



L'HYDRAULIQUE DES RÉSEAUX D'ASSAINISSEMENT URBAINS

PAR J. GARANCHER *

L'assainissement des agglomérations a pour objet :

- a) l'évacuation des eaux pluviales de manière à empêcher leur pénétration dans les immeubles, à permettre une circulation aisée dans les rues en temps de pluie, et à éviter toute stagnation dans les points bas après les averses;
- b) l'élimination des eaux et des matières usées : eaux ménagères (cuisines, toilettes, buanderies, salles de bains), eaux vannes (urines et matières fécales), eaux résiduaires industrielles.

Débits pluviaux

Il appartient aux météorologistes, associés aux statisticiens, de déterminer les volumes d'eaux pluviales qui doivent être évacués par les divers tronçons du réseau d'assainissement desservant une agglomération.

Les statisticiens interviennent en fonction d'une option, d'ordre économique, prise par les autorités responsables de l'administration de la collectivité.

Il n'est en effet pas possible d'assurer en toute circonstance une circulation facile, et de garantir de manière absolue la protection des riverains.

Certaines précipitations revêtent un caractère exceptionnel et l'on ne pourrait se prémunir contre leurs conséquences que moyennant la construction de très gros ouvrages, dont la réalisation conduirait à des dépenses prohibitives.

Il est généralement admis que le réseau d'égouts doit pouvoir absorber l'« orage décennal ». Celui-ci

correspond à la précipitation dont l'intensité, d'après les statistiques, n'a de chance d'être atteinte qu'une fois tous les dix ans.

Dans ces conditions, si des dommages sont causés du fait des eaux pluviales, dans une agglomération donnée, la jurisprudence pourra opter, plus ou moins nettement, pour l'une des deux positions suivantes :

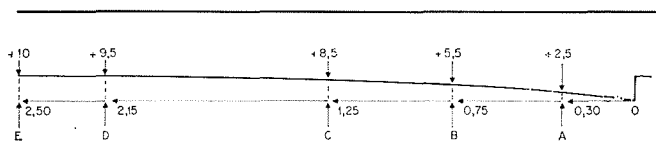
Considérer qu'une précipitation déterminée, correspondant par exemple à une périodicité statistique supérieure à celle pour laquelle ont été prévus les ouvrages d'assainissement, présente un caractère exceptionnel et qu'il s'agit d'événements imputables à la force majeure, n'ouvrant aucun droit à indemnité.

Considérer que la collectivité publique est en toute circonstance responsable des dommages subis; qu'elle ne saurait, sans contrepartie, être admise à limiter la capacité d'évacuation du réseau d'assainissement qui dessert l'agglomération; que les économies faites lors de la construction des ouvrages, en ne les calculant pas de manière qu'ils puissent faire face à toutes les situations, doivent être compensées par une indemnisation de tous les préjudices subis.

La décision à prendre par la collectivité publique concernant la capacité d'évacuation du réseau pluvial tiendra donc compte non seulement des circonstances d'ordre physique, mais aussi de la jurisprudence actuelle ainsi que de son évolution probable. Elle constitue un calcul d'assurance.

Cette décision ayant été prise, des méthodes de calcul ont été mises au point, qui permettent, à partir de certaines données de base, de déterminer les débits pluviaux à prendre en compte en tout point d'une agglomération.

* Ingénieur des Arts et Manufactures; Ingénieur en chef de la Construction; Chargé de mission au Secrétariat permanent pour l'Étude des Problèmes de l'Eau.



I/ Profil de voirie. Distances en mètres à partir de l'origine O (bordure du trottoir). Cotes en centimètres au-dessus du plan horizontal passant par O.

Road cross-section. Distance from kerb edge (O) in metres. Heights above O-plane in centimetres.

Ces données, utilisées directement (méthode de calcul dite « superficielle »), ou indirectement (méthode de calcul « linéaire ») sont, si l'on se réfère aux instructions de la circulaire interministérielle 1333 du 22 février 1949, codifiant en France les instructions techniques antérieures concernant l'assainissement des agglomérations :

- la surface du bassin versant concentrant les effluents pluviaux au point considéré;
- la pente moyenne des différents trajets parcourus par l'eau dans ce bassin versant;
- le coefficient moyen de ruissellement de ce bassin.

Débits d'eaux usées

Le réseau d'assainissement d'une agglomération doit pouvoir évacuer le débit de pointe des eaux usées de la population future susceptible d'être implantée dans un complet développement de la population.

Le chiffre de la population future, répartie selon les divers quartiers, résulte des travaux des urbanistes.

Le volume moyen maximal futur d'eaux usées rejeté par habitant peut être apprécié grâce à une extrapolation faite en fonction de l'évolution des fournitures d'eaux enregistrées pour les jours de plus forte consommation. Toute l'eau fournie ne se retrouve cependant pas dans les égouts, du fait des pertes dans la distribution, de l'arrosage des jardins; l'eau de lavage des rues ne rejoint pas, d'autre part, les eaux usées dans le cas d'un réseau séparatif; la perte totale atteint fréquemment 30 %.

Le volume moyen maximal futur peut plus simplement résulter d'une appréciation, compte tenu de l'importance de la ville et d'un ensemble de données statistiques dont on peut disposer. Disons qu'il paraît prudent, pour une agglomération de moyenne importance, de ne pas descendre au-dessous de 250 l par habitant et par jour, l'évaluation pouvant atteindre, voire dépasser 500 l pour de grandes villes.

L'application d'un coefficient de pointe, dépendant de la population desservie, au volume moyen maximal futur permet d'évaluer, en tout point de l'agglomération, le débit d'eaux usées à évacuer (on adopte, en première approximation, pour le coefficient de pointe, la valeur 3 pour les têtes du réseau et l'on descend jusqu'à 2 et au-dessous dans les parties aval).

L'évacuation des effluents industriels pose parfois des problèmes importants qu'il n'est pas possible d'aborder dans cet exposé. Il convient, en fonction de la nature des eaux résiduelles et des

débits, de décider si celles-ci doivent être ou non, au moins partiellement, transitées par le réseau urbain et, dans l'affirmative, pour les cas où il est réalisé une séparation des eaux dans l'agglomération, de faire le partage entre celles qui sont à rejeter au réseau pluvial, et celles qui doivent être acheminées au réseau d'eau usées, avec ou sans prétraitement.

Systemes d'assainissement

L'étude de la répartition des débits à évacuer (eaux pluviales et eaux usées), constitue l'un des facteurs de la décision à prendre concernant le système d'assainissement à adopter.

Les autres éléments à considérer tiennent à la structure du site (relief, hydrographie), à des considérations d'ordre hygiénique qui peuvent, en certaines circonstances, imposer à elles seules la décision.

Celle-ci cependant résultera bien souvent de considérations financières, la mise en place d'un système d'assainissement donné apparaissant *a priori*, ou après étude comparative, comme la plus économique.

Rappelons que les réseaux d'assainissement relèvent :

- soit du système unilaire, toutes les eaux, tant usées que pluviales, étant collectées par une canalisation unique;
- soit du système séparatif, impliquant une collecte séparée des eaux usées et des eaux pluviales;
- soit du système pseudo-séparatif, dans lequel les eaux pluviales et les eaux usées sont en principe collectées séparément, mais où l'on admet, pour divers motifs, l'envoi d'une certaine quantité d'eaux pluviales dans le réseau collectant les effluents usés.

Quel que soit le système de collecte utilisé :

- a) L'acheminement d'effluents contenant des eaux usées doit se faire par voie souterraine, pour des motifs évidents tenant à l'hygiène. Cette règle ne saurait être transgressée que dans des circonstances particulières et, en tous cas, hors de l'agglomération proprement dite (l'Emscher dans la Ruhr). Elle ne fait naturellement pas obstacle à l'établissement de déversoirs d'orage auxquels on ne peut pratiquement pas se dispenser de recourir, en système unitaire. Encore faut-il que le milieu recevant les surverses puisse assurer une dilution suffisante et ne nécessite pas une protection spéciale;
- b) Il est inutile, chaque fois que l'on peut s'en dispenser, de transiter les eaux pluviales (ruissellement des chaussées et eaux de toitures), dans un réseau souterrain. Il convient, dans toute la mesure du possible, d'aménager le ruissellement dans les terrains privés ou le long des caniveaux de la voirie publique, et de ne recourir à un écoulement souterrain que lorsque les débits à acheminer sont trop importants pour être évacués par voie superficielle.

On trouvera (fig. 1), un profil de voirie courante rencontrée, par exemple, dans des voies de des-

serte de communes de la banlieue parisienne, et le calcul des débits pluviaux susceptibles d'être transités par le caniveau, en fonction de la largeur de la chaussée recouverte par le flot (tableau 1), pour diverses pentes de la voirie.

On a utilisé, pour le calcul des débits, la formule suivante proposée par la circulaire CG 1333, afin de mettre sous une forme logarithmique, les équations de Chézy-Bazin pour un coefficient d'écoulement $\gamma = 0,46$ (coefficient caractérisant un écoulement d'eaux pluviales ou d'effluents unitaires dans des conditions moyennes d'entretien du dispositif).

$$Q = 60 R^{3/4} I^{1/2} S \text{ (abaque fig. 2)}$$

Q : est le débit des eaux;

R : est le rayon hydraulique moyen caractérisant l'écoulement;

I : est la pente longitudinale de la voie;

S : est la section transversale de l'écoulement.

On enseigne traditionnellement que l'on peut admettre le ruissellement superficiel tant que, dans une voie, les débits pluviaux à évacuer ne dépassent pas, lors de l'orage décennal, 80 l/s, soit 40 l/s par caniveau.

L'examen du tableau 1 montre que le caniveau type envisagé ne peut évacuer un débit de cet ordre, bien qu'encore un peu inférieur (34,40 l/s), qu'avec une submersion totale de la chaussée, pour une voie ayant une pente considérable (200/10 000).

Les résultats du calcul paraissent concorder avec les observations faites lors d'orages qui, bien qu'importants, se retrouvent notablement plus fréquemment que l'orage décennal. Les caniveaux deviennent en fait rapidement difficiles à franchir, ce qui ne présente pas d'inconvénient majeur dans la plupart des cas, la circulation des piétons, ainsi que celle des voitures, étant alors très limitée, voire arrêtée.

On notera cependant que si l'on désire, dans une voie donnée, assurer une circulation facile par temps de pluie, une attention spéciale doit être apportée au problème du ruissellement superficiel.

Dans tous les cas, d'autre part, il conviendra de mettre en place des bouches d'égout suffisantes pour absorber les avalaisons pour lesquelles ont été calculés les caniveaux.

On peut probablement regretter que l'emploi de bouches largement ouvertes, comme à Paris, ne soit pas plus répandu.

Certaines municipalités ont été conduites à concevoir des caniveaux largement dimensionnés, à Tarbes par exemple. Il conviendrait d'être certain que les avantages qu'ils présentent lors des précipitations ne sont pas contrebalancés par un danger permanent, en particulier pour la circulation automobile.

On souhaiterait enfin que, dans les projets d'ensembles immobiliers présentant des propositions affranchies du concept d'un alignement des immeubles au long d'une voie traditionnelle, une attention spéciale soit portée au problème de l'évacuation superficielle des eaux pluviales des toitures et du ruissellement de la voirie, de manière à éviter un développement abusivement coûteux d'antennes souterraines réservées aux écoulements pluviaux.

c) Il se pose, lors des changements de section des ouvrages (la section ne pouvant pratiquement qu'augmenter de l'amont vers l'aval (*)), le problème du raccordement des collecteurs. Celui-ci doit-il s'opérer par le radier ou par la génératrice supérieure?

Des hydrauliciens se sont affrontés sur ce problème, chacun justifiant avec un large développement de calculs et de savantes considérations sur la position de la ligne piézométrique, la solution qu'il préconise.

Je pense, personnellement, que l'on peut écarter délibérément tous les raisonnements théoriques, par la seule considération du matériel moderne d'entretien des égouts qui ne saurait s'accommoder d'un raccordement effectué par la voûte. Des exemples pourraient être utilement donnés, en se référant par exemple, au matériel d'entretien utilisé par le Service des eaux et de l'assainissement du Bas-Rhin.

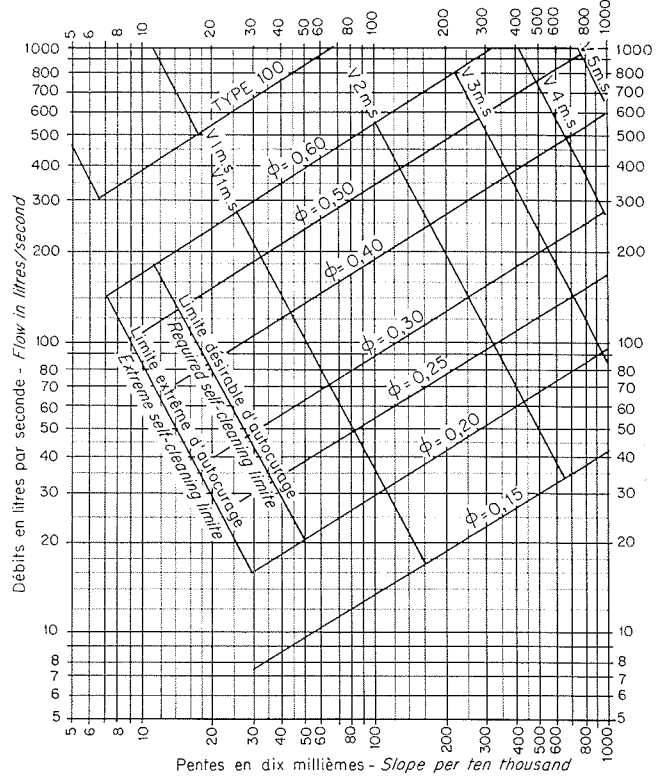
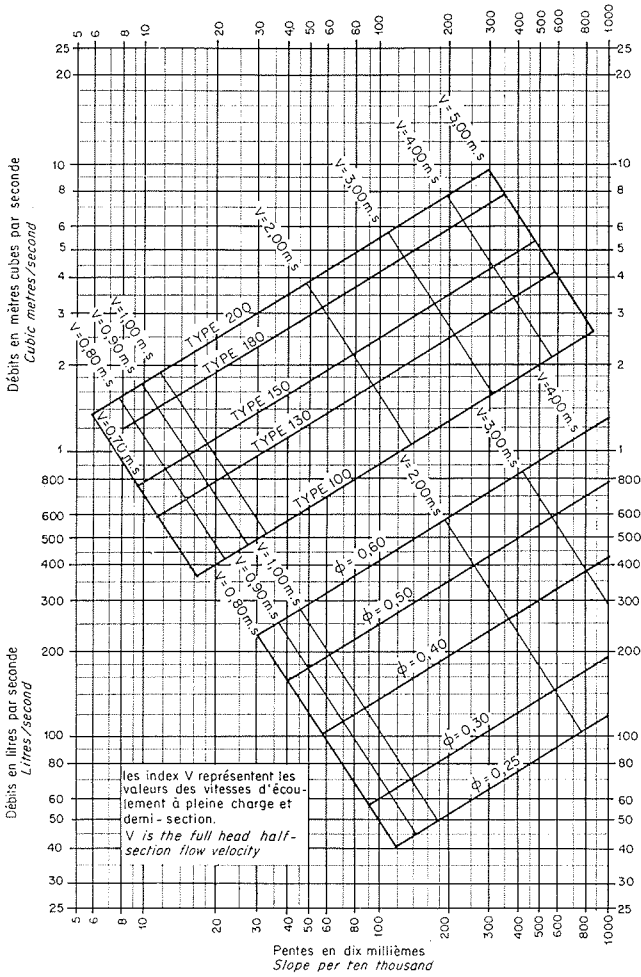
d) Les abaques établis pour les calculs des sections, soit à partir de la formule précédemment don-

(*) Il serait possible qu'à la faveur d'une augmentation de la pente longitudinale, on puisse, en théorie, envisager une diminution de la section; une telle disposition est à condamner dans un réseau d'égouts, car elle peut être à l'origine d'obstructions.

Débit du caniveau — Gutter flow

Tableau 1 — Table 1

LARGEUR DU FLOT DEPUIS LA BORDURE DU TROTTOIR JUSQU'EN Width of flow from kerb edge to	SURFACE D'UNE SECTION D'ÉCOULEMENT Flow cross-sectional area S (cm ²)	PÉRIMÈTRE MOUILLÉ Wetted perimeter P (cm)	RAYON HYDRAULIQUE MOYEN Mean hydraulic radius R (cm)	DÉBITS EN LITRES PAR SECONDE POUR DES PENTES, EN 1/10 000*, DE Flow in litres/second for various slopes (per ten thousand)			
				20	50	100	200
A	37,5	32,6	1,15	0,11	0,18	0,25	0,35
B	206,25	80,7	2,55	1,12	1,77	2,50	3,53
C	531,25	133,8	3,97	4,02	6,36	9,00	12,72
D	1 021,25	224,7	4,55	8,53	13,49	19,07	27,00
E	1 250	260,2	4,80	10,88	17,20	24,32	34,40



3/ Abaque (eaux usées). $Q = 70 R^{2/3} I^{1/2} S$ (coefficient de Bazin $\gamma : 0,25$).

Graph for sewage. $Q = 70 R^{2/3} I^{1/2} S$ (Bazin coefficient $\gamma : 0.25$).

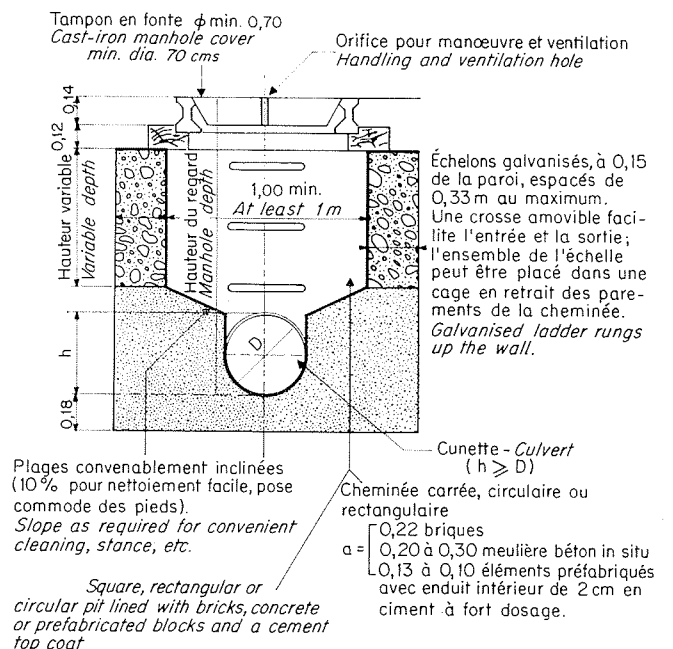
2/ Abaque (pluvial et unitaire). $Q = 60 R^{3/4} I^{1/2} S$ (coefficient de Bazin $\gamma : 0,46$).

Graph for standard rainwater sewers. $Q = 60 R^{3/4} I^{1/2} S$ (Bazin coefficient $\gamma : 0.46$).

4/ Regard de visite sur canalisation circulaire de diamètre $\leq 0,60$ m.

Inspection manhole for circular-section pipes up to 60 cm dia.

Les regards permettent d'assurer le curage et l'entretien du réseau. Sur les ouvrages visitables, les regards ne seront pas éloignés de plus de 50 m dans les égouts de moyenne importance, pour permettre en cas de danger une sortie rapide des ouvriers. Pour de grands ouvrages comportant une banquette de circulation ou des égouts visitables en service normal, les intervalles peuvent être notablement majorés. Ils atteignent couramment 300 m dans le cas d'égouts très profonds pour lesquels les regards de visite sont particulièrement coûteux. Sur les ouvrages non visitables, il en est établi à chaque changement de pente, de direction ou de section des canalisations et à tous points de jonction des conduites publiques. Dans les alignements importants, ils sont assez rapprochés pour permettre un tringlage commode (35 m avec les anciens matériels; jusqu'à 60 m avec les engins modernes de curage).



née pour les réseaux pluviaux ou pour les conduites unitaires :

$$Q = 60 R^{3/4} I^{1/2} S$$

(coefficient d'écoulement $\gamma = 0,46$) (abaque fig. 2), soit à partir de la formule concernant les réseaux d'eaux usées (abaque fig. 3)

$$Q = 70 R^{2/3} I^{1/2} S$$

comportent des tracés limitant le champ d'application de l'abaque, de manière à éviter que les vitesses obtenues dans les canalisations supposées fonctionner à pleine section ne tombent en-dessous d'une valeur qui ne permet plus l'entraînement des dépôts. C'est le problème de l'autocurage des conduites. C'est aussi celui des chasses automatiques qui, d'après la réglementation en vigueur, sont à établir à l'amont de toutes les antennes du réseau, là où tout autocurage est pratiquement impossible, même avec de fortes pentes, du fait de l'insuffisance des débits. Des chasses déchargent donc périodiquement, cinq ou six fois par jour par exemple, un volume d'eau de 250, 300, 500 l ou davantage, de manière à assurer le curage des têtes de réseau.

Le principe est bon, mais, à l'usage, les chasses se dérèglent vite et conduisent à un gaspillage d'eau sans efficacité véritable.

Il semble beaucoup plus efficace de prévoir un entretien systématique, à l'aide d'un matériel spécialisé effectuant par exemple, selon un programme préétabli à l'échelle de tout le réseau, des chasses d'eau à haute pression.

Ce matériel d'entretien régulièrement employé pourrait conduire tant en premier investissement

(l'équipement complet d'un réseau en chasses automatiques coûte cher), qu'en dépenses d'exploitation (eau dépensée à plus ou moins bon escient), à des économies sensibles. Cette économie peut avoir d'ailleurs une valeur intrinsèque plus importante que celle qui peut être immédiatement exprimée en termes monétaires.

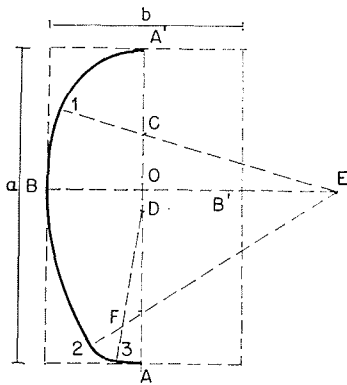
e) Des considérations d'ordre hydraulique ont conduit à prescrire certains dispositifs, dans les ouvrages annexes des réseaux d'assainissement. On citera en exemple les instructions concernant la cunette des regards de visite, qui ont été établies dans l'intention d'assurer la continuité du flot (eaux usées dans les conduites séparatives, flot de temps sec dans les égouts unitaires). Il apparaît que le fait de prévoir une cunette ayant une profondeur égale au diamètre de la canalisation (fig. 4), assure bien la continuité de l'écoulement, mais peut être un obstacle à l'emploi facile de matériels de curage mécanique. L'inconvénient du dispositif l'emporte alors largement sur les avantages qu'il procurerait.

L'emploi de collecteurs ovoïdes a, d'autre part, été conseillé dans les égouts unitaires, du fait qu'ils assurent une meilleure concentration du flot de temps sec et donc une plus grande vitesse d'écoulement, favorisant ainsi l'autocurage (la figure 5 fournit sur ce point les éléments d'appréciation).

L'avantage retiré, notamment pour une collectivité qui dispose de moyens mécaniques de curage modernes, moyens qui sont plus faciles à mettre en œuvre dans des conduits circulaires que dans des ovoïdes, n'est pas tel qu'il puisse faire consentir au supplément de dépense qu'entraîne le plus

Les éléments ci-dessous, obtenus à partir de la norme NF P 16-401, permettent de construire facilement les sections intérieures des différents ovoïdes normalisés.

Types	Dimensions en centimètres								Surface (en m ²)	
	a x b	α	r_0	r_1	r_2	r_3	Périmètre	R rayon hydraul. moyen		
Exceptionnellement visitables...	T. 100	100 x 62,5	51,55	50	16	90	27,75	264	19,3	0,51
	T. 130	130 x 60	68,85	62	18,25	117	36	341	24,3	0,63
Semi-visitables.	T. 150	150 x 90	83,15	70	18,75	135	41,5	390	28	1,09
Visitables.	T. 180	180 x 108	100,35	70	22,5	162	50	468	33,5	1,57
	T. 200	200 x 120	111,35	70	22	180	55,5	519	37,2	1,93



Construction de la section intérieure.
 Tracer un rectangle de côtés a et b; son axe AA'; la droite BOB' définie par AO- α .
 Marquer les points :
 C tel que A'C = r_3 ;
 D tel que AD = r_0 ;
 E tel que BE = r_2 ;
 F intersection des arcs de cercle :
 de centre D et de rayon r_0 - r_1 ;
 de centre E et de rayon r_2 - r_1 .
 Le demi-profil de l'ovoïde normalisé se compose des arcs de cercle :
 A' - 1 centre C rayon CA' = r_3 ;
 1-B - 2 centre E rayon EB = r_2 ;
 A - 3 centre D rayon DA = r_0 ;
 2 - 3 centre F rayon
 F - 2 = F - 3 = r_1 .

Type	Rayon hydraulique moyen	Rayon de l'arc		Rayon du circulaire équivalent (cm)
		A-3	3-2	
		T 100	19,3	
130	24,3	125	36,5	100
150	28	140	37,5	110
180	33,5	140	45	135
200	37,2	140	44	150

Eléments permettant d'apprécier la concentration du flot de temps sec.

5/ Egouts ovoïdes normalisés. / Standard ovoid-section sewer particulars.

Tableau 2 — Table 2

Comparaison des conditions d'écoulement d'un même débit dans des conduites de différents diamètres

RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LA POPULATION A DESSERVIR ET LES DÉBITS A ÉVACUER	CARACTÉRISTIQUES DES CANALISATIONS	DÉBIT A PLEINE SECTION Q (l/s)	VITESSE A PLEINE SECTION V (m/s)	q/Q	q _m /Q	VITESSE (m/s) POUR LE DÉBIT	
						q	q _m
Population 1 500 habitants Débit moyen d'eaux usées 150 l/hab.j d'où q _m = 2,6 l/s q = q _m × p = 2,6 × 3 = 7,8 l/s	0,15 m de diamètre pente 30/10 000 ^{es}	7,8	0,42	1	0,33	0,42 × 1 = 0,42	0,42 × 0,9 = 0,38
	0,40 m de diamètre pente 30/10 000 ^{es}	105	0,80	0,075	0,025	0,80 × 0,55 = 0,44	0,80 × 0,3 = 0,24

souvent le recours à un ouvrage ovoïde plutôt qu'à un circulaire équivalent.

La pittoresque technique du curage à la boule, en particulier pour les siphons, implique enfin de recourir à un équipement relativement compliqué des têtes de siphons. Là aussi, l'emploi de moyens modernes de curage conduira souvent à renoncer à une technique qui a, dans le passé, rendu d'appréciables services.

Particularités relatives aux collecteurs d'eaux usées en système séparatif

On a coutume d'insister, dans les cours d'assainissement, sur le fait qu'un autocurage correct ne saurait être obtenu si l'on adopte, pour les canalisations, des sections notablement supérieures à celles qui permettent d'évacuer le débit de pointe de la population future.

On trouvera, consignés sur le tableau 2, les résultats qu'entraîne, pour les vitesses d'écoulement d'un débit moyen q_m et d'un débit de pointe q, la substitution d'une conduite de 0,40 m de diamètre, à la canalisation de 0,15 m qui serait strictement suffisante pour les besoins de la population à desservir.

La valeur de la vitesse est légèrement augmentée pour le débit de pointe, mais diminue de 36 % en ce qui concerne le débit moyen (0,25 m/s au lieu de 0,38 m/s), pour lequel on doit plus spécialement craindre les risques de dépôt.

Il semble bien que, devant la sécurité que procure, même pour des réseaux dans lesquels l'autocurage n'est pas assuré de façon pleinement satisfaisante, le recours à des techniques modernes d'entretien, les arguments que l'on peut tirer d'une abstraite théorie de l'hydraulique soient d'assez peu de poids en face d'un certain nombre de constatations pratiques formulées par des exploitants de diverses régions de France, concernant des obstructions de canalisations de 15 cm de diamètre.

Ces obstructions ne se produiraient probablement pas si les tuyauteries de descente des immeubles comportaient, avant le branchement à la canalisation publique, un siphon disconnecteur.

Les inconvénients d'une obstruction se trouveraient reportés à l'intérieur des immeubles, et ce transfert de difficulté ne semble pas autoriser le pouvoir réglementaire à user de son autorité pour imposer de tels siphons.

Peut-être conviendrait-il, dans ces conditions, au grand dam de la théorie pure, de recommander, pour les conduites d'eaux usées, de ne pas descendre au-dessous d'un diamètre de 0,20 m.

Écoulement en charge

Mise à part une courte allusion à l'exploitation des siphons, le présent exposé n'a fait état que de techniques comportant un écoulement libre.

Si l'écoulement dans les canalisations d'assainissement ménage habituellement une interface air-eau, une mise en pression des ouvrages ne présente pas cependant un caractère exceptionnel.

Elle est de règle, dans bon nombre de tronçons d'un réseau unitaire, pour un orage de quelque importance, et il est admis que la ligne piézométrique peut atteindre la cote de la chaussée. Le projeteur profitera de cette facilité pour réaliser, dès le stade de l'avant projet, des économies qui peuvent être substantielles sur certaines sections de canalisations.

Il en résulte que le réseau d'égouts ne dessert pas en principe les sous-sols. Ceux qui désireraient y établir des évacuations devront opérer un relèvement des eaux usées qui y seraient collectées, avant de les acheminer à l'égout.

Certains pays étrangers ne suivent pas, en ce domaine, la réglementation française. En France même, des accommodements sont apportés au principe, notamment dans des régions viticoles où les appareils de vinification sont souvent établis dans les caves.

Il en résulte également que tout établissement, dans une zone urbaine, d'un réservoir d'eau d'alimentation à une cote inférieure à celle du sol naturel, présente un danger. On sera en effet alors tenté de relier le trop-plein de ce réservoir à un égout voisin et toute sécurité, même faisant appel au meilleur des clapets, ne serait qu'illusoire. Des accidents mortels récents sont imputables à des

erreurs dans ce domaine. Disons d'ailleurs que, si surélevé que puisse être un réservoir d'eau, son trop-plein ne saurait jamais être directement relié à un égout. La mise en communication directe de l'atmosphère d'un égout avec une capacité contenant de l'eau de consommation ne peut en effet que porter à critique et une interruption franche, à l'air libre, de la conduite de trop-plein est obligatoire.

Un écoulement sous pression est d'autre part de règle dans les conduites de refoulement. Le dispositif n'appelle pas de commentaire très spécial. Il convient cependant, pour éviter des usures de matériel de pompage, de réaliser un dessablage poussé des effluents. On notera, de plus, que des difficultés peuvent survenir à la sortie d'une conduite de refoulement qui délivrerait les eaux relevées dans une canalisation fonctionnant par gravité. La différence des régimes hydrauliques peut, en effet, conduire à des dégagements corrosifs qui attaquent les matériaux des conduites.

Certains réseaux peuvent, d'autre part, être établis en recourant systématiquement à des conduites sous pression, de manière à permettre, par exemple, le franchissement d'une dépression par des effluents en provenance de quartiers hauts (ville de Caen), ou à acheminer les eaux usées de tels quartiers jusqu'à une station d'épuration située en zone basse, en les délivrant à une cote suffisamment élevée pour permettre leur traitement sans relèvement (agglomération de Tours).

Ces techniques nécessitent le recours à des matériaux appropriés, à des ouvrages annexes spéciaux (regards étanches en particulier), mais ne soulèvent aucune difficulté notable tant dans la construction que dans l'exploitation du réseau. Cette dernière, d'après certaines municipalités, serait même plus facile dans les tronçons en charge que dans les conduites à écoulement libre.

La technique de l'écoulement sous pression est encore utilisée pour résoudre des problèmes posés par l'écoulement des eaux pluviales jusqu'à un fleuve soumis aux influences de la marée (ville de Bordeaux).

Elle peut se lier à la mise en œuvre de moyens hydropneumatiques, qui peuvent être également employés avec avantage pour régler certains problèmes, en remplaçant par exemple des clapets dont le fonctionnement présente toujours des aléas, surtout avec des effluents chargés.

Ces techniques hydropneumatiques peuvent également recevoir d'intéressantes applications dans les déversoirs d'orage. Ces ouvrages, qui constituent un élément essentiel de tout dispositif d'assainissement unitaire, posent parfois, dans le domaine de l'hydraulique, des problèmes difficiles et un exposé complet serait à leur consacrer. Certaines questions les concernant, relatives notamment aux dispositions à prévoir lorsque deux déversoirs sont à établir en série sur un même collecteur, peuvent d'ailleurs être traitées sans faire appel à des lois plus ou moins complexes de l'hydraulique, mais en se référant à des raisonnements de simple bon sens.

Nous ne ferons qu'évoquer en terminant les réseaux d'assainissement dits à chasse d'air, dont on peut citer des applications récentes.

Conclusion

On ne saurait prétendre avoir abordé, dans le présent exposé, tous les problèmes d'hydraulique que posent les réseaux d'assainissement.

De grands ouvrages, tels que les collecteurs généraux de la région parisienne, les grands siphons sous-fluviaux, nécessitent de la part de spécialistes de l'hydraulique de longues et laborieuses études.

On a seulement voulu mentionner ici un certain nombre de questions, qui se posent fréquemment dans des réseaux desservant des ensembles urbains classiques et qui suscitent encore des controverses.

L'hydraulique des réseaux d'assainissement est une science appliquée. Les théoriciens doivent tenir compte des circonstances, des résultats, souvent difficiles à prévoir *a priori*, de l'expérience des exploitants, ainsi que des matériaux et matériels de toute nature dont peuvent disposer les constructeurs et les collectivités responsables des installations.

Il serait très profitable à tous que ceux qui auront connaissance de ces lignes puissent fournir sur certains points évoqués les résultats de leur expérience personnelle. Qu'ils en soient remerciés par avance.

Discussion

Président : M. Pierre KOCH

Avant de donner la parole à M. GARANCHER, M. le Président salue le conférencier en rappelant les nombreux contacts qu'il a eus avec lui au ministère de l'Équipement : il évoque l'Instruction Technique relative à l'assainissement des agglomérations, de février 1949, dont il a patronné la rédaction, en qualité de Président d'une Commission Interministérielle et à laquelle M. GARANCHER se réfèrera; il rappelle qu'elle a permis la refonte, en date du 13 février 1950, des Instructions Générales du Conseil Supérieur de l'Hygiène relatives à l'assainissement des agglomérations (circulaire du 12 mai 1950), et qu'elle a ouvert la voie, sur l'initiative de la même Commission, à divers textes dont une note sur les domaines d'application respectifs des divers systèmes d'assainissement, un devis-programme type pour la mise au concours des installations de traitement des eaux usées, des directives sur les dispositions à envisager pour l'évacuation et le traitement des effluents industriels,... textes qui ont été diffusés par des circulaires pour la plupart interministérielles.

M. le Président se félicite, dans la mesure où il a pu y contribuer, que ces recommandations aient eu une portée aussi longue en durée. Mais, au moment où le problème de la pollution évolue, dans le cadre de la loi de décembre 1964, notamment, il considère comme légitime que l'on recherche quels enseignements il convient d'en tirer et, le cas échéant, quelles inflexions il importe de leur donner : c'est dire l'intérêt qui s'attache à l'exposé critique de M. GARANCHER et à la discussion qui le suivra.

Après l'exposé de M. GARANCHER, M. le Président remercie le conférencier et ouvre la discussion.

Au sujet des difficultés signalées par M. GARANCHER et relatives à la prise en compte de l'incidence d'implantations industrielles dans un projet de réseau d'assainissement, M. DOLLFUS évoque la tendance au recyclage des eaux usées, qui se fait jour de plus en plus, à l'heure actuelle, tout au moins dans la grosse industrie.

Moyennant des installations supplémentaires en pompage, canalisations et traitement, une usine peut arriver à réutiliser une grande partie de ses effluents en boucle fermée, ce qui libère l'industriel des soucis dus à la recherche d'eaux

neuves à l'extérieur ou des difficultés administratives pouvant provenir des rejets, et ce qui peut simplifier la tâche des Pouvoirs publics. Les installations supplémentaires, compte tenu de l'importance relative des débits et de leur localisation géographique étroite, peuvent se montrer souvent parfaitement rentables et il est courant de voir maintenant de grands complexes industriels, par exemple en sidérurgie, s'équiper en quasi-totalité de moyens à recyclage.

M. GARANCHER pense que les organismes para-administratifs qui s'occupent de la coordination en matière d'eau ne peuvent qu'être parfaitement d'accord sur la tendance au recyclage de l'eau et ajoute que le système des redevances devrait fonctionner dans un sens ou dans l'autre, de telle sorte qu'un industriel prenant de l'eau relativement sale et, grâce à ses installations d'épuration, la rendant plus propre, bénéficierait d'une redevance.

M. le Président approuve M. GARANCHER et rappelle les deux faits nouveaux récemment intervenus sous le couvert de la loi de 1964 en la matière :

- 1° l'on peut désormais, par décret, imposer à une collectivité de recevoir des effluents industriels sous certaines conditions;
- 2° la pollution est considérée, non plus seulement en elle-même, mais comme un des éléments intervenant dans la conservation et la répartition des eaux; dans cet état d'esprit, le recyclage des eaux industrielles peut être très favorablement envisagé, non seulement en tant qu'il simplifie les problèmes d'assainissement, mais aussi parce qu'il tend à économiser de l'eau, l'un des aspects n'allant d'ailleurs pas sans l'autre.

M. GAUDEAUX rappelle que la circulaire interministérielle CG. 1333 a été établie à une époque où l'assainissement rural était exceptionnel.

Celui-ci se développant actuellement, et les moyens d'entretien dont disposent les communes rurales isolées étant rudimentaires, M. GAUDEAUX pense qu'il pourrait être intéressant, lors d'une mise à jour de la circulaire, de faire apparaître la différence de conception des réseaux appelés à être entretenus par des moyens perfectionnés (villes, communes, groupées en syndicats), et de ceux qui seront, faute d'un matériel et d'un personnel appropriés, entretenus par les procédés « traditionnels ».

M. GARANCHER est d'accord avec M. GAUDEAUX sur l'intérêt de grouper les communes en syndicat, en vue de rationaliser l'entretien des stations d'épuration, suivant un procédé qui variera selon les cas. Il cite l'exemple des départements de la Manche et du Calvados, dans lesquels une cinquantaine de stations paraissent fort bien relever d'un dispositif comprenant cinq ou six personnes et deux voitures visitant ces stations tous les trois mois.

M. le Président relève que, du fait des circonstances locales, les régions sont plus ou moins bien placées sur le plan de l'entretien des réseaux : ainsi, l'exemple, cité par M. GARANCHER, du réseau de Strasbourg, ville sillonnée de canaux, est nettement plus favorable que celui du réseau de Marseille, comportant de grands ouvrages qui aboutissent à l'anse de Figueras.

M. QUETIN signale les possibilités du calcul électronique en matière de calcul hydraulique des réseaux anciens. Dans ces réseaux, en effet, comme il n'est plus possible de calculer les écoulements en régime permanent dès que l'on n'a plus le choix du diamètre et de la pente, on doit faire des calculs complexes pour lesquels il existe des programmes bien au point. Il est en particulier possible de calculer les égouts en régime transitoire au moyen des équations de Saint-Venant. La grande difficulté résulte du fait qu'un égout est tantôt en écoulement libre, tantôt en charge. Cette difficulté est actuellement surmontée dans certains programmes de calcul.

Avec une telle méthode de calcul, on tient compte plus rigoureusement du temps de parcours des ondes et de l'effet de remplissage du réseau. Les économies qui résultent d'un tel calcul plus précis peuvent être substantielles sur de gros collecteurs.

M. TIXERONT rappelle que le conférencier a signalé la nécessité de tenir compte dans le calcul des réseaux pluviaux des régimes d'intensité des précipitations, qui peuvent être très différents de celui de Paris.

En fait, en France, on observe des régimes différents suivant les régions. Il serait intéressant que les futures instructions techniques prévoient les règles à adopter régionalement.

Les seuls pluviomètres enregistreurs ayant plus de cinquante ans d'observation sont Paris-Montsouris et Montpellier, Montpellier étant d'ailleurs soumis à un régime

exceptionnel; mais, depuis une vingtaine d'années, un grand nombre de pluviomètres enregistreurs ont été installés et on y dispose de plus de dix ans d'observation. Compte tenu des lois de distribution actuellement connues, il semble que le dépouillement de dix ans d'observation suffirait à préciser les règles régionales.

Il conviendrait pour cela que les résultats obtenus ne restent pas sous forme de graphiques, mais soient régulièrement dépouillés et mis à la disposition du public. La Météorologie Nationale a déjà procédé à de tels dépouillements à Nantes, Bordeaux, Lyon. Ce n'est pas encore suffisant. Cependant, on peut en tirer des tendances qui pourraient être mises à profit pour améliorer les circulaires.

M. le Président reconnaît que les Instructions de 1949 ne visent pas d'autre formule que celle de la région parisienne, tout en insistant sur la limitation de sa portée. Mais il rappelle, en s'excusant de se mettre en cause, que, dans son ouvrage sur les réseaux d'égouts, il a cité la formule de Montpellier qui relève d'un climat différent; il croit d'ailleurs se souvenir de ce que, si elle n'a pas été mentionnée dans les Instructions, c'est parce qu'à l'époque la période d'observations était encore insuffisante.

D'autre part, M. le Président estime qu'il importe de multiplier les pluviomètres ordinaires, en limitant le nombre des pluviomètres enregistreurs, de manière à couvrir, dans des conditions économiques acceptables, d'assez larges surfaces et à se fier aux quelques pluviomètres enregistreurs pour reconnaître les cadences de précipitation.

M. GARANCHER ajoute que la formule de Montpellier a d'ailleurs été mise également en abaque.

M. ROBERT croit bon de revenir sur ce point, auquel M. GARANCHER a fait allusion : la prise de conscience du phénomène urbain et les mesures étudiées en conséquence par le ministère de l'Équipement, en vue d'en assurer la maîtrise.

Il souligne qu'implicitement, la conception du ministère de la Reconstruction dérivait de l'idée d'une population à peu près stable. Il ne peut plus en être ainsi.

Le projet de loi d'orientation urbaine et foncière prévoit la définition de l'avenir à long terme et de la croissance de l'agglomération par un document appelé « Schéma Directeur et d'Urbanisme ». Dans cette perspective, se poseront des problèmes difficiles pour la détermination des ouvrages communs et des émissaires principaux.

Il faut, en effet, prévoir un niveau d'investissement suffisant pour anticiper convenablement l'avenir, mais assez limité ou à réalisation progressive pour que l'on puisse effectivement le financer.

Avant d'entreprendre l'étude détaillée de l'assainissement, l'ingénieur devra donc porter une attention particulière à la conception, cette phase préliminaire et essentielle se traduisant par l'élaboration d'un avant-projet schématique cohérent avec le schéma directeur précité.

En deuxième lieu, M. ROBERT exprime l'avis qu'à la notion conventionnelle de fréquence décennale de la pluie pourrait être substituée une notion un peu plus « fouillée » du point de vue de l'optimum économique et de la qualité du service recherché par la collectivité.

Enfin, M. ROBERT joint ses remarques à celles qui ont regretté l'absence d'observations pluviométriques.

Disposer des seules études faites à Paris et à Montpellier est bien maigre pour tout le territoire, si l'on observe qu'il peut exister, dans une même région, des microclimats assez différents.

Il serait souhaitable que les administrations concernées suscitent et financent des études tendant à perfectionner nos connaissances sur ce sujet.

M. le Président résume et clot la discussion : il ne s'agit pas de prendre des positions tranchées pour modifier arbitrairement telle ou telle des circulaires antérieures, qui remontent à quinze ou vingt ans; il convient de procéder à une nouvelle instruction du problème d'ensemble, compte tenu de l'ensemble des données, non seulement dans le cadre antérieur, mais aussi sous les signes nouveaux de l'aménagement du territoire, de la répartition des investissements et de la recherche. M. le Président insiste sur ce dernier point, car il estime qu'en France on n'a pas accordé à la recherche, en tant que telle, l'importance qu'elle doit avoir préalablement aux réalisations, ceci dans tous les domaines, mais tout particulièrement dans ceux de l'eau et de l'assainissement.

M. le Président pense qu'il serait utile de signaler au ministère de l'Équipement les observations qui se sont dégagées du présent échange de vues.

Il remercie M. GARANCHER et tous ceux qui ont bien voulu contribuer à la discussion de ce très important sujet.