

---

# Expérimentation récente sur bassins urbains

## *Recent research on urban catchments*

Michel Desbordes

Maître-Assistant

Laboratoire d'Hydrologie Mathématique

Université des Sciences et Techniques du Languedoc

---

### Introduction

Au cours des vingt dernières années, les agglomérations ont connu un développement très rapide de formes urbaines nouvelles, marquées par l'imperméabilisation des sols. Les équipements d'assainissement, réalisés pour des durées de vie importantes, n'ont pas toujours pu faire face à cette évolution brutale. Malgré une forte croissance des investissements qui leur étaient consacrés, ils n'ont eu souvent qu'une influence très modérée sur la limitation des nuisances engendrées par une situation de plus en plus difficilement maîtrisable. Aussi, à partir des années soixante-dix, de nombreuses études et recherches ont-elles été réalisées dans le monde, pour tenter une analyse des phénomènes hydrologiques urbains et de leurs conséquences au plan de l'assainissement. Les premières recherches, de nature assez théorique, aboutirent à une modélisation généralisée des phénomènes, qu'il s'agisse de la pluie, du ruissellement sur les sols ou des écoulements dans les ouvrages de drainage. Un nombre relativement important de modèles vit le jour, généralement sans support expérimental notable. Il fut très vite admis que ces modèles pourraient donner lieu à la création d'une nouvelle génération d'outils, pour les études complexes d'assainissement. Il fut également unanimement constaté que les propositions intellectuelles, en matière de modélisation, avaient rapidement dépassé les possibilités de vérifications expérimentales [1]. Ces vérifications s'avéraient hautement nécessaires pour tester le bien-fondé de certaines hypothèses de modélisation, ou choisir parmi les modèles prototypes les plus performants ceux qui pourraient le mieux s'adapter à la mise au point d'outils courants, pour des applications dans le domaine de l'assainissement (planification urbaine, calcul ou vérification des ouvrages, exploitation ou gestion des systèmes d'assainissement, etc.). C'est ainsi que de nombreux pays ont récemment développé des campagnes de mesures sur des

bassins versants urbains. En raison du coût relativement élevé de ces campagnes, une coopération internationale a été fréquemment proposée par de nombreux organismes et chercheurs. Actuellement des banques internationales de données sont en cours d'élaboration [2]. De nombreuses rencontres ou colloques exposent les résultats acquis et contribuent à l'amélioration des techniques et des dispositifs de mesure [3, 4, 5]. L'expérience française dans ce domaine, malgré des moyens financiers limités, se situe au niveau international général.

### Les motivations et les objectifs de l'expérimentation en France

Jusqu'à un passé très récent, les méthodes en usage pour le calcul des réseaux d'assainissement ont mis en œuvre des formules très globales (modèle de Caquot, formule rationnelle, etc.) comportant un nombre important de paramètres physiques ou d'ajustement numérique, évalués sur des bases expérimentales très faibles. Ces paramètres concernent notamment : les effets liés à la distribution spatio-temporelle des averses, la nature du ruissellement suivant le mode d'occupation des sols, l'évaluation des temps d'écoulement en surface et dans les réseaux, etc. En outre, ces méthodes ne permettent pas une analyse suffisamment fine des processus hydrologiques, propre à conduire à la résolution des problèmes complexes d'assainissement, nés de l'emploi au fil des ans de ces mêmes méthodes, et d'une certaine négligence dans ce domaine. La mise au point de méthodes nouvelles, adaptées aux problèmes actuels, passe par l'étude des phénomènes hydrologiques urbains et en particulier par leur observation et leur mesure. Cette nécessité de la mesure est d'autant plus indispensable que ces phénomènes sont relativement complexes et qu'ils font intervenir des grandeurs physiques dont on connaît mal le domaine de variation.

Dès la fin des années soixante, des observations limitées ont été réalisées à l'initiative de l'Administration. Elles concernaient des bassins versants de taille modeste, inférieure à une dizaine d'hectares [6]. Vers 1972, une commission interministérielle présidée par Monsieur l'Inspecteur Général Loriferne, et groupant des techniciens et des chercheurs de l'Administration et d'organismes privés, utilisa ces premiers résultats pour vérifier et réviser les ajustements numériques de la méthode en usage dans le calcul des apports pluviaux des bassins et connue sous le nom de modèle de Caquot [7]. En 1975, les travaux de cette commission conclurent à la nécessité d'une campagne d'expérimentation plus importante, destinée à améliorer les connaissances des phénomènes hydrologiques urbains. Les objectifs de cette campagne étaient variés :

- Examiner les possibilités d'extension du modèle de Caquot : à des bassins de taille supérieure à 200 hectares, limite déterminée grâce aux premières observations et jugée très contraignante par les techniciens ; à des bassins présentant des distributions spatiales de pentes et d'occupation des sols très hétérogènes.
- Etudier les effets liés à la distribution spatiale des averses et à leur déplacement sur les bassins versants.
- Etudier l'influence de l'altitude sur la pluviométrie en zone urbaine.
- Permettre la mise au point de modèles hydrologiques urbains destinés à faire face aux défaillances des méthodes classiques.

### Les problèmes posés par l'expérimentation en hydrologie urbaine

L'examen des premières mesures sur des bassins versants urbains français, réalisées entre 1968 et 1970 par le bureau d'étude S.O.G.R.E.A.H. dans la région de Grenoble et Montpellier et par le Laboratoire Régional de l'Ouest Parisien (L.R.O.P.) sur les sites du Rû de Marivel (1972) et de Rungis (1974), révélèrent rapidement que l'expérimentation en hydrologie urbaine posait de nombreux problèmes : mesures de pluies en agglomération, de débit en collecteur, gestion du matériel, traitement de l'information, choix de bassins satisfaisant aux objectifs de l'expérimentation, etc.

Devant l'importance de ces problèmes, mais aussi pour des raisons de financement, la Commission Loriferne décida dans un premier temps de mettre en œuvre une campagne préliminaire au cours des années 1976-1977, destinée à vérifier la validité des solutions initialement retenues.

#### Problèmes de mesure de pluie et de débit

##### Pluviométrie

Le premier problème est bien sûr la difficulté de trouver en zone urbaine des sites de mesure répondant aux normes de la Météorologie Nationale. Le second concerne la sensibilité de la mesure et la finesse d'enregistrement : en hydrologie urbaine, les durées critiques de pluie, au regard du ruissellement, sont très courtes

et varient de quelques minutes à quelques dizaines de minutes. On a retenu dans un premier temps un pas de temps minimal de  $3/1000^e$  de jour (de l'ordre de 4 minutes) pour la lecture des enregistrements. L'appareil utilisé est le pluviographe à augets basculeurs à impulsions (type Précis Mécanique modifié Météorologie Nationale) avec un cône de réception de  $1000 \text{ cm}^2$  et une précision (après modification) de  $\pm 3\%$  à  $4.5 \text{ mm/m}$  minute d'intensité.

##### Débitimétrie

Le premier problème, comme précédemment, est la difficulté de trouver un site favorable. Trois conditions principales doivent être vérifiées : facilité d'accès dans le collecteur pour la pose des capteurs, existence d'un contrôle hydraulique assurant une certaine fiabilité des mesures de hauteur, facilité d'accès en surface sans danger pour le personnel chargé de la gestion des appareils, ni gêne excessive pour le trafic. Une quatrième condition doit être réalisée en raison des techniques retenues et concerne la possibilité de disposer d'une source d'énergie à proximité des points de mesure. D'autres problèmes ont trait à l'évaluation des débits. Quelques essais de mesure de vitesse en collecteur se sont rapidement révélés très peu précis, en raison des conditions expérimentales [6] ; qu'il s'agisse de mesure continue de vitesse par des sondes magnétiques (nature du fluide) ou à ultra-sons (effets parasites en collecteurs) ; qu'il s'agisse de mesures occasionnelles de tarage de section à l'aide de moulinet (nature du fluide et difficulté ou danger d'installation) ou par jaugeage avec des traceurs chimiques ou radioactifs (nature du fluide, régimes transitoires très brutaux, problèmes de disponibilité et d'autorisations d'utilisation de sources radioactives dans les collecteurs). Les tarages de section à l'aide d'injection de débits connus ne peuvent en outre se concevoir que pour des diamètres très faibles. Par suite, dans un premier temps, seule la mesure de hauteur d'écoulement semblait réaliste à condition de disposer d'une section présentant un contrôle hydraulique (chute, déversoir, etc.). Seuls les capteurs de pression ont été retenus ; les autres dispositifs (sondes capacitatives, sondes à ultra-sons, flotteurs, etc.) disponibles lors de la phase préparatoire de la campagne s'étant révélés inadaptés à la nature des effluents, ou à la rapidité de variation des phénomènes. Les deux capteurs utilisés sont : d'une part un capteur à membrane (type J. Richard) transmettant les variations de la pression de l'eau sur une membrane à 6 plis, à un manographe ; d'autre part, un capteur type "bulle à bulle" dérivé du précédent, modifié par le L.R.O.P. [8]. Ces capteurs testés au Laboratoire, conviennent à la mesure de hauteurs très rapidement variables et présentant une vitesse de poursuite supérieure à  $30 \text{ cm/mn}$ . Les capteurs existent pour trois gammes de hauteurs : 0-1 m, 0-2 m, 0-4 m. Leur précision est de l'ordre de 1 à 2 % de la pleine échelle.

##### Enregistreurs

Qu'il s'agisse de la pluie ou du débit, on s'est rapidement orienté vers un enregistrement graphique classique sur tambour, pour des raisons d'économie, mais aussi par

manque de fiabilité des autres enregistreurs disponibles en 1975, dans les conditions expérimentales très délicates propres à l'hydrologie urbaine (table déroulante, enregistreur à empilement de papier, ruban perforé ou bande magnétique [6]). Cependant, la nécessité d'une saisie de donnée à une échelle fine de temps, de l'ordre de  $3/1000^e$  de jour pour la pluie et de 1 à  $2/1000^e$  de jour pour les débits, entraîne une vitesse de rotation du tambour importante, de l'ordre de 45 mm/heure. Afin de limiter les interventions du personnel chargé de la gestion des appareils, on a retenu une longueur de rouleau enregistreur pour une durée de 4 jours. Le papier s'enroulant sur le tambour enregistreur, la vitesse de déroulement varie du premier au quatrième jour de moins de 2%. Pour la pluie, le dispositif de commande du stylet encreur est un chronototalisateur électrique actionné par les impulsions d'un contact à mercure, relié à l'auget basculeur. Pour les débits, il s'agit d'une cellule de manographe classique.

### *Synchronisme des enregistrements*

C'est un des problèmes les plus importants, mais également des plus délicats. La solution serait évidemment de disposer d'un enregistreur multi-voies recevant les signaux des divers capteurs. Leur dispersion sur les bassins entraîne de coûteuses installations de câbles blindés de liaison ou le recours, non moins coûteux, au réseau des télécommunications (risques de pannes lors d'événements orageux très intéressants en hydrologie urbaine). Les essais de liaison radio en agglomération se sont révélés peu concluants [1]. On a retenu, pour la campagne préliminaire, une post-synchronisation manuelle : l'opérateur chargé du relevé des enregistrements tous les trois ou quatre jours, trace des repères sur les bandes au cours de sa tournée, en déclenchant au premier appareil un chronomètre ou une montre de précision, et en notant ses temps intermédiaires de passages aux appareils suivants. La critique des enregistrements lors de leur dépouillement permet, soit de les rejeter, soit de les corriger, en supposant une dérive constante de vitesse de rotation du tambour.

### *Problèmes liés au choix des bassins versants*

Ils découlent des objectifs de l'expérimentation définis plus haut, mais également des contraintes très sévères associées à la mesure des débits dans les collecteurs et en particulier de la localisation de sections présentant un contrôle hydraulique. En raison des objectifs, les bassins devaient être localisés sur toute la superficie du territoire national, afin de couvrir la plus large gamme de conditions climatiques ; ils devaient être de taille importante, présenter des hétérogénéités assez marquées de pentes et d'occupation des sols. Ils devaient en outre être bien définis à l'amont des points de mesure, c'est-à-dire que leur réseau de drainage devait être bien connu. Les contraintes de mesure des débits imposaient des collecteurs de taille importante, donc des bassins versants importants.

Le choix des bassins versants a été réalisé en deux temps : au début de 1975 une première enquête fut lancée auprès de laboratoires ou d'organismes (Adminis-

tration), destinée à repérer un certain nombre de sites possibles. A la suite de cette première enquête, 20 bassins versants furent sélectionnés. Un questionnaire beaucoup plus complet, proposé par le L.R.O.P. à la Commission Loriferne, fut alors adressé aux unités opérationnelles, gestionnaires potentiels de ces bassins. Le dépouillement des réponses permit, fin 1975, la sélection de 10 bassins versants à partir de critères objectifs et subjectifs : superficie, imperméabilisation, pente, hétérogénéité, nombre de sous-bassins, motivation de l'unité opérationnelle, financements locaux possibles, études déjà réalisées, nature des eaux, connaissance du réseau, etc. [8, 9].

## **La campagne préliminaire 76-77**

### *Déroulement de la campagne*

Au cours du premier semestre de 1976, les 10 sites retenus après enquête ont été visités et les emplacements des points de mesure de pluie et de débit définis. L'équipement des bassins débuta au cours de l'été 1976 et se poursuivit pour certains jusqu'en automne. Une seconde période de mesure eut lieu au cours de l'été 1977.

La campagne a regroupé un nombre important de personne, outre les membres de la Commission Loriferne :

- Sur le terrain, des unités opérationnelles chargées de la collecte des données et de l'entretien des appareils de mesure.
- Centralisation des enregistrements, critique, correction et mise sur support informatique des données par le L.R.O.P., chargé également de l'assistance aux unités opérationnelles en matière d'entretien et de réparation des appareils.
- Traitement des données informatisées par le Laboratoire d'Hydrologie Mathématique (L.H.M.) dans le but d'élaborer les conclusions de la campagne préliminaire.

Les conclusions de la campagne préliminaire ont été données au cours du printemps 1978.

### *Caractéristiques des bassins expérimentaux*

Elles sont résumées dans le tableau 1 ci-après ; il s'agit de la surface A des bassins et de leurs sous-bassins, de leur coefficient d'imperméabilisation C et de leur pente moyenne I le long de réseau d'écoulement. Les bassins sont localisés dans 10 sites géographiques couvrant l'ensemble du territoire national. Le nombre de bassins jaugés est en réalité de 25 et le nombre total de bassins dont on peut déterminer la réponse, de 29. L'ensemble couvre une gamme variée de surfaces (20 à 3500 hectares), de coefficients de ruissellement (2 à 55 %) et de pentes (0,3 à 12 %).

L'équipement des bassins comprend 22 pluviographes et 32 limnigraphes dont 10 "bulle à bulle" et 22 capteurs à soufflet. Ce nombre important d'appareils permet de tester leur fonctionnement dans les conditions particulières de l'hydrologie urbaine.

Tableau 1 Campagne de mesure 76-77. Caractéristiques des bassins									
Nom des bassins et sous-bassins	A (ha)	C (%)	I (%)	Pluvio (1977)	Limnimètres (1977)		Durée de mesures (mois)	Nombre d'évènements	Nombre de mesures utilisables
					Bulle	Soufflet			
<b>Angers</b>	225	47	0.8	2		1	8	21	14
– Guichard Ville	164	46	0.8		1	1			14
– Zac Sud	60	48	0.9						
<b>Bordeaux</b>	3 490	25	0.31	2		1	10	42	36
– Le Peugue	2 383	19	0.29		1				24
– Les Ontines	1 107	20	0.35						
<b>Chambéry</b>	160	40	12	2	2	1	3	11	5
<b>Clermont-Ferrand</b>	380	26	4.3	2	1	1	7.5	29	15
– Clermont 1	289	20	4.1		1	1			14
– Clermont 2	91	45	5.0						
<b>Colomiers (Toulouse)</b>	315	25	1.4	2		1	8.5	23	19
– s.b. Central	125	36	1.4			1			20
<b>Lille, Villeneuve d'Asq</b>	303	44	0.51	1	1	1	7.5	20	17
– s.b. II	24	15	0.51			1			8
<b>Nancy Ste-Anne</b>	992	27	0.4	2	1		9.5	39	28
Brichambeau	333	55	1.5			1			25
<b>Nice "Le Rivoli"</b>	916	33	9	2		1	6.5	22	8
– Vallon obscur amont	200	15	7			1			10
– Vallon obscur aval	338	20	2.5		1				1
– Mourailles ; Vallon des fleurs	425	36	3			1			21
– Vallon obscur ; Garbella	460	29	2.3			1			4
<b>Montpellier</b>	1 586	21	1.6	5		2	5	30	10
– Zolad	232	2	3.4			1			3
– Terres Blanches	255	5	2.3			1			4
– Saint-Charles	826	23	0.6			1			11
– Faculté des Lettres	25	32	2			1			10
– Montasinos	31	32	3			1			8
– Bas-Verdanson	217	46	0.6						
<b>Rouen</b>	240	36	4	2	1		5.8	12	12
Totaux				22	10	22	70.3	249	335

### Résultats et enseignements de la campagne 1976-1977 [10, 11].

La durée moyenne de mesure pour l'ensemble des bassins a été d'environ 7 mois. Au total, 249 évènements ont été enregistrés soit un peu plus de 3 par mois. En réalité, en raison des pannes, principalement sur les limnigraphes, on peut estimer que ce chiffre représente 70 à 90 % des évènements intéressants qui auraient pu être enregistrés. En outre, pour les bassins totaux, 66 % des 249 évènements peuvent être considérés comme valables pour des utilisations ultérieures, soit 50 à 70 % des évènements potentiellement intéressants. Pour les 25 bassins jaugés, on dispose de 335 enregistrements utilisables, soit environ deux par mois et par bassin sur la durée de la campagne.

La mesure de la pluviométrie n'a pas, semble-t-il, posé de problèmes majeurs. Pour les bassins disposant de plus d'un pluviographe, il apparaît que la structure fine des averses varie spatialement de façon notable et qu'il est souhaitable de disposer d'un enregistreur tous les 100 à 300 hectares. Une étude détaillée de la variation spatiale en fonction du pas de temps de discrétisation des averses devrait préciser la dimension maximale de la maille d'un réseau de pluviographe en hydrologie urbaine. En général, la post-synchronisation manuelle des pluviographes s'est révélée efficace.

La mesure des hauteurs d'eau dans les collecteurs est par contre beaucoup plus délicate et le taux des pannes est très élevé, qu'il s'agisse des limnimètres "bulle à bulle" ou à soufflet, par rapport à celui des pluvi-

graphes. La mise en place, sur une même conduite, de deux limnimètres, a montré fréquemment l'influence de remous perturbateurs et la nécessité dans l'avenir de ne réaliser des points de mesure que dans des sections présentant un contrôle hydraulique naturel ou artificiel. Le synchronisme des limnigraphes semble beaucoup plus difficile à réaliser que celui des pluviographes. Ceci est dû à la fréquence des pannes et également au fait que la réponse d'un bassin par rapport au début d'une averse peut être variable, ce qui exclut le calage par "tâtonnement". Dans l'avenir, il semblerait indispensable d'assurer au moins le synchronisme des limnigraphes par rapport à un pluviographe de référence.

#### *Les investissements de la campagne 76-77*

Le coût global de la campagne s'est élevé à environ 1 200 000 Francs comprenant approximativement :

- 400 000 Francs pour l'achat et l'installation des dispositifs de mesure,
- 400 000 Francs pour la gestion et l'entretien du parc de matériel,
- 400 000 Francs pour la recherche et le choix des sites, la mise sur support informatique des données et l'étude de ces données.

Le coût de cette campagne représente environ 25 % des investissements réalisés en hydraulique urbaine par les services centraux de l'Administration française entre 1973 et 1978. A cette dernière date, ces investissements cumulés s'élevaient à environ 4 500 000 Francs. Ces sommes sont évidemment très faibles devant celles consacrées aux équipements d'assainissement. A titre indicatif, elles s'élevaient en 1978 à 2 900 millions de francs. En supposant que la moitié soit utilisée pour les ouvrages d'évacuation, les crédits de recherche en hydrologie urbaine représenteraient annuellement 0,05 % des investissements pour ces ouvrages !

#### **Conclusions**

L'expérimentation en hydrologie urbaine est absolument nécessaire pour une meilleure résolution des problèmes rencontrés en assainissement à l'heure actuelle. Elle est cependant très délicate en raison des conditions expérimentales. La campagne préliminaire de mesure réalisée en France au cours des années 1976 et 1977 est de ce point de vue fondamentale. Elle a en effet très clairement mis en évidence l'ensemble des difficultés posées par la mesure, la gestion et l'entretien d'un important parc de matériel, la collecte, la critique et le traitement d'une information dispersée sur le territoire national. Outre l'acquisition d'une masse importante de données de pluie et de débit, qui seront utilisées ultérieurement, elle a permis de définir les règles minimales à suivre pour les futures campagnes de mesure et qui, pour l'essentiel, se résument à :

- assurer une mesure correcte des hauteurs d'eau en collecteur à l'aide d'un contrôle hydraulique,
- assurer le synchronisme des enregistrements de hauteurs avec au moins un pluviographe.

A l'issue de cette campagne, il apparaît souhaitable, pour l'amélioration de la collecte et du traitement de

l'information, de disposer d'enregistreurs de type magnétique. Il serait également intéressant d'étudier d'autres capteurs pour la mesure des hauteurs, et les possibilités de créer artificiellement des sections de contrôle étalonnées. D'autres dispositifs de mesure récents, spécialement mis au point pour les collecteurs, comme les débitmètres magnétiques cylindriques, pourraient être testés, ainsi que les chaînes actuelles d'acquisition de données utilisant les progrès de la micro-informatique.

En France, l'expérimentation en hydrologie urbaine se poursuit :

- Dans le cadre des travaux de la Commission Loriferne, les sites de Bordeaux, Lille, Montpellier et Nancy ont été retenus pour une campagne de mesure plus approfondie en utilisant l'appareillage des bassins non retenus de la campagne préliminaire. Des mesures ont ainsi été réalisées en 1978, mais n'ont pas encore été traitées.
- Dans le cadre des actions menées par d'autres organismes, comme le L.R.O.P., qui dispose de deux bassins bien équipés en région parisienne sur les sites de Rungis et du Ru de Marivel.
- Dans le cadre des groupes de travail mis en place par le Service Technique de l'Urbanisme pour l'étude de la pollution des eaux pluviales.

#### **Références**

- [1] Mc PHERSON M.B. – Urban hydrological modeling and catchment research: international summary. *A.S.C.E. Technical Memorandum* n° IHP 13, 48 p. (novembre 1977).
- [2] HUBER W.C., HEANEY J.P. – *Urban rainfall-runoff-quality data base*. Rapport EPA 600/8-77-009, 167 p. (juillet 1977).
- [3] Ministère de l'Équipement. – *Qualité des eaux superficielles, épuration, hydrologie urbaine*. Journées d'Information Nationale. Paris, 207 p. (mai 1977).
- [4] HELLIWELL P.R. Editeur. – *Urban Storm Drainage*. Conférence Internationale de Southampton. Publication Pentech Press – Londres, 728 p. (avril 1978).
- [5] DESBORDES M. – *Urban hydrological modeling and catchment research in France: progress since 1976*. International Symposium, American Geophysical Union, Washington, 7 p. (juin 1979).
- [6] DESBORDES M., NORMAND D. – Urban hydrological modeling and catchment research in France. *A.S.C.E. Technical Memorandum* n° IHP 8, 57 p. (novembre 1976).
- [7] DESBORDES M. – *Réflexions sur les méthodes de calcul des réseaux urbains d'assainissement pluvial*. Thèse Docteur-Ingénieur, 224 p., Université de Montpellier (février 1974).
- [8] CHERON J. – *Les bassins versants urbanisés expérimentaux français. Etat d'avancement des études en 1976*. Rapport L.R.O.P., dossiers n° 6 139 et 6 781. Ministère de l'Intérieur, D.G.C.L., 76 p. (1977).
- [9] COSTE C. – *Commission Loriferne. Sous-groupe n° 1: procès-verbal de la réunion du 7.10.75, examen des documents de la seconde enquête*. Ministère de l'Intérieur, D.G.C.L., 5 p. (novembre 1975).
- [10] DESBORDES M., BELLOSTAS J.M., RAMPÉREZ A. – *Bassins versants expérimentaux: Exploitation de la campagne de mesure 1976*. Note L.H.M. n° 15/77. Ministère de l'Intérieur, D.G.C.L., 189 p. (novembre 1977).
- [11] DESBORDES M., QUESADA B. – *Bassins versants expérimentaux: Exploitation de la campagne de mesure 1977 et synthèse des résultats*. Note L.H.M. n° 17/78. Ministère de l'Intérieur, D.G.C.L., 190 p. (mai 1978).

## Discussion

Président : M.H. LORIFERNE

*M. Le Président.* — Je profite de l'occasion pour remercier M. DESBORDES. Il a en effet participé activement aux travaux de la Commission dont je disais un mot tout à l'heure, Commission qui a élaboré la circulaire de 1977 ; et depuis M. DESBORDES a continué à suivre très sérieusement ces problèmes. C'est pourquoi il est l'homme idoine pour vous exposer ces problèmes d'expérimentation récente sur les bassins urbains.

Il vous a montré les difficultés qu'on rencontre dans la pratique.

A priori il semblerait simple de dire : On a mesuré la hauteur de pluie avec les pluviomètres, on a mesuré les débits dans les collecteurs, il doit être assez facile d'obtenir les résultats. Eh bien ! l'expérience a montré — et M. CHERON pourrait vous donner des précisions — qu'en fait, il se pose toutes sortes de problèmes pratiques pour trouver des appareils répondant à la demande et qui soient fiables.

Un autre point sur lequel j'insiste et qu'a bien fait de signaler M. DESBORDES, c'est l'insuffisance des crédits d'étude concernant ce problème de l'assainissement urbain.

Quand on pense aux dépenses énormes que représente un réseau d'assainissement au point de vue collecteurs dès qu'on est en zone urbanisée ou à l'aval de telles zones (on a en effet des collecteurs qui peuvent atteindre des dimensions considérables), on est un peu effrayé.

Il est indispensable de pouvoir calculer exactement, pour une période de retour donnée, le débit, donc le diamètre à imposer au collecteur. Or, dans la plupart des cas, c'est un peu "à vue de nez" qu'à partir de certains résultats, on fixe le débit désiré.

C'est pour cela que les chiffres indiqués tout à l'heure, qui correspondent à 0,5 millièmes du montant des travaux pour les crédits de recherche en matière d'assainissement sont terriblement insuffisants par rapport à tout ce qu'on peut faire dans les autres branches d'activité en ce qui concerne les crédits de recherche.

Je suppose que vous avez des questions à poser à M. DESBORDES, je n'insiste donc pas davantage. . .

*M. ZECH.* — Avez-vous songé, ou songez-vous, pour l'avenir, à utiliser des batteries de deux limnimètres consécutifs, qui permettraient, du moins pour un écoulement permanent, de se passer de contrôles hydrauliques ?

*M. DESBORDES.* — Nous avons en effet utilisé en série deux dispositifs de mesure des hauteurs d'eau sur certains collecteurs, lorsque nous ne disposons pas d'une section de contrôle. Cependant, ces dispositifs doivent être placés sur une portion rectiligne de collecteur, sans apport. Il est cependant rare de disposer dans un réseau d'une longueur de collecteur d'une centaine de mètres sans incident. Lorsque ces mesures ont été possibles, nous avons constaté des écarts importants entre les hauteurs pour des distances d'une cinquantaine de mètres. Cependant, nous ne savons pas encore si ces écarts sont imputables à des courbes de remous ou à l'existence de régimes transitoires. Nous allons essayer, en liaison avec l'INSA de Lyon, d'étudier les problèmes ayant trait à la propagation des ondes de crue sur des tronçons de collecteur de 8 à 900 mètres de long sans apport.

*M. MARCHAND.* — Les mesures faites sur les 10 bassins versants expérimentaux ont-elles permis d'affiner le coefficient d'abattement spatial de l'averse prévue dans la nouvelle instruction sur l'assainissement des agglomérations ?

*M. DESBORDES.* — Pour les bassins versants de la campagne de mesures préliminaire, celle dont les résultats ont été exposés, nous avons rarement plus de deux pluviographes par bassin, sauf à Montpellier où nous en avons 5, Sur ce dernier bassin, nous avons eu de sérieux problèmes de fonctionnement des

pluviographes. Finalement, la campagne préliminaire n'a pas permis d'améliorer notre connaissance de l'abattement spatial des averses.

Par contre, l'exploitation des données de la campagne suivante, celle de 1978, a permis d'étudier ce problème sur le bassin de Rungis. Les premiers résultats sembleraient indiquer que les coefficients moyens d'abattement seraient plus faibles que ceux indiqués dans la nouvelle Instruction Technique de Juin 1977. Cela rejoindrait les remarques faites par certains chercheurs, notamment à la SOGREAH. En réalité, l'abattement serait fonction de l'échelle de temps considérée pour l'étude des averses. Il serait d'autant plus fort que cette échelle serait petite. Pour les durées d'averses intéressant l'hydrologie urbaine, le coefficient d'abattement de 0,05 serait semble-t-il un peu fort ; pour Paris, le coefficient à prendre en compte serait plutôt de l'ordre de 0,015.

*M. MARCHAND.* — Cela dépend peut-être de la région.

*M. DESBORDES.* — Oui, mais cela peut aussi dépendre de la nature des événements. Pour Rungis, nous n'avons pas eu d'orages très importants.

*M. CHERON.* — Comme on faisait ces mesures, on s'est permis de faire une recherche sur le sujet. On est arrivé à des résultats qui vont dans le même sens que les vôtres. On constate une minoration de ce coefficient. Mais, de mémoire, je crois pouvoir dire qu'il y a eu des périodes de retour de 6 ou 7 ans ; donc ce n'est pas le "monstre" au point de vue pluviométrie. On n'avait pas atteint les 10 ans, j'en suis certain ; dans quelques cas même on se situait entre 5 et 10 ans. . . On a examiné 1975, 1976 et 1977.

*M. DESBORDES.* — L'abattement spatial est en effet un point très important pour l'estimation des quantités ruisselées ou ruisselables. Il peut jouer un rôle fondamental dans les problèmes de gestion ou contrôle en temps réel des réseaux d'assainissement existants et difficilement modifiables sans aménagements très coûteux. Il pourrait s'agir là dans le futur proche d'un domaine privilégié d'application des recherches en hydrologie urbaine.

*M. OBERLIN.* — Pour compléter la réponse à M. MARCHAND, je signale que d'ici quelques mois le CTGREF diffusera une étude qui présentera les résultats d'abattement et d'inverse d'abattement sur des pas de temps de 2 heures à 24 heures et pour des surfaces de 10 à 100 km<sup>2</sup>. Evidemment ces résultats ne sont pas tout à fait dans le cadre de ceux nécessaires en hydrologie urbaine ; mais ils concernent un réseau qui existe en Seine-et-Marne depuis 15 ans : on se trouve donc pratiquement dans des conditions "région parisienne". Ils sont issus de l'analyse du réseau de pluviographes du bassin de l'Orgeval, soit une vingtaine de pluviographes suivis sur 100 km<sup>2</sup> depuis 15 ans.

*M. DESBORDES.* — Il serait intéressant de connaître les résultats de l'étude.

*M. GUILLOT.* — Est-ce que vous pensez qu'un pas de temps de prélèvement de 6 minutes est raisonnable pour ce genre de problème, ou faut-il aller plus bas ?

*M. DESBORDES.* — Pour la mesure de la pluie et pour des bassins versants de quelques dizaines d'hectares, cela semble juste suffisant. Un pas de temps de 3 à 4 minutes serait sans doute préférable. Pour les débits de ces bassins versants le pas de temps devrait être plus faible de l'ordre de 1 à 1,5 minutes. Les variations de débit peuvent être très brutales. On cite souvent à ce sujet l'exemple du bassin de Rungis où l'on a constaté des variations de débit de 0 à 14 m<sup>3</sup>/s en un quart d'heure environ.

Par contre, pour un grand bassin comme celui de Bordeaux dont la surface est de l'ordre de 3 500 hectares, un pas de temps de 6 minutes serait sans doute suffisant à la fois pour les pluies et pour les débits.

*M. CHERON.* — Je voudrais compléter la réponse concernant le bassin expérimental de Rungis.

Sur un bassin d'une superficie totale de 220 ha, le sous-bassin A évoqué est imperméabilisé à 79 % et couvre 123 ha. Dans le collecteur  $\phi$  2 500 nous avons observé plusieurs mises en charge et des "montées" de crue très rapides en moins de 10 minutes pour une durée totale crue-décruce ne dépassant pas 60 minutes, et cela pour des phénomènes ayant des périodes de retour inférieures à 10 ans.

*M. DESBORDES.* — Il s'agit là de pluies exceptionnelles, mais si l'on examine les records il est certain qu'il se produit des phénomènes plus ou moins extraordinaires.

Ainsi, à Montpellier, en octobre, à 19 jours d'intervalle, avons-nous observé deux orages, dont les périodes de retour de certains éléments, étaient plus que cinquantennaires. La statistique pluviométrique de cette région a ainsi été quelque peu bouleversée. Les "anciennes" et "nouvelles" intensités décennales sont dans un rapport voisin de deux ! Ces orages ont donné lieu à des phénomènes très brutaux, débordements, éclatements de collecteurs ou de regards de visite, notamment à la suite du scellement accidentel des tampons de visite lors de la réfection des chaussées.

*M. COLIN.* — Compte tenu du caractère très rapide de ces phénomènes, il n'y a pas univocité de la relation hauteur — débit. Comment avez-vous résolu cette difficulté ?

*M. DESBORDES.* — On ne peut assurer que toutes les mesures sont valables. Lorsqu'il existe une section hydraulique de contrôle, avec des phénomènes très brutaux, la connaissance du débit est sans doute approximative, mais elle est généralement suffisante.

*M. CALVET.* — Est-ce qu'il n'existe pas un effet de lissage qui rend un peu inutile la mesure ultrafine de la pluie ?

*M. DESBORDES.* — Votre question rejoint celle de M. GUILLOT. Sans doute peut-on se satisfaire d'un pas de temps de mesure de la pluie de l'ordre de 6 minutes, alors que ceci n'est pas vrai pour les débits. Ce pas de temps peut être d'autant plus grand que l'effet de filtrage des intensités instantanées est grand, c'est-à-dire que le bassin est de taille importante ou que son temps de réponse est important.

*M. RODIER.* — Je me permets de signaler qu'une étude systématique de l'abattement a été effectuée à l'ORSTOM par G. VUILLAUME. Elle a été publiée dans nos "Cahiers d'Hydrologie". Elle concerne des surfaces supérieures à 1 ou 2 km<sup>2</sup>, trop grandes pour des bassins urbains, mais la méthodologie de l'étude peut être reprise sur ces bassins.

Avant 1970, nous avons étudié 3 ensembles de bassins urbains. Actuellement nous étudions 5 ensembles et nous avons rencontré les mêmes difficultés que celles que signale M. DESBORDES avec cet avantage que les écoulements se font à ciel ouvert. Par contre, nous avons eu pour certaines villes de très grosses difficultés dues à l'urbanisation très rapide des zones étudiées. A Libreville cela a pratiquement interdit l'interprétation.

*M. DESBORDES.* — Nos campagnes de mesure ont été assez brèves, et sur quelques mois les modifications apportées à la nature de l'occupation des sols, sont sans doute assez modestes. Cependant, il est certain qu'en région parisienne, où l'imperméabilisation est déjà très forte, nous avons pu, dans certains cas constater, en 3 ou 4 ans, des modifications locales importantes de l'occupation des sols. Cela signifie que l'on doit suivre avec soin ces évolutions si l'on veut tirer profit des mesures réalisées.

*M. RODIER.* — A-t-on rencontré dans les études présentées des difficultés pour déterminer avec précision la superficie des bassins en particulier lorsque le réseau est maillé ?

*M. DESBORDES.* — On s'efforce de ne pas choisir de bassins versants expérimentaux munis de réseaux maillés. Une des principales difficultés réside dans la connaissance précise des réseaux et des surfaces qu'ils drainent. Nous avons constaté que les plans des réseaux n'étaient pas souvent à jours. Une autre difficulté de taille est la connaissance des surfaces imperméables raccordées aux réseaux, ou du coefficient d'imperméabilisation. On utilise actuellement des techniques fondées sur la digitalisation de photographies aériennes ; cela permet de réduire l'aspect subjectif de la détermination de ce coefficient. On s'est aperçu en effet que les projeteurs avaient souvent tendance à surestimer ce coefficient.

*M. ZECH.* — Certains de vos réseaux de collecteur étaient-ils séparatifs ?

*M. DESBORDES.* — Il y avait des réseaux séparatifs et unitaires. Dans le cas des réseaux unitaires les mesures peuvent être perturbées, en outre, les appareils de mesure doivent être adaptés à la nature des écoulements de temps sec.

*M. ZECH.* — Les réserves que vous formulez à propos des instruments de mesure sont-elles aussi importantes pour les réseaux séparatifs que pour les réseaux unitaires ?

*M. DESBORDES.* — Oui. Mais il convient de noter que les réseaux séparatifs ne le sont jamais totalement par suite de branchements erronés ou clandestins. En outre, même pour des réseaux séparatifs vrais, la qualité des eaux pluviales est telle qu'elles véhiculent souvent autant de matière en suspension que les eaux usées.

*M. Le Président.* — Je voudrais rappeler que la circulaire se limite, quant à son application, à des bassins de 200 hectares. C'est pour cela que, ainsi que l'a exposé M. DESBORDES, des expériences se poursuivent sur de grands bassins depuis 1975 (ils vont jusqu'à 3 500 hectares), en vue justement d'adapter la formule de la circulaire et de la modifier éventuellement pour les bassins de plus grande surface... car 200 hectares en zone urbaine, c'est très limitatif. Il fallait donc faire une campagne pour voir quelle formule on pourrait adopter pour des bassins de surface supérieure ; les formules qu'on avait au moment où l'on a établi la circulaire ne permettaient pas de donner des indications suffisamment fiables pour des bassins de grande surface.