DES COURBES IDF AINSI CALCULÉES À CELLES DE LA LITTÉRATURE

L'Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations (77.284/INT) qui règle le dimensionnement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales découpe la France en 3 régions pluviométriques auxquelles sont associées des courbes IDF. On remarquera que les modes d'obtention de ces courbes peuvent être multiples, que ceux-ci ne relèvent d'aucune justification théorique (DESBORDES, 1987) et que tout est possible ! Une réflexion théorique devrait être entreprise qui pourrait permettre d'éviter certaines confusions lors de leur emploi.

Nous ne pouvons pas affirmer, faute d'informations, que notre méthodologie de construction des courbes IDF est la même que celle employée dans l'Instruction technique.

L'examen des figures 5 et 6 montre que :

- la Météorologie nationale gère un poste de mesure sur le territoire de la Courly, le poste de mesure de Bron, qui semble estimer *statistiquement* convenablement la pluviométrie « moyenne » de la Courly ;
- les courbes IDF de la région II englobant Lyon sous-estiment largement la pluviométrie de la Courly : pour 90 % des postes, les valeurs estimées y sont supérieures.

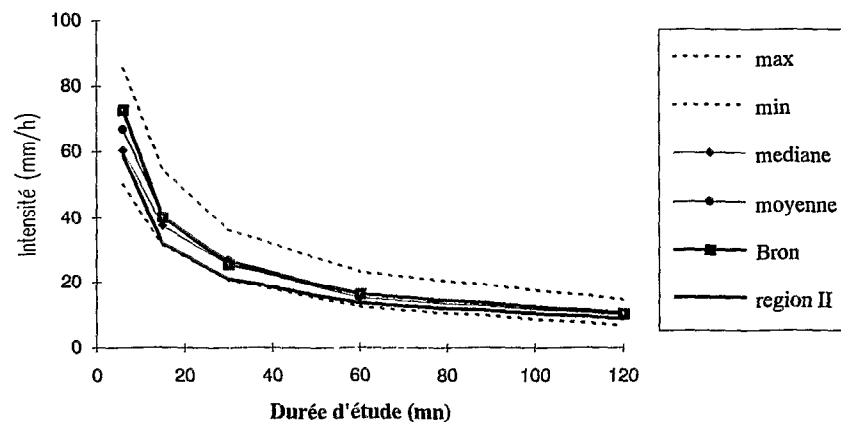


FIG. 5. — Courbes de distribution des valeurs d'intensité maximale — période de retour 1 an.

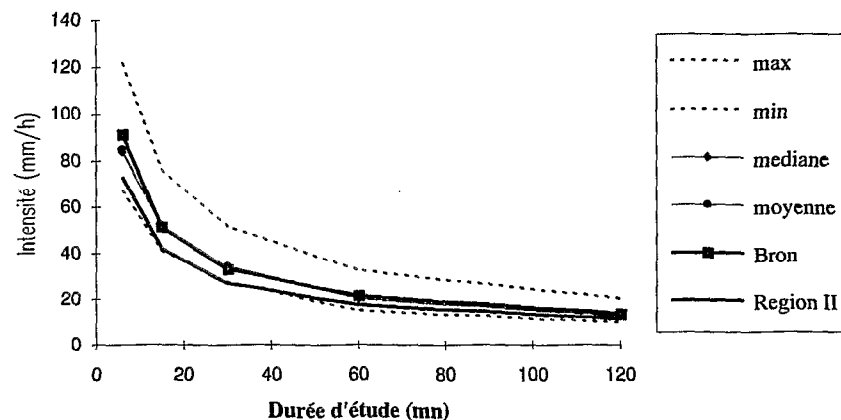


FIG. 6. — Courbes de distribution des valeurs d'intensité maximale — période de retour 2 ans.

3.5. INTERROGATIONS

Les dépouillements montrent une forte hétérogénéité statistique des données pluviométriques. Il semblerait que les 4 points précités prennent une part plus ou moins importante dans les écarts observés entre postes. Il y aurait donc une hétérogénéité spatiale du phénomène. Quelle qu'en soit l'origine, cette hétérogénéité du phénomène pluvieux, si elle est vérifiée, amène à se poser un certain nombre de questions sur les pratiques usuelles des utilisateurs et concepteurs des modèles en hydrologie urbaine. Parmi les interrogations possibles, le problème des villes qui ne possèdent qu'un poste de mesure pluviométrique, voire aucun et qui souhaitent dimensionner un ouvrage d'assainissement, par exemple. Comment procéder dans ces conditions ?

— quelles mesures prendre en compte ? En effet un écart de 100 % entre 2 valeurs d'intensité est celui que l'on observe entre une intensité décennale et une intensité centennale !

— quelle en est l'incidence sur la variable débit qui intéresse en tout premier lieu le gestionnaire et le concepteur de réseaux d'assainissement ?

4. INCIDENCE DU MODE DE REPRÉSENTATION DES PLUIES SUR LA VARIABLE DÉBIT

Classiquement, à partir de mesures pluviométriques ponctuelles, le gestionnaire et concepteur de réseau d'assainissement bâtit des modèles de pluie de projet (STU, 1989) (celles-ci ne sont qu'une vue de l'interprétation statistique que l'hydrologue se fait à partir d'événements passés et en rien un réel événement orageux (NIEMCZYNOWICZ, 1986)). Le débit de pointe obtenu par un modèle de transformation pluie-débit aura la même période de retour que l'une des caractéristiques du modèle de pluie de projet. On présume, en effet, que les statistiques obtenues sur les événements pluvieux sont les mêmes que celles des effets en résultant. Cette hypothèse nous semble quelque peu hardie. Entre autres raisons (YEN, 1986) :

— un même événement n'aura pas les mêmes conséquences selon son sens et sa vitesse de déplacement ;

— un même événement n'aura pas les mêmes conséquences selon qu'il tombe sur un bassin versant ayant déjà connu des antécédents pluvieux ou pas ;

— la fréquence d'occurrence résulte d'une analyse statistique ponctuelle d'événements pluvieux alors que ceux-ci ont une dimension spatiale.

Dans cette optique, nous avons construit des courbes « débit-fréquence » à partir de réels événements pluvieux. Nous avons alors comparé les résultats à ceux obtenus traditionnellement en considérant une pluie de projet symétrique double triangle et le modèle du réservoir linéaire.

Ensuite nous avons comparé entre elles les courbes que nous avons ajustées en chacun des postes.

4.1. MÉTHODOLOGIE

4.1.1. Méthodologie suivie pour la « démarche classique »

Le modèle de pluie de projet choisi est une simplification du modèle Desbordes : pluie de projet double triangle symétrique ou modèle Chocat-Thibault. Ce modèle de pluie est utilisé dans le logiciel Cedre (calcul, évaluation et dessin des réseaux d'assainissement) élaboré par le laboratoire Méthodes de l'Insa de Lyon. Les caractéristiques de construction de ces pluies de projet se déterminent à partir d'un temps caractéristique du bassin versant (Lag-Time) et de valeurs des coefficients de Montana que nous avons calculés auparavant en chacun des postes de mesures de la Courly. Le débit de pointe obtenu par le modèle du réservoir linéaire a la même période de retour que l'une des caractéristiques du modèle de pluie de projet.

4.1.2. Méthodologie d'obtention des courbes débit-fréquence

Pour simuler les débits, nous avons utilisé les pluies réelles (celles retenues pour la construction des courbes IDF).

La transformation pluie-débit s'effectue par le modèle du réservoir linéaire, classiquement employé dans notre pays.

Nous avons alors simulé un jeu de bassins versants. La réponse du modèle linéaire à la pluie de projet retenue se caractérise par le fait que le débit de pointe, pour un temps caractéristique donné du bassin versant, le lag-time (K), est strictement proportionnel à la surface imperméable du bassin versant (CHOCHAT *et al.*, 1981).

Nous avons donc défini les bassins versants à partir de la seule valeur du Lag-time. Les valeurs retenues ba-
layent, à peu près, le domaine de validité du modèle du réservoir linéaire ainsi que ce que l'on peut rencontrer en milieu urbain :

K : 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 80, 90, 100 mn

Les débits de pointe alors obtenus ont été ajustés en fonction de la période de retour par la relation suivante :

$$Q(T) = c * \text{Log}(\text{Log}(T)) + d$$

Q : débit ajusté

T : période de retour

c, d : paramètres d'ajustement.

L'étude n'a pu porter que sur près de 5 années de mesures. Aussi ne nous sommes-nous intéressés qu'à des pé-
riodes de retour assez faibles : 1 et 2 ans.

4.2. RÉSULTATS DE LA COMPARAISON « DÉMARCHE CLASSIQUE-DÉMARCHE PROPOSÉE »

Nous avons défini le rapport suivant :

R1= débit issu de la démarche classique / débit issu de la démarche proposée

Nous pouvons constater sur les figures 7 et 8 :

— lorsque la période de retour augmente, la valeur de R1 augmente ainsi que l'intervalle de variation de la distribution des valeurs ;

— pour une période de retour de 2 ans, associer le modèle du réservoir linéaire au modèle de pluie de projet choisi surestime en moyenne de 15 à 20 % le débit de période de retour donnée ;

— en 3 postes, la surestimation peut dépasser 40 % pour une période de retour de 2 ans ;

— l'intervalle de variation le plus grand est observé pour des postes qui connaissent une pluviométrie impor-
tante sur la Courly (résultat tiré de l'étude précédente).

Il est important de remarquer que la démarche classique et la démarche proposée devraient mener à des résul-
tats statistiquement identiques. Or on observe des écarts assez significatifs entre les valeurs, alors que les modèles utilisés sont très usuels.

Nous avons voulu pousser un peu plus l'analyse en établissant des graphiques qui reproduisent les distributions de R1 pour tous les postes confondus et un lag-time donné. Nous constatons sur les figures 9 et 10 :

— les valeurs de R1 et leurs intervalles de variation sont plus importants pour des lag-time grands ;

— les valeurs minimales de R1 sont obtenues pour un lag-time voisin de 20 mn.

Ces observations peuvent être expliquées par :

— la notion de pluie de projet a été bâtie sur de petits bassins versants, de taille inférieure à ceux que nous
avons considéré (toutefois, les tailles retenues se rencontrent usuellement en hydrologie urbaine) ;

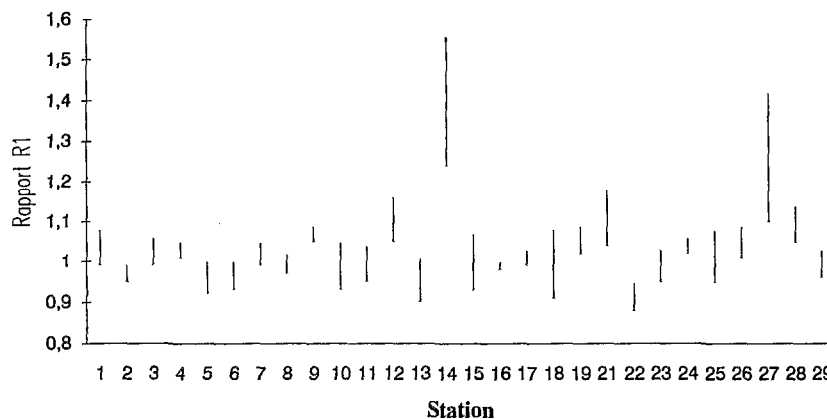


FIG. 7. — Intervalle de variation du rapport R1 — période de retour 1 an.

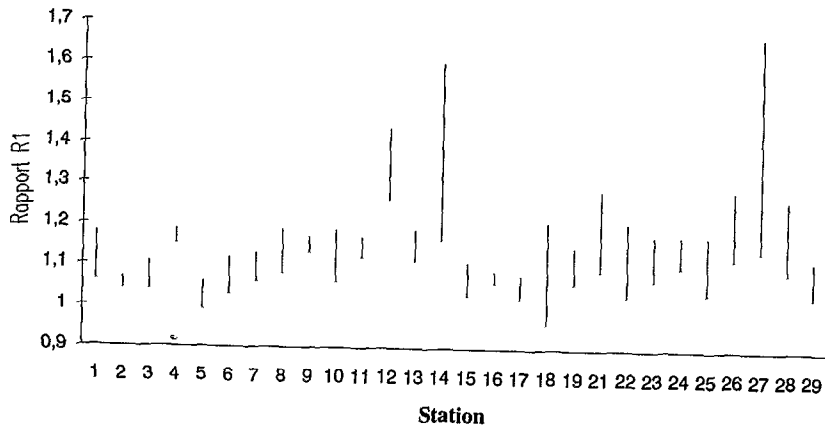


FIG. 8. — Intervalle de variation du rapport R1 — période de retour 2 ans.

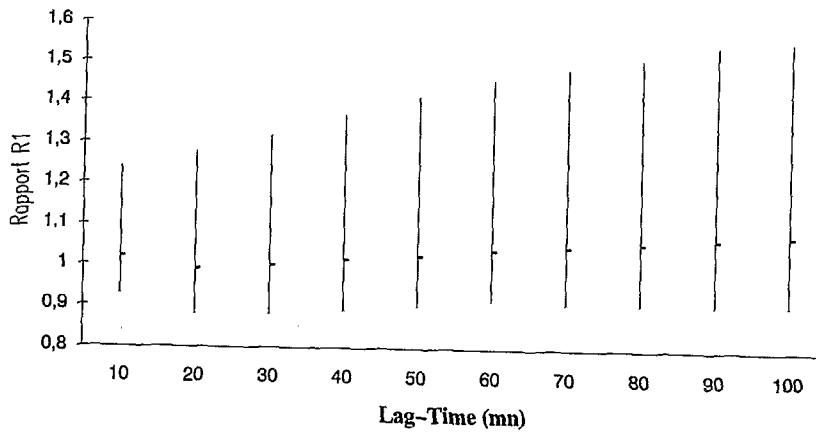


FIG. 9. — Valeurs minimales, moyennes et maximales du rapport R1 — période de retour 1 an.

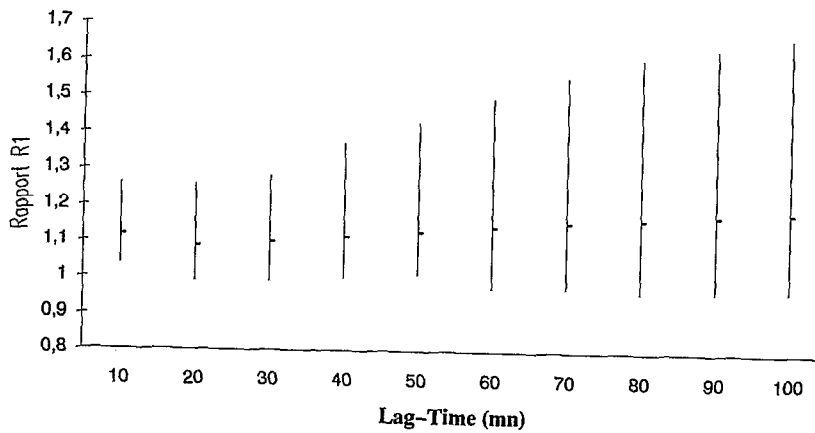


FIG. 10. — Valeurs minimales, moyennes et maximales du rapport R1 — période de retour 2 ans.

— lorsque le bassin versant est grand, il réagira certainement plus à des pluies longues. Comme celles-ci peuvent être irrégulières dans leur forme dans le temps, la représentation de ces pluies longues par une forme simple (même statistiquement proche des pluies observées) n'est alors peut-être pas adaptée.

4.3. **RÉSULTATS** DE LA COMPARAISON DES COURBES AJUSTÉES EN CHACUN DES POSTES

Nous avons défini les 2 rapports suivants qui permettent de mieux caractériser la distribution des débits de pointe obtenus sur les postes de la Courly.

R2 = maximum des débits / **minimum** des débits issus de la démarche proposée

R3 = quantile 90 % des débits / **quantile 10 %** des débits issus de la démarche proposée.

Les résultats (tabl. II) montrent :

- les résultats obtenus peuvent être très différents entre postes : R2 peut avoisiner la valeur 2 ;
- lorsque K augmente, le rapport R2 diminue : lorsque le lag-time augmente, l'importance de la pluie décroît en fonction du temps, ce qui est normal ;
- aux vues des valeurs du rapport R3, la remarque faite ci-dessus ne serait valable que pour quelques événements remarquables (faibles ou forts).

TABLEAU II
Valeurs des rapports R2 et R3

K (mn)	rapport R2		rapport R3	
	T=1 an	T=2 ans	T=1 an	T=2 ans
10	2,01	2,07	1,34	1,35
20	1,92	1,98	1,38	1,39
30	1,87	1,93	1,36	1,35
40	1,82	1,89	1,36	1,33
50	1,75	1,86	1,40	1,35
60	1,73	1,82	1,42	1,38
70	1,79	1,78	1,37	1,39
80	1,69	1,75	1,43	1,41
90	1,7	1,73	1,43	1,42
100	1,7	1,72	1,43	1,42

L'analyse des données pluviométriques avait mis en évidence des différences importantes entre les différents postes de mesure. Ces écarts se retrouvent au niveau de l'analyse des débits.

5. CONCLUSION

Les écarts observés entre les différents postes pluviométriques ne peuvent pas raisonnablement être expliqués par les seules erreurs de mesure systématiques et erreurs d'échantillonnage. Il y aurait donc aussi une hétérogénéité spatiale du phénomène. Cette variabilité spatiale du phénomène peut être soit à l'échelle du territoire de la Courly (effets orographiques par exemple), soit à l'échelle de l'environnement immédiat du poste de mesure (effets locaux dus à son implantation même).

Cela nous amène à penser qu' il ne faut pas ignorer la dimension spatiale du risque (ARNELL *et al.*, 1984) et élaborer peut-être des modèles qui feraient par exemple intervenir la surface de lames d'eau associée à une hauteur et à une fréquence d'occurrence.

Les résultats nous révèlent également que le modèle du réservoir linéaire associé à une pluie de projet de forme double triangle symétrique majore les débits de période de retour donnée. Cette majoration atteint en moyenne 15 à 20 % pour une période de retour de 2 ans. Bien évidemment, ces résultats sont liés aux modèles choisis et aux données utilisées mais il nous montre que la notion de pluie de projet n'est peut-être plus adaptée.

Longtemps, une des raisons de la construction des pluies de projet a été qu'elle ne nécessitait que peu de temps de calcul et se révélait donc peu coûteuse. À l'heure actuelle, les progrès informatiques sont tels que cette raison est devenue obsolète.

Nous ne souhaitons pas condamner catégoriquement la technique des pluies de projet mais nous proposons une autre approche qui pourrait permettre en outre de répondre aux remarques faites précédemment : à partir d'un ensemble de pluies réelles, on construit des courbes « débit-fréquence » dont on peut extraire un débit de période de retour donnée par exemple. Le choix du modèle de transformation pluie-débit a bien sûr son importance mais il peut être très complet (modèle hydraulique) puisque la puissance des calculateurs électroniques a très fortement augmenté.

Les résultats montrent par ailleurs que les courbes « débit-fréquence » obtenues peuvent être très différentes d'un poste à un autre. Si en un poste, on souhaite compléter les données pluviométriques par des données provenant d'autres postes, il faudra s'assurer que les pluviométries de ces postes ont des caractéristiques proches qui seront à définir lors d'une autre étude.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 8 juin 1993

BIBLIOGRAPHIE

- ARNELL (V.), HARREMOES (P.), JENSEN (M.), JOHANSEN (N.B.), NIEMCZYNOWICZ (J.), 1984. — Review of Rainfall Data — Application for Design and Analysis. In : *Water Science Technology*, vol. 16 : 1-45.
- CERNESSON (F.), 1989. — *Bassins versants d'investigation du Real Collobrier site de la ferme Lambert*. Projet de fin d'études : ISI Montpellier, 95 p.
- CHOCAT (B.), THIBAUT (S.), BOUYAT (M.), 1981. — Étude comparative des résultats fournis par la méthode de Caquot et le modèle du Réservoir Linéaire. In : *TSM L'eau*, vol. 7 : 417-424.
- DESBORDES (M.), 1987. — *Contribution à l'analyse et à la modélisation des mécanismes hydrologiques en milieu urbain*. Thèse doct. Etat : UST Languedoc, 412 p.
- HARREMOES (P.), 1984. — Preface. In : *Rainfall as the basis for urban runoff design and analysis*. Pergamon Press, Oxford, 363 p.
- KHELIL (A.), 1985. — *Élaboration d'un système de stockage et exploitation de données pluviométriques*. Thèse Sc. : Insa Lyon, 295 p.
- NIEMCZYNOWICZ (J.), 1986. — About the rainfall input to rainfall-runoff simulation models. In : *Urban drainage modelling*. Pergamon Press, Oxford : 209-216.
- PATUREL (J.E.), 1991. — *Étude des phénomènes pluvieux à une échelle fine d'espace — Contribution à l'analyse du risque en hydrologie urbaine*. Thèse Sc. : Insa Lyon, 360 p.
- STU, 1989. — *Memento sur l'évacuation des eaux pluviales*. La Documentation française, Paris, 349 p.
- YEN (B.C.), 1986. — Rainfall-Runoff Process on Urban Catchments and its Modelling. In : *Urban Drainage Modelling*. Pergamon Press, Oxford : 3-26.