



Société canadienne
d'hypothèques et de logement

Canada Mortgage
and Housing Corporation

Environnement Canada

Environment Canada



Environnement
Canada

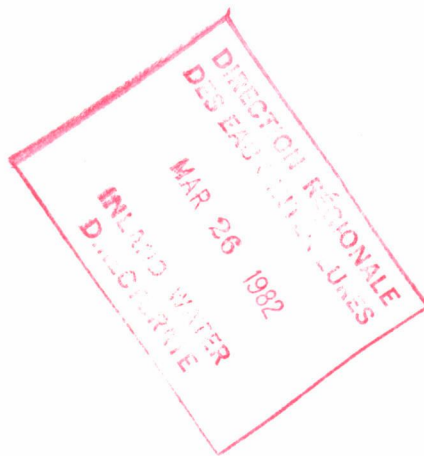
Environnement
Canada

0050388F

DREI

LA COLLECTE ET LE TRAITEMENT DES EAUX
USEES. RAPPORT SCAT

Evaluation du régulateur de débit Hydro - Brake



100214

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library



38 510 714

TD
511
S4614
No. 7F

La collecte et le traitement des eaux usées
Rapport SCAT-7F

LNH 5502 82/2

RAPPORTS DE RECHERCHE SUR LES EAUX USÉES

Ces RAPPORTS DE RECHERCHE donnent les résultats de travaux de recherche et de développement dans les domaines de la collecte, du traitement et de la décharge des eaux usées domestiques et municipales. Ces travaux sont déterminés par l'intermédiaire du Comité interministériel de la collecte et du traitement des eaux usées (Comité de recherche SCAT), et les recherches sont réalisées avec l'aide technique d'Environnement Canada.

• Toute demande de renseignements concernant le PROGRAMME DE RECHERCHE sur les techniques relatives aux eaux usées doit être adressée à:

Division de la recherche technique
Secteur de la recherche et de l'élaboration de propositions
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Chemin Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

360-4827
025

ÉVALUATION DU RÉGULATEUR DE DÉBIT HYDRO-BRAKE

par

Gore & Storrie Limited
Ingénieurs-conseils
Ottawa (Ontario)



pour

la Société canadienne d'hypothèques et de logement

Rapport SCAT-7F

On peut se procurer le présent document aux adresses suivantes:

Centre de communication et d'information
Société canadienne d'hypothèques et
de logement
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Section des publications (Eaux)
Service de la protection de
l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

AVIS

Les recherches ont été réalisées à contrat, pour le compte du Secteur de la recherche et de l'élaboration de propositions, Société canadienne d'hypothèques et de logement, grâce à une subvention accordée en vertu de la Loi nationale sur l'habitation, partie V. M. D.J. Hay, d'Environnement Canada, y a collaboré en apportant son aide technique.

Le présent rapport a été revu par la Société canadienne d'hypothèques et de logement et Environnement Canada. Les vues, conclusions et recommandations qui y sont exprimées sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement les vues et les politiques de la Société canadienne d'hypothèques et de logement ou d'Environnement Canada. La mention de marques de commerce ou de produits commerciaux ne constitue pas une approbation, ni une recommandation quant à leur emploi.

Édition française de "Evaluation of the 'Hydrobrake' Flow Regulator".

RÉSUMÉ

Les problèmes (tels que les inondations, l'érosion, la contamination des eaux réceptrices) liés à l'évacuation des eaux urbaines selon les modes traditionnels ont amené la création de nouveaux dispositifs pour régulariser le débit et la qualité des eaux pluviales urbaines. L'un de ces dispositifs, l'Hydro-Brake*, permet de régulariser le débit sortant d'un puisard ou de toute autre installation de stockage qui se déverse dans un réseau d'évacuation. Pendant un an, on en a évalué la capacité d'écrêter le débit provenant d'un nouveau lotissement, le fonctionnement, l'entretien et l'efficacité d'élimination des matières solides au moyen d'une manche filtrante et par sédimentation dans un puisard. On en a aussi comparé la rentabilité à celle d'un dispositif traditionnel de stockage et d'évacuation.

* Mis au point par Filco International, S.A., Oslo, (Norvège), dont le représentant commercial en Amérique du Nord est Hydro Storm Sewage Corporation, New York.

ABSTRACT

Problems associated with the traditional approach to urban drainage (such as flooding, land erosion and the discharge of contaminants to the receiving waters) have led to the development of new storm water management techniques to control both quantity and quality of urban runoff. One such device, the Hydro-Brake*, is a flow regulating system designed to control the rate of discharge for a catch basin or other storage facility to the receiving transport system. The effectiveness of the Hydro-Brake system in attenuating peak rates of runoff from a new development area, its operating and maintenance performance, and its effectiveness in removing solid matter using a sediment filter bag and through sedimentation in the catch basin storage unit were evaluated in this one-year study. In addition, the cost-effectiveness of the Hydro-Brake was compared to that of a conventional collection and conveyance system.

* Developed by Filco International A.S., Oslo, Norway, and marketed in North America by Hydro Storm Sewage Corporation, New York.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
RÉSUMÉ	i
ABSTRACT	ii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	vi
1 INTRODUCTION	1
2 OBJECTIFS	4
3 SECTEUR À L'ÉTUDE	5
4 CONCEPTION DU SYSTÈME	8
4.1 Conception des puisards de rue	8
4.2 Surveillance du système	12
4.2.1 Quantité des eaux de ruissellement	12
4.2.2 Qualité des eaux de ruissellement	13
5 ANALYSE DU SYSTÈME ET RÉSULTATS DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE	15
5.1 Analyse des simulations de stockage	15
5.2 Mesure de la quantité du ruissellement	19
5.3 Mesure de la qualité du ruissellement	21
5.4 Modélisation de la quantité et de la qualité du ruissellement	28
5.5 Fonctionnement et entretien du système	30
6 COMPARAISON ENTRE LE COÛT DE L'HYDRO-BRAKE ET CELUI DU SYSTÈME CONVENTIONNEL	31
REMERCIEMENTS	34

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	HYDRO-BRAKE	2
2	CARTE DU SECTEUR ÉTUDIÉ	6
3	AIRES D'ALIMENTATION DU SECTEUR ÉTUDIÉ	7
4	SYSTÈME HYDRO-BRAKE	9
5	COURBES DE DURÉE ET D'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS DE LA VILLE D'OTTAWA	11
6	COURBES DES DÉBITS JAUGÉS DE L'HYDRO-BRAKE	14
7	LOTISSEMENT RÉSIDENTIEL TYPE	16
8	HYDROGRAMMES DES DÉBITS SIMULÉS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION ET UTILISATION DE LA CAPACITÉ DE STOCKAGE DANS UN LOTISSEMENT TYPE	18
9	HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 1 - 30 ET 31 OCTOBRE 1976	20
10	HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 23 MAI 1977	22
11	HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 28 MAI 1977	23
12	HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 25 JUIN 1977	24
13	HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 29 JUIN 1977	25
14	HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 1er JUILLET 1977	26
15	COMPARAISON ENTRE LE SYSTÈME HYDRO-BRAKE ET LE SYSTÈME CONVENTIONNEL	32

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	SUPERFICIE DE L'AIRE D'ALIMENTATION	8
2	COMPARAISON ENTRE LES VOLUMES DE STOCKAGE RECOMMANDÉS ET RÉELS	12
3	SURVEILLANCE DES HYDRO-BRAKES	19
4	ANALYSE DE L'ATTÉNUATION DES DÉBITS DE POINTE AVEC UN DISPOSITIF DE 50 mm	21
5	RÉSUMÉ DES DONNÉES SUR LES MATIÈRES SOLIDES RECUEILLIES, SECTEUR 1 (route)	27
6	COMPARAISON ENTRE LA SIMULATION STORM DES MATIÈRES SOLIDES EN SUSPENSION ENTRAÎNÉES ET DES VALEURS MESURÉES	30
7	COMPARAISON ENTRE LES COÛTS DE CONCEPTION DE L'HYDRO-BRAKE ET DU SYSTÈME CONVENTIONNEL	31

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'étude du fonctionnement du régulateur de débit Hydro-Brake et de la manche filtrante qui l'accompagne a suscité les conclusions et recommandations suivantes:

- 1) Le fonctionnement hydraulique du régulateur de débit Hydro-Brake a été jugé satisfaisant et le système a fonctionné essentiellement de manière conforme aux prétentions du fabricant.
- 2) L'Hydro-Brake présente un avantage comme régulateur de débit par rapport à un simple orifice. Le débit d'évacuation par l'Hydro-Brake reste dans des limites assez stables malgré des hauteurs d'eau variables, tandis que pour un simple orifice, le débit varie proportionnellement à la racine carrée de la hauteur.
- 3) La formule de calcul du volume de stockage recommandée par le fabricant a été jugée satisfaisante pour la précipitation nominale analysée. Cette précipitation nominale était un modèle d'averse synthétique provenant de la courbe d'intensité et de durée d'une précipitation d'une fréquence de cinq années, et elle représente environ 25 mm de pluie en une heure. Il a été conclu que, bien que cette méthode pourrait être appliquée de façon réaliste à de petites aires d'alimentation à faible risque, une analyse statistique plus détaillée des relevés pluviométriques réels devrait être entreprise pour déterminer les besoins en stockage dans des aires d'alimentation plus importantes et dans les secteurs à haut risque, où des dégâts causés par les crues peuvent se produire lorsque la capacité de stockage est dépassée.
- 4) Les manches filtrantes en polypropylène ne sont pas parvenues à retenir les matières solides en suspension dans l'eau. Une accumulation minimale de matières solides les a obstruées et les eaux pouvaient alors déborder par la partie supérieure. De nouvelles manches fabriquées avec deux différents tissus de polypropylène ont été posées, mais des problèmes semblables se sont répétés dans les deux cas. Il est recommandé d'entreprendre des recherches pour trouver le tissu et la grosseur de la maille à utiliser pour la manche filtrante.
- 5) Une grande quantité des matières solides retirées des eaux se sont déposées dans le fond du puisard de rue par suite d'une sédimentation naturelle. Il a été conclu que ce procédé peut être efficace pour la surveillance sur place de l'enlèvement des matières solides en suspension. Toutefois, une puanteur se dégageait des matières

solides accumulées au terme de la période de surveillance. Un nettoyage plus fréquent du puisard et des manches filtrantes plus efficaces pourraient améliorer cette situation, bien que d'autres recherches en ce domaine soient nécessaires.

- 6) Il a été conclu qu'aucune économie valable ne pourrait véritablement être réalisée avec un nouveau réseau d'égout pluvial conçu sur le principe du régulateur de débit Hydro-Brake par rapport à un réseau de type conventionnel (le coût d'immobilisation pour les deux réseaux étant approximativement le même). La dimension des canalisations et des coûts qui y sont reliés sont réduits de façon substantielle avec le système Hydro-Brake, mais un plus grand volume de stockage nécessaire pour équilibrer les débits annule cette économie. Toutefois, les avantages découlant d'un système de débit régularisé peuvent être réalisés avec une légère augmentation, le cas échéant, des coûts d'immobilisation.

1 INTRODUCTION

Traditionnellement, les concepteurs d'un réseau urbain de drainage essaient en général de réduire au minimum, même en cas d'orages très violents, les inondations et autres inconvénients que pourraient subir les citoyens. Cela suppose un réseau de canalisations d'eau efficace pour recueillir les eaux de ruissellement et les transporter en dehors des régions urbaines le plus rapidement possible. Il en résulte que ce système provoque des débits de pointe et un volume accru des eaux de ruissellement vers les eaux d'aval qui les reçoivent. Les problèmes liés à cette question de drainage urbain sont maintenant beaucoup mieux cernés. On pourrait résumer comme il suit un certain nombre de problèmes les plus critiques;

- 1) L'augmentation des débits de pointe dans les eaux d'aval qui les reçoivent entraîne souvent des crues non souhaitables et une érosion grave des sols.
- 2) L'imperméabilité croissante du sol en raison du développement urbain et le débit rapide des eaux de ruissellement entravent l'infiltration de l'eau dans le sol. Le temps aidant, cela peut abaisser le niveau naturel des eaux souterraines, nuire à la végétation et réduire le débit de base des cours d'eau naturels.
- 3) Le lessivage rapide de la surface du sol favorise l'écoulement des agents contaminants vers les eaux d'aval.

D'autres difficultés surgissent lorsque, comme c'est le cas pour beaucoup de municipalités, les égouts domestiques sont incorporés au réseau de drainage mineur, c'est-à-dire au réseau de canalisations souterraines construit pour transporter les eaux de ruissellement des petits orages fréquents. Lorsque des canalisations gravitaires non protégées d'eaux usées sont branchées à un réseau d'égout unitaire, la propriété est inondée si le réseau est surchargé.

Le réseau de drainage mineur est complété par le réseau majeur qui reçoit les eaux de ruissellement en provenance des orages violents et peu fréquents, lorsque la capacité du réseau mineur a été dépassée.

La reconnaissance des problèmes liés à la méthode classique de gestion du drainage urbain et au rôle des réseaux mineur et majeur de drainage a entraîné la mise au point de nouvelles techniques pour concevoir et contrôler le ruissellement dans les régions urbaines. Les nouvelles techniques sont orientées vers le contrôle des débits de pointe tant dans le réseau d'égout que dans les eaux d'aval qui les reçoivent. La réduction des

débits de pointe dans le réseau d'égout permet de collecter une plus grande quantité des eaux d'orages violents et donc d'augmenter le degré de protection de la propriété; la diminution des débits de pointe dans les cours d'eau récepteurs minimise les dégâts écologiques qu'ils entraînent dans l'aire d'alimentation et les eaux d'aval.

L'Hydro-Brake (figure 1) est un dispositif de régulation du débit mis au point par Filco International, S.A. d'Oslo en Norvège et commercialisé en Amérique du Nord par la Hydro Storm Sewage Corporation de New York.

L'Hydro-Brake permet de régulariser le débit sortant d'un puisard de rue ou de toute autre installation de stockage qui se déverse dans un réseau d'évacuation. Ce système est essentiellement une modification de l'orifice en tant que structure de contrôle du débit comportant une chambre circulaire du côté amont de l'orifice par où les eaux pénètrent radialement. Lorsque la hauteur d'eau dans le réservoir est élevée, le mouvement radial ou la vitesse angulaire augmente, diminuant le coefficient de débit par

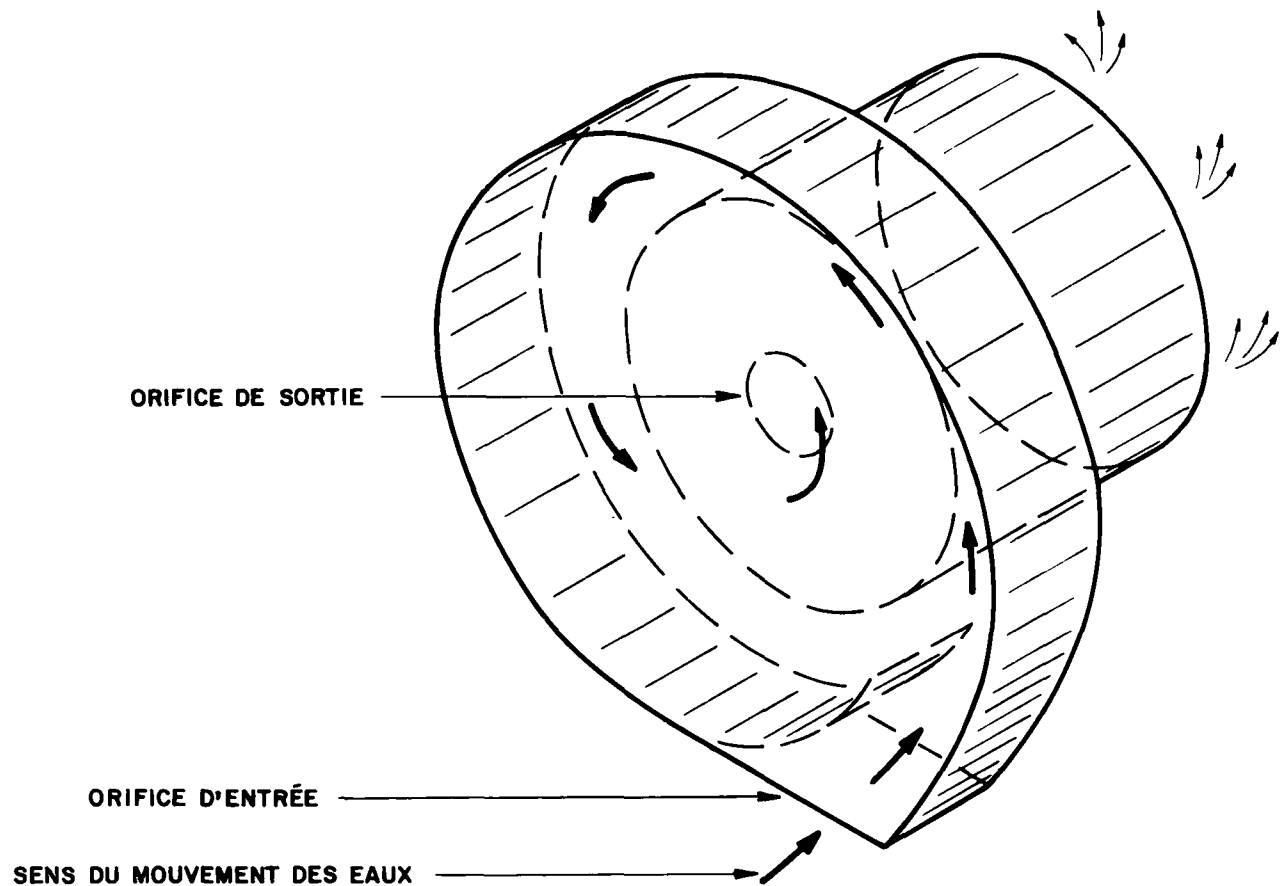


FIGURE 1 HYDRO-BRAKE

l'orifice. Lorsqu'elle est basse, la vitesse angulaire diminue, augmentant ainsi le coefficient de débit par l'orifice. De cette manière, le débit franchissant l'orifice reste relativement constant malgré la variation de la hauteur.

Pour réduire le colmatage de l'Hydro-Brake, on se sert d'une manche filtrante, qui se place généralement sous la grille du puisard pour filtrer et recueillir les matières solides en suspension dans l'eau avant que celle-ci ne pénètre dans le puisard. Cette manche en polypropylène ne peut en principe retenir que les matières solides dont le diamètre mesure plus de 50 μm .

2 OBJECTIFS

La présente étude a pour objet de déterminer l'efficacité du dispositif Hydro-Brake dans la réduction du débit de pointe des eaux de ruissellement d'un lotissement et d'évaluer le rendement en matière de fonctionnement et d'entretien du réseau. Un autre de ses objectifs est d'évaluer l'efficacité de la manche filtrante destinée à recueillir les matières solides et autres matières polluantes en suspension dans les eaux avant qu'elles n'entrent dans le réseau d'évacuation.

Lorsqu'on étudie l'acceptabilité de ce système, surtout dans les nouveaux lotissements, les facteurs économiques jouent un rôle de première importance. C'est pourquoi la rentabilité d'un réseau de stockage et d'évacuation pourvu d'un Hydro-Brake a été comparée à celle d'un système traditionnel de stockage et d'évacuation dans un même lotissement.

3 SECTEUR À L'ÉTUDE

Le lotissement a été choisi en fonction de la facilité d'installation de l'Hydro-Brake et du contrôle qui devait y être exercé. Le choix s'est arrêté sur le complexe industriel de Merivale Acres dans le canton de Nepean, à proximité d'Ottawa (figure 2). Il s'agit d'un nouveau lotissement desservi au cours de l'été 1976 par un égout pluvial et un égout domestique. Il offrait aussi l'avantage d'être situé tout près (4 km) d'un pluviomètre enregistreur à l'aéroport international d'Ottawa.

Deux emplacements distincts ont été choisis pour l'installation à Merivale Acres compte tenu de la facilité d'accès, des activités relatives à l'utilisation du sol et de l'identification des limites de l'aire d'alimentation (figure 3).

Le secteur I de l'aire d'alimentation couvre une superficie totale de 0,519 ha dont une partie imperméable de 0,158 ha et une autre perméable de 0,361 ha. Ce secteur englobe une fraction de la route principale (Colonnade Road) qui dessert toute la subdivision industrielle, de même qu'une portion de la route privée de service qui dessert un des immeubles industriels.

Le secteur 2 a une superficie totale de 0,248 ha dont une partie imperméable de 0,139 ha. Cette dernière forme une partie du terrain de stationnement à l'usage de l'immeuble industriel privé.

Les surfaces imperméables du secteur étudié se composent d'asphalte mélangé et posé à chaud. Certaines des parties perméables ont une couverture herbeuse de bonne qualité et d'autres une couverture herbeuse de piètre qualité.

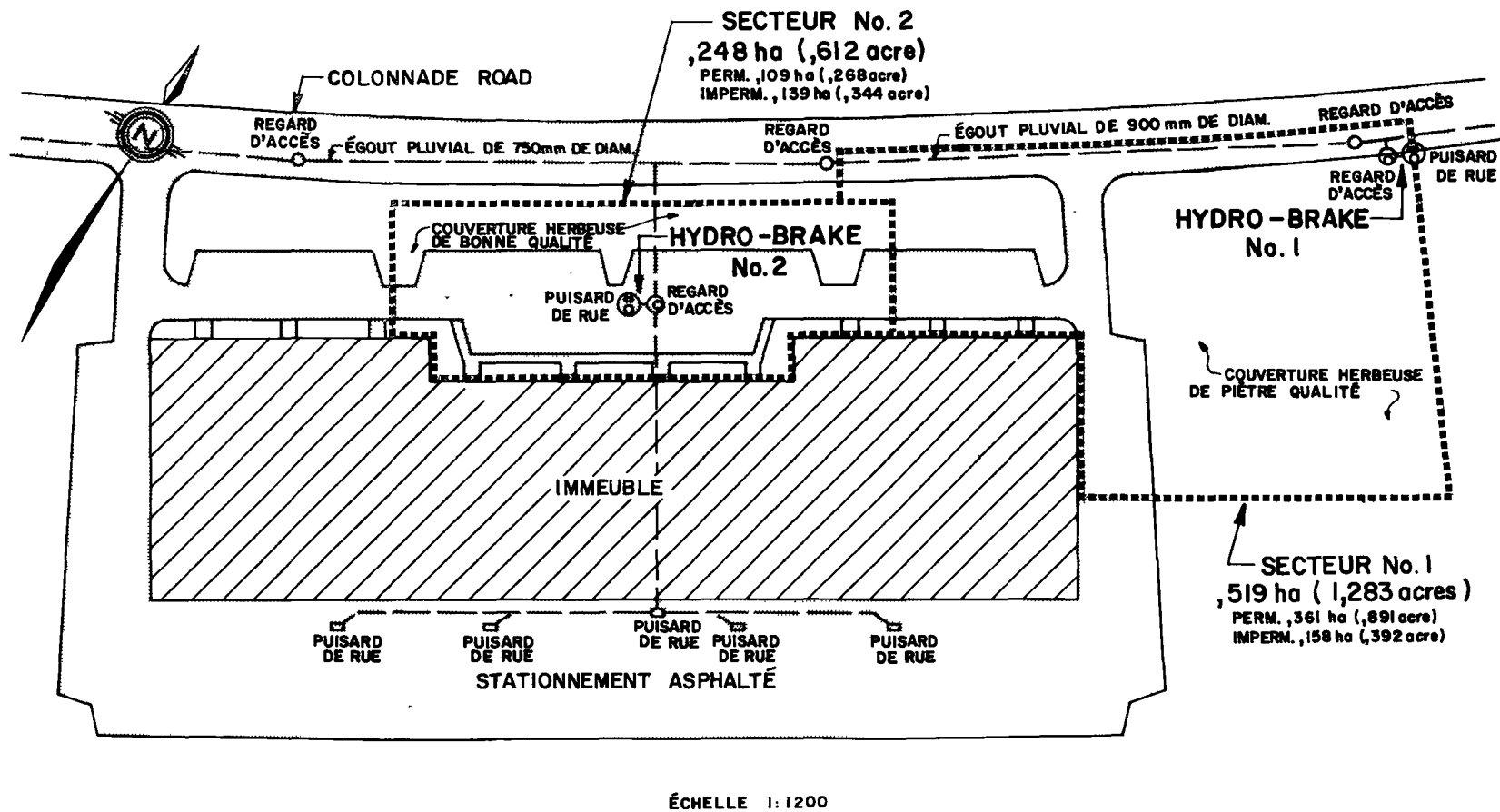


FIGURE 3 AIRES D'ALIMENTATION DU SECTEUR ÉTUDIÉ

4 CONCEPTION DU SYSTÈME

Le système, illustré à la figure 4, a été conçu de manière à incorporer l'Hydro-Brake et la manche filtrante dans un puisard de rue surdimensionné, qui pourrait assurer le stockage des eaux de ruissellement excédant la capacité du régulateur de débit Hydro-Brake. Des dispositifs pour surveiller le débit de façon constante ont été incorporés dans le système afin d'évaluer l'efficacité de l'Hydro-Brake à réduire les débits de pointe des eaux qui alimentent l'égout pluvial collecteur. Le système a également été conçu de manière à permettre de prélever un échantillon des eaux d'alimentation et d'évacuation pour vérifier si la manche filtrante et le procédé de sédimentation peuvent retenir de façon satisfaisante les matières solides et polluantes en suspension dans l'eau.

4.1 Conception des puisards de rue

Le système de stockage constitue l'une des parties intégrantes de l'Hydro-Brake. Le volume d'eau emmagasiné est utilisé pour régulariser (c'est-à-dire équilibrer) le débit dans le dispositif. Pour les besoins de notre étude, des puisards de dimensions supérieures à la normale, en béton prémoulé, et dont la capacité de stockage est indiquée au tableau 1 ont été installés.

TABLEAU 1 SUPERFICIE DE L'AIRE D'ALIMENTATION

Aire d'alimentation	Imperméable	Perméable	Total	Volume de stockage
Secteur 1 (route)	,158 ha	,361 ha	,519 ha	2,13 m ³
Secteur 2 (terrain de stationnement)	,139 ha	,109 ha	,248 ha	2,45 m ³

Comme on peut le constater dans le tableau ci-dessus, le volume de stockage prévu pour le secteur 1 est légèrement plus faible que celui du secteur 2, bien que la superficie du secteur 1 soit à peu près le double. Toutefois, les parties imperméables de chaque aire d'alimentation sont presque de la même dimension.

Nous aurions voulu être en mesure de fournir un volume de stockage supérieur pour pouvoir analyser les pluies d'orages plus violents, mais les contraintes suivantes ne nous l'ont pas permis:

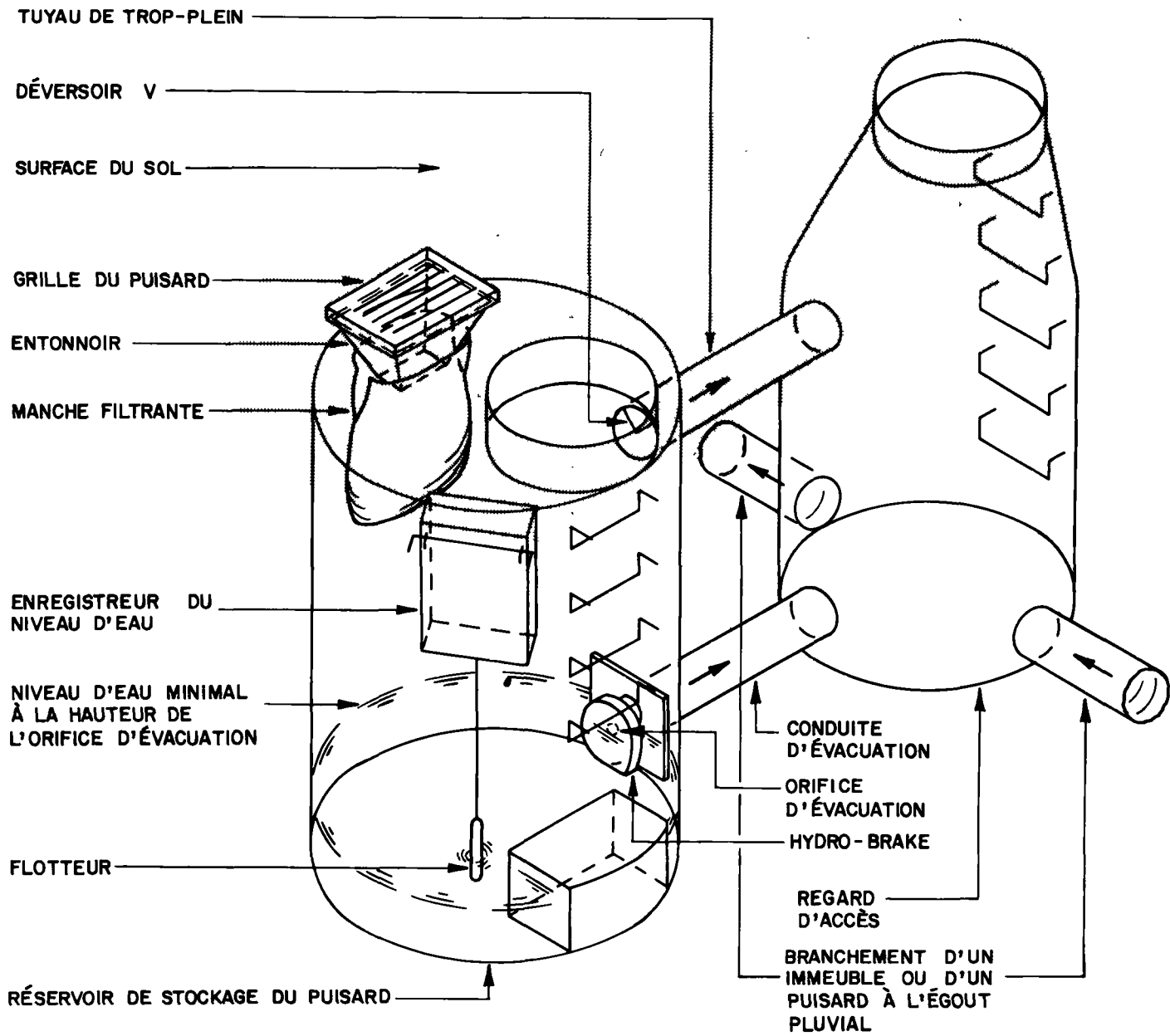


FIGURE 4 SYSTÈME HYDRO-BRAKE

- 1) L'élévation du radier de l'égout de la rue limitant la profondeur du puisard ne favorisait pas l'écoulement par gravité.
- 2) Le diamètre maximal du puisard prémoulé disponible au moment de l'installation était de 1,5 mètre.

Pour le système de stockage, le fabricant de l'Hydro-Brake recommande, afin d'atteindre l'efficacité et la rentabilité optimales, d'appliquer les méthodes suivantes:

- 1) En termes de débit d'évacuation du dispositif de stockage, le système doit être conçu de manière à recevoir 10 p. 100 des eaux de ruissellement calculées en fonction du taux de ruissellement occasionné par la période de 10 minutes d'intensité pluviale maximale d'une averse nominale donnée.
- 2) Les eaux de ruissellement ne doivent être calculées qu'à partir des surfaces imperméables de l'aire d'alimentation en utilisant un coefficient de ruissellement maximal de 1,0.
- 3) Le calcul du volume de stockage se fait en fonction de la quantité des eaux de ruissellement à recevoir, calculée à partir des 60 minutes d'intensité pluviale maximale de l'averse nominale donnée, moins le chiffre alloué pour le débit d'évacuation, comme nous l'avons indiqué au point 1).

D'après les recommandations ci-dessus, les volumes de stockage ont été calculés comme suit à l'aide de la courbe de durée et d'intensité des précipitations de la ville d'Ottawa, reproduite à la figure 5.

1) Débit d'évacuation

Intensité pluviale pendant 10 minutes	= 101,6 mm/h
Débit de ruissellement	= 1000 m ³ /h•ha
Débit d'évacuation recommandé à 10 p. 100 du débit maximal de ruissellement pendant 10 minutes	= 28,2 L/s•ha
	= 100 m ³ /h•ha

2) Débit de ruissellement (alimentation)

Intensité pluviale pendant 60 minutes	= 28,7 mm/h
Débit de ruissellement	= 79,7 L/s•h
	= 287 m ³ /h•ha

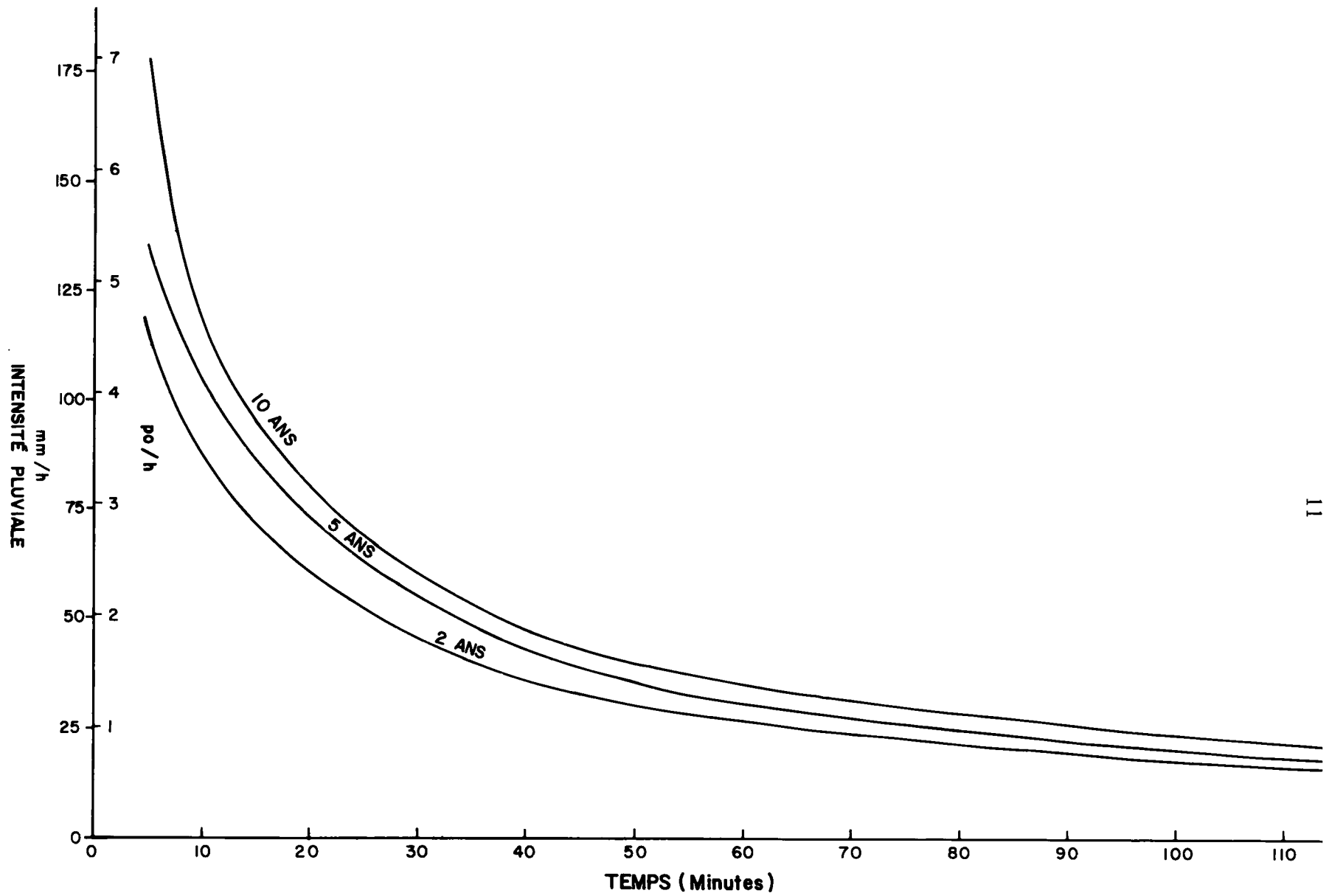


FIGURE 5 COURBES DE DURÉE ET D'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS DE LA VILLE D'OTTAWA

3) Stockage nécessaire

$$\begin{aligned} \text{Stockage (la différence entre l'alimentation} &= (287-100) \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{ha} \times 1 \text{ h} \\ \text{et l'évacuation en unité de temps)} &= 187 \text{ m}^3/\text{ha} \end{aligned}$$

Une comparaison des volumes de stockage recommandés d'après les calculs ci-dessus et des volumes de stockage réels est présentée au tableau 2.

TABLEAU 2 COMPARAISON ENTRE LES VOLUMES DE STOCKAGE RECOMMANDÉS ET RÉELS

Aire d'alimentation	Partie imperméable	Stockage recommandé		Stockage total prévu
		Par unité de surface	Total	
Secteur 1 (route)	0,158 ha	187 m ³ /ha	29,55 m ³	2,13 m ³
Secteur 2 (terrain de stationnement)	0,139 ha	187 m ³ /ha	26,0 m ³	2,45 m ³

On peut remarquer d'après le tableau 2 que le stockage réel prévu pour chacun des secteurs à l'étude atteint moins de 10 p. 100 des volumes recommandés par le fabricant. Comme il a été signalé précédemment toutefois, à cause de certaines contraintes, les volumes de stockage qui pouvaient facilement être assurés ont dû être réduits. Il a été considéré que les volumes réels permettraient amplement de surveiller le rendement de l'Hydro-Brake, notamment en ce qui concerne les précipitations moyennes.

4.2 Surveillance du système

4.2.1 Quantité des eaux de ruissellement. Chaque unité de stockage des puisards a été munie d'un enregistreur de niveau d'eau (flotteur - figure 4). Dans l'un des puisards, on a utilisé une jauge Manning et dans l'autre, un enregistreur de niveau Bristol. La durée d'enregistrement était de 24 heures, de sorte que le niveau de l'eau à partir de l'orifice d'évacuation jusqu'au déversoir V dans le trop-plein a pu être enregistré de manière continue.

Une courbe des débits jaugés pour chaque Hydro-Brake a été fournie par le fabricant. Ces courbes, pour les orifices de 15 mm et de 50 mm de diamètre, sont représentées à la figure 6 avec les courbes de rendement réel. Les débits de sortie ont

été calculés pour différentes hauteurs en mesurant les variations du volume de stockage pendant des périodes déterminées.

Pour un orifice normal, le débit est proportionnel à la racine carrée de la hauteur. Les courbes des débits jaugés, calculées pour des orifices normaux de même diamètre que l'Hydro-Brake, sont indiquées à titre de comparaison dans la figure 6. L'effet de l'écoulement radial et de la turbulence qui l'accompagne en amont de l'orifice dans l'Hydro-Brake est clairement démontré par le débit décroissant qui passe par l'orifice.

Avec les niveaux d'eau enregistrés dans le dispositif de stockage et le volume des eaux évacuées par l'Hydro-Brake calculé d'après les courbes des débits jaugés, des hydrogrammes d'alimentation et d'évacuation ont été établis à l'aide de l'équation de continuité de stockage, alimentation - évacuation = stockage.

Pour comparer les précipitations et le ruissellement, les données pluviales recueillies par le pluviomètre de l'aéroport international d'Ottawa ont été utilisées.

4.2.2 Qualité des eaux de ruissellement. Bien que la fonction première du système Hydro-Brake soit d'atténuer les débits de pointe du ruissellement, la manche filtrante par laquelle passe l'eau retient également les matières solides en suspension dans les eaux de ruissellement. En outre, le puisard surdimensionné permet la sédimentation d'autres matières solides avant que l'eau ne franchisse le régulateur Hydro-Brake.

L'efficacité du système pour enlever les matières solides a été évaluée après avoir recueilli et pesé les matières accumulées dans la manche filtrante et dans le fond du puisard.

Le système a été conçu de manière à permettre de prélever manuellement les échantillons tant à l'entrée qu'à la sortie de l'Hydro-Brake. Un regard d'accès (figure 4) a été prévu à cette fin. Toutefois, l'échantillonnage continu au cours d'une seule averse n'a pas été effectué.

L'intention première était de mesurer la qualité des eaux d'alimentation et d'évacuation pendant deux ou trois averses distinctes pour déterminer le montant de matières polluantes et évaluer l'efficacité du système en fonction de l'élimination de ces matières pendant toute la durée de la précipitation. Ces expériences n'ont pu être menées à bien en raison de difficultés avec le fonctionnement du système et la coordination de l'échantillonnage pour chaque averse.

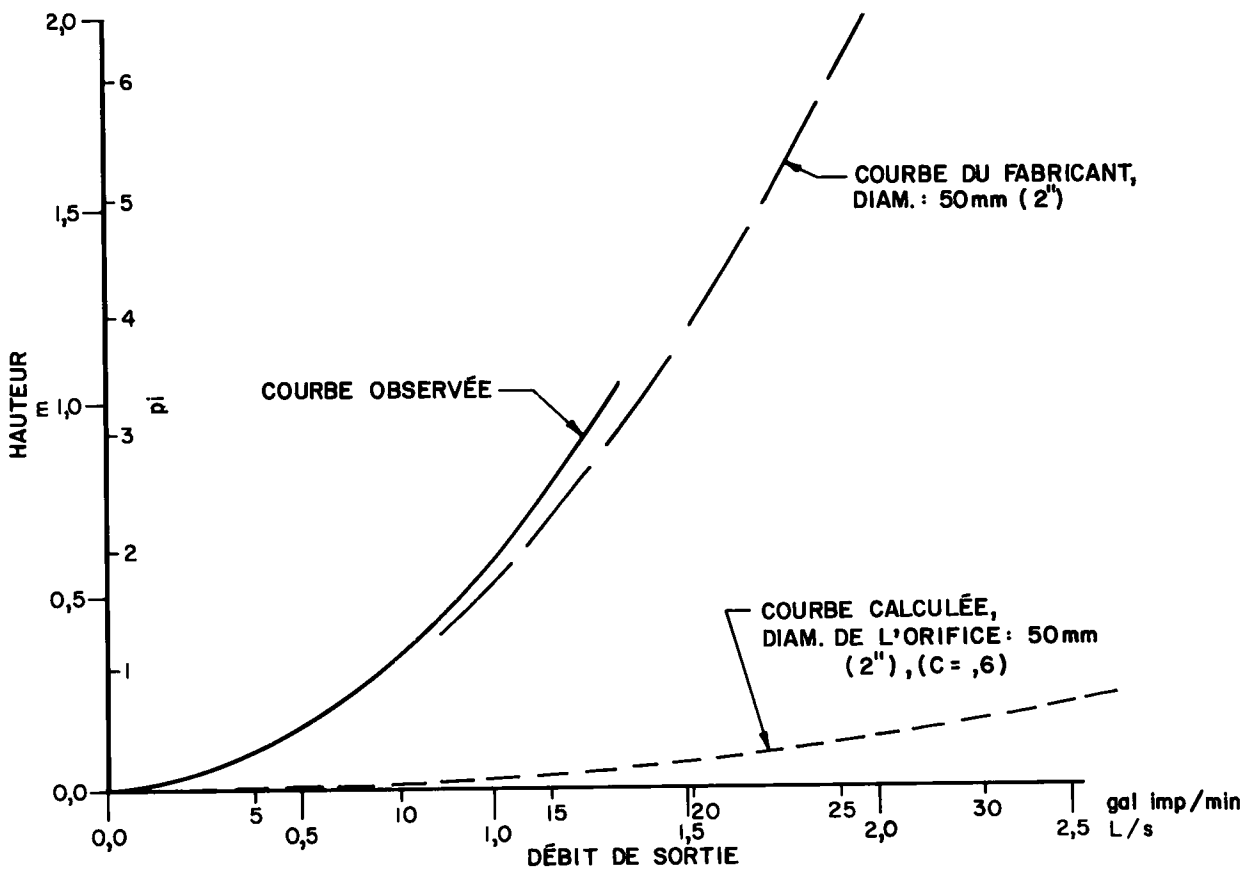
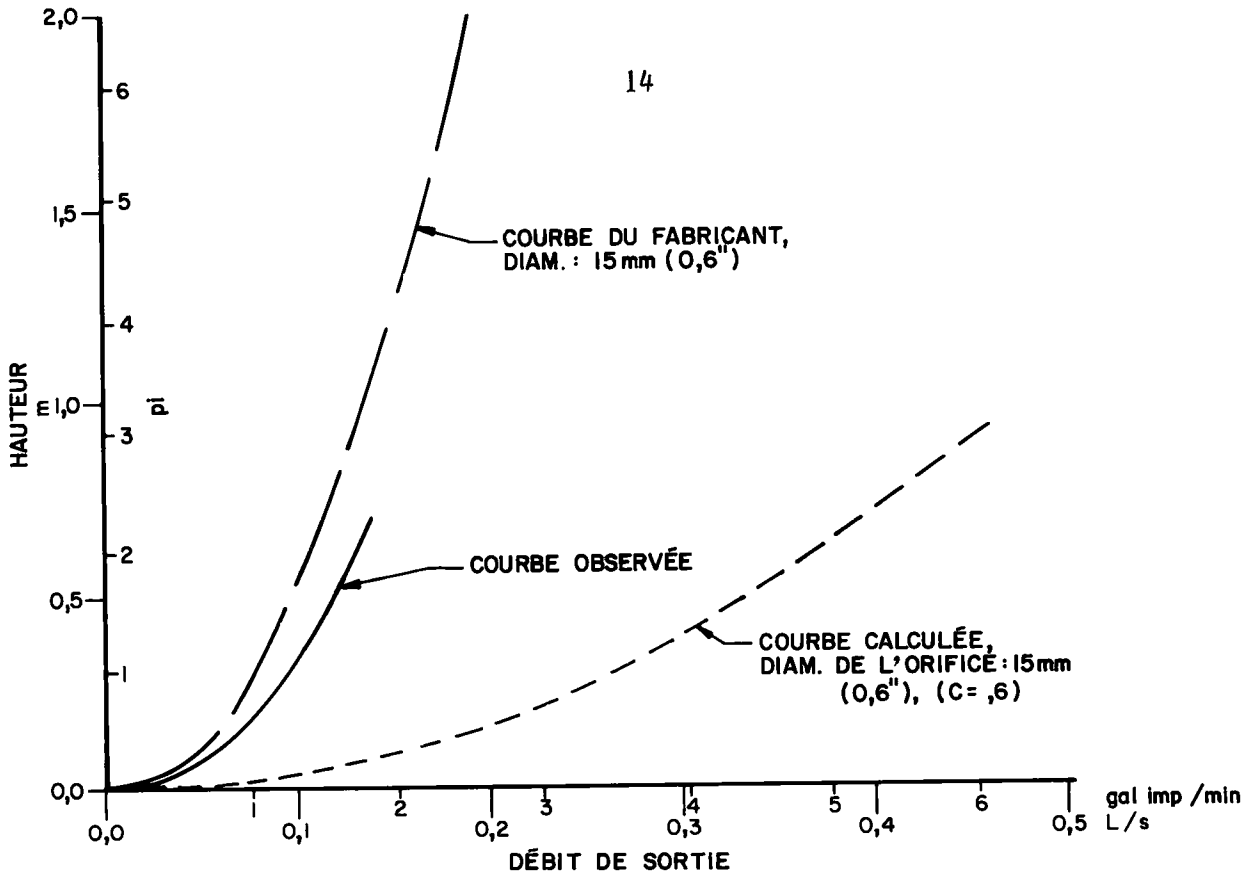


FIGURE 6 COURBES DES DÉBITS JAUGÉS DE L'HYDRO-BRAKE

5 ANALYSE DU SYSTÈME ET RÉSULTATS DU PROGRAMME DE SURVEILLANCE

5.1 Analyse des simulations de stockage

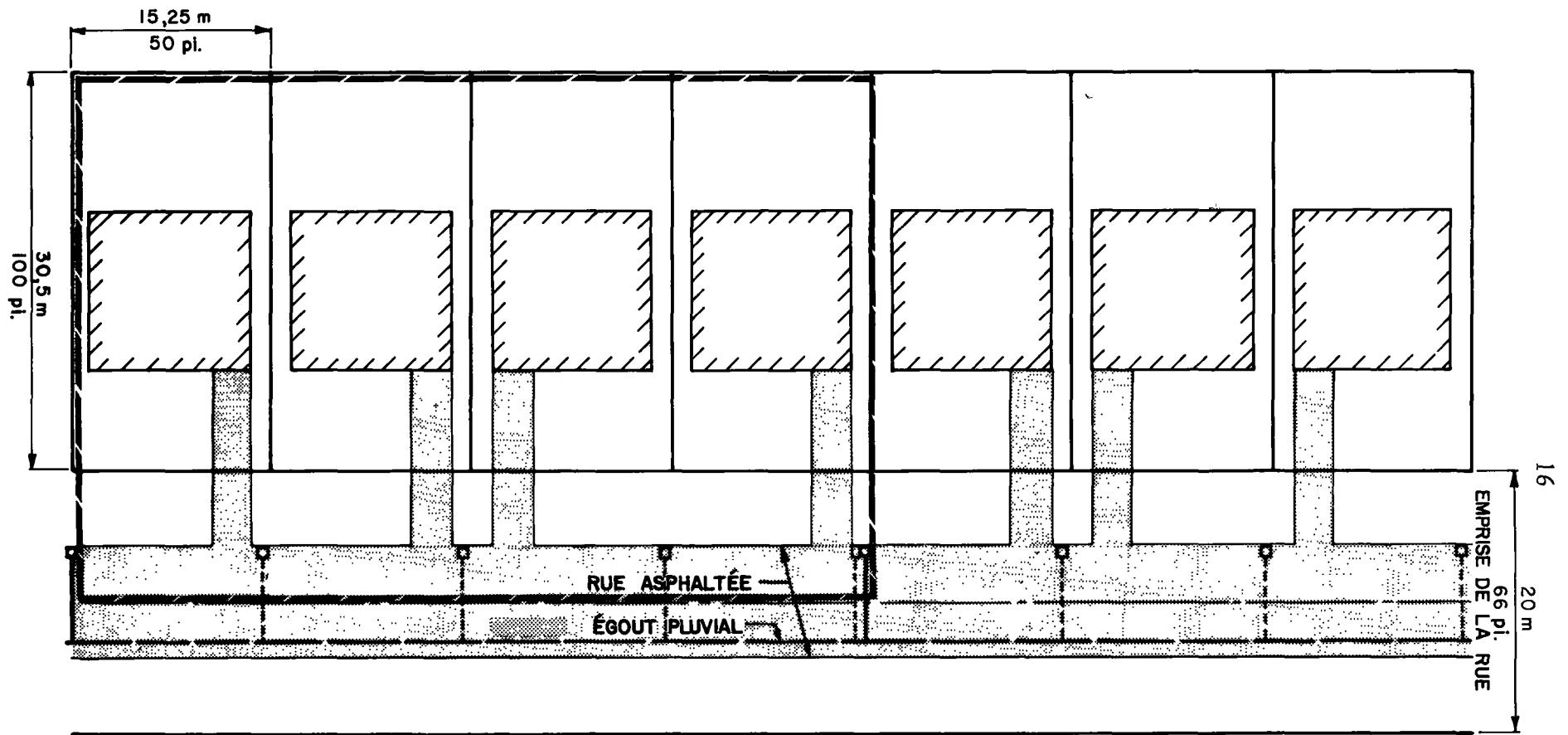
Pour évaluer les possibilités de stockage, une analyse simulée comparant l'Hydro-Brake avec un système de type conventionnel a été effectuée, sur la base d'un lotissement de maisons unifamiliales type (figure 7). Les lots mesuraient environ 15 m sur 30 m, soit une superficie totale de 465 m². Ce genre de lotissement est normalement pourvu de puisards à peu d'étanchement espacés de 45 à 90 m selon la déclivité de la route. Pour les besoins de l'étude, on a fixé à 60 m l'espace entre les puisards dans un système conventionnel. L'espace entre les installations de stockage avec le système Hydro-Brake a été établi à 14 m, conformément aux normes du fabricant.

Le volume de stockage nécessaire pour le système Hydro-Brake a été calculé sur la base de la formule empirique recommandée par la Hydro Storm Corporation et décrite à la section 4.1. À titre d'exemple, les calculs relatifs au secteur 1 sont:

Dimensions du puisard	= 1,5 m diam. x 1,5 m profondeur
Volume du puisard	= 2,65 m ³
Nombre de réservoirs de stockage requis par hectare de terrain imperméable	= 187/2,65 = 70,6 par ha
Nombre de réservoirs requis par hectare brut (en supposant que le lotissement résidentiel type est imperméable à 25 p. 100)	= 0,25 x 70,6 = 17,6 par ha

Les normes recommandées par le fabricant peuvent également servir à calculer le débit de sortie de l'eau de chaque réservoir de la zone drainée. Le calcul pour le secteur 1 serait:

Débit d'évacuation recommandé (basé sur 10 p. 100 du débit de ruissellement calculé en fonction de l'intensité pluviale maximale au cours de 10 minutes)	= 28,2 L/s·ha
Débit d'évacuation nécessaire par réservoir (basé sur 17,6 réservoirs par hectare)	= 28,2 L/17,6
	= 1,6 L/s
	= 5,7 m ³ /h



LÉGENDE

- PUISARDS ET BRANCHEMENTS DU RÉSEAU CONVENTIONNEL
- PUISARDS ET BRANCHEMENTS DU RÉSEAU RÉGULARISÉ PAR L'HYDRO-BRAKE
- LIMITE DE L'AIRE D'ALIMENTATION POUR LE CALCUL DU DÉBIT

FIGURE 7

LOTISSEMENT RÉSIDENTIEL TYPE

Pour déterminer l'efficacité du régulateur Hydro-Brake à réduire les débits de pointe, les performances du système conventionnel et de l'Hydro-Brake conforme aux recommandations du fabricant ont été modélisées en fonction d'une précipitation nominale.

La précipitation nominale appliquée était basée sur un hyétogramme synthétique tiré des courbes de durée et d'intensité des précipitations de la ville d'Ottawa pendant une période de cinq ans, à l'aide de la méthode Keifer et Chu.*

Chaque système a été modélisé au moyen du United States Environmental Protection Agency's Storm Water Management Model (SWMM). Il s'agit d'un modèle mathématique qui doit simuler une précipitation particulière ainsi que les aspects qualitatifs et quantitatifs de l'écoulement d'averse. Pour les besoins de l'étude, seule la quantité de l'écoulement a été modélisée.

La figure 8 montre les hydrogrammes établis pour le lotissement représenté à la figure 7, tant avec un système conventionnel qu'avec un système régularisé par l'Hydro-Brake. La figure 8 montre aussi les données d'utilisation des réservoirs de stockage pour le système Hydro-Brake pendant toute la durée de la précipitation.

Le modèle simulé indique que le dispositif régulateur Hydro-Brake utilisé avec le stockage recommandé ferait passer d'environ 18,4 L/s à 7,1 L/s environ, soit une baisse de près de 60 p. 100, les débits de pointe dans le lotissement. La simulation a aussi montré une bonne utilisation des réservoirs; environ 90 p. 100 de la capacité de stockage a été utilisée pendant la précipitation. Cette analyse a permis de conclure que le système Hydro-Brake et le volume de stockage qui y est relié peuvent réduire de façon importante les débits de pointe du ruissellement dans un lotissement. La base de calcul recommandée pour le volume de stockage semble aussi tout à fait raisonnable pour l'analyse synthétique d'une précipitation nominale.

Le système décrit et analysé ci-dessus peut être considéré comme approprié et réaliste pour les petites aires d'alimentation où il ne se produit que des inondations superficielles et des dégâts minimes lorsque les réservoirs de stockage sont pleins. Néanmoins, pour les aires d'alimentation plus importantes et complexes, il faut envisager l'analyse du stockage de façon beaucoup plus détaillée. Cela comprend une analyse

* Synthetic Storm Pattern for Drainage Design, C.J. Keifer et H.H. Chu, Compte rendu ASCE, août 1957.

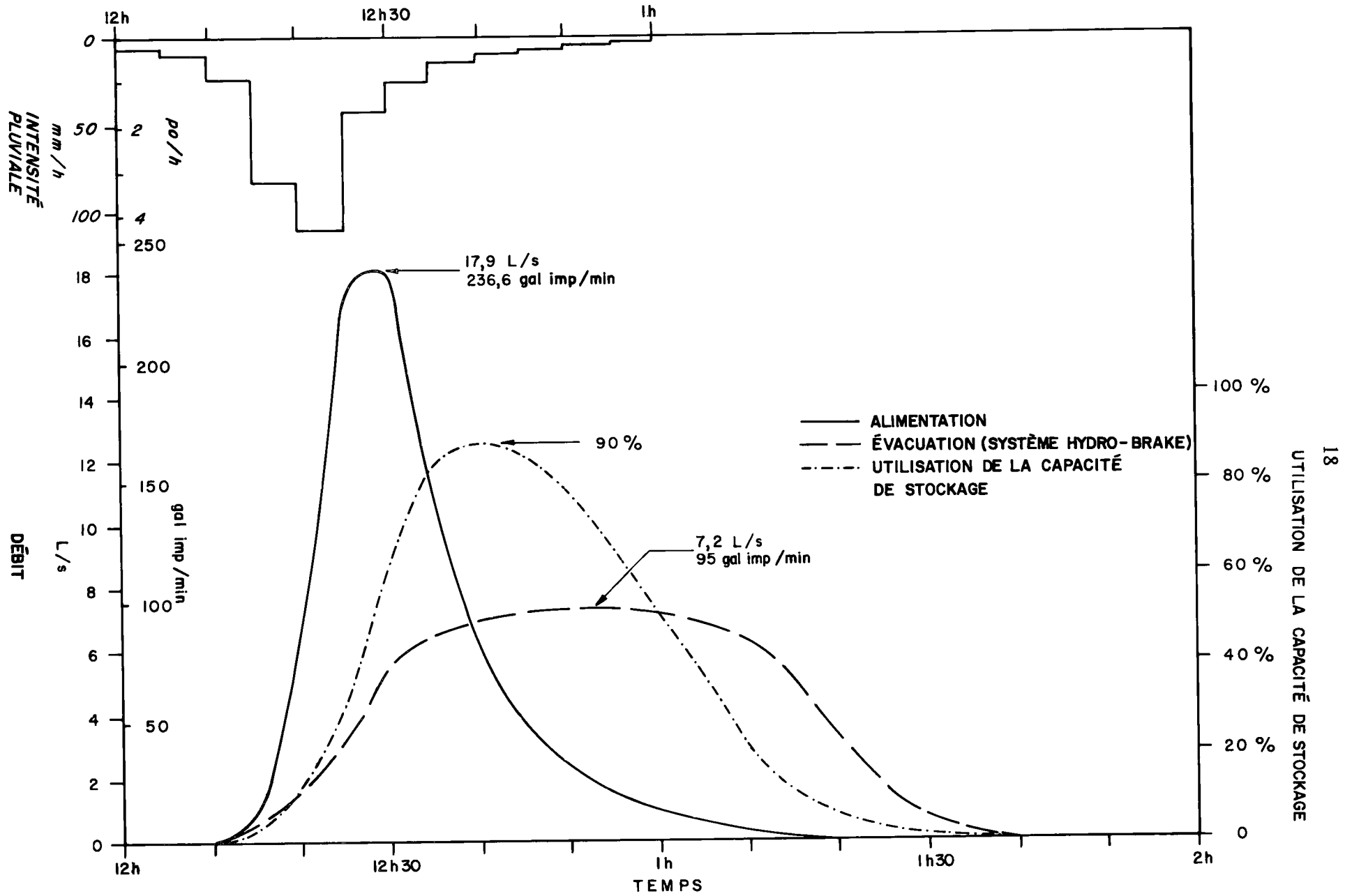


FIGURE 8

HYDROGRAMMES DES DÉBITS SIMULÉS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION ET UTILISATION DE LA CAPACITÉ DE STOCKAGE DANS UN LOTISSEMENT TYPE

statistique des précipitations réelles enregistrées pour déterminer les valeurs du volume et des débits de ruissellement de différentes précipitations, y compris des intervalles de récurrence entre les précipitations. En choisissant un intervalle de récurrence ou une précipitation nominale en particulier, on peut déterminer des volumes de stockage réaliste et appropriés aux besoins envisagés.

5.2 Mesure de la quantité du ruissellement

Un certain nombre de précipitations réelles ont été analysées afin de déterminer l'efficacité du régulateur de débit Hydro-Brake à réduire les débits de pointe du ruissellement qui se déversent dans le réseau pluvial. En outre, des dispositifs Hydro-Brake de trois tailles différentes et dont la description figure au tableau 3, ont été surveillés.

TABLEAU 3 SURVEILLANCE DES HYDRO-BRAKES

Taille de l'Hydro-Brake	Lieu de surveillance	Période de surveillance
15 mm de diam.	Secteur 1 (route) Secteur 2 (stationnement)	sept. 1976 à nov. 1976
50 mm de diam.	Secteur 2 (stationnement)	mars 1977 à nov. 1977
100 mm de diam.	Secteur 1 (route)	mars 1977 à nov. 1977

Le programme de surveillance exécuté en 1976 a montré que pour les volumes de stockage fournis, l'Hydro-Brake de 15 mm de diamètre était trop petit. Dans le cas de ce dispositif de faible capacité, les débits de pointe n'étaient réduits que pour des précipitations très mineures, et les précipitations plus importantes ont provoqué des débordements.

La figure 9 montre les résultats de mesure de niveau et des calculs de débit dans le petit Hydro-Brake au cours des précipitations des 30 et 31 octobre 1976. Ces hydrogrammes représentent le ruissellement du secteur 1 (route). Le débit de pointe d'alimentation enregistré au cours de cette précipitation était d'environ 0,25 L/s. Ce débit s'est vu réduit à environ 0,14 L/s à l'évacuation, soit une diminution d'à peu près 42 p. 100.

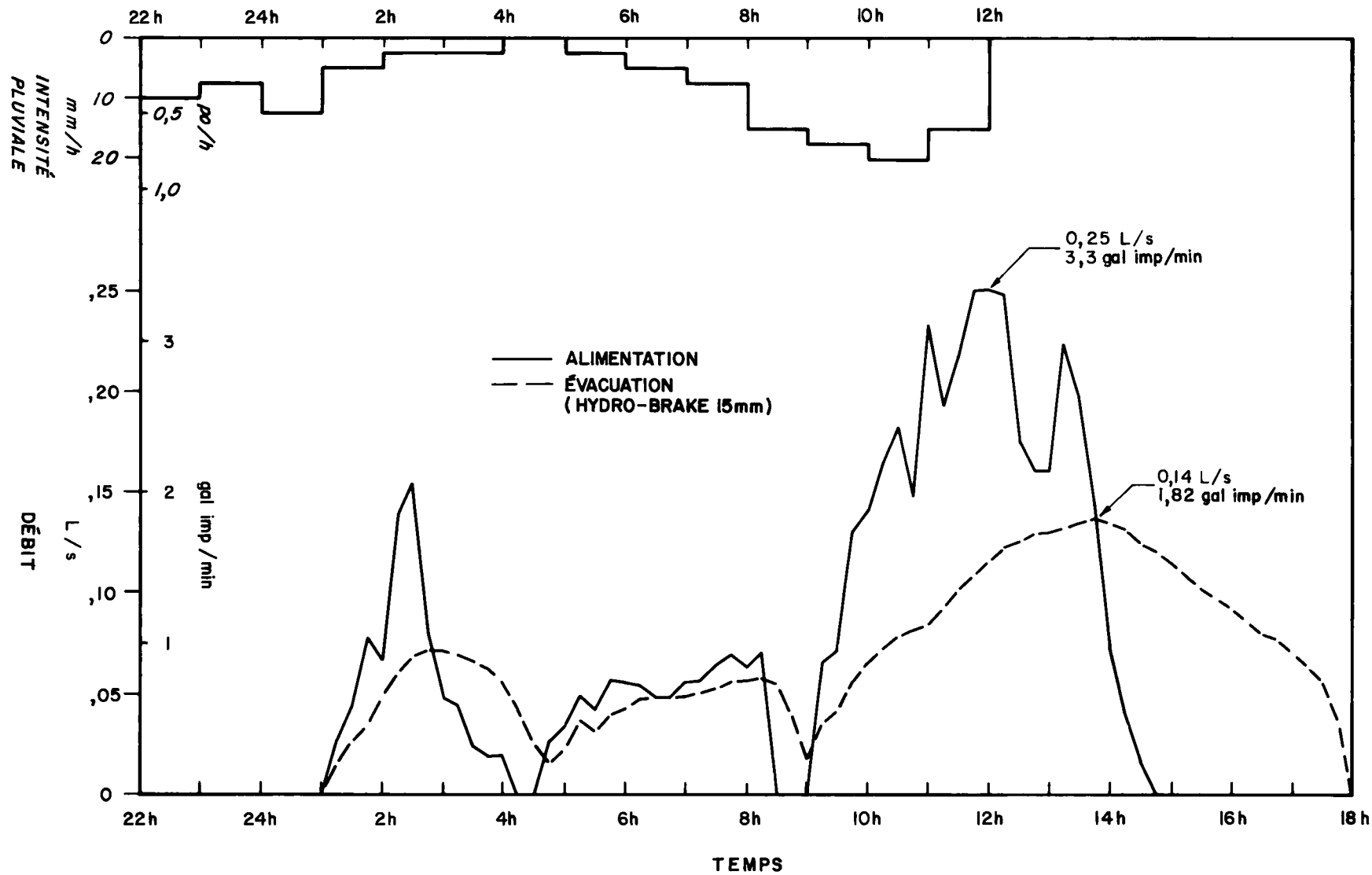


FIGURE 9 HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION. SECTEUR 1 - 30 ET 31 OCTOBRE 1976

Au cours de la période de surveillance de 1977, aucune précipitation n'a produit des débits de pointe de ruissellement supérieurs à la capacité d'évacuation de l'Hydro-Brake de 100 mm de diamètre. C'est pourquoi, ni l'utilisation de la capacité de stockage, ni l'atténuation du débit de pointe n'ont été mesurées pour ce dispositif.

Cependant, un certain nombre de précipitations ont produit des débits de pointe du ruissellement nettement supérieurs à la capacité du dispositif de 50 mm de diamètre. Dans le cas de ce dispositif, la capacité de stockage et le régulateur Hydro-Brake ont donc atténué les débits de pointe du ruissellement de ces précipitations. Les résultats de l'analyse de cinq averses apparaissent dans les figures 10 à 14 et sont résumés au tableau 4.

TABEAU 4 ANALYSE DE L'ATTÉNUATION DES DÉBITS DE POINTE AVEC UN DISPOSITIF DE 50 mm

Précipitation	Débit de pointe du ruissellement (L/s)	Débit atténué (L/s)	Réduction du débit de pointe (%)
23 mai 1977	5,6	1,2	78,5
28 mai 1977	2,94	1,05	64,3
25 juin 1977	2,95	0,85	71,2
29 juin 1977	4,12	1,1	73,3
1er juillet 1977	6,2	1,17	81,1

5.3 Mesure de la qualité du ruissellement

La surveillance du système pour savoir dans quelle mesure il pouvait améliorer la qualité du ruissellement s'est limitée à une évaluation des matières solides totales retirées de la manche filtrante et du fond du puisard pendant toute la période de surveillance. La méthode proposée consistait à évaluer régulièrement les matières solides accumulées dans la manche filtrante et à établir la relation entre ces résultats et les précipitations au cours de cette période. La manche filtrante a été enlevée de chaque puisard, séchée en laboratoire sous surveillance et pesée.

Les manches filtrantes ont posé un certain nombre de problèmes. Seule la première pesée de ces sacs, soit pour la période du 3 au 29 mars 1977, a été réussie. Au

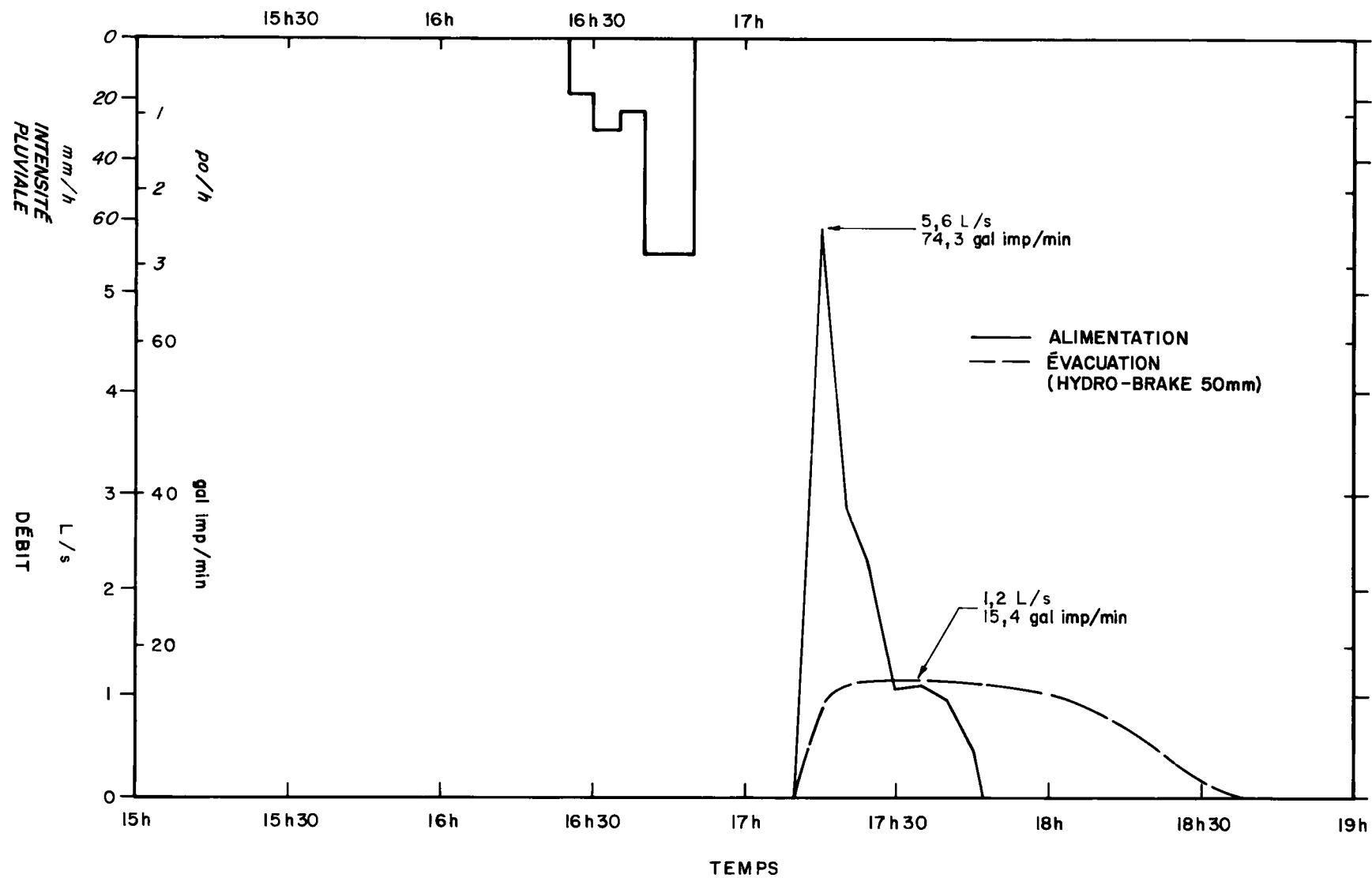


FIGURE 10 HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION. SECTEUR 2 - 23 MAI 1977

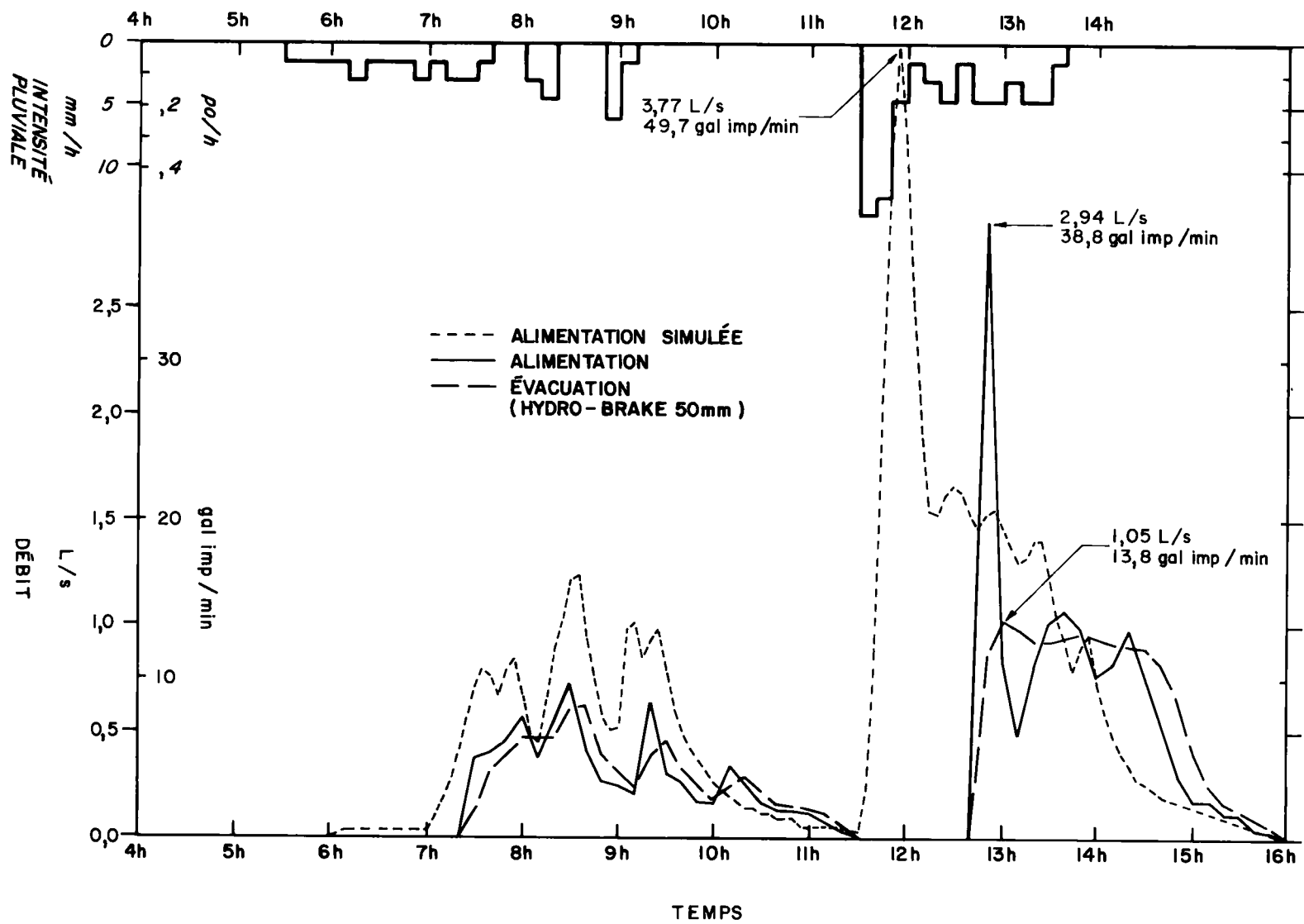


FIGURE 11 HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION. SECTEUR 2 - 28 MAI 1977

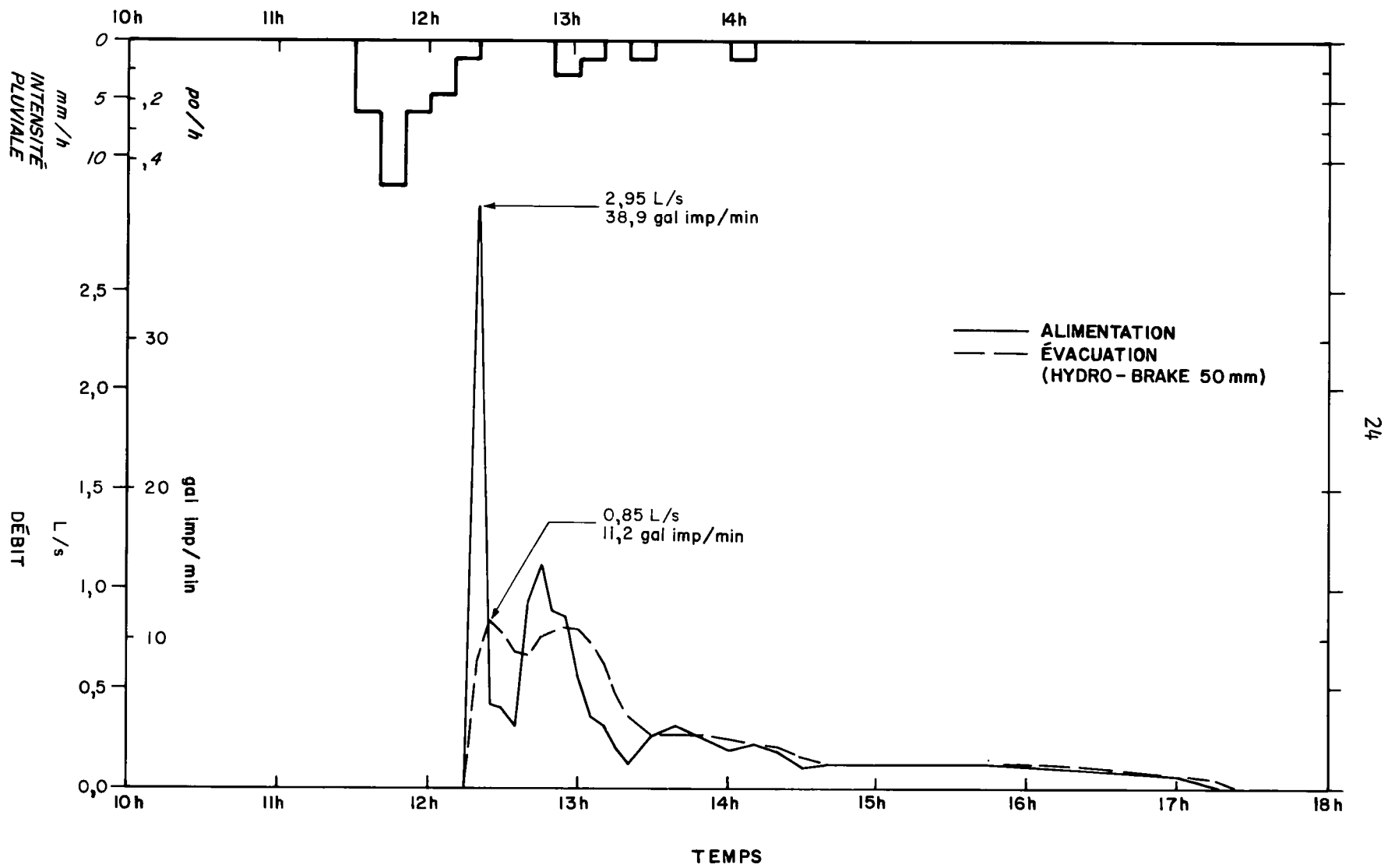


FIGURE 12 HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 25 JUIN 1977

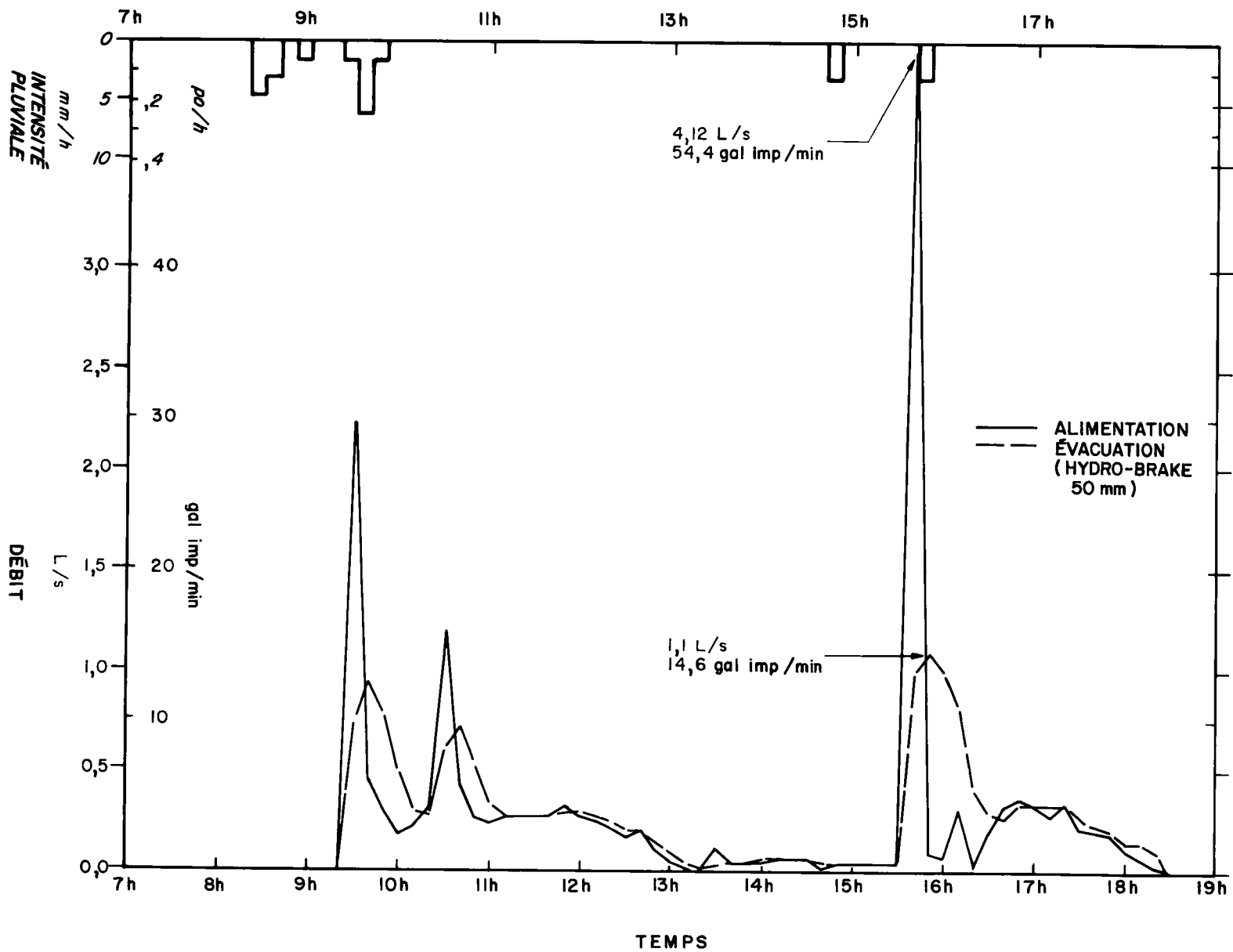


FIGURE 13 HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 29 JUIN 1977

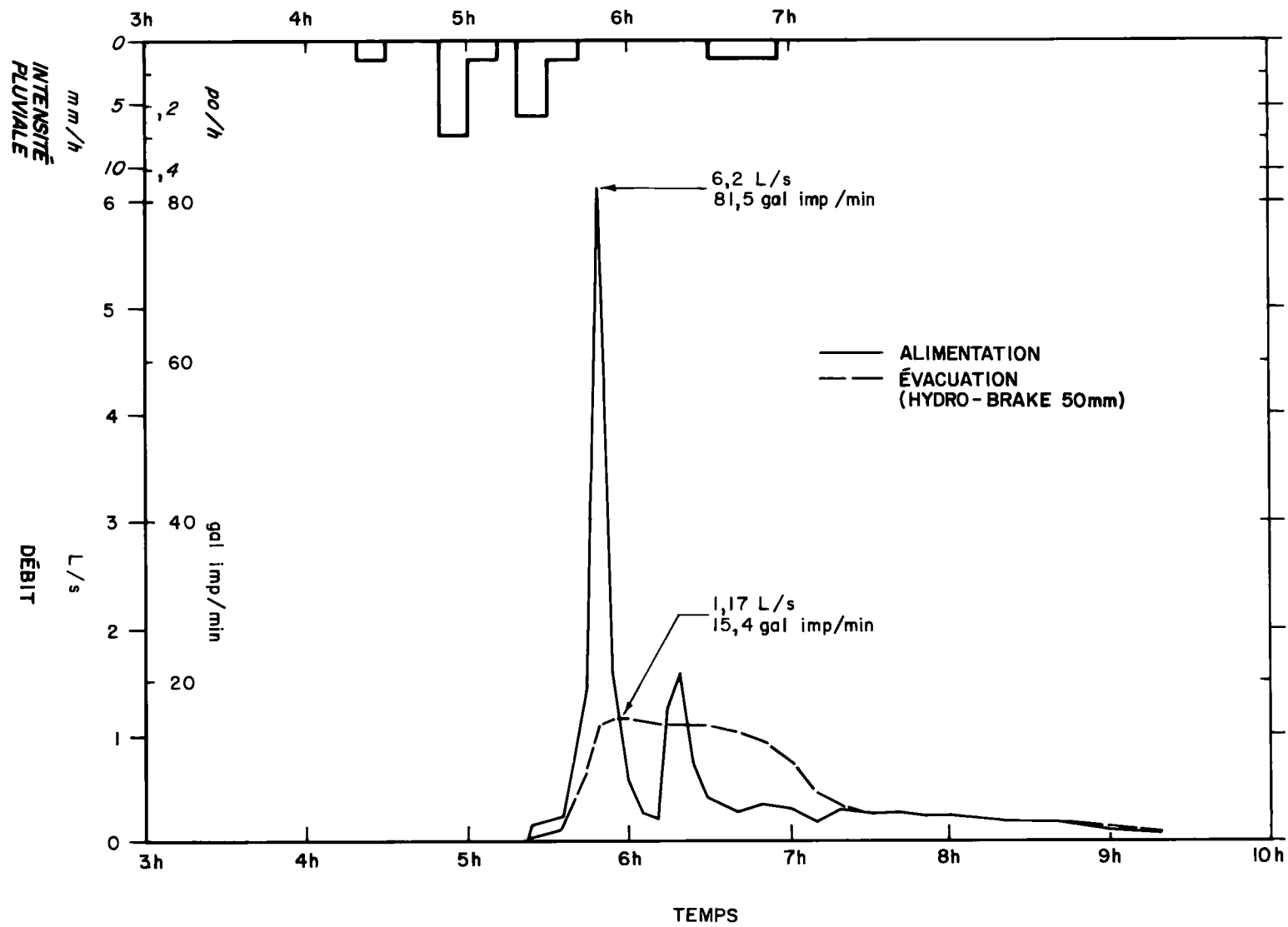


FIGURE 14 HYDROGRAMMES DES DÉBITS D'ALIMENTATION ET D'ÉVACUATION, SECTEUR 2 - 1er JUILLET 1977

cours de la deuxième pesée, les manches, qui avaient servi pendant la période du 17 mai au 22 juin 1977, ont pris feu et se sont désintégrées lors du séchage dans les fours à température d'environ 43°C.

De nouvelles manches ont été commandées et installées le 13 juillet. Les premières étaient de fabrication norvégienne, tandis que les secondes étaient de fabrication américaine. L'observation de ces manches au cours des précipitations a permis de constater que les débris s'y accumulant, même en quantités minimales, provoquaient un colmatage important qui réduisait l'écoulement. De nouvelles manches furent commandées au fabricant norvégien, mais elles ne sont pas arrivées avant la fin de septembre 1977.

Les nouvelles manches ont été installées dans les puisards le 4 octobre. Cette fois encore, une accumulation minimale de débris a causé un colmatage des manches, réduisant ainsi sérieusement leur efficacité pour filtrer les matières solides de l'eau.

Ces nouvelles manches ont été enlevées le 29 septembre pour être séchées et pesées, de même que les matières solides accumulées dans le fond des puisards du secteur 1 (route).

Dans le tableau 5 figure le résumé des résultats concernant les matières solides recueillies dans les manches filtrantes et dans le puisard de rue du secteur 1 (route).

TABLEAU 5 RÉSUMÉ DES DONNÉES SUR LES MATIÈRES SOLIDES RECUEILLIES, SECTEUR 1 (route)

Échantillon	Système	Période de collection	Poids des matières sèches (g)	Remarques
1	manche filtrante (modèle original norvégien)	du 16/3/77 au 29/3/77	1645	
2	manche filtrante (modèle original norvégien)	du 17/5/77 au 22/6/77	~ 1400	- Sacs calcinés au cours du séchage - Matières sèches évaluées à 50 p. 100 du poids des matières mouillées, d'après l'analyse de l'échantillon 1.

TABEAU 5 RÉSUMÉ DES DONNÉES SUR LES MATIÈRES SOLIDES RECUEILLIES, SECTEUR 1 (route) (suite)

Échan- tillon	Système	Période de collection	Poids des matières sèches (g)	Remarques
3	manche filtrante (modèle américain)	du 13/7/77 au 4/10/77	15 355	- Colmatage des manches, filtrage inadéquat.
4	manche filtrante (nouveau modèle norvégien)	du 4/10/77 au 29/11/77		- Colmatage des manches, filtrage inadéquat. - Volume des matiè- res solides recueillies inclus dans l'échantillon 5.
5	puisard de rue	du 16/3/77 au 29/11/77	82 770	- Puisard de rue nettoyé et matiè- res solides recueillies.
TOTAL			101 170 g	

Plus de 80 p. 100 des matières solides retirées du système provenaient plutôt du puisard de rue que de la manche filtrante comme il était d'abord prévu. Bien que les manches filtrantes n'aient pas été aussi efficaces pour enlever les matières solides que nous l'espérions, nous estimons qu'une manche fabriquée avec un tissu à mailles un peu plus grosses ne devrait pas se colmater, tout en étant efficace pour retenir les matières solides en suspension dans les eaux de ruissellement.

Pendant que l'on retirait les matières solides accumulées dans le puisard de rue, on a remarqué une puanteur caractéristique dégagée par les boues mouillées, ce qui n'était pas le cas avec les manches filtrantes.

5.4 Modélisation de la quantité et de la qualité du ruissellement

Pour comparer les résultats mesurés avec les valeurs prévues tant de la quantité que de la qualité du ruissellement, le ruissellement pluvial pour la période d'essai a été simulé à l'aide des modèles informatisés SWMM et STORM. Le modèle SWMM (Storm Water Management Model) a été mis au point pour l'Agence américaine de

protection de l'environnement afin d'assurer une simulation continue d'une précipitation donnée ainsi que des aspects quantitatifs et qualitatifs du ruissellement des eaux pluviales. Il a été utilisé spécifiquement pour modéliser l'aspect quantitatif du ruissellement et comparer les hydrogrammes du ruissellement prévu avec les mesures réelles. Le modèle STORM (Storage Treatment Overflow Runoff Model), mis au point par le U.S. Army Corps of Engineers, constitue un modèle de simulation continue conçu pour l'analyse des longues périodes d'enregistrement de données horaires continues sur les précipitations; il a été utilisé pour modéliser l'aspect qualitatif du ruissellement, permettant ainsi de comparer les valeurs prévues des matières solides entraînées avec les valeurs mesurées des matières solides retirées du système.

Le SWMM a été appliqué à la précipitation du 28 juin 1977. Une comparaison de l'hydrogramme du débit simulé et de l'hydrogramme mesuré réel est présentée à la figure 11. Il convient de remarquer que les pointes simulées de l'hydrogramme sont, dans tous les cas, plus élevées de 30 à 50 p. 100 que les valeurs réelles mesurées. Le volume total du ruissellement réel était d'environ $12,3 \text{ m}^3$, tandis que celui du ruissellement prévu était d'environ $22,9 \text{ m}^3$, soit à peu près 85 p. 100 plus élevé.

La figure 11 montre que la forme de l'hydrogramme simulé correspond bien à celle de l'hydrogramme mesuré. L'emplacement des pointes concorde bien aussi dans la première partie de l'hydrogramme, mais dans la dernière partie, les pointes mesurées marquent un retard d'environ une heure sur les pointes simulées. L'heure indiquée par l'hydrogramme simulé correspond mieux à la courbe de précipitation que l'hydrogramme officiel, notamment pendant la dernière moitié de la précipitation. Cet écart pourrait bien avoir été causé par une modification de la trajectoire des précipitations entre le pluviomètre et le site des mesures de débit.

Le modèle STORM a été appliqué aux relevés pluviaux de la période étudiée. Les valeurs de base pour l'accumulation de poussière et de saleté ont été comparées et, pour les calculs, une valeur quotidienne de $2,13 \text{ kg/ha}$ a été fixée pour la simulation. Ce chiffre est considéré comme une valeur moyenne représentative d'une activité industrielle peu intense. On reconnaît toutefois que le chiffre réel pour le secteur étudié pendant la période de surveillance peut avoir été entièrement différent. Le tableau 6 donne une comparaison des valeurs prévues et des valeurs mesurées pour les matières solides en suspension entraînées par le système. Il convient de faire remarquer que les valeurs prévues par la simulation atteignent environ deux fois les valeurs mesurées.

TABLEAU 6 COMPARAISON ENTRE LA SIMULATION STORM DES MATIÈRES SOLIDES EN SUSPENSION ENTRAÎNÉES ET DES VALEURS MESURÉES

Méthode	Période	Matières solides totales en suspension
Simulation STORM des matières solides entraînées	du 16/3/77 au 29/11/77	214 kg
Valeurs mesurées des matières solides	du 16/3/77 au 29/11/77	101,17 kg

Étant donné que seules les matières solides accumulées dans le réseau ont pu être mesurées, et non l'apport des matières solides dans le système, il n'est pas possible d'obtenir une évaluation du degré d'élimination des matières solides. La quantité de matières solides entraînées de l'aire d'alimentation peut en fait avoir été beaucoup plus importante que ne le prévoyait la simulation du modèle, à cause de la circulation intense due à la construction dans l'aire d'alimentation au cours de l'étude.

5.5 Fonctionnement et entretien du système

Le système Hydro-Brake n'a pas causé de problème particulier de fonctionnement ou d'entretien comparativement à celui d'un puisard de rue classique. Le colmatage de l'orifice d'entrée de l'Hydro-Brake ne s'est pas produit, l'accumulation de matières solides dans le puisard n'ayant pas été assez importante pour provoquer ce genre d'obstruction. Tout comme avec un système conventionnel, l'enlèvement des matières solides du puisard et de la manche filtrante doit normalement se pratiquer une ou deux fois l'an. Le nettoyage fréquent du puisard et l'installation de manches filtrantes plus efficaces ne feraient probablement qu'améliorer la qualité des eaux évacuées, quoique d'autres recherches s'imposent avant de tirer des conclusions définitives.

6 COMPARAISON ENTRE LE COÛT DE L'HYDRO-BRAKE ET CELUI DU SYSTÈME CONVENTIONNEL

Pour comparer le coût d'un réseau d'égout pluvial muni d'un régulateur de débit Hydro-Brake avec un réseau conventionnel, un secteur type a été choisi dans le centre industriel de Merivale Acres pour faire une analyse détaillée (figure 15). Le système Hydro-Brake qui a servi à l'évaluation a été conçu sur la base des volumes de stockage des puisards calculés selon les recommandations de la Hydro Storm Sewage Corporation décrites dans la section 4.1. Le système conventionnel a été conçu à l'aide de la Méthode rationnelle. Les dimensions des deux systèmes ont été calculées de manière à recevoir le ruissellement résultant d'une précipitation d'une fréquence de cinq années.

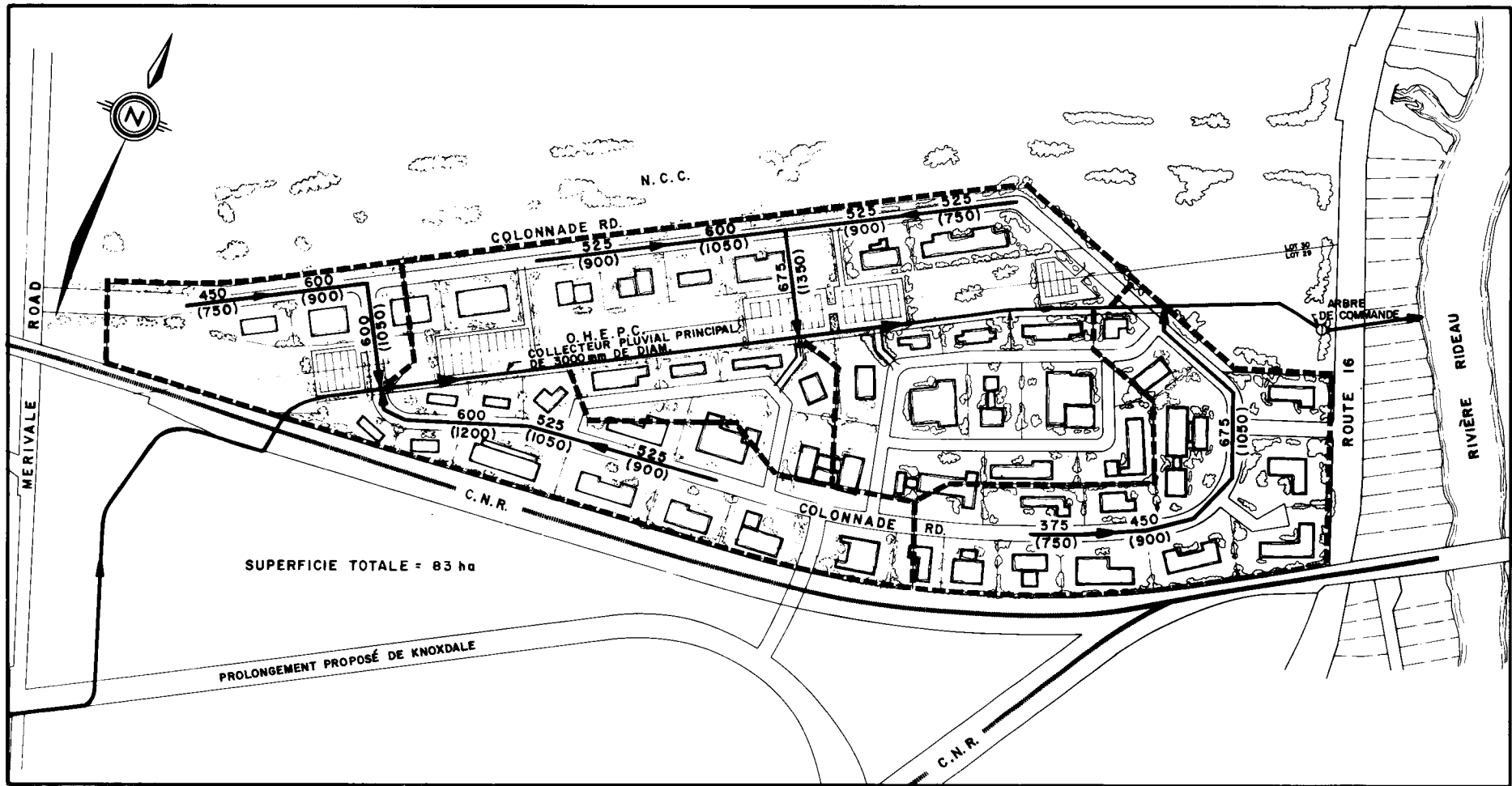
Si le coût des canalisations du système Hydro-Brake est beaucoup moins élevé à cause de leurs dimensions très inférieures à celles du système conventionnel (figure 15), par contre, cette économie a été annulée par le coût des puisards surdimensionnés et supplémentaires nécessités par l'important volume de stockage requis. Dans le tableau 7, les coûts de l'Hydro-Brake et des systèmes conventionnels sont comparés.

TABLEAU 7 COMPARAISON ENTRE LES COÛTS DE CONCEPTION DE L'HYDRO-BRAKE ET DU SYSTÈME CONVENTIONNEL

Système	Coût des canalisations	Coût des puisards de rue	Total
Hydro-Brake	\$ 761 000	\$501 600	\$1 262 600
Conventionnel	\$1 179 800	\$ 59 000	\$1 238 800

Le tableau 7 indique que le total des coûts estimés pour le système Hydro-Brake et pour le système conventionnel est sensiblement le même dans le secteur étudié. Le système Hydro-Brake présente toutefois l'avantage de réduire considérablement les débits de pointe des eaux évacuées vers les égouts d'aval et le milieu récepteur et, donc, de réduire les risques d'inondation en aval et d'érosion du cours d'eau récepteur.

Il est important de noter que l'analyse a été entreprise et la comparaison des coûts établie dans un nouveau lotissement seulement, et que le stockage a été assuré par un grand nombre de puisards surdimensionnés. Une autre méthode qui pourrait se révéler



LÉGENDE

- 450 DIMENSION DES CANALISATIONS(mm) DU RÉSEAU RÉGULARISÉ PAR L'HYDRO-BRAKE
- (750) DIMENSION DES CANALISATIONS(mm) DU RÉSEAU CONVENTIONNEL
- LIMITES DE DRAINAGE

ÉCHELLE 1:10 000

FIGURE 15 COMPARAISON ENTRE LE SYSTÈME HYDRO-BRAKE ET LE SYSTÈME CONVENTIONNEL

plus rentable, dans des secteurs plus étendus notamment, serait une forme de stockage centralisé.

Aucun essai n'a été tenté pour l'Hydro-Brake dans un lotissement existant ayant des problèmes d'inondation. Il pourrait sans doute s'avérer utile dans ce cas, notamment dans de petits secteurs isolés.

REMERCIEMENTS

Nous voulons exprimer ici notre sincère gratitude à l'intention des personnes et organismes qui ont contribué à différents aspects de cette étude.

La Corporation du canton de Nepean qui, par l'entremise de M. E.J. Cole, commissaire aux travaux, a coordonné l'installation des puisards de rue dans le secteur étudié et nous a aidé dans ce travail.

La Corporation Cadillac Fairview qui nous a aidé à installer les puisards et, pour les besoins de la surveillance, a permis l'accès à ses terrains privés.

M. A. Hauck de la municipalité régionale d'Ottawa-Carleton qui nous a prêté son concours dans l'analyse chimique des échantillons d'eaux pluviales.

Le Service de la protection de l'environnement d'Environnement Canada qui, par l'intermédiaire de M. L. Kamp et du Dr A. Tennant, nous a apporté une aide précieuse tant pour la collecte que pour l'analyse des échantillons, afin de déterminer la qualité des eaux pluviales pendant toute la durée de l'étude.

La Hydro Storm Sewage Corporation qui, par l'entremise de M. Carl Maegaard, a fourni les dispositifs Hydro-Brake et les manches filtrantes pour le programme de surveillance.

