

Modèle mathématique de simulation des écoulements dans un réseau d'assainissement

par **M. Rousset**

Ingénieur des Ponts et Chaussées
à la Direction départementale de l'Équipement
de Seine-Saint-Denis

et **M. Lorget**

Directeur du secteur France
et de l'Agence Paris-Nord de la
SOGREAH

Généralités

Le Département de la Seine Saint-Denis couvre 236 km²; l'I.N.S.E.E. estimait sa population en janvier 1970 à 1 300 000 habitants.

La densité de population (5 500 habitants au km²) n'est dépassée en Région Parisienne que par Paris (25 000 habitants au km²) et par les Hauts-de-Seine (8 400 habitants au km²).

La rénovation de son habitat ancien autour d'un certain nombre de pôles importants, l'urbanisation des espaces libres et notamment la mutation progressive de sa partie Nord encore rurale, accroissent constamment cette population — qui atteint aujourd'hui près de 1 500 000 habitants — en imperméabilisant le sol. Les problèmes de ce département sont finalement ceux d'une grande agglomération et celui évoqué aujourd'hui concerne l'assainissement.

Le réseau d'assainissement

Les bassins versants

Il a été initialement conçu en fonction des rivières naturelles qui sillonnaient le département et qui aboutissaient à la Seine et à la Marne.

Les deux bassins versants correspondants sont délimités en gros par une ligne joignant le quartier de Belleville sur Paris et la commune de Vaujours.

Le bassin versant nord est orienté vers la Seine et ses limites ne se superposent évidemment pas aux frontières administratives du Département.

Il recueille les eaux usées et pluviales d'une partie du Val-d'Oise; la cuvette de Saint-Denis constitue le point bas (à l'intérieur de ce bassin versant nord, un sous-bassin

dont la partie aval se situe en bordure de la Seine entre les communes de Saint-Denis et d'Épinay-sur-Seine collecte aussi des eaux venant du Département du Val-d'Oise et principalement des communes de Montmagny, Groslay et Montmorency).

Le bassin versant sud est orienté vers la Marne dans sa partie orientale et dans sa partie occidentale indirectement vers la Seine par l'intermédiaire des collecteurs dits Bagnolet-Bercy et du Bois de Vincennes.

Les grands collecteurs

Le réseau d'assainissement a été conçu pour une partie, située approximativement sur le territoire de l'ex-département de la Seine, avant la Seconde Guerre mondiale.

Les principaux grands axes collecteurs sont les suivants :

- le collecteur de la région d'Enghien;
- le collecteur dit Pantin-La Briche avec son antenne nord dite du Bourget qui est prolongée jusqu'à Livry-Gargan par l'ouvrage IX;
- le collecteur central dit de la R.N. 186;
- le collecteur du Nord qui reçoit les eaux de plusieurs arrondissements de Paris, notamment par l'intermédiaire du collecteur de ceinture dit du Nord-Est. Une grande partie des eaux de temps sec drainées par ces collecteurs sont acheminées vers le bassin de la Briche puis par le collecteur Saint-Denis - Achères, vers Achères pour y être traitées.

Il faut également citer les anciennes rivières qui sont progressivement couvertes :

- la Vieille Mer avec ses affluents : le Croult, le Petit Rosne, la Morée, le Sausset;
- le ru d'Arra;
- le ru Sainte-Baudile.

Le maillage

Pour faire face à des insuffisances locales, certains de ces collecteurs ont été, au cours des années, interconnectés et, artificiellement, par l'intermédiaire de vannes ou de barrages, les eaux d'un bassin versant peuvent être envoyées vers un autre. On a donc affaire maintenant à un réseau au maillage extrêmement dense et qui comporte un nombre important de points singuliers.

La partie la plus ancienne, c'est-à-dire approximativement la moitié occidentale du bassin nord est de type unitaire. Les parties récentes sont de type séparatif.

Le problème de l'évacuation des eaux pluviales

Les inondations

L'imperméabilisation croissante du sol et la concentration des eaux météoriques dans les mêmes collecteurs et dans les points bas souvent sollicités, expliquent la fréquence des inondations. Les dernières ont eu lieu les 13 mai 1971, 21 juillet 1972, 30 juillet 1972, 2 juin 1973, 16 août 1973 et ont fait respectivement 300 sinistrés (13 mai 1971), 30 sinistrés (21 juillet et 30 juillet 1972), 300 sinistrés (2 juin 1973), 10 sinistrés (16 août 1973).

L'utilisation optimum des capacités d'évacuation

Assez souvent les pluies, surtout orageuses, n'intéressent qu'une partie des bassins versants : un secteur saturé peut ainsi avoisiner des secteurs disposant encore d'une certaine capacité d'absorption. Les pluies importantes, générales sur tous les bassins, n'ont qu'une fréquence relativement faible.

Compte tenu de l'insuffisance du réseau, il faut rechercher à utiliser au mieux les capacités disponibles en détournant, par exemple, le flot d'une partie très chargée vers une partie voisine quasi vide et de le faire à bon escient, sans provoquer des inondations là où il n'y en aurait pas eu.

Il faut donc un outil de gestion qui puisse prévoir et simuler les écoulements.

La programmation des aménagements du réseau

L'urbanisation et l'imperméabilisation du sol, qui s'ajoutent à l'insuffisance globale soulignée précédemment rendent évidemment nécessaires le renforcement et l'extension du réseau, ce qui conduira à des investissements très importants qu'il faudra choisir aux plans de la localisation, de la nature et de l'échéancier.

La programmation optimum doit ainsi tenir compte à la fois des besoins de dessertes nouvelles et du rattrapage du retard.

On peut également être amené à comparer des doubléments ou extensions de collecteurs et des mesures d'exploitation (maillages supplémentaires, réglage des vannes).

Par ailleurs, il faut pouvoir tester — au niveau des plans d'occupations des sols et des schémas directeurs d'Aménagement et d'urbanisme diverses hypothèses d'urbanisation en ce qui concerne l'assainissement, ce qui peut conduire à modifier certaines dispositions (pourcentage de surfaces imperméabilisées).

Il faut donc disposer d'un modèle de simulation hydraulique qui permette d'affiner la programmation et de comparer — au point de vue du ruissellement pluvial — *différentes variantes d'organisation urbaine* (a).

La banque des données

Enfin, les archives de tout cet ensemble complexe sont échelonnées dans le temps et réparties dans différents services d'autant que des modifications administratives sont intervenues entre temps. Il faut donc rassembler toutes les connaissances fragmentaires orales ou écrites, provoquer si nécessaire l'obtention de nouveaux renseignements et bâtir la « bibliothèque » du réseau d'aujourd'hui.

Cette banque de données urbaines devra s'enrichir, à tout instant, de nouvelles données en s'améliorant et en s'adaptant en permanence.

Il faut donc un outil indestructible et évolutif qui puisse, en particulier, s'étendre géographiquement.

Conclusion

L'outil de simulation hydraulique qui correspond le mieux aux différents objectifs précédents est le « Modèle Mathématique du réseau d'assainissement ».

Pour la gestion, l'élément de prévision est constitué par un réseau de télémesures, météorologiques et hydrauliques, qui permettra de connaître l'épisode pluvieux à maîtriser.

Méthode de calcul

Un modèle mathématique est constitué par la résolution numérique d'un système d'équations au moyen de l'ordinateur.

Il faut donc :

- choisir le système d'équations représentant le phénomène à étudier;
- substituer aux équations des formes numériquement équivalentes qui soient solubles par l'ordinateur;
- faire la programmation, c'est-à-dire indiquer à l'ordinateur la suite des opérations qu'il convient de faire.

Le modèle correspondant au phénomène étudié a été mis au point par SOGREAH et s'appelle CAREDas.

On découpe la zone étudiée en un certain nombre de facettes qui constituent des bassins versants élémentaires homogènes au sens hydrologique (averse constante et caractéristiques uniformes).

(a) Ce qui suppose qu'on établisse la corrélation entre le coefficient de ruissellement et les paramètres caractéristiques de l'urbanisation.

On part de la pluie, qui peut d'ailleurs se déplacer au cours du temps et on calcule les débits élémentaires de ruissellement correspondant à chaque facette.

On les compose et en achemine le flot résultant jusqu'aux collecteurs principaux et à leurs débouchés ultimes dans le réseau de base.

Il y a donc un double calcul enchaîné à un calcul hydrologique (génèse des débits élémentaires) et un calcul hydraulique (propagation du flot dans les égouts).

Le modèle CAREDas est en partie constitué de quatre modèles principaux écrits en langage Fortran pour répondre à ce double calcul.

Le programme de préparation du modèle et de contrôle des données définissant le réseau

Les données nécessaires à la construction du modèle sont :

• Pour chaque tronçon de conduite :

- sa longueur en mètres;
- les noms des points amont et aval du tronçon;
- les cotes du radier des points amont et aval;
- le type de section, sa dimension par rapport à une section-type et le coefficient de rugosité du tronçon;
- les cotes du sol aux points amont et aval;
- le nombre de points intermédiaires situés sur le tronçon et pour chaque point intermédiaire : sa distance au point amont du tronçon et éventuellement son nom, le type de point spécial s'il s'agit d'une singularité (siphon, seuil, clapet, etc.) et dans ce cas, les caractéristiques de la singularité, les cotes amont et aval du radier du point intermédiaire s'il y a décrochement ou rupture de pente.

• Pour chaque type de section : les valeurs caractéristiques de la section. Les tronçons pouvant être donnés à la suite les uns des autres, dans un ordre quelconque, toute modification du modèle est aisée : à l'adjonction d'une conduite supplémentaire dans le réseau correspond l'adjonction d'une carte perforée. De plus, le programme effectue un certain nombre de contrôles des données fournies et génère des messages d'erreur s'il y a lieu. Le modèle est finalement mis sous une forme codée, directement utilisable par le programme de calcul.

Le programme de transformation pluie-débit

qui, par une méthode de l'hydrologie urbaine (Caquot-Muskingum) appropriée, calcule les hydrogrammes d'entrée dans le réseau à partir des caractéristiques :

- de l'averse type (hyétoqramme) de fréquence choisie;
- de chaque bassin de ruissellement généralement défini par sa surface, sa pente moyenne, sa longueur et son coefficient d'imperméabilisation.

La méthodologie utilisée pour calculer les débits du ruissellement à prendre en compte sur les bassins urbanisés a été mise au point lors de l'étude expérimentale et méthodologique que SOGREAH a réalisée en 1970-1971 à la demande du ministère de l'Équipement et du Logement.

La détermination de la transformation pluie-ruissellement sur le bassin urbanisé comporte plusieurs opérations :

a) Détermination du débit maximal de fréquence décennale à l'exutoire de chaque bassin partiel par la connaissance des lois « intensité-durée-fréquence » de la pluie et l'utilisation de la formule de Caquot dont SOGREAH a ajusté expérimentalement les constantes;

b) Détermination de l'hydrogramme de crue associé au débit maximal décennal à l'exutoire de chaque bassin partiel, à partir des hyétoqrammes de fréquence décennale et par l'utilisation de la méthode Muskingum servant à simuler la transformation « hyétoqramme-hydrogramme ».

Ces deux premières opérations permettent de régler les paramètres de la transformation Muskingum-pluie-ruissellement sur chaque bassin partiel, de façon à pouvoir l'appliquer par la suite à n'importe quelle averse réelle reconstituée selon des caractéristiques fréquentielles déterminées.

c) Calcul de l'hydrogramme de crue de chaque bassin partiel correspondant à une averse donnée qui peut être une averse réelle observée dans le passé ou une averse-type de temps de retour déterminée.

Les deux premières opérations, qui constituent le réglage de la transformation pluie-ruissellement par l'application proprement dite de la méthode hydrologique, sont réalisées par un programme SOGREAH, PLURU 1.

La troisième opération, qui est l'exploitation du modèle hydrologique, est réalisée par le programme SOGREAH, PLURU 2 qui est associé au modèle hydrodynamique et lui fournit les débits entrant en chaque point du réseau du collecteur.

Le programme de calcul proprement dit

qui utilise pour effectuer le calcul de l'écoulement dans le réseau, les équations complètes de Barré de Saint-Venant et d'une méthode implicite.

L'intérêt d'une telle méthode sur les procédés classiques du type « Flood Routing » qui négligent bien souvent l'effet de remous qui sont inaptes au calcul des écoulements en charge, est évident si l'on pense au caractère éminemment transitoire des averses critiques.

Les équations de Barré de Saint-Venant sont :

a) l'équation de continuité :

$$\frac{1}{g} \frac{\partial (sv)}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0$$

qui exprime la conservation de la masse de fluide;

b) l'équation dynamique :

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{1}{g} v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + K_v |v| = 0$$

qui exprime la conservation de la quantité de mouvement.

Dans un réseau maillé ou ramifié, il nous faut encore écrire qu'en chaque nœud la somme des débits doit être nulle ($\sum Q = 0$).

Les équations ci-dessus ne possèdent pas de solution analytique mais peuvent, grâce à une double discrétisation dans le temps et dans l'espace, être résolues numériquement.

Le programme CAREDas utilise pour ce faire un schéma implicite de différences finies. Ce programme calcule

aussi bien les écoulements à surface libre qu'en charge jusqu'à la limite de débordement par les bouches d'égouts.

Les résultats complets peuvent être stockés sur une bande magnétique pour une exploitation ultérieure. Des résultats partiels sont imprimés sous forme d'un « listing ».

Le programme d'exploitation des résultats

qui permet notamment de présenter les résultats sous forme de courbes tracées automatiquement par traceur.

Le modèle mathématique suit les mêmes phases d'évolution qu'un modèle physique.

Le modèle mathématique

Sa conception

Il est conçu d'une façon analogue au modèle physique.

Sa construction

Il est formé de cartes perforées et de tables de données.

Son réglage

Le réglage s'effectue à partir d'observations: les paramètres de réglage sont introduits physiquement dans l'un et numériquement dans l'autre.

Son exploitation

Lorsque le modèle est réglé, les paramètres d'exploitation interviennent comme les paramètres de réglage.

Comme tout problème d'hydraulique commandé par un système d'équations aux dérivées partielles, il faut, parmi les données, faire figurer:

- les conditions aux limites: niveau de base aval (Seine, Marne); lois des déversoirs d'orage;
- l'état initial: un état initial, cohérent, doit servir d'origine aux calculs; cet état est, en fait, constitué par les débits de temps sec qui préexistent dans les réseaux.

Il importe d'ailleurs que, d'une part, l'état initial soit cohérent et, d'autre part, qu'il y ait préexistence d'un écoulement même réduit sinon le calcul n'accrocherait pas et divergerait très rapidement.

Les caractéristiques

Elles concernent actuellement une petite partie du modèle définitif:

Superficie	90 km ² env.
Longueur totale des collecteurs principaux ..	250 km
Nombre de tronçons principaux	458
Nombre de nœuds des maillages	360

Types de section des collecteurs

Nombre de singularités (barrages, seuils) ...

Nombre de bassins versants élémentaires ..

Nombre de données en fonction du temps

(conditions limites en niveau ou débit) ..

Cotes extrêmes du réseau

Les résultats

Le modèle donne la cote piézométrique et le débit aux extrémités d'un tronçon choisi en fonction du temps. Les résultats peuvent être stockés et ensuite ressortis pour ne faire apparaître que les valeurs maximales atteintes. Il donne aussi la différence entre la cote piézométrique atteinte et, d'une part, la cote de l'intrados de l'ouvrage et, d'autre part, la cote du terrain naturel. La structure du modèle permet de faire varier un grand nombre de données, ce qui conditionne l'efficacité de l'exploitation. Ces données variables peuvent être: le coefficient d'imperméabilisation des surfaces, leur pente et leur superficie, le type de l'averse, le coefficient de Strickler des canalisations, la section des canalisations, les caractéristiques des singularités, etc.

Son calage

Il est nécessaire, pour cerner d'une façon plus précise le coefficient de Strickler des collecteurs d'assainissement, d'effectuer sur un certain nombre d'entre eux des mesures de débit. Les procédés traditionnels de mesures au moulinet ne donnant pas de résultats suffisamment fiables, il a été fait appel à une technique nouvelle qui utilise les traceurs radioactifs, en l'occurrence le baryum dont la durée de vie est très courte (150 secondes) et qui est, de ce fait, satisfaisant sur le plan de la sécurité.

La méthode consiste à mesurer le temps de propagation d'un nuage radioactif à l'amont de deux sondes de mesures séparées par un intervalle de longueur connue. Il est nécessaire aussi de vérifier si le modèle mathématique établi représente convenablement le fonctionnement réel du réseau. Pour se faire, tous les épisodes pluvieux sont enregistrés ainsi que les variations de niveaux correspondants dans les ouvrages d'assainissement importants du département. Toutes ces informations sont rapatriées au siège du Service Départemental d'Assainissement en utilisant comme support les câbles téléphoniques. Les informations pluviométriques recueillies sont alors introduites dans le modèle et les résultats limnimétriques qui en découlent sont comparés aux faits réels observés. Le calage consiste donc en un ajustement du coefficient de ruissellement des sols et quelquefois du coefficient de Strickler de collecteurs.

Conclusion

L'importance et la complexité croissantes des infrastructures dans les grandes agglomérations et les investissements de plus en plus lourds que la satisfaction des besoins exige imposent que l'aménageur et l'exploitant disposent d'un outil de gestion et de programmation efficace.

Les problèmes posés par l'assainissement sont souvent négligés ou sous-estimés alors qu'ils sont fondamentaux. Nous espérons que le modèle de la Seine - Saint-Denis concourra à faire prendre conscience de cet aspect de la

planification urbaine et nous souhaitons que ces investigations puissent être approfondies en essayant, en particulier, de corrélérer concrètement les paramètres hydrauliques et ceux de l'urbanisation.

Discussion

Président : M. H. LORIFERNE

M. le Président remercie M. ROUSSET et M. LORGERÉ pour leur exposé très complet et ouvre la discussion.

Quelles ont été les pluies utilisées comme entrées dans le modèle mathématique de la Seine-Saint-Denis, demande M. DESBORDS (Faculté des Sciences de Montpellier) ?

Le départ, répond M. LORGERÉ, reste toujours la formule de M. CAQUOT dont certains exposants ont été réajustés à la lumière de mesures nouvelles; en effet, sa structure monôme est d'un emploi facile et simple et l'expérience nous assure de sa bonne représentativité statistique, tant que le bassin versant urbain considéré ne dépasse pas une trentaine d'hectares.

Aussi, avons-nous divisé le bassin total (90 km²) en un certain nombre (200) de sous-bassins partiels; d'une part, leur dimension restreinte nous autorise d'y considérer comme constants les facteurs de la formule de M. CAQUOT (pente, coefficient de ruissellement, averse uniforme...), d'autre part, leur dimension moyenne (45 ha) se rapprochait de la valeur unitaire de 30 hectares. Nous avons donc fait une légère extrapolation, pour ne pas multiplier les sous-bassins et alourdir le modèle, pour un gain de précision peut-être asymptotique, sinon illusoire.

De toute manière, le modèle apparaît comme un procédé d'extrapolation spatiale (45 ha - 90 km²).

M. NORMAND poursuit :

A l'entrée de chaque bassin élémentaire (sous-bassin) il faut définir un hyétogramme donnant en fonction du temps les intensités de la pluie au cours de l'averse-type choisie (averse décennale, par exemple) et en déduire l'hydrogramme correspondant.

La composition et l'intégration de ces divers éléments dans l'ensemble du bassin pose de nombreux problèmes. J'ai eu l'occasion de présenter une étude à la tribune de la S.H.F. il y a deux ans (a), mais il reste beaucoup à faire.

Le bassin considéré étant, ici, relativement étendu, il convient de choisir un ou plusieurs « centres » pour l'averse-type et de se donner une loi d'atténuation des intensités pluviométriques en fonction de la distance du centre de gravité des divers sous-bassins à ce centre. Enfin, il faut faire une hypothèse sur le décalage dans le temps d'un sous-bassin à l'autre du maximum des divers hyétogrammes. En fait, il est nécessaire de se constituer une panoplie des diverses averses possibles ou plutôt plausibles. Les mesures en cours, par les Services de M. ROUSSET, sur le bassin considéré, nous permettront d'améliorer les ajustements admis initialement sur notre modèle.

Les hydrogrammes ainsi déterminés pour chaque sous-bassin sont ensuite composés entre eux, compte tenu de leur propagation dans le réseau en utilisant les équations de Saint-Venant relatives aux écoulements non permanents.

M. RÉMÉNÉRAS présente les remarques suivantes :

Les deux conférenciers ont souligné la difficulté de fixer les paramètres hydrologiques du bassin : temps de concentration, coefficient de ruissellement, type de hyétogramme et d'hydrogramme, etc. Surtout lorsqu'il existe déjà un réseau d'assainissement dans la zone étudiée, il serait souhaitable de généraliser comme « règle de l'art » en la matière, le relevé pendant un an ou deux des hyétogrammes et des hydrogrammes y conjugués (b) afférents à toutes les averses de quelque importance tombant sur le bassin. Cela n'exigerait que l'installation de deux ou trois pluviographes et d'un petit nombre de stations de jaugeage (sur bouches d'égouts). Les frais correspondants ne représenteraient qu'un faible pourcentage

des investissements correspondant à l'extension projetée du réseau d'assainissement; non seulement une telle pratique permettrait de mieux ajuster le projet intéressé aux conditions locales, mais l'on recueillerait *ipso facto* une série de renseignements généraux qui permettraient d'établir un catalogue de paramètres plausibles dans les divers cas de la pratique et de se faire une idée de leur modification par l'action de l'homme (par exemple, par la construction dans la banlieue parisienne d'une cité résidentielle sur un terrain jusque-là occupé par des cultures maraichères!). On pourrait ainsi appliquer avec plus de sûreté la méthode de « transposition des averses » à la détermination des débits maxima à craindre.

Pour être bref, répond M. LORGERÉ, j'ai omis de signaler que, parallèlement à nos calculs sur modèle, il était procédé sur le réseau de la Seine-Saint-Denis à une série de mesures de débit par traceurs radioactifs (sous l'égide du L.N.H. de Chatou) et à des mesures pluviométriques. Il y a deux types de paramètres qu'il faut préciser par ces mesures : la rugosité des conduites et les coefficients de ruissellement (ou d'imperméabilisation) du sol. La marge d'incertitude est beaucoup plus grande sur le second type de paramètres que sur le premier : aussi, un des buts des mesures est-il de tenter de préciser ces paramètres de second type.

M. ROUSSET souligne l'intérêt d'essayer de déterminer le coefficient de ruissellement correspondant à divers types d'urbanisation; une tentative dans ce sens est en cours grâce au réseau de télémesures installé dans la Seine-Saint-Denis.

M. RODIER signale qu'une étude effectuée, il y a quelques années, par l'O.R.S.T.O.M. sur les réseaux de Brazzaville et de Niamey, a conduit à des conclusions analogues à celles présentées par M. NORMAND. Il faut compter deux années de relevés des couples « hyétogrammes-hydrogrammes » pour avoir une bonne idée des temps de concentration et des coefficients de ruissellement dans ces zones assez fortement urbanisées même si, comme à Niamey, elles comportent des jardins. M. RODIER souhaiterait avoir quelques précisions sur la manière dont on a tenu compte de « l'abattement » pour le calcul de la lame d'eau moyenne tombant sur le bassin.

M. ROUSSET répond :

Le modèle en est à sa première phase, actuellement à peu près terminée; il a donné des résultats pour un bassin de 90 km², représentant, en gros, un peu plus du tiers de la surface totale étudiée. On a décidé de l'étendre à l'ensemble du département, c'est-à-dire sur 235 km². On a traité d'abord les 90 km² constituant la partie centrale unitaire du réseau : la plus difficile, notamment en raison du grand nombre d'éléments ramifiés qu'elle comporte; on espère réaliser un modèle global pour tout le réseau.

M. ROBERT intervient en ces termes :

Je voudrais faire une remarque qui va dans le même sens que l'intervention de M. RÉMÉNÉRAS, à savoir l'importance que des

(a) Cf. 1^o *Compte rendu des XI^{es} Journées de l'Hydraulique* : Rapport II-1, « Etude expérimentale du ruissellement urbain ».

2^o *La Houille Blanche*, N^o 3/1971, p. 231, « Modèles pour l'étude du ruissellement urbain ».

(b) A notre avis, les couples « hyétogrammes-hydrogrammes » devraient être strictement analysés suivant la classique théorie de l'hydrogramme unitaire éventuellement modernisée pour permettre le traitement sur ordinateur (Cf. par exemple, *l'Hydrologie de l'Ingénieur*, chapitre VIII, Eyrolles, Paris).

mesures — même assez grossières — mais faites sur tout le territoire — peuvent apporter dans ce domaine. Je me demande — et certainement la commission que préside M. LORIFERNE y a pensé — si l'attention des services locaux responsables d'exploitations de réseaux d'égout ne pourrait pas être attirée là-dessus.

D'autre part, en France, nous utilisons, dans les problèmes d'assainissement, la formule de CAQUOT basée sur les relevés pluviographiques et les études de M. GRISOLLET à l'Observatoire de Montsouris; malgré quelques études plus récentes, telles que celles de M. GODARD, nous manquons de mesures en d'autres sites du territoire. Il faut donc les encourager.

Un premier point me paraît fondamental du point de vue économique; M. CAQUOT se réfère, dans sa formule, à l'averse-type de fréquence décennale; celle-ci n'a une signification précise que dans la mesure où l'on indique la durée des observations qui ont permis de la déterminer (une soixantaine d'années à Montsouris); or, ce qui compte dans ce genre de calcul, c'est la fréquence à prévoir pour l'avenir, c'est-à-dire la probabilité; la détermination de celle-ci comporte encore des incertitudes très importantes. Je serais heureux de savoir si ce problème de l'imprécision de nos connaissances sur la période de retour d'une averse-type déterminée — qui, du point de vue économique, est essentiel — a été abordé et quelle position il convient de prendre à ce sujet.

Sur le premier point, répond M. le Président, je suis bien d'accord avec M. RÉMÉNÉRAS; il faut collecter un peu plus d'expérimentations sur des centaines de bassins versants pour coller le plus possible à la réalité. On tente d'ailleurs, dans la région parisienne — en dehors de l'effort spécial de la Seine-Saint-Denis — de faire d'autres mesures et expérimentations, notamment à Rungis, de façon à avoir des données plus précises.

Sur le second point soulevé par M. ROBERT, concernant l'insuffisance de données pour établir des courbes « intensité-durée-fréquence » pour diverses régions, M. DARGENT pourra nous en parler tout à l'heure. On a déjà fait un effort pour créer un réseau de pluviomètres et de pluviographes suffisamment dense et pour mieux connaître les courbes susvisées applicables à différentes régions; cet effort sera poursuivi.

La troisième question posée par M. ROBERT est une question fondamentale, mais c'est toute une autre conférence qu'il faudrait faire pour l'aborder. Ce peut être un sujet pour une prochaine réunion.

M. CASTEX signale l'existence, au Laboratoire de l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, d'un modèle réduit physique schématique sur lequel il est possible d'étudier la corrélation entre le tracé des isohyètes et celui des hydrogrammes. C'est un petit bassin versant de 70 m² sur lequel on peut faire varier divers paramètres : intensité et répartition de la pluie, pente, etc. La difficulté principale réside dans l'extrapolation des résultats obtenus, sur un tel modèle, à un bassin versant naturel de plusieurs kilomètres carrés. L'expérimentation est en cours.

M. le Président clôt la discussion en remerciant tous ceux qui ont contribué à l'animer et appelle à la tribune M. DARGENT et M. BANSARD pour l'exposé de la communication qu'ils ont rédigé en collaboration.

Dans un premier temps, dit M. DARGENT, je compte vous exposer rapidement les motivations de l'étude et l'emploi qui est envisagé de l'outil maintenant créé; ensuite, M. BANSARD vous exposera, plus en détail, les modalités de réalisation du modèle, les difficultés qui ont été rencontrées et les solutions qui ont été adoptées pour y remédier.