

**Record Number:** 600  
**Author, Monographic:** Couillard, D.//Dartois, J.//Demard, H.//Jaouich, A.//Joly, J. L.//Mascolo, D.  
**Author Role:**  
**Title, Monographic:** Réseaux de collecte des eaux usées. Tome 2 : acquisition et traitement des données  
**Translated Title:**  
**Reprint Status:**  
**Edition:**  
**Author, Subsidiary:**  
**Author Role:**  
**Place of Publication:** Québec  
**Publisher Name:** INRS-Eau  
**Date of Publication:** 1975  
**Original Publication Date:**  
**Volume Identification:**  
**Extent of Work:** xii, 256  
**Packaging Method:** pages et 3 annexes  
**Series Editor:**  
**Series Editor Role:**  
**Series Title:** INRS-Eau, Rapport de recherche  
**Series Volume ID:** 60  
**Location/URL:**  
**ISBN:** 2-89146-061-8  
**Notes:** Rapport annuel 1975-1976  
**Abstract:** Rapport rédigé pour les Services de protection de l'environnement et l'Office de développement de l'Est du Québec  
40.00\$  
**Call Number:** R000060  
**Keywords:** rapport/ ok/ dl

Réseaux de collecte des eaux usées.  
Tome 2:  
acquisition et traitement des données

INRS-Eau  
UNIVERSITE DU QUEBEC  
C.P. 7500, Sainte-Foy  
Québec G1V 4C7

RAPPORT SCIENTIFIQUE No 60  
1975

Rapport rédigé pour  
les Services de protection de l'environnement du Québec  
et l'Office de développement de l'est du Québec

par  
D. Couillard, J. Dartois, H. Demard, A. Jaouich, J.L. Joly, D. Mascolo

ISBN 2-89146-061-8

DEPOT LEGAL 1975

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

© 1975 - Institut national de la recherche scientifique

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES TABLEAUX	vi
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	x
L'EQUIPE INRS-Eau SUR LE PROJET	xii
INTRODUCTION	1
RECOMMANDATIONS	2
Mesures sur le terrain	2
Entretien et opération	5
Analyses qualitatives	6
Traitement des données	6
1. EQUIPEMENTS ET SERVICES	8
1.1 Critères de choix de l'instrumentation	9
1.1.1 Mesures des débits dans l'égout	10
1.1.2 Echantillonnage automatique de l'eau d'égout	29
1.1.3 Mesure de température	42
1.1.4 Mesures sur le bassin	42
1.1.5 Système de contrôle et d'enregistrement des données	47
1.2 Matériel retenu	54
1.2.1 Dispositifs pour le prélèvement d'échantillons	55
1.2.2 Eléments primaires	56

	PAGE
1.2.3 Dispositifs de mesure de niveau et/ou de débit	56
1.2.4 Autres appareils de mesure	56
1.2.5 Enregistreurs	56
1.2.1 Dispositifs pour le prélèvement d'échantillons	57
1.2.1a Echantillonneur ISCO	58
1.2.1b Echantillonneur MANNING	62
1.2.1c Echantillonneur S.E.I.N.	66
1.2.1d Echantillonneur SIGMAMOTOR	70
1.2.1e Echantillonneur SOLAS	73
1.2.1f Pompe de prélèvement d'eau à vitesse variable MASTERFLEX	77
1.2.1g Pompe de prélèvement d'eau à vitesse variable MORSE - MASTERFLEX	80
1.2.2 Eléments primaires	82
1.2.2a Canal Palmer Bowlus 24 pouces FLUMET	83
1.2.2b Canal Palmer Bowlus 12 pouces U.E.S.	92
1.2.2c Canaux Palmer Bowlus 10 pouces et 12 pouces ACCURA-FLOW	98
1.2.2d Déversoir sans fond pour conduite de 10 pouces	104
1.2.2e Déversoir sans fond pour conduite de 36 pouces	114
1.2.3 Dispositifs de mesure de niveaux et/ou de débit	118
1.2.3a Limnimètre à bulles avec capteur FOXBORO	119
1.2.3b Sonde de surface MANNING	125
1.2.3c Débitmètre à flotteur N.B. PRODUCTS	129
1.2.3d Débitmètre SIGMAMOTOR	131

	PAGE
1.2.3e Débitmètre capacitif UES	135
1.2.3f Calculateur de débit MANNING	139
1.2.4 Autres appareils de mesure	142
1.2.4a Pluviographe W.M.C.	143
1.2.4b Capteur de pression CIC	146
1.2.4c Thermomètre	149
1.2.4d Vase à niveau constant	151
1.2.4e DBO-mètre - OXYTEMPS SEIN	155
1.2.5 Enregistreurs	158
1.2.5a Enregistreurs graphiques ESTERLINE-ANGUS	159
1.2.5b Enregistreur - Décodeur ALEP	161
1.2.5c Enregistreur décodeur S.E.I.N.	166
1.2.5d Convertisseur de signaux INRS-Eau	168
1.3 Aménagement de base des points de mesure	172
1.3.1 Aménagement sur le réseau d'égout	172
1.3.2 Aménagement sur le bassin	174
1.3.3 Montants associés à l'aménagement des stations de mesure	181
1.4 Entretien et opération du matériel	184
2. ANALYSE QUALITATIVE DES ECHANTILLONS	187
2.1 Description des paramètres et méthodes analytiques	188
2.1.1 Solides	192
2.1.2 Matière organique (carbonnée)	194
2.1.3 Azote	196
2.1.4 Phosphore	199
2.1.5 Les détergents	200
2.1.6 Les huiles et les graisses	202

	PAGE
2.1.7 Les chlorures	203
2.1.8 La dureté	203
2.1.9 Les sulfates	204
2.1.10 Les éléments traces	204
2.2 Procédures après le prélèvement des échantillons	206
3. TRAITEMENT DES DONNEES	216
3.1 Validation	217
3.2 Traitement	217
ANNEXE I- Hygiène et sécurité dans les égouts	227
Introduction	229
Description du milieu	230
A. Phase gazeuse	230
a) oxygène	230
b) vapeur toxiques, inflammables et explosives	230
c) gouttelettes	231
d) éclaboussures de la phase liquide	231
e) conditions climatiques	231
B. Phase liquide	232
a) aspects physiques	232
b) aspects chimiques	232
c) micro-organismes	232
d) rongeurs	233
e) infections virales et bactériennes (périodes d'incubation, symptômes généraux, portes d'entrée)	234
C. Phase semi-solide et solide	235
D. Accidents	235

	PAGE
E. Recommandations générales d'hygiène et de sécurité	236
F. Recommandations particulières	239
a) hygiène individuelle	239
b) alimentation électrique	239
c) protection contre les risques de blessures et égratignures lors de la descente dans l'égout	239
d) premiers soins	240
e) protection contre les risques d'infection lors des manipulations d'échantillons provenant des égouts	240
G. Conclusion	245
H. Bibliographie sommaire	246
Appendice 1: Produits particuliers pour soins et sécurité relatifs aux travaux dans les égouts	247
ANNEXE 2- Critères de design et d'implantation du canal Palmer-Bowlus d'après Wells et Gotaas	248
ANNEXE 3- Principe des différentes techniques d'analyse instrumentale	251

## LISTE DES TABLEAUX

- 1.1 Différentes options d'échantillonnage
- 1.2 Design Specifications - MANNING 5-4000 SAMPLER
- 1.3 Standard Specifications - E 13 DL d/p Cell Foxboro
- 1.4 Sigmamotor - LMS 400 Flowmeter
- 1.5 Specifications 8091 Flo/Monitor
- 1.6 Caractéristiques générales ALEP (enregistreur ED7210A)
- 1.7 Décodeur Alep DC 7330
  
- 2.1 Nombre d'analyses par bassin pluvial (pseudo-séparé)
- 2.2 Nombre d'analyses par bassin sanitaire (pseudo-séparé)
- 2.3 Nombre d'analyses par bassins combinés
- 2.4 Récapitulation des méthodes d'analyses utilisées
- 2.5 Comparaison de différentes techniques de préservation
- 2.6 Comparaison des différentes techniques de préservation des échantillons d'eaux usées
- 2.7 Etude sur les réseaux d'égouts
- 2.8 Etude sur les réseaux d'égouts

## LISTE DES FIGURES

- 1.1 Schémas de différents éléments primaires
- 1.2 Comparaison des relations hauteur-débit entre canal Parshall 3" et canal Palmer Bowlus 10" et canal Palmer Bowlus 12"
- 1.3 Eléments primaires proposés pour des mesures en égouts
- 1.4 Distribution des sédiments dans un canal de section carrée (10 pouces)
- 1.5 Distribution des solides en suspension et de la DBO en fonction de la profondeur dans une conduite sanitaire
- 1.6 Dispositif pour échantillonner l'eau de pluie (prévu pour éviter l'évaporation)
- 1.7 Chaîne de mesure et de traitement
- 1.8 Canal Palmer-Bowlus 24" en fonte
- 1.9 Schéma du circuit hydraulique pour Palmer Bowlus 24"
- 1.10 Schéma du montage de calibration
- 1.11 Courbe de calibration pour le diaphragme
- 1.12 Canal 24" Palmer-Bowlus, courbe de calibration
- 1.13 Réponse à une pluie d'un égout combiné
- 1.14 Canal Palmer-Bowlus 12" UES
- 1.15 Schéma du circuit hydraulique
- 1.16 Courbe calibration du déversoir de référence 60°
- 1.17 Canal 12" Palmer-Bowlus, courbe de calibration
- 1.18 Canal Palmer-Bowlus 10" en acier

- 1.19 Canal Palmer-Bowlus 12" acier
- 1.20 Recalibration en laboratoire d'un Palmer-Bowlus 10"
- 1.21 Recalibration au laboratoire d'un canal 12" Palmer-Bowlus
- 1.22 Conduite d'implantation pour le déversoir sans fond
- 1.23 Schéma général des plaques déversoir
- 1.24 Courbe calibration du déversoir sans fond (30°)
- 1.25 Courbe de calibration du déversoir sans fond (45°)
- 1.26 Courbe calibration du déversoir sans fond (60°)
- 1.27 Courbe calibration du déversoir sans fond (90°)
- 1.28 Exemple d'évolution du débit sanitaire dans un égout sanitaire pseudo séparé par temps sec
  
- 1.29 Réponse à une pluie d'un égout sanitaire
  
- 1.30 Installation du déversoir 90° sur une conduite de 36"
  
- 1.31 Courbe théorique déversoir trapézoïdal pour conduite de 36" diam.
  
- 1.32 Schéma du vase à niveau constant
  
- 1.33 Schéma d'installation du système d'injection à débit constant
  
- 1.34 Plan du convertisseur de la station Les Saules
  
- 1.35 Coupe d'un forage
  
- 1.36 Système de mesure de débit pour apports par les drains français; cas des fosses de retenue
  
- 1.37 Système de mesure de débit pour apports par les drains français; cas d'un raccordement privé dans un puits de regard pluvial
  
- 1.38 Système de mesure de débit pour apports par drain sanitaire du type pseudo séparé (cas d'un raccordement privé dans un puits de regard)

- 1.39      Système proposé pour la mesure du débit des eaux pénétrant  
            par les puits de regard
  
- 2.1      Différenciation analytique des différentes formes de  
            phosphore
  
- 3.1      Centrale d'acquisition et de traitement de données
  
- 3.2      Structure de la banque de données
  
- 3.3      Schéma logique du système 2,000

## LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

### ABREVIATIONS

DBO	=	Demande Biochimique en Oxygène (BOD)
GPCJ*	=	Gallons Per Capita par Jour (GPCD)
GPJ*	=	Gallons Par Jour (GPD)
GPM*	=	Gallons Par Minute
MGD*	=	Million de gallons par jour (MGD)
NTK	=	Azote Total Kjeldhal (TKN)
PPM	=	Partie Par Million
SS	=	Solides en Suspension
SSV	=	Solides en Suspension Volatils (VSS)
ST	=	Solides Totaux (TS)
STV	=	Solides Totaux Volatils (TVS)
CIT	=	Carbone Inorganique Total (TIC)
COT	=	Carbone Organique Total (TOC)

### SYMBOLES

Cl <sup>-</sup>	ion chlorure
Fe	fer
NH <sub>3</sub>	ammoniac
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	ion nitrite
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	ion nitrate
P	phosphore
PO <sub>4</sub> <sup>≡</sup>	ion phosphate
o-PO <sub>4</sub>	ortho-phosphate
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	ion sulfate

---

\*USG = gallon américain

IG = gallon impérial (quand il n'y a pas d'indication, le terme "impérial" est sous entendu)

## CONVERSION EN UNITES METRIQUES

1 pouce = .0254 m

1 pied = .305 m

1 mille = 1609 m

1 acre = 4047 m<sup>2</sup>

1 mille carré = 2.59 10<sup>6</sup> m<sup>2</sup>

1 gallon américain = 3.78 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

1 gallon impérial = 4.55 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

1 pied cube = 28.3 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

1 livre = .454 Kg

1 tonne = 907 Kg

L'équipe INRS-EAU sur le projet

D. Cluis*	Professeur, co-directeur	Doct. ing.	hydraulique
D. Cottinet	Assistant	Doct. 3e cycle	hydrogéologie
D. Couillard	Professeur, co-directeur	Ph.D.	génie chimique
J. Dartois	Assistante	MSc	hydrobiologie
H. Demard	Professeur, co-directeur	MScA	génie urbain
R. Fortin	Technicien	DEC	laboratoire
A. Jaouich	Assistant	PhD	chimie
J.L. Joly	Assistant, Responsable de terrain	MScA	génie sanitaire
J. McKinnen	Technicien	DEC	électronique
D. Mascolo	Professeur, co-directeur	Civil engineer	Analyse de systèmes
A. Parenteau	Technicien de terrain	DEC	hydrologie
L. Potvin	Agent de recherche	Bac	géographie
D. Redmayne	Technicien	DEC	électronique
W. Sochanska	Agent de recherche	Bac	génie instrumentation
P. Zubrzycki	Assistant, Responsable de terrain	MScA	génie chimique
M. Beauparlant	Secrétaire		
L. Raymond	Secrétaire		

\* A quitté le projet en avril 1975.

## INTRODUCTION

Les objectifs majeurs de l'étude qui fait l'objet du présent rapport sont rappelés ci-dessous:

- a) caractérisation et identification des différents apports susceptibles d'entrer dans les égouts (apports sanitaires, de ruissellement, souterrains);
- b) influence de ces différents apports sur le comportement global du réseau d'égouts.

La méthodologie proposée pour atteindre ces objectifs (voir Tome 1), fait appel à des techniques de mesure, d'analyse qualitative et de traitement de données; ces techniques sont décrites dans le présent volume (Tome 2) alors que les premiers résultats obtenus figurent dans le Tome 3 et reçoivent une première interprétation dans le Tome 4.

On trouvera également en annexe 1 au présent volume les recommandations de R. Gilbert (Professeur INRS-Santé, Montréal) sur les conditions d'hygiène et de sécurité dans les égouts.

## RECOMMANDATIONS

### MESURES SUR LE TERRAIN

Compte tenu de la méthodologie, les mesures sont à effectuer par épisodes dont la définition vise à regrouper les mesures concernant un type d'apport ou un phénomène dans le réseau d'égouts.

Il faut distinguer les mesures sur le bassin lui-même portant principalement sur les sources des apports et les mesures à l'exutoire.

#### Mesures à l'exutoire:

Elles comprennent les fonctions suivantes:

- mesure de débit
- prélèvement d'échantillons
- mesure de température
- contrôle et enregistrement des mesures sur les épisodes.

Par ailleurs, on vise un niveau d'automatisation permettant d'optimiser la somme des déboursés en investissement, en opération et en entretien. Les conclusions de plus de huit mois d'utilisation d'appareils disponibles sur le marché remplissant ces fonctions sont les suivantes:

#### Débit

Il y a nécessité de créer une section critique à l'aide d'un élément primaire dont la technologie est actuellement au point. Il s'agit de choisir l'élément adapté aux conditions spécifiques du point de mesure et de prévoir l'entretien nécessaire.

### Mesure de hauteur

L'ensemble du matériel sur le marché est en principe conçu plus ou moins spécifiquement pour une utilisation en égout. La qualité de la réalisation de ce matériel est cependant d'un tout autre ordre et ne permet pas d'atteindre le niveau de fiabilité prévu. Dans ces conditions, il est nécessaire d'une part de mobiliser un important personnel d'entretien et d'effectuer de nombreuses vérifications systématiques en laboratoire, sur un point de mesure-test et finalement, sur le point de mesure réel avant, pendant et après les périodes de mesure.

### Transformation hauteur-débit

Peu de conclusions à l'heure actuelle puisque nous n'avons pas été en mesure d'utiliser réellement ce type de matériel.

### Prélèvement d'échantillons

#### - prise d'eau:

Il y a nécessité d'obtenir un lavage périodique par retour d'eau ou d'air. Les échantillonneurs qui ne sont pas prévus à cet effet sont à modifier. Le problème de la représentativité de l'échantillon vs. l'ensemble du milieu demeure.

#### - échantillonneur:

Les exigences concernant le mode de contrôle du prélèvement (fréquence, nombre de doses par bouteille, base de temps ou volume), le volume et la réfrigération des bouteilles amènent aux conclusions suivantes:

- il n'existe aucun appareil d'origine répondant à l'ensemble des exigences. Celui qui s'en approche le plus coûte plus de \$4,000.;
- la qualité de la fabrication est aussi faible que celle des appareils de mesure de niveau;

- il en découle la nécessité d'une équipe d'entretien et de prévoir de nombreuses pièces de rechange et même des systèmes complets de rechange. De plus, il y a place pour la mise au point de matériel ayant une meilleure fiabilité.

### Enregistrement et contrôle

L'enregistrement graphique ne peut être envisagé compte tenu du nombre des paramètres à mesurer, de la nature et du nombre de périodes de mesure. La centralisation des mesures vers une enregistreuse unique nécessite la construction d'un convertisseur de signaux agissant également comme contrôleur. L'utilisation d'une enregistreuse sur ruban magnétique ou sur papier perforé est recommandée. Les coûts élevés de la seconde solution nous ont orientés vers la première, mais des problèmes majeurs de fiabilité ont été rencontrés et nous ont amenés à proposer un matériel de très haute qualité pour la poursuite de l'étude. Il est probable, dans ces conditions, que l'entretien s'en trouvera très simplifié.

### Mesures sur le bassin

La plupart des mesures sur le bassin sont à effectuer avec du matériel à développer et constituent des cas particuliers à l'exception des mesures de niveau de nappe et des précipitations.

### Nappe

La technique de forage et d'implantation de système de mesure de niveau dérive directement d'une technologie déjà très au point. Il reste à développer un système de transmission vers l'enregistreuse centrale.

### Précipitations

Essentiellement, les pluviomètres sur le marché sont compatibles avec nos objectifs. Par contre, l'utilisation de base de temps de l'ordre

de quelques minutes force à envoyer les données de précipitation sur l'enregistreuse centrale via une ligne de téléphone. Il s'agit, comme dans le cas de mesures de nappe, d'un problème de transmission.

#### ENTRETIEN ET OPERATION

Les périodes de mesure sur chaque bassin sont regroupées suivant des épisodes pour lesquels il est prévu une première étape consacrée à la mise en opération du matériel dans le puits de regard et sur le bassin qui consiste respectivement:

- a) en une réinstallation et calibration par méthode chimique de l'élément primaire, si nécessaire (cas de l'installation d'un canal Parshall pour l'étude de l'épisode sanitaire sur un égout combiné);
- b) en une vérification indépendante de chaque appareil de mesure;
- c) en une vérification du convertisseur de signaux et de l'enregistreuse sur cassette.

Pendant l'épisode de mesure proprement dit une surveillance doit être maintenue en parallèle avec l'ensemble des autres mesures prévues sur le bassin et à la source de chaque provenance.

Le niveau de fiabilité des appareils actuellement sur le marché impose des équipes d'opération très spécialisées. Dans le cas contraire, il faut avoir recours à un investissement beaucoup plus élevé (achat de 3 appareils pour en avoir 1 en fonction sur toute la période de mesure) et à une main d'oeuvre moins spécialisée mais beaucoup plus nombreuse. Dans l'état actuel, la constitution d'une équipe de 3 personnes (un responsable, un technicien en électronique et un technicien de terrain) pour s'occuper de 5 bassins semble souhaitable.

## ANALYSES QUALITATIVES

Le choix des paramètres à analyser (présenté dans le Tome 1) est guidé d'une part en fonction de la spécificité de ces paramètres pour un apport donné, et d'autre part, en fonction d'éléments de référence (comparaison entre apports, comportement du réseau).

Le service de laboratoire de l'INRS-Eau peut actuellement analyser la totalité des paramètres qualitatifs choisis. Les capacités d'analyse de chacun des paramètres imposent des limites qui figurent dans ce volume et qui ont servi à déterminer l'organisation dans le temps des divers épisodes. Un appareil Technicon Auto Analyzer II est utilisé pour la détermination de la majorité des paramètres à l'exception des fractions solides, la demande biochimique en oxygène, le carbone total (organique et inorganique) et les éléments traces (plomb, cuivre et zinc). Ces derniers sont déterminés manuellement et parfois avec l'aide d'instruments spécifiques comme l'analyseur de carbone et le spectrophotomètre d'absorption atomique. Au total, un ensemble de 23 paramètres sont analysés.

Compte tenu de la nature des eaux à analyser, des objectifs de caractérisation des apports et de connaissance du comportement des réseaux, il est important d'analyser la totalité de l'échantillon; dans le cas de paramètres pouvant subir l'influence d'une adsorption, ceci est même primordial. Pour les paramètres analysés sur Technicon, le moyen le plus efficace à l'heure actuelle, consiste à faire digérer l'échantillon non filtré et homogénéisé dans un digesteur séparé. Nous utilisons pour ce faire une technique manuelle, bien qu'il existe des procédures automatisées (la représentativité de ces dernières n'ayant pas été vérifiée).

## TRAITEMENT DES DONNEES

Il s'agit de données provenant d'enregistrements magnétiques, des analyses qualitatives, des données de précipitations et de débits des bassins reliés par

ligne de téléphone à l'ordinateur d'acquisition de données de l'INRS-Eau.

### Validation

Compte tenu du nombre de manipulations que les données subissent, elles passent systématiquement par une étape de validation avant d'être entrées sur l'ordinateur CDC.

### Gestion de la banque de données

Le système 2000 est utilisé pour rentrer les données, les structurer, les stocker et les ressortir. Le choix est basé sur une comparaison avec STORET et NAQUADAT.

### Traitement final

Cette étape n'a pas été abordée pour l'instant.

Chapitre 1

Equipements et services

L'étude sur un bassin d'un certain nombre d'épisodes spécifiques, selon une méthodologie propre à chacun d'eux implique:

- que la fréquence de mesures puisse être variée, de quelques minutes à plusieurs heures, selon l'épisode;
- que le système de mesures soit facilement déclenché (automatiquement ou manuellement) chaque fois que les conditions caractérisant un épisode sont réunies.

Par ailleurs, compte tenu de l'ampleur de l'étude (jusqu'à 10 points de mesures), il est nécessaire:

- que l'ensemble des données relatives à un épisode sur un bassin soit facilement et rapidement entré dans une banque de données (dépouillement et traitement primaire sans intervention manuelle majeure dans la phase de production);
- qu'un personnel non spécialisé se trouvant sur place puisse assurer une surveillance périodique très fréquente et un minimum d'opérations de base sur les systèmes de mesures.

### 1.1 CRITERES DE CHOIX DE L'INSTRUMENTATION

Les mesures dans l'égout comprennent respectivement:

- a) des mesures de débit;
- b) des prélèvements d'échantillons d'eau (sur lesquels sont analysés un certain nombre de paramètres définis pour chaque épisode);
- c) des mesures de température in situ.

Les mesures en égouts se sont développées largement ces cinq dernières années. Elles font appel à des principes d'hydraulique et d'échantillonnage existant depuis longtemps, mais avec des contraintes physiques, hydrauliques, et élec-

tromécaniques très spécifiques et sévères, à un point tel que l'instrumentation appropriée en est encore au stade du développement et que la littérature technique fait état des avantages et inconvénients de chaque appareil, en éliminant certains, mais sans établir une satisfaction définitive pour un type précis d'appareils.

Dans cette partie, nous établirons les critères de sélection que nous avons appliqués et les compromis que nous avons dû faire dans le choix de notre instrumentation.

### 1.1.1 Mesure des débits dans l'égout

Le système choisi doit permettre de mesurer des débits dans une large gamme débits, au moins dans un rapport 1 à 20 (et éventuellement quand la conduite coule en charge), avec une bonne précision, surtout pour les faibles débits et une bonne sensibilité, de façon à obtenir une réponse rapide aux fluctuations de débit. En outre, l'appareil doit posséder une sortie continue en débit de façon à pouvoir être couplé à un échantillonneur. Le système de mesure de débits devra en outre satisfaire aux contraintes suivantes:

#### 1) contraintes physiques

L'ensemble de l'équipement doit pouvoir être installé sans démolition du puits de regard, c'est-à-dire pouvoir pénétrer dans le trou de diamètre de 20 à 22 pouces, s'installer sur la base du puits de regard d'un diamètre d'environ 3 pieds ou dans la conduite en place (ou son prolongement) d'un diamètre intérieur de 10 à 36 pouces.

#### 2) contraintes hydrauliques

Pour pouvoir fonctionner sans surveillance, le système ne doit pas favoriser l'accumulation des débris transportés par les eaux usées. Les parties en contact avec l'eau doivent être solidement ancrées pour ne pas être entraînée par les forts débits, et être résistantes aux agents chimiques.

### 3) contraintes électromécaniques

Il est souhaitable que l'appareil fonctionne de façon autonome pour éviter le problème des pannes momentanées du secteur; une batterie d'auto 12 VDC montée en tampon et chargée en permanence sur le secteur 110 VAC remplit cette fonction. De plus, les parties électroniques et mécaniques doivent fonctionner l'hiver et en milieu très humide. Aucun matériel, même réputé fonctionnant sous 0°C, n'a été testé dans les conditions québécoises.

#### A Revue des méthodes disponibles

##### a) Méthodes ne modifiant pas l'écoulement

Ces méthodes qui, en principe, seraient les plus adaptées pour la mesure des débits dans une conduite d'égout puisqu'on n'introduit aucune restriction à l'écoulement, sont soit peu fiables (mesure d'une seule hauteur), soit peu praticables pour des mesures en continu (méthodes de dilution).

##### *Simple mesure de hauteur*

Cette méthode, très populaire à cause de sa simplicité, consiste en une mesure de la hauteur d'eau en un point, et le débit est calculé en faisant l'hypothèse que la hauteur mesurée correspond soit au régime critique, soit à un régime permanent et uniforme.

Dans le premier cas, une disposition favorable des lieux (ex.: étude du United States Geological Survey (USGS) sur un égout pluvial de 36 pouces, Seaburn, 1971) peut être utilisée comme section de contrôle; dans le second cas, la hauteur mesurée est reliée au débit par la formule de MANNING.

Cette méthode est à déconseiller pour les mesures dans les égouts (surtout pluviaux et combinés);

- l'hypothèse d'un écoulement uniforme et régulier est rarement vérifiée pour tous les niveaux d'eaux, et la relation hauteur-débit perd sa validité;

- la détermination du coefficient de rugosité est difficile et peut conduire à de grandes erreurs (ce coefficient en outre varie avec la hauteur d'eau et la présence de dépôts de fond (Schmisdt, 1959);
- elle nécessite de faire une mesure exacte de la pente de la conduite, in situ.

*Mesures conjointes de hauteur et de vitesse*

La difficulté de cette méthode réside dans la détermination de la vitesse moyenne et l'on doit essayer de relier plusieurs mesures ponctuelles de vitesse à la vitesse moyenne.

Du point de vue pratique, les mesures directes de vitesse (moulinets) dans une conduite d'égout de petit diamètre sont inutilisables; il est possible cependant de recourir à des méthodes indirectes (mesures tensométriques - mesures d'un temps de transport):

- mesure de vitesse ponctuelle avec une sonde tensométrique (Jasper, 1973) (appareil commercialisé par BRISTOL, séries 840 L/V mais il n'est utilisable que pour des conduites de 4 pieds et plus);
- mesure d'une vitesse moyenne dans un plan horizontal (et de la hauteur), avec un système à ultrasons qui comporte deux sondes pour mesurer la vitesse (Genthe et Yamamoto, 1971) et une troisième pour la mesure de hauteur. Plusieurs systèmes sont commercialisés (Liptals et Kaminski, 1974); ils sont encore dans une phase d'essai mais s'avèrent une solution prometteuse pour les mesures des débits quand la conduite coule semi-pleine ou en charge; pour les faibles débits (débits sanitaires dans une conduite combinée), la localisation des sondes de mesure de vitesse est une cause de problèmes;
- mesure thermique basée sur l'échange de chaleur entre un fil mince chauffé et le milieu dans lequel il est immergé; le fil se refroidit plus ou moins selon la vitesse de l'écoulement (anémomètre thermique). Un tel système a été essayé sans grand succès pour des mesures de débits dans

les égouts (Eshlman et Blake, 1973; Nawrocki, 1974); une mesure conjointe de hauteur était effectuée à l'aide d'une sonde capacitive (Nawrocki, 1974).

#### *Méthodes de dilution*

Ces méthodes conduisent à une mesure directe du débit; elles sont cependant rarement utilisées en continu mais constituent des méthodes qui seront d'une grande utilité pour calibrer différents dispositifs de mesures indirectes.

Deux types de méthodes existent:

- méthode par intégration; on injecte de façon instantanée une quantité de traceur et on prélève en aval des échantillons d'eau à intervalles de temps fixe, sur toute la durée de passage du traceur;
- méthode par injection à débit constant; on injecte à débit constant une solution concentrée de traceur ayant une concentration initiale connue; des échantillons sont prélevés en aval sur lesquels sont déterminés le taux de dilution moyen du traceur injecté.

Cette deuxième méthode est plus sûre que la précédente (André, 1964). L'injection se fait à l'aide d'un vase à niveau constant (vase de Mariotte ou dispositif de l'E.D.F.); (André, 1964) ou d'une pompe; des essais sur le terrain permettent de fixer la distance entre le point d'injection et le point de prélèvement des échantillons (environ 250 à 300 fois la hauteur d'eau dans le tuyau), la durée d'injection et le moment du prélèvement à partir du début de l'injection, de sorte que le mélange du traceur soit suffisamment homogène.

La précision de la méthode (4-5%, selon Marsalek, 1975) dépend en outre de la concentration des échantillons prélevés; une estimation grossière du taux de dilution devra permettre d'établir la concentration de la solution à injecter de sorte que les concentrations des échantillons soient aisément

déTECTABLES (0.1 à 2 ppm quand on utilise le dichromate de sodium, Boucher, 1974).

Concernant le choix du traceur à injecter, il doit posséder les caractéristiques suivantes:

- bonne solubilité;
- facilement détectable à faible concentration;
- stable;
- absent si possible du milieu où on l'injecte (sinon on devra tenir compte du niveau de base);
- ne pas s'adsorber sur les solides en suspension, les parois, etc...

Différents types de traceurs peuvent être utilisés:

- les sels détectés par une mesure de conductivité (NaCl, KCl) ou par absorption atomique (chlorure de lithium);
- les colorants (Replogle, 1969; Wright et Collinger, 1964) détectés par colorimétrie ou titration (dichromate de sodium ou de potassium, thiazol, fuchsine), ou par fluorimétrie (rodamine B, WT);
- des éléments radioactifs détectés au compteur Geiger à condition que leur période de demi-vie soit courte, comme:

$^{24}\text{Na}$  ( 15 h. ) ,  $^{82}\text{Br}$  ( 36h. ) ,  $^{131}\text{I}$  ( 8.5 jours ) ,  $^{113\text{m}}\text{In}$  ( 99mn )

(Belin et al., 1974).

La dichromate de sodium est le plus couramment utilisé en rivières; il a été essayé sur des eaux d'égout (Boucher, 1974) mais il reste à vérifier les possibilités d'une adsorption; la rhodamine WT a été également utilisée pour des mesures sur un égout sanitaire (Smith et Kepple, 1972). Il reste que le dichromate de sodium ou un colorant comme la Rhodamine B sont suscep-

tibles d'une adsorption notable (respectivement 62% et 99% du produit après équilibre en présence d'une solution à .01 ppm de montmorillonite (Church et Kellerhals, 1970)). Le chlorure de lithium essayé dans une étude sur des égouts combinés et pluviaux (De Fillipi et Shih, 1971) serait le plus adéquat dans le cas des eaux très turbides et polluées (Church et Kellerhals, 1970).

Des 3 types de méthodes qui ont été discutées, seule la méthode de dilution (injection à débit constant) sera utilisée sur le terrain pour la calibration (ou la vérification de la calibration faite en laboratoire) des dispositifs de mesures permanents décrits ci-après. Il est possible par ailleurs, que certaines méthodes de mesures de vitesse et de hauteur soient essayées si la configuration des lieux nous y contraint (impossibilité d'implanter un élément primaire).

b) Méthode basée sur la création d'une section critique

*Principe*

Dans un canal à écoulement libre (comme c'est le cas en général dans les conduites d'égout) le passage par un régime critique assure l'existence d'une relation univoque entre la hauteur et le débit, indépendante de la rugosité du canal. Basés sur ce principe, des dispositifs ont été développés de façon à créer un changement de régime hydraulique (à savoir un passage d'un régime fluvial à un régime torrentiel); le régime critique est en général créé par un seuil et/ou une contraction latérale de la section (déversoirs, canaux jaugeurs type Venturi). Une seule mesure de la profondeur d'eau en un point judicieux en amont de la section critique permet de déterminer le débit à partir de la relation spécifique "hauteur-débit" du dispositif utilisé.

*Revue des dispositifs proposés pour créer une section critique (éléments primaires)*

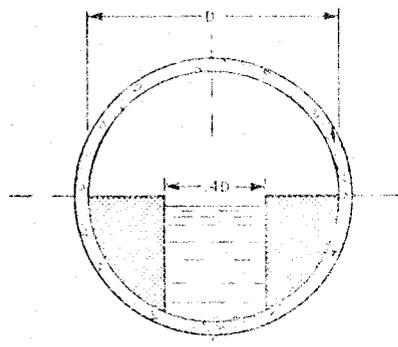
Compte tenu des contraintes physiques et hydrauliques qui ont été décrites précédemment, les dispositifs conventionnels (plaque déversoir, canal Venturi, canal Parshall) sont difficiles à implanter dans un réseau d'égouts existant. On a donc été conduit à développer des versions modifiées de ces dispositifs classiques, pouvant s'insérer dans des conduites circulaires ou dans des canaux en U (tels qu'il en existe dans le fond de certains puits de regard), et minimisant l'accumulation des solides. Le choix d'un élément primaire est essentiellement dicté par la configuration physique du point de mesure, et il n'existe pas de dispositif pouvant s'adapter à toutes les conditions. On devra en outre, avoir une certaine connaissance des débits attendus de façon à ce que la restriction de section imposée par l'élément primaire soit suffisante pour que l'on ait une précision acceptable dans les faibles débits sans provoquer par ailleurs, une mise en charge du réseau et éventuellement des refoulements dans les conduites secondaires.

Parmi les systèmes qui ont été proposés pour les mesures de débit en égout, on peut distinguer trois grands types:

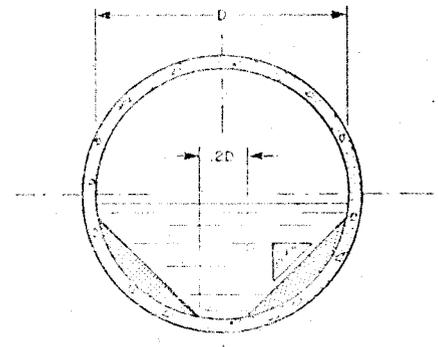
- 1) les plaques déversoirs "sans fond";
- 2) les canaux jaugeurs à fond plat et ayant des approches adéquates pour s'insérer dans une conduite circulaire;
- 3) divers dispositifs de restriction d'un tronçon de conduite.

1) Les plaques déversoirs "sans fond"

Conçues pour permettre le libre passage des solides, ces plaques déversoirs sont fixées à la sortie d'une conduite, ou sur une extension de la conduite. Ces déversoirs, se rapprochent soit d'un déversoir rectangulaire (parois verticales) soit d'un déversoir trapézoïdal (Fig. 1.1-A). Il est possible d'établir une courbe de décharge théorique pour ce genre de déversoir (Marsalek, 1975), mais il reste que la relation hauteur-débit risque d'être affectée par la pente de la conduite amont et son coefficient de rugosité, surtout dans la détermination des faibles débits;



a ) à parois verticales



b) "faux" déversoir trapézoïdal

Fig. II-A . Plaques déversoirs sans fond à l'extrémité d'une conduite circulaire (d'après Marsalek, 1975).

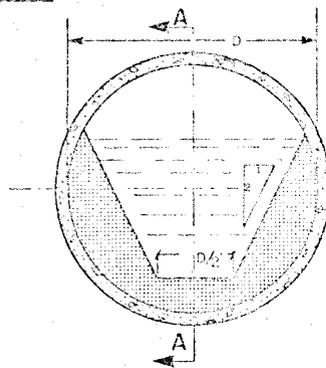


Fig. II-B . Canal Palmer-Bowlus

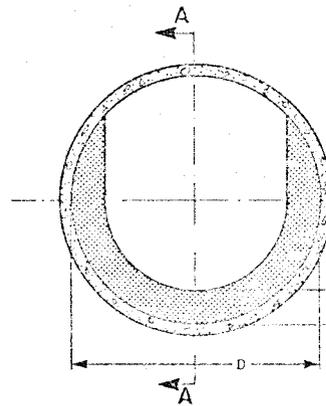
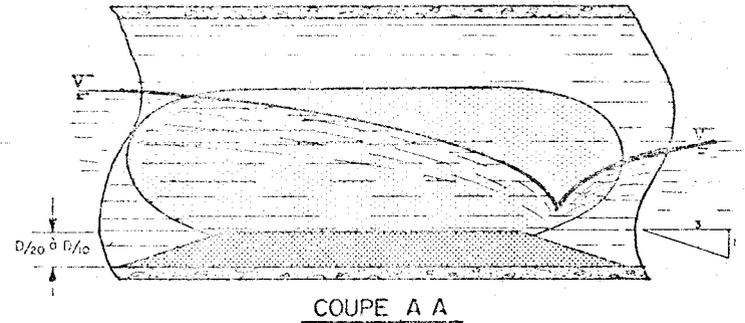


Fig. II-C . Canal de L'USGS

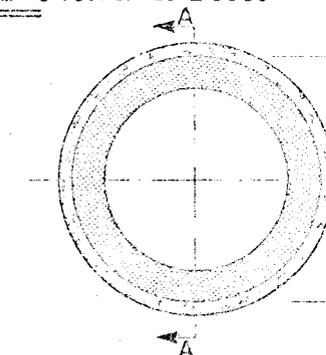
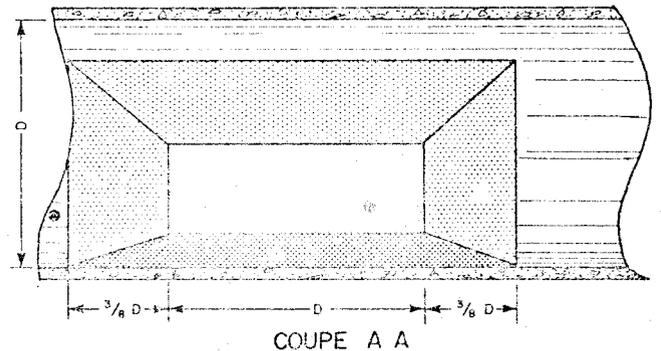


Fig. II-D . Dispositif proposé par Wenzel. (1968)

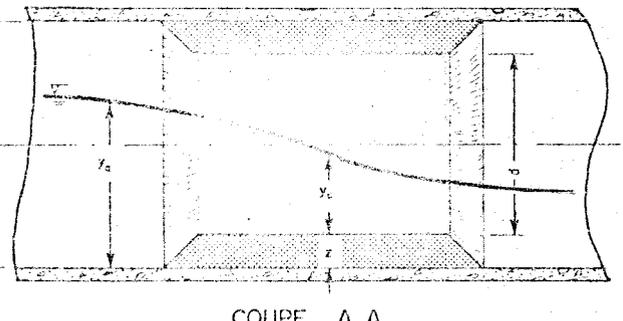


Fig. I.I. Schémas de différents éléments primaire.

en conséquence, ce dispositif requiert une calibration in situ, ou dans des conditions analogues à celles de son implantation. Typiquement, la précision des mesures de débit à l'aide d'un déversoir est de l'ordre de  $\pm 5\%$ . Concernant les déversoirs dans fond, leur utilisation est encore trop peu répandue pour que l'on puisse avancer une valeur; il nous semble cependant qu'en tenant compte des précautions nécessaires à apporter à la construction puis à la fixation du déversoir, l'on devrait s'approcher de la précision fournie par les déversoirs conventionnels. Signalons que ces types de déversoirs font actuellement l'objet d'essais à la fois sur le terrain et en laboratoire (Marsalek, 1975); notamment des débits ont été mesurés alors que la conduite coulait en charge (en effectuant 2 mesures de charge respectivement en amont et en aval de la plaque qui se comporte alors comme une plaque orifice).

## 2) Canaux jaugeurs

Les canaux jaugeurs consistent en des dispositifs "à contraction" qui provoquent un étranglement de l'écoulement sur un tronçon de canal et assurent ainsi un passage au régime critique dans une section de la zone rétrécie; la mesure de hauteur se fait typiquement en amont de l'étranglement à une distance fixée selon le type de canal.

Ces dispositifs ont l'avantage de créer une perte de charge moins élevée que les déversoirs, de ne provoquer qu'une faible surélévation du niveau amont par rapport à un écoulement libre, d'être assez peu affectés par les conditions d'implantation et de bien transporter les solides. Leur bonne performance nécessite que deux conditions soient respectées:

- 1- l'écoulement doit être initialement de préférence en régime fluvial. Si l'écoulement est initialement torrentiel, on devra s'assurer que le ressaut hydraulique créé par l'implantation du canal se fait suffisamment loin en amont pour ne pas affecter la mesure de hauteur;
- 2- les conditions aval ne doivent pas influencer les conditions amont, ce qui revient à dire qu'après la section critique le ressaut reste "dénoyé", condition qui est réalisée en général quand la profondeur

aval ne dépasse pas 85% de la profondeur amont (Wells et Gotaas); dans le cas contraire, le ressaut est noyé et il est alors nécessaire de faire 2 mesures de niveau respectivement en amont et en aval de l'étranglement.

Les canaux jaugeurs qui ont été développés pour être installés dans des conduites circulaires (ou dans des canaux en U) sont caractérisés par un fond plat (ou semi-circulaire) et des approches adéquates; parmi ceux-ci, on peut distinguer des canaux ayant différentes formes de section transversale:

- trapézoïdale: canal PALMER-BOWLUS (Fig. 1.1-B);
- rectangulaire: canal "LEOPOLD-LAGCO";
- semi circulaire;
- combiné (semi circulaire dans la moitié inférieure, puis rectangulaire): canal développé par l'USGS (Smoot, 1975). (Fig. 1.1-C).

Sans parler réellement de canal jaugeur, on peut signaler également un dispositif proposé par Wenzel (1968) (Fig 1.1-D) consistant en un tronçon de conduite s'insérant concentriquement dans la conduite initiale, et d'épaisseur adéquate pour créer une restriction suffisante de la section: des courbes de calibration théoriques ont été développées pour ce système qui a été testé en écoulement libre (une mesure de hauteur amont) et en charge (2 mesures). De la même façon le canal de l'USGS a été essayé avec succès pour des mesures en écoulement libre et en charge.

Le canal à section trapézoïdale développé en 1936 par PALMER et BOWLUS (1936) est actuellement le plus populaire pour les mesures de débit en égouts. On le trouve couramment sous forme commerciale pour des conduites de 8 pouces de diamètre à 36 pouces (pour les conduites de diamètre supérieur à 15 pouces, il peut être vendu en 3 pièces qu'on réassemble dans le fond du puits de regard<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> le canal à section rectangulaire commercialisé par LEOPOLD-LAGCO est d'une utilisation plus difficile quand les conduites ont un diamètre supérieur à 15 pouces, car on ne peut pas introduire le canal par l'ouverture d'un puits de regard de diamètre 20 - 22 pouces.

Les critères de design et les conditions d'implantation du canal PALMER-BOWLUS ont été établis par Wells et Gotaas (1958) (Annexe 2); il n'existe pas cependant un type standard de canal: la pente des approches, la largeur du fond, la pente des côtés pouvant légèrement différer d'un constructeur à l'autre. La relation théorique hauteur-débit est complexe mais peut être établie compte tenu des caractéristiques du canal, d'après les procédures de calculs mises au point par Wells et Gotaas (1958), Ludwig et Ludwig (1951) et Ludwig et Parkhurst (1974); en règle générale une calibration en laboratoire est effectuée pour chaque canal et l'on peut s'attendre à une précision de 2 à 3% par rapport à la courbe théorique (Wells et Gotaas, 1958; Linsley, 1973). Une vérification de quelques points de la courbe de calibration sera ensuite effectuée sur le terrain par méthode chimique après implantation du canal.

Même si cet élément primaire semble à l'heure actuelle le mieux adapté pour les mesures en égouts, la précision des mesures est beaucoup moins bonne que celle d'un canal PARSHALL (Fig. 1.2) et à fortiori que celle d'un déversoir triangulaire, car de grandes variations des débits correspondent à de faibles variations de niveaux.

La gamme de mesures de débits est en principe très large (1 à 50 pour un canal de 24 pouces), mais il est déconseillé d'utiliser la gamme de débits entre 0-10% du débit maximum, ce qui compromet fortement la mesure des faibles débits dans les conduites de gros diamètre, tel que le débit par temps sec dans un égout combiné.

### 3) Autres dispositifs

On retrouve un certain nombre d'autres dispositifs qui ont été proposés à titre d'éléments primaire pour les mesures de débit en égouts (souvent, ils n'ont pas été testés sur le terrain):

- dispositifs à contractions latérales et fond libre;  
à parois verticales: systèmes commercialisés par Neyrpic et, se fixant à l'extrémité d'une conduite (Fig. 1.3-A);

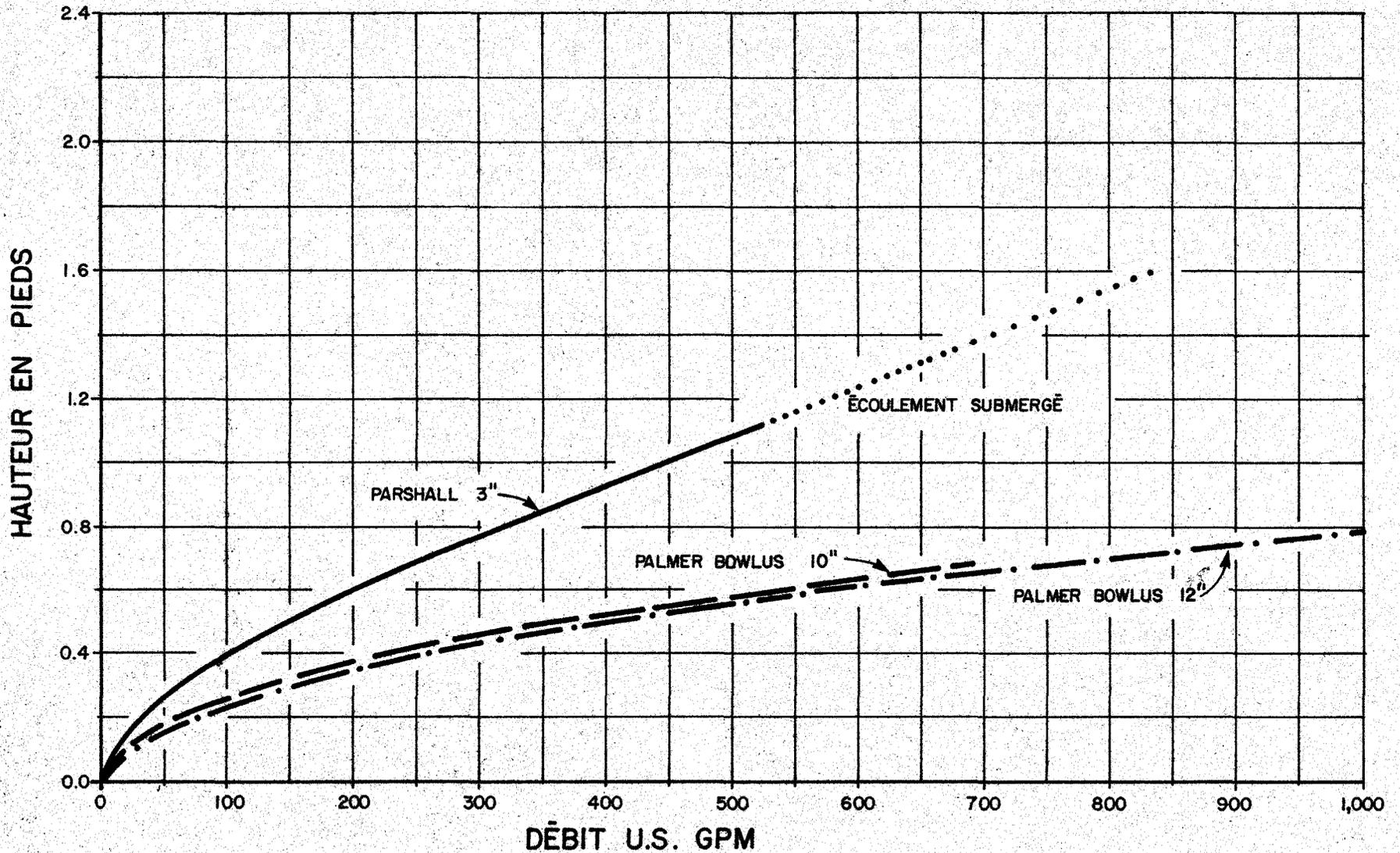


Fig .1.2 . Comparaison des relations hauteur-débit entre canal Parshall 3" et canal Palmer Bowlus 10" et canal Palmer Bowlus 12" .

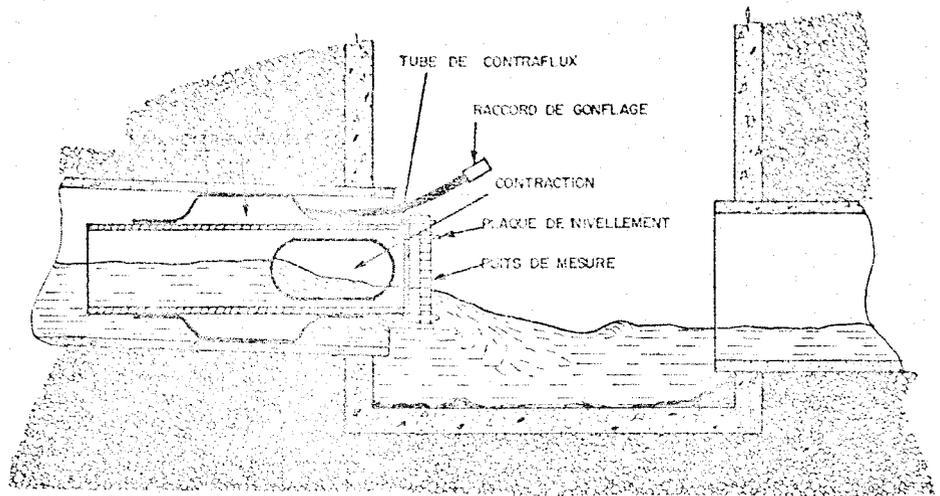


Fig. 1.3-A. Dispositif à contraction (commercialisé par Neyrpic).

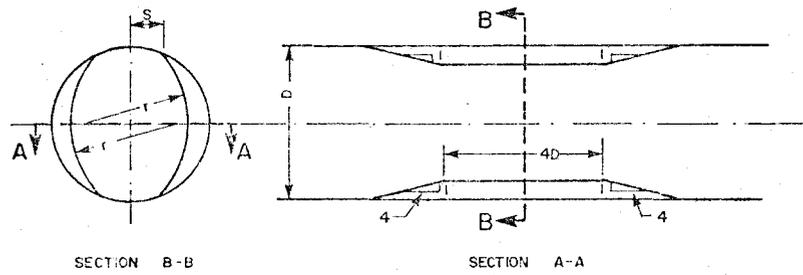


Fig. 1.3-B. Dispositif de l'Université de l'Illinois. (Wenzel, 1973)

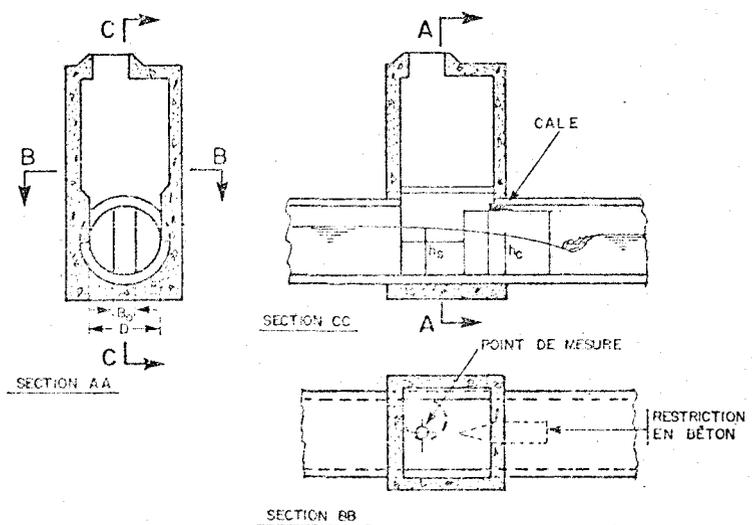


Fig. 1.3-C. Dispositif proposé par Diskin. (1963)

Fig. 1. 3. Eléments primaires proposés pour des mesures en égouts.

à parois arrondies: système de l'Université de l'Illinois (Wenzel, 1973) à concentration symétrique (Fig. 1.3-B) ou asymétrique qui a été testé en laboratoire pour des mesures en écoulement libre et en charge dans un tuyau de 8 pouces de diamètre. La précision des mesures serait de 5%, mais dans les faibles débits (hauteurs inférieures à 20% du diamètre) l'erreur peut atteindre 25%;

- seuil placé au fond de la conduite: système proposé par Stevens (1964) (pente amont 1:2, pente aval 1:1, hauteur: 3/10D); il y aurait des risques d'accumulation des débris en amont;
- restriction de Diskin (1963) (Fig. 1.3-C) constituée d'un élément obstruant le centre de la conduite; la largeur  $B_0$  de cet élément est calculée de façon à provoquer un étranglement de l'écoulement et créer ainsi qu'une section critique; ce système favoriserait également des accumulations.

Compte tenu des restrictions qui ont été mentionnées concernant les méthodes du type a), nous tenterons d'avoir systématiquement recours à la création d'une section critique à l'aide d'un élément primaire; cet élément primaire sera un canal PALMER-BOWLUS, un canal LEOPOLD-LAGCO ou un déversoir seuil fond (selon la configuration du lieu de mesure et la dimension de la conduite). La mesure des faibles débits dans les conduites de gros diamètre (mesure du débit par temps sec dans les conduites combinées dans les conduites pluviales) reste un problème et l'on peut être appelé à utiliser temporairement un autre type de dispositif pour ces mesures, tel un canal PARSHALL de 3 pouces qui, moyennant certaines modifications nécessaires à son implantation, assure des mesures de débit à partir de 5-10 IGPM.

En conclusion, il n'existe pas de méthode parfaitement appropriée pour la mesure des débits à l'intérieur d'un réseau d'égouts existant et il serait hautement souhaitable que l'on prévoie systématiquement lors de la construction du réseau, une station de mesures au point de raccordement de chaque nouveau développement. Cette station de mesures pourrait consister en une chambre d'environ 6 pieds par 4 pieds dans le fond de laquelle est aménagé un canal en U qui pourra recevoir un canal PALMER-BOWLUS; ou encore on peut envisager de faire couler en place, à la construction un canal PARSHALL

(un canal PARSHALL de 3 pouces assure une gamme de mesures entre 10 à 700 IGPM, un canal de 6 pouces, de 20 à 1480 IGPM). Le coût de cette chambre serait sans doute limité à comparer avec le coût encouru par l'installation ultérieure d'un dispositif plus ou moins satisfaisant.

## B Chaîne de mesures des débits dans l'égout

La chaîne de mesures comprend outre l'élément primaire:

- . un système de mesure de hauteur;
- . un système de conversion de la hauteur en débit, et de totalisation des débits (dans le but de faire fonctionner un échantillonneur proportionnellement au débit).

### a) Mesures de hauteurs

Le système de mesure doit posséder les caractéristiques suivantes:

- réponse rapide aux brusques changements de niveaux;
- ne doit pas modifier l'écoulement;
- ne doit pas être affecté par la vitesse de l'écoulement;
- précision de l'ordre du 1/10 de pouce;
- sortie analogique pour enregistrement et couplage à un calculateur de débit.

Les principaux types de dispositifs qu'on peut trouver commercialement et qui semblent les plus appropriés à cet usage sont:

- les flotteurs;
- les limnimètres à bulles et les capsules manométriques;
- les sondes de surface ("dipping probe");
- les sondes capacitives;
- les sondes aux ultrasons.

Les flotteurs de type conventionnel nécessitent la présence d'un puits de tranquillisation, ce qui en règle générale, rend difficile leur utilis-

tion. Il est possible, par ailleurs, de recourir à un type de flotteur particulier ("flotteur-sabot") qui s'installe directement dans le canal en U d'un fond de puits de regard; le flotteur est relié à un bras dont la rotation est fonction du niveau d'eau. Des systèmes sont vendus spécifiquement pour des applications en égout; ils nécessiteraient cependant un entretien assez fréquent de façon à éviter de trop fortes accumulations de débris sur le flotteur et par suite son immersion.

Les limnimètres à bulles utilisés depuis longtemps pour les mesures de niveaux en rivières sont fréquemment utilisés pour les mesures en égouts en raison de la possibilité de leur implantation dans les conditions les plus défavorables (point de mesure situé à l'intérieur d'une conduite, écoulement en charge). Leur emploi demande cependant un certain nombre de précautions:

- la mesure ne doit pas être affectée par la vitesse de l'écoulement (on mesure une pression statique), ce qui conduit à protéger l'extrémité du tuyau de sortie des bulles de gaz (Luley et al., 1965; Marsalek, 1975);
- on doit veiller aux risques d'obstruction des orifices de sortie des bulles de gaz;
- on doit veiller à ce que l'accumulation de déchets et débris sur et autour de la sortie ne modifie pas l'écoulement dans l'élément primaire.

La précision de ces systèmes dépend, en outre, de celle du dispositif de mesure de pression (transmetteur de pression différentielle, manomètre à mercure...); on peut obtenir une précision jusqu'à .5% pour une gamme 0-20 pouces d'eau avec un transmetteur de pression différentielle.

Les capsules manométriques: une capsule manométrique immergée transmet une pression d'air à un capteur de pression immergé ou non. Eventuellement

la capsule peut être supprimée et le capteur lui même fixé au fond où à la paroi de l'égout. Les mesures de hauteur dans les collecteurs de Détroit (10 pieds et plus) se fait sur un principe similaire, la capsule n'ayant pas de membrane et l'eau étant directement en contact avec l'air de la capsule. Les problèmes d'accumulation de déchets et débris autour de la capsule risquent cependant d'être critiques pour les conduites de petit diamètre.

La sonde de surface (Lee Houser, 1974) commercialisée actuellement par la Cie MANNING, consiste en une aiguille de métal, suspendue à l'extrémité d'un câble et qui fait un contact avec la surface du liquide toutes les 4 secondes; le changement de niveau se traduit sur la longueur de câble déroulé, et est converti en un signal analogue linéaire. Ce système a l'avantage de ne pas modifier l'écoulement et permet en principe une assez grande souplesse d'implantation (dans un puits de regard, dans une conduite avec des poulies de renvoi).

Les sondes capacitives d'un principe très simple (changement d'une capacité suivant le degré d'immersion) ont trouvé une application pour les mesures de hauteur dans les égouts. Elles ont été essayées avec succès (Marsalek, 1975) (précision: 1% - pas d'influence notable de la température ni de la nature du milieu) durant les six mois d'une campagne de mesures sur des égouts pluviaux, et se montrent donc un système prometteur pour ce genre de mesures; l'implantation de la sonde dans l'écoulement favorise cependant l'accumulation des débris, et il est préférable de fixer l'élément sensible sur la paroi de la conduite ou de l'élément primaire (ruban).

Les sondes à ultra-sons (Liptals et Kanunski, 1974) récemment commercialisées pour des mesures de hauteur dans les égouts semblent également des systèmes très prometteurs. Elles ont l'avantage de ne jamais être en contact avec l'écoulement, de posséder une large gamme de mesures (de 0-1 pied jusqu'à 0-100 pieds) et la précision annoncée varie entre 1 et 3%.

Elles sont conçues cependant pour être installées de préférence dans un puits de regard ou dans une conduite de gros diamètre (supérieur à 36 pouces).

b) Intégration en débit et totalisation

La conversion de la mesure de hauteur en débit selon la relation spécifique hauteur-débit au point de mesure, peut se faire soit:

- 1) électromécaniquement: came découpée adéquatement pour la relation désirée;
- 2) à l'aide d'un circuit analogue qui permet actuellement d'obtenir des fonctions du type  $Q = kh^n$  par l'intermédiaire d'amplificateurs logarithmiques (k et n sont ajustables);
- 3) selon un mode digital, à l'aide d'un circuit intégré préprogrammé pour la relation désirée travaillant d'après des développements du type polynôme. Dans ce cas, il existe une fonction pour chaque relation hauteur-débit et aucun ajustement n'est requis (appareil MANNING, Lee Houser, 1974).

On recherchera un dispositif qui assure les fonctions suivantes:

- conversion du signal de hauteur en débit;
- sortie analogique en débit pour enregistrement externe;
- totalisation du débit jusqu'à une valeur prédéterminée et envoi d'un signal pour commander l'échantillonneur.

*Problèmes posés par la relation hauteur-débit*

Les principes de discrétisation et de représentativité posent des problèmes spécifiques pour ce qui est de la mesure du débit. Dans la chaîne de mesures proposée (mesure de hauteur - conversion hauteur en débit - intégrateur de débit) l'erreur introduite est celle du système "hardware" assurant la relation hauteur-débit.

L'utilisation de circuits analogues fournissant des fonctions  $Q = kh^n$  où les 2 paramètres k et n peuvent être ajustés donne la possibilité de 2 er-

reurs en plus de l'erreur de calage. De plus H n'étant pas toujours directement la hauteur lue (décalage du dispositif de mesure de hauteur par rapport au niveau de référence), il faut assurer une relation  $Q = k (H + H_0)^n$  où  $H_0$ , le décalage, constitue un troisième paramètre à ajuster d'où une troisième source d'erreur.

(notons qu'actuellement avec les appareils commercialisés on ne peut pas ajuster  $H_0$  et l'on doit faire en sorte que  $H_0 = 0$ ).

Dans ces conditions, il est prévu dans un premier temps:

- a) de confier au traitement final la fonction de traduire les hauteurs en débit (la sortie hauteur sera enregistrée et le calcul du débit sera effectué selon la relation hauteur-débit établie lors de la calibration de l'élément primaire);
- b) d'utiliser le circuit d'intégration de débit essentiellement pour commander l'échantillonneur.

Ultérieurement une comparaison des débits intégrés in situ, et de ceux calculés à partir des enregistrements de hauteurs permettra d'évaluer les erreurs et de décider du mode d'acquisition des données de débits (directement ou à partir des hauteurs).

Par ailleurs, si l'on décide de travailler sur les hauteurs, on devra procéder à une intégration sur les hauteurs, mais le principe de discrétisation amène alors à un autre type d'erreur: soit par exemple  $Q = k H^{2.5}$  la relation type hauteur-débit (déversoir triangulaire). On dispose de N valeurs discrètes,  $H_i$  sur la période de discrétisation alors qu'on veut évaluer la moyenne  $\bar{Q}$  des  $Q_i$  ( $i = 1, N$ ); on a

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_i}{N} = \frac{1}{N} \sum k H_i^{2.5} = \frac{k}{N} \sum (H_i)^{2.5}$$

Or, par intégration sur les  $H_i$ , on détermine  $\bar{H} = \frac{1}{N} \sum H_i$

Si l'on cherche à évaluer  $\bar{Q}$  à partir de  $\bar{H}$ , on obtient alors:

$$\bar{Q}' = k \bar{H}^{2.5} = k \frac{\sum H_i}{N}^{2.5}$$

L'erreur  $\varepsilon$  introduite est:

$$\varepsilon = \bar{Q} - \bar{Q}' = k \left[ \frac{1}{N} \sum (H_i)^{2.5} - \frac{\sum H_i}{N}^{2.5} \right]$$

Cette erreur dépend essentiellement de l'importance relative des fluctuations des  $H_i$ , sur la période de discrétisation, ce qui n'est pas connu a priori et peut de plus varier suivant les épisodes. Il est donc fondamental dans une première étape de mesurer directement les hauteurs et les débits à très haute fréquence pour chacun des épisodes, et d'étudier séparément les erreurs introduites.

### 1.1.2 Echantillonnage automatique de l'eau d'égout

Le choix et l'utilisation d'un dispositif d'échantillonnage automatique amènent à considérer trois aspects:

- 1) le mode d'échantillonnage qui doit répondre aux objectifs de l'étude (la méthodologie de mesures proposée pour chaque épisode est exposée dans le Tome 1);
- 2) la représentativité physique des échantillons prélevés;
- 3) les caractéristiques d'opération et les conditions d'implantation de l'appareillage.

#### A Mode d'échantillonnage

La connaissance (ou les hypothèses) des variations des différents paramètres au cours d'un épisode conduisent à déterminer un temps total de remplissage de l'ensemble des bouteilles ainsi qu'un nombre minimal de bouteilles. A cette fin, il existe différentes options concernant le mode de rem-

plissage des bouteilles, le contrôle de la prise de doses et le passage d'une bouteille à l'autre.

a) mode de remplissage des bouteilles

Il est possible de remplir une bouteille en une seule fois (une seule dose instantanée) ou au contraire, d'obtenir un échantillon composé, constitué de plusieurs doses élémentaires dans la même bouteille.

b) mode de contrôle de la prise de doses

La prise de dose peut se faire:

- à volume fixe
  - . d'après une base de temps (fréquence fixe)
  - . d'après une base de volume (fréquence proportionnelle au débit)
- à volume variable: le volume de la dose est proportionnel au débit, et la fréquence est fixe.

c) mode de contrôle du changement de bouteilles

Si la bouteille est remplie à l'aide de plusieurs doses élémentaires, on peut avoir un changement de bouteille après un nombre fixe de doses, ou bien selon une fréquence fixe (dans ce dernier cas, le volume total prélevé dans une bouteille est variable si le volume de chaque dose est fixe).

On trouvera au Tableau 1.1, les différentes options qui sont offertes actuellement avec les échantillonneurs sur le marché.

Une discussion théorique sur l'intérêt de chacune des méthodes et des modes de contrôle est possible, mais il n'en demeure pas moins, que les appareils sur le marché n'étant pas forcément de valeur équivalente en fonction de certains critères, le choix d'un type d'appareil ne peut être fixé en fonction de cette seule discussion. On peut cependant mentionner les inconvénients théoriques majeurs permettant d'éliminer à priori certaines solutions.

TABLEAU 1.1: Différentes options d'échantillonnage  
(avec remplissage de plusieurs bouteilles).

I EN FONCTION DU TEMPS: bouteilles remplies à fréquence fixe

- Option A - Par une seule dose (volume fixe)  
Option B - Par un nombre fixe de doses unitaires de volume fixe, prélevées à fréquence fixe

2 EN FONCTION DU DEBIT

- Option C - Bouteilles remplies par une seule dose de volume fixe chaque fois qu'un volume X prédéterminé s'est écoulé  
- Bouteilles remplies par plusieurs doses unitaires de volume fixe (chaque fois qu'un volume X prédéterminé s'est écoulé) avec:
- Option D . nombre de doses fixes et fréquence de changement de bouteilles variable ou,
- Option E . changement de bouteilles sur une base de temps fixe et nombre de doses variables: le volume total d'échantillon dans la bouteille est variable suivant le débit.

Tout d'abord, un des objectifs de l'étude, étant de suivre l'évolution des paramètres au cours d'un épisode, il est nécessaire de disposer du maximum de bouteilles au cours de la période de mesure. Ce maximum dépend des possibilités de stockage dans l'échantillonneur, des possibilités de transport et de conservation et enfin de la capacité d'analyse des laboratoires. Lorsque l'ensemble de ces critères le permet, on choisit 24 bouteilles, nombre correspondant à la possibilité courante de stockage dans le magasin de l'échantillonneur. Par ailleurs, on cherche à se limiter à 24 bouteilles pour respecter les autres contraintes mentionnées. Le soucis de représentativité sur la période de discrétisation conduit également à choisir une solution de bouteilles remplies par plusieurs doses. Le mode de contrôle de la prise de dose à fréquence fixe, associé à un mode de contrôle de changement de bouteille du type "nombre fixe de doses" a l'avantage majeur de permettre un traitement simple de l'information: on dispose, par exemple, d'une valeur de concentration par heure ou par 2 heures. Cependant, cette valeur est une moyenne des concentrations et l'évaluation de la charge en multipliant cette concentration moyenne par un débit moyen, conduit à une erreur sur la charge que l'on peut calculer d'une façon théorique:

soit une période de discrétisation T et

soit  $c = a + bt$

la forme de la concentration en fonction du temps pendant cette période

alors que le débit prend par exemple une forme  $q = d + et$

La solution envisagée consiste à évaluer la charge à partir des moyennes de débit et de concentration

$$M' = \bar{c} * \bar{q}$$

$$= \left( a + \frac{bT}{2} \right) * \left( d + \frac{eT}{2} \right)$$

$$M' = ad + \frac{T}{2} (ae + bd) + \frac{T^2}{4} be$$

alors que la charge réelle M se calcule

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{1}{T} \int_0^T cq \, dt \\
 &= \frac{1}{T} \int_0^T (a + bt)(d + et) \, dt \\
 &= \frac{1}{T} \int_0^T [ad + t(ae + bd) + t^2 be] \, dt \\
 &= \frac{1}{T} \left[ adt + \frac{t^2}{2} (ae + bd) + \frac{t^3}{3} be \right] \int_0^T dt
 \end{aligned}$$

$$M = ad + \frac{T}{2} (ae + bd) + \frac{T^2}{3} be$$

l'erreur  $\varepsilon$  s'écrit

$$\varepsilon = M - M' = be \frac{T^2}{12}$$

et se trouve être d'autant plus importante que les variations de la concentration et du débit sont importantes, et que la période de discrétisation est longue. Par contre, si l'une des deux variables ( $q$  et  $c$ ) se trouve être constante sur la période  $T$ , l'erreur est nulle. De plus, dans SHELLEY et KIRKPATRICK (1973) on peut trouver une évaluation de l'erreur introduite par une prise de dose instantannée au lieu d'une prise continue. Si l'on ajoute des parties aléatoires indépendantes à  $q$  et  $c$ , on peut démontrer que la variance de l'estimé de  $M'$  dépend de plus du nombre de doses pendant la période de dis-

crétisation. On a alors intérêt à avoir le plus grand nombre de doses possibles par bouteille. Les modes de contrôle de prise de doses faisant intervenir le débit n'introduisent pas d'erreur systématique si le prélèvement se fait d'une façon continue (infinité de doses de volume très petit). Comme précédemment, une erreur s'introduit lorsque le nombre de doses devient fini. Les deux techniques (base de volume écoulé avec volume de dose fixe et base de temps avec volume de dose variable) sont théoriquement équivalentes. Le mode de changement de bouteilles à base de temps fixe présente l'avantage d'un traitement simplifié mais requiert une pré-connaissance du phénomène à étudier et/ou des bouteilles à fort volume. L'autre mode (nombre constant de doses/bouteille) possède les avantages et inconvénients inverses.

## B Représentativité des échantillons

Un des problèmes majeurs de l'échantillonnage réside dans le prélèvement d'échantillons qui soient représentatifs des caractéristiques du milieu échantillonné. Ce problème est d'autant plus aigu quand on échantillonne une eau d'égout, attendu que c'est un milieu:

- hétérogène qui véhicule des solides de nature, de taille et de densité différentes;
- avec des variations brutales dans la composition et la vitesse d'écoulement;
- susceptible de s'altérer très rapidement sous l'effet de la flore microbienne.

Toutes les tentatives d'échantillonnage qui ont été effectuées jusqu'alors font état de ce problème. Bien qu'aucun dispositif satisfaisant n'ait encore été mis au point (Shelley et Kirkpatrick, 1973), on peut cependant brièvement rappeler les exigences qu'un dispositif d'échantillonnage devraient satisfaire, et à la lueur de ces recommandations, on devra essayer d'établir un compromis.

a) Localisation de la prise d'échantillons

Idéalement, la localisation de la (des) prise(s) d'échantillons doit permettre le prélèvement des différents types de solides qui sont véhiculés par l'égout, à savoir:

- partie flottante (feuilles, papiers, huiles, graisses);
- débris en suspension (particules organiques de faible densité et particules inorganiques de petite taille);
- transport de fond (sable, graviers).

La distribution de ces solides dépend de leur taille, de leur densité, de la vitesse moyenne de l'écoulement et de la répartition des vitesses dans une section. Des essais en laboratoire sur l'échantillonnage de sédiments (University of Iowa, 1941) donnent une indication sur la variabilité à laquelle on peut s'attendre (Fig. 1.4) selon la taille des sédiments et la répartition des vitesses - on notera que ces essais ne concernent qu'un seul des types de solides (sable) qu'on retrouve dans une eau d'égout -. A la Figure 1.5, on trouvera un exemple de la distribution des solides en suspension (et de la DBO associée) dans une section de conduite sanitaire. Pour recueillir un échantillon homogène, on peut donc envisager soit:

- de placer la prise dans un endroit où il y a un bon mélange des eaux (après une chute par exemple);
- d'utiliser plusieurs prises d'échantillons à différentes profondeurs;
- d'utiliser un système de broyeurs en continu avant le prélèvement (The Rand Development Corporation, 1969) (solution complexe et coûteuse).

On doit veiller par ailleurs à ce que la localisation de la prise ne modifie pas l'écoulement ni ne favorise l'accumulation de débris et papiers qui vont très vite obstruer la prise.

b) Orientation et forme de la prise

L'orientation de la prise a un effet déterminant sur le prélèvement des solides; elle doit être théoriquement dirigée dans l'axe de l'écoulement.

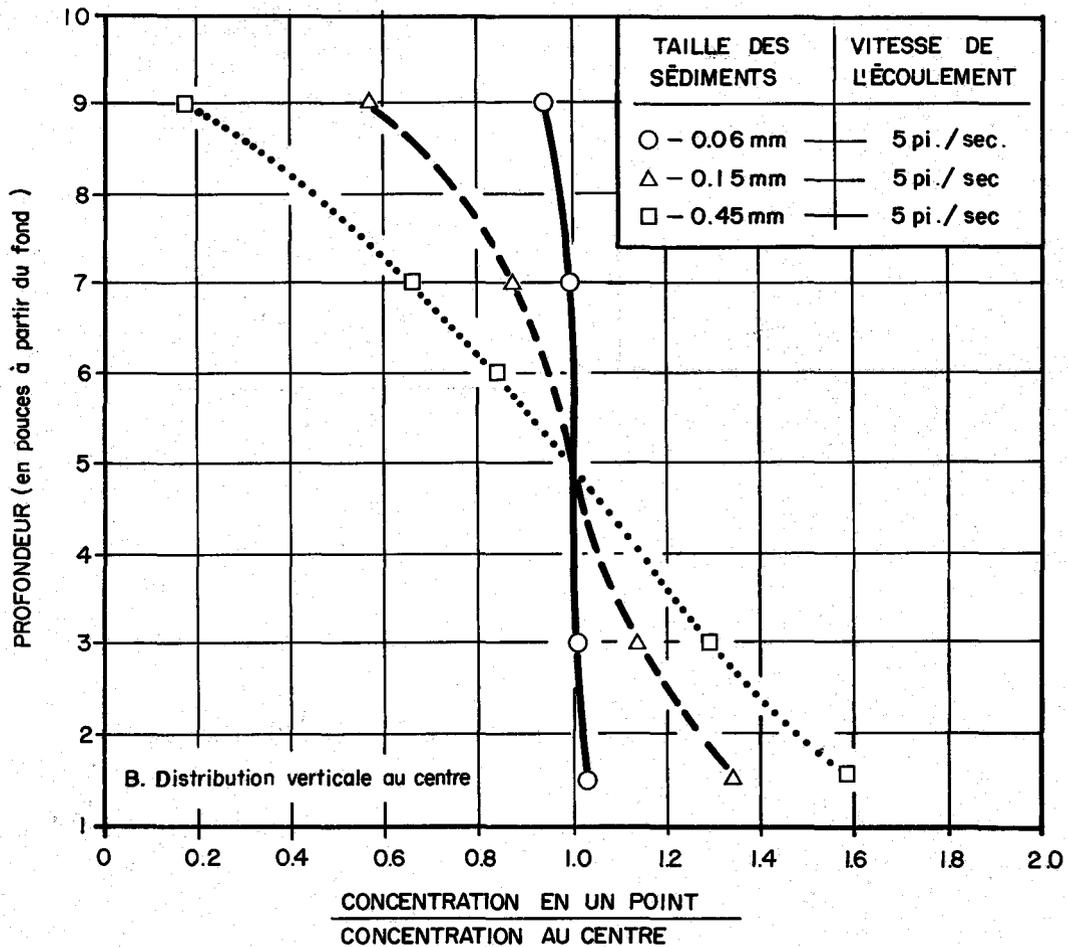
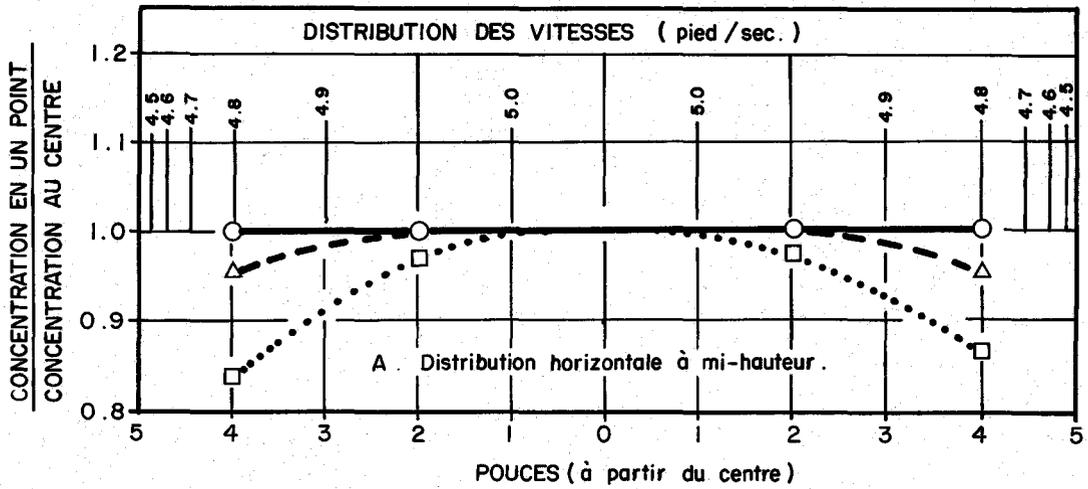


Fig.I.4. Distribution des sédiments dans un canal de section carrée (10 pouces) (University of Iowa, 1941 ).



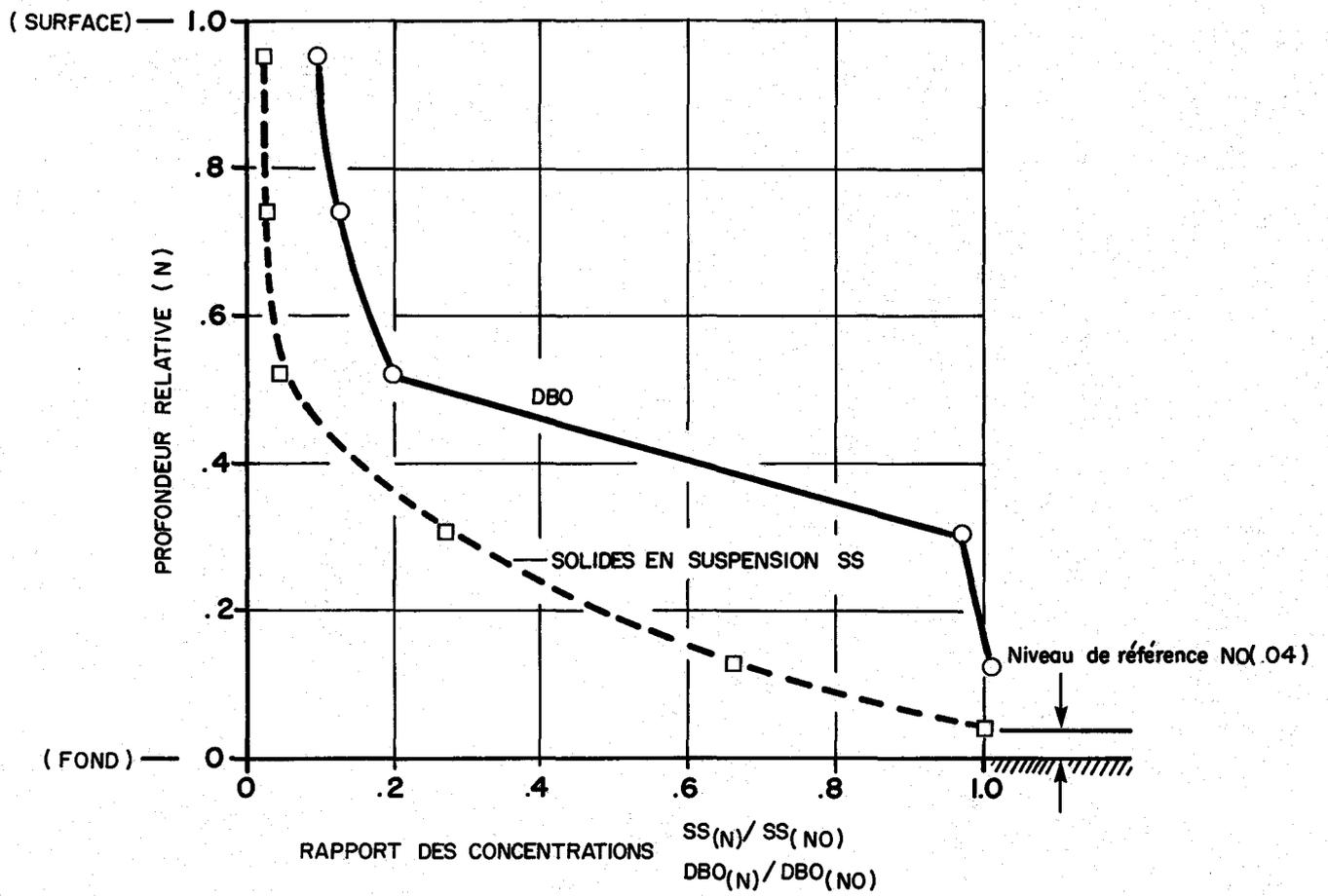


Fig .1.5 . Distribution des solides en suspension et de la DBO en fonction de la profondeur dans une conduite sanitaire (hauteur d'eau=61cm). ( Marsalek , 1975 ) .



ment et pointer face à l'écoulement. En pratique, cette exigence ne peut être respectée quand on échantillonne une eau d'égout brute (a fortiori quand il y a des apports sanitaires), du fait du colmatage de la prise qui s'ensuit très vite. On doit cependant être conscient que l'on sous-estime considérablement les quantités de solides dès que l'on adopte une autre orientation; Marsalek (1975) cite des erreurs de l'ordre de 15 à 55% sur les concentrations de sédiments pour une prise orientée à 90° par rapport à l'écoulement.

La forme de la prise est en général laissée à l'ingéniosité de l'opérateur<sup>1</sup>. La plupart du temps on a recours à un cylindre d'acier inoxydable prolongeant un tuyau de prélèvement, et percé latéralement d'orifices de diamètre égal au diamètre du tuyau; la prise étant dirigée vers l'aval ou suspendue verticalement, les échantillons sont extraits perpendiculairement à l'écoulement.

Un seul type d'échantillonneur (MARKLAND) offre une prise un peu particulière (système à "poche") qui assure l'extraction instantanée d'un échantillon de 75 ml, qui serait plus représentatif du milieu; le système cependant est conçu pour empêcher l'ascension des solides recueillis et les rejeter à l'extérieur.

#### c) Diamètre du tuyau de prélèvement

Dans la plupart des échantillonneurs commercialisés, l'acheminement des échantillons jusqu'aux bouteilles, se fait à l'aide d'un tuyau dont le faible diamètre, toujours inférieur à un pouce, exclut le prélèvement des solides de grosse taille et des papiers, à moins d'un broyage préalable; concernant les échantillonneurs à godets qui sembleraient beaucoup plus adé-

---

<sup>1</sup> Signalons que des études (sans résultats très significatifs) ont été effectuées sur l'influence de la géométrie de la prise dans le cas de l'échantillonnage de sédiments (University of Iowa, 1941).

quats pour le prélèvement des solides, il n'existe pas actuellement de version commerciale satisfaisante: volume des godets trop faible, arrêts fréquents du système dus aux débris qui s'accrochent dans la chaîne, mode de contrôle de l'échantillonnage très sommaire (seulement un échantillon composé). Quand on utilise un tuyau, il est recommandé de le choisir d'un diamètre minimum de 3/8 à 1/2 pouce, ce qui assure le passage de particules jusqu'à 1/4 de pouce sans grand risque d'obstruction; bon nombre d'échantillonneurs commercialisés pour des échantillonnages d'eaux usées sont cependant munis de tuyau d'1/4 po. voire 1/8 po...

d) Vitesse de prélèvement

D'un point de vue théorique, deux éléments sont à considérer:

- 1) la vitesse d'écoulement du milieu échantillonné: des études sur l'échantillonnage de sédiments (University of Iowa, 1941), démontrent que les échantillons les plus représentatifs sont obtenus quand la vitesse de prélèvement est égale à la vitesse de l'écoulement, ce qui signifie que le débit de la pompe de l'échantillonneur devrait pouvoir s'ajuster en fonction des conditions d'écoulement; aucun système ne possède actuellement ce degré de perfectionnement.
- 2) la taille et la densité des particules prélevées: il est essentiel que la vitesse de prélèvement assure l'ascension des particules collectées et donc soit supérieure à leur vitesse de sédimentation. Cet aspect est étroitement relié à la taille du tuyau de prélèvement (qui conditionne les dimensions maximales des particules prélevées). Pour un tuyau de 3/8 po à 1/2 po, on doit assurer une vitesse minimale de l'ordre de 2 à 3 pieds/seconde (Shelley et Kirkpatrick, 1973); les systèmes de pompage sous vide donneraient les meilleures performances (Marsalek, 1975).

e) Absence de contamination entre échantillons successifs

Dues aux brusques variations de la composition du milieu, on doit éviter tout risque de contamination d'un échantillon à l'autre. Cet aspect

est prévu sur la plupart des échantillonneurs qui assurent, soit une purge du tuyau avant et/ou après chaque prélèvement, soit un rinçage du tuyau pendant quelques minutes avant le prélèvement; dans certains cas, chaque bouteille est alimentée par un tuyau indépendant mais, faute de purge, l'eau prélevée au début a résidé dans le tube depuis son installation.

f) Conservation des échantillons

Les échantillons en principe ne doivent subir aucune transformation chimique ni biochimique entre le moment de leur prélèvement et leur arrivée au laboratoire. La meilleure méthode consiste à réfrigérer l'enceinte où sont collectés les échantillons, mais ceci conduit à un appareillage encombrant et coûteux. Quand les périodes d'échantillonnage sont courtes (maximum 24 heures), on peut obtenir de bons résultats avec une enceinte bien isolée et un mélange réfrigérant réparti entre les bouteilles.

C Conditions d'opération et d'implantation de l'échantillonneur

a) Opération

- 1) Quand l'échantillonneur est utilisé sur une base de temps fixe, on devra avoir le choix d'une large gamme de fréquence d'échantillonnage, en particulier, on devra pouvoir assurer une fréquence d'échantillonnage de l'ordre de 2 à 3 minutes pour des épisodes tels que la réponse à une pluie sur un petit bassin.
- 2) Quand l'échantillonneur fonctionne sur un mode proportionnel au débit, l'échantillonneur devra fournir un signal permettant de repérer le moment de la prise de chaque dose (ce signal peut être également enregistré à partir du débitmètre, mais la première méthode est préférable) et éventuellement, le moment de changement de bouteilles.
- 3) L'échantillonnage devant être effectué lors d'épisodes spécifiques, on aura intérêt à pouvoir déclencher une mise en marche automatique de l'échantillonneur; ainsi pour l'épisode "pluie" on peut penser à commander l'échantillonneur sur un signal du pluviomètre.

4) Comme un grand nombre d'analyses est prévu pour certains épisodes, il est important que le volume des bouteilles soit au minimum de 500 ml (si possible un litre et plus).

b) Implantation dans un égout

L'échantillonnage dans une conduite d'égout implique par ailleurs:

- que les dimensions de l'échantillonneur permettent son introduction dans un puits de regard, si le système de pompage n'assure pas une hauteur d'aspiration suffisante;
- qu'il soit doté d'un système de pompage assurant une hauteur d'aspiration d'au moins 15 pieds tout en conservant les caractéristiques de débit souhaitées;
- que l'appareillage soit résistant et en particulier que les organes de contrôle soient bien protégés de l'humidité.

On doit être conscient enfin qu'un échantillonnage dans ces conditions, quel que soit le type d'échantillonneur, demande une surveillance très étroite. On s'attachera surtout à rechercher des solutions pour éviter le colmatage de la prise d'échantillons qui reste la principale cause des arrêts de l'échantillonnage (surtout dans les conduites sanitaires et combinées); on pourra, par exemple, essayer de mettre au point un système d'éjection sous pression des débris accumulés autour de la prise, à intervalles réguliers, tout au long de la période d'échantillonnage.

Une revue des échantillonneurs commercialement disponibles démontre qu'il n'existe aucun appareillage complètement satisfaisant. En général, quand le mode de contrôle de l'échantillonnage est suffisamment sophistiqué, on a affaire à un appareil qui se prête mal à une implantation dans un égout (système de pompage peu fiable, appareil volumineux, fragile...) et vice-versa.

Ceci nous a donc conduit à essayer plusieurs types d'échantillonneurs allant des plus simples au plus élaborés, qui pourront être éventuellement déplacés d'un point de mesure à l'autre selon le type d'échantillonnage requis, et assurer ainsi une grande souplesse d'opération.

### 1.1.3 Mesure de température

La mesure de la température de l'eau d'égout est prévue à l'aide de thermistors (semi-conducteurs dont la résistance est fonction de la température absolue).

Les thermistors ont l'avantage d'avoir une grande sensibilité qui reste la même sur une large gamme de température: ils sont capables de mesurer des variations de température inférieures à 1/100 de degré celsius. Ils représentent en outre un encombrement minimum dans la conduite puisque leur dimension peut être inférieure à 1/10 de pouce. Ils sont calibrés par rapport à un point de référence (0<sup>0</sup> Celsius) et la température est déterminée à partir de la mesure de résistance.

### 1.1.4 Mesures sur le bassin

La nature de ces mesures varie selon l'épisode étudié et le type de réseau d'égouts mais d'un point de vue global, des mesures quantitatives sont prévues sur:

- les eaux de précipitation;
- l'eau d'aqueduc;
- la nappe;
- les apports supplémentaires à leur entrée dans le réseau.

Ces mesures sont accompagnées d'échantillonnages, manuels le plus souvent. Egalement des prélèvements manuels sont prévus sur la neige usée, le

sel de déglçage, l'eau de lavage de rues, l'eau de ruissellement des rues et des toits pendant une pluie, le contenu des puisards de rues.

## A Précipitations

### a) Aspects quantitatifs

L'implantation d'un pluviomètre en milieu urbain pose certains problèmes quant à la localisation de l'appareil. Idéalement, il doit être éloigné de tout obstacle d'une distance au moins égale à 4 fois la hauteur de l'obstacle le plus élevé, et il doit être protégé des vents; on doit veiller en outre à ce qu'il soit à l'abri d'éventuels actes de vandalismes. On peut songer en conséquence à le placer sur un toit plat, avec la restriction que les conditions de vents seront sans doute différentes de celles existant au sol.

Le nombre de pluviomètres à installer sur un bassin est fonction de la superficie de celui-ci, de l'uniformité de la précipitation sur celui-ci. Les bassins dont l'instrumentation est projetée sont en général inférieurs à 100 acres; un seul pluviomètre devrait suffire pour ces bassins, à moins de conditions locales très particulières.

Concernant le type d'appareillage, la mesure des précipitations liquides est prévue à l'aide d'un pluviomètre à augets basculeurs. Ce système a l'avantage de fournir une mesure de l'intensité de la pluie et non une seule mesure de la précipitation totale comme le pluviomètre standard. Il peut en outre être utilisé pour commander un instrument, le premier basculement servant à déclencher par exemple un échantillonneur.

### b) Aspects qualitatifs

L'échantillonnage des eaux de précipitation nécessite de faire appel à un dispositif particulier de façon à éviter de recueillir les retombées sèches entre les périodes pluvieuses, et d'autre part, à minimiser les

pertes par évaporation (reconcentration des échantillons).

Des systèmes sont commercialisés (BARC-2 de WONG Laboratories) qui comportent une sonde sensible à l'humidité commandant, aux premières gouttes de pluie, l'ouverture d'une trappe qui permet l'accès de l'eau de pluie au récipient collecteur; la pluie finie, un dispositif de chauffage assèche la sonde, ce qui conduit à la fermeture de la trappe; le mode d'action de ce dispositif peut être inversé dans le cas où l'on serait intéressé à évaluer les retombées sèches entre deux pluies.

Un système très simple de prélèvement peut être également fabriqué (Likens et al., 1967) qui est conçu pour éviter les pertes par évaporation (Fig. 1.6) (on recueille cependant avec ce système les retombées sèches).

## B Aqueduc

Deux possibilités s'offrent pour la mesure des quantités d'eau d'aqueduc:

- mesures à la consommation (résidences, utilisateurs spécifiques tels que commerce, garage avec lave-auto...) à l'aide de compteurs volumétriques;
- mesure de la quantité globale d'eau alimentant le bassin grâce à une plaque orifice placée sur la conduite d'alimentation du quartier. Cette méthode implique un investissement beaucoup plus élevé puisqu'elle nécessite la construction et l'équipement d'une chambre de mesures sur le réseau; elle a par contre l'avantage d'intégrer la mesure des fuites dont une grande partie se retrouve sans doute dans le réseau d'égouts.

L'instrumentation relative à l'une ou l'autre méthode sera du même type que celle actuellement utilisée par l'INRS-Eau (INRS-Eau - Groupe systèmes urbains, 1973) pour une étude sur la consommation d'eau.

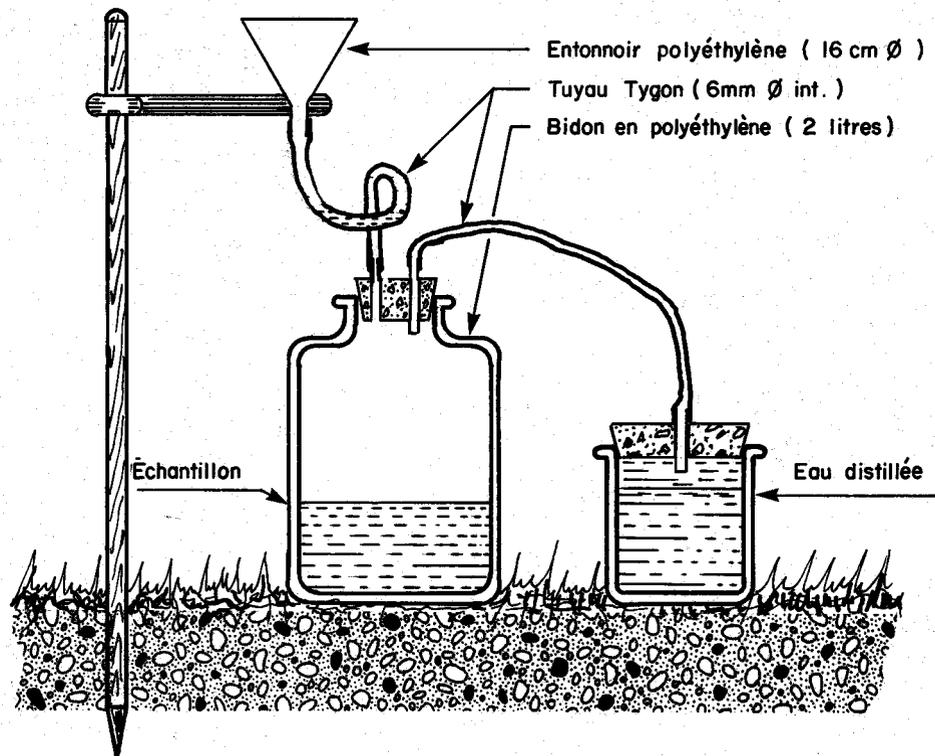


Fig.1.6. Dispositif pour échantillonner l'eau de pluie  
( prévu pour éviter l'évaporation ) ( Likens et al., 1967 ).



Les données qualitatives concernant l'eau d'aqueduc seront déterminées à partir d'échantillons prélevés manuellement aux robinets de quelques résidences du bassin.

### C Nappe

Le niveau de la nappe se mesure dans un forage grâce à des enregistrements de pression correspondant à des hauteurs d'eau.

Pour la mesure du niveau de la nappe l'appareillage doit répondre aux spécifications suivantes:

- encombrement très réduit;
- sortie analogique pour transmission téléphonique et/ou enregistrement;
- précision de l'ordre de 3 à 4 pouces et grande fiabilité.

A cet effet, on utilisera un capteur de pression placé au fond du forage, dans la crépine.

Pour le prélèvement d'eau de nappe, on peut utiliser un tube de  $\frac{1}{2}$  pouce de diamètre en acier inoxydable lesté et obturé à son extrémité, que l'on plonge et remonte dans le forage au moyen d'un filin de nylon, ou prélever de l'eau par pompage. L'opération est plus longue, mais les échantillons obtenus sont plus représentatifs de l'eau de la nappe, car ils n'ont pas été en contact avec l'air, le tube piézométrique et son équipement. Avec une pompe de 1 l/min., il faut compter 10 minutes pour vider le tube lui-même et pomper de l'eau de la nappe, représentative de celle qui est éloignée du point de prélèvement. L'opération se fait avec une pompe autoamorçable capable de monter l'eau de 6 m (20 pieds), par un tube de  $\frac{1}{2}$  pouce. La pompe doit être capable de pomper des eaux chargées, du fait que les puits n'ont pas été développés et que le sable de l'aquifère peut être très fin.

### D Apports supplémentaires

On a proposé une mesure des apports souterrains par les drains français ainsi que des apports par ruissellement sur, et autour, des couvercles de

puits de regard sanitaires.

Il n'existe pas de dispositifs disponibles en tant que tels pour ces types de mesures. Nous serons donc appelés à développer des systèmes de mesures spécifiques dans le cadre de cette étude. Notons que pour les drains français, nous pourrions nous inspirer du dispositif utilisé par REMPEL et TOTTLE (1969) dans leur étude à Winnipeg, et qu'ils ont bien voulu nous communiquer.

#### 1.1.5 Système de contrôle et d'enregistrement des données

Il s'agit des données prises à l'égout, à la source et sur le bassin pendant et entre les épisodes de mesure. Par ailleurs, certains épisodes doivent débuter dans des conditions spécifiques.

Concernant la nature de l'information à acquérir, celle-ci doit répondre aux deux principes de discrétisation et de représentativité.

##### a) Discrétisation

La discrétisation est d'autant plus intéressante qu'elle se situe en aval dans la procédure de mesure et que l'on dispose de possibilités de contrôle. Idéalement, les enregistrements devraient être continus et la discrétisation devrait être rejetée en aval au terme du traitement de l'information. Cette procédure n'est pas techniquement possible pour l'ensemble des paramètres de qualité, aussi est-il nécessaire de recourir à un mode de discrétisation amont: bouteilles, cycle de mesure.

##### b) Représentativité

L'information étant discrétisée, il faut s'assurer de la représentativité de l'élément d'information sur la période de discrétisation. Cette représentativité dépend essentiellement des objectifs. Il est préférable que l'information discrétisée soit constituée d'une intégrale sur la période

de discrétisation. Cette intégrale peut prendre deux formes typiques:

- moyenne simple;
- intégrale pondérée (cas de l'obtention d'une charge totale): on peut penser à une intégrale pondérée par le débit.

#### A Enregistrement et dépouillement

L'application des principes mentionnés dans méthodologie de mesure (Tome 1) à l'étape d'enregistrement des données, entraîne les critères suivants:

- fréquence de mesure et d'enregistrement variable, contrôle du départ et de la fin de l'épisode de mesure;
- dépouillement automatisé;
- contrôle simple des différentes variables à enregistrer;
- construction modulaire pour faciliter l'entretien.

De plus, afin d'abaisser les fréquences de mesure et d'obtenir une connaissance générale des variations des grandeurs à mesurer, on tente d'utiliser des valeurs discrétisées et représentatives.

Chacune des grandeurs à mesurer peut faire intervenir une chaîne du type de celle de la Figure 1.7. On retrouve sur cette figure l'exemple de la chaîne de mesure et de traitement pour le débit à l'égout. Avant l'étape de conditionnement, les grandeurs à mesurer se retrouvent sous forme de:

- a) tension ou courant analogique. C'est le cas par exemple du débit et de la hauteur mesurée à l'élément primaire. Dans la mesure du possible les sorties des éléments secondaires sont du type 4-20 mA. Une résistance et un amplificateur fournissent alors les ajustements de zéro et de gain pour la sortie de contrôle et celle d'enregistrement.

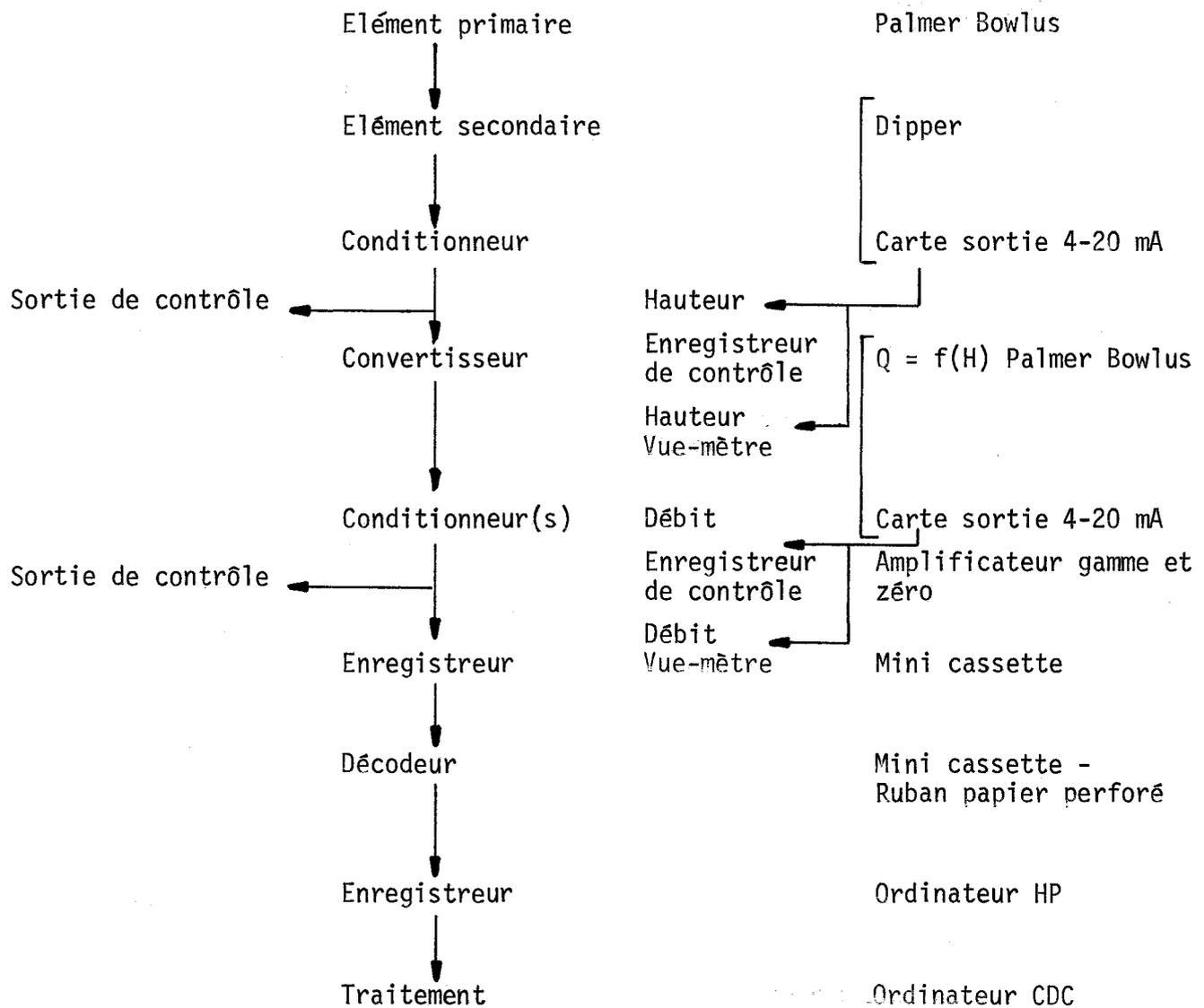


Figure 1.7: Chaîne de mesure et de traitement, exemple du débit

- b) résistance: cas de la température et du niveau de nappe. Une alimentation et un amplificateur permettent les ajustements des sorties de contrôle et d'enregistrement.
- c) impulsions: cas des précipitations, du changement de bouteilles, de la prise de doses. Un compteur et un amplificateur donnent la sortie pour l'enregistrement et le contrôle à l'exception du pluviographe déjà fourni avec son enregistreur graphique. C'est le type de mesure le plus adapté à la discrétisation puisque l'intégrateur est alors un simple compteur digital auquel on couple un convertisseur digital-analogue.
- d) digital: ce modèle de sortie serait le plus souhaitable mais aucun appareil n'est actuellement doté d'une telle sortie.

Les sorties de contrôle sont de deux types:

- a) vue-mètre: adapté à une mesure ponctuelle précise (voltmètre, ampèremètre;
- b) enregistreur graphique: un enregistrement graphique très simple est utilisé (un par grandeur à mesurer) pour obtenir un contrôle visuel immédiat du fonctionnement des appareils. On utilise des enregistreurs du type RUSTRAK sur papier de 2". C'est d'après cette information que la surveillance élémentaire est réalisée. On comprendra la nécessité de placer ces deux appareils le plus en aval possible de la chaîne de façon à vérifier l'ensemble amont.

### Enregistrement

L'enregistrement graphique n'est pas facilement compatible avec un dépouillement automatisé, ni avec des épisodes de mesure dont la durée et la fréquence de variation sont essentiellement variables.

Par ailleurs, il existe des enregistreurs magnétiques à fonctionnement continu qui posent des problèmes de contrôle de vitesse de défilement et sont également limités dans le nombre de canaux (pistes) disponibles. Enfin leur coût est élevé. Par contre la discrétisation est rejetée au dépouil-

lement (en laboratoire), donc il est possible d'utiliser un matériel perfectionné permettant d'obtenir directement sur bande magnétique compatible avec l'ordinateur de traitement, une discrétisation à fréquence variable en contrôlant la perte d'information inhérente.

On trouve aussi des enregistreurs magnétiques comportant leur propre système de discrétisation permettant d'obtenir des cycles de mesure dont la fréquence est variable. Chaque cycle peut comporter la mesure de plusieurs variables. On trouve divers modes de codage sur la bande: digital ou fréquence. Ce dernier mode offre un inconvénient puisque la précision est limitée dans les extrémités de la bande passante de l'ensemble convertisseur, enregistreur, bande magnétique, décodeur et le bruit génère des erreurs non détectables. De plus chaque canal se voit accorder un intervalle de mesure dont la durée est critique puisqu'elle intervient directement sur la précision à la lecture. On peut remédier au premier inconvénient en ajustant la gamme d'entrée mais le second est plus gênant puisqu'il nécessite un réglage fréquent du contrôle de lecture. C'est cependant le mode d'enregistrement qui a été choisi au début du projet (enregistreuse cassette ALEP) sur la base des expériences favorables d'hydrogéologues qui l'ont utilisé pour la surveillance de niveaux de nappe.

On trouve également sur le marché des enregistreurs magnétiques utilisant un codage digital. Cette solution dérive directement des unités de bandes magnétiques utilisées dans les ordinateurs et jusqu'à une date récente était incompatible avec les impératifs du matériel de terrain. On retrouve maintenant des systèmes utilisant le support traditionnel (bande de  $\frac{1}{2}$  pouce) et le codage 8 bits parallèles, et d'autres plus récents utilisant les cassettes et un codage en série. Cette dernière solution sera mise à l'essai pour la seconde partie du projet.

Il existe enfin des enregistreuses digitales sur papier perforé. Cette solution est théoriquement idéale puisqu'elle regroupe les avantages du codage digital et de la compatibilité directe avec les ordinateurs. Elle est d'ailleurs utilisée par le Ministère des Richesses naturelles pour les sta-

tions hydrométriques. Cependant leur matériel est relativement coûteux, ne dispose pas d'une gamme de base de temps suffisamment large ni la possibilité d'enregistrer plusieurs variables.

Le mode de décodage se déduit directement du mode d'enregistrement. L'utilisation d'une sortie digitale de décodage permet à l'information de devenir compatible avec les ordinateurs de traitement. Pour ne pas mobiliser l'ordinateur sur ce seul travail, il est nécessaire de passer par un intermédiaire qui peut être soit une bande magnétique, une bande de papier perforé ou un terminal. La première solution utilisée sur un autre projet (DE-MARD, 1970) s'est révélée décevante par son manque de fiabilité. La troisième aurait nécessité un développement hardware et software aussi la seconde a-t-elle été retenue. On a donc ajouté une interface ruban de papier perforé qui assure un déroulement continu de la cassette et un décodage synchrone. Par la suite, la lecture sur ordinateur HP peut se faire à raison de 500 caractères à la seconde, soit moins de 40 secondes de lecture par face de mini-cassette C90.

#### - Cas particuliers

Le choix des fréquences de mesure pose pour chacun des épisodes un problème commun. En effet, si l'on utilise des données cumulées, on perd toute information sur les variations pendant la période de mesure mais on conserve une valeur moyenne. Alors que si l'on enregistre une valeur non cumulée à une fréquence de mesure élevée, on a le problème inverse avec de plus, une quantité plus grande de données à traiter. De façon à vérifier, pour les divers épisodes, les hypothèses concernant les fréquences de mesure sur les paramètres quantitatifs, on propose d'équiper un bassin de type sanitaire et un de type combiné ou pluvial d'un système d'acquisition de données haute-fréquence. Les variables à mesurer (actuellement hauteur et précipitations) sont transmises en modulation de fréquence sur des lignes louées vers l'ordinateur HP capable d'effectuer plusieurs milliers de mesures à la seconde. La fréquence choisie (1 mesure aux 4 secondes) dépend actuellement des autres utilisations de l'ordinateur.

Les données aux 4 secondes sont par la suite stockées sur disques puis transférées sur bande compatible avec les ordinateurs de traitement.

## B Contrôle

Il s'agit principalement du déclenchement des épisodes de mesure. Ce déclenchement est à prévoir suivant les variations d'une grandeur par rapport à un niveau de référence basé sur:

- la grandeur elle-même: c'est le cas le plus fréquent lors des épisodes de pluie déclenchés par un niveau d'eau dans l'égout. Nous ne le proposons cependant pas. Ce mode de contrôle peut cependant être intéressant pour étudier l'influence de la nappe souterraine;
- la dérivée de la variable: nous proposons d'utiliser la dérivée des volumes d'eau précipitée (intensité) pour déclencher l'épisode ruissellement. Par exemple: .02" en moins de 1 minute.

## 1.2 MATERIEL RETENU

Afin de simplifier la lecture, nous avons décrit chaque appareil de mesure retenu suivant la procédure que voici:

### Modèle

Les constructeurs fabriquent généralement plusieurs variantes d'un même appareil. Les numéros mentionnés sous cet item caractérisent donc précisément l'appareil.

### Constructeur

Ce paragraphe fait état du nom et de l'adresse de la compagnie fabricante. Le nom du représentant-vendeur figure également.

### Coût

Prix payé lors de l'achat par l'INRS (n'incluent pas les frais de transport, ni les frais de douane). Sujet évidemment à changement rapide.

### Délais de livraison

Tous les représentants-vendeurs donnent généralement un délai de livraison plus ou moins long... et plus ou moins exact. Cela donne une idée des prévisions à faire.

### Conditions de réception

En général, lors de l'achat d'un équipement neuf, on devrait s'attendre à un fonctionnement impeccable. Or, il se trouve que ce n'est pas toujours le cas. On trouvera ici quels types de problèmes se sont présentés.

### Fiche technique

C'est la reproduction des caractéristiques fournies par les manufacturiers.

## Modifications

Les appareils achetés, ne répondant pas toujours exactement à tous nos besoins, il a fallu faire des modifications. D'autres modifications ont souvent été nécessaires dû au mauvais fonctionnement de certains appareils.

## Calibration - vérification en laboratoire

Tous les constructeurs ne fournissant pas de calibration avec leurs instruments, il a fallu la faire ou vérifier celle du constructeur. On expose ici quels travaux sont nécessaires.

## Installation

Ces lignes résument les conditions et éventuellement, les difficultés de l'installation sur le terrain.

## Fonctionnement et entretien

On fait ici état du bon ou mauvais fonctionnement des appareils ainsi que des causes probables. De plus, si un entretien s'avère nécessaire, on y indique le travail et sa périodicité.

## Commentaires

On y résume la qualité de l'appareil en notre possession ainsi que notre appréciation générale.

La liste des appareils décrits dans les pages qui viennent, est la suivante:

### 1.2.1 Dispositifs pour le prélèvement d'échantillons

- a) Echantillonneur ISCO
- b) Echantillonneur MANNING
- c) Echantillonneur SEIN
- d) Echantillonneur SIGMAMOTOR

- e) Echantillonneur SOLAS
- f) Pompe MASTERFLEX
- g) Pompe MORSE-MASTERFLEX

#### 1.2.2 Eléments primaires

- a) Canal Palmer Bowlus 24 pouces FLUME T
- b) Canal Palmer Bowlus 12 pouces UES
- c) Canaux Palmer Bowlus 10 pouces et 12 pouces ACCURA-FLOW
- d) Déversoir sans fond pour conduite de 10 pouces
- e) Déversoir sans fond pour conduite de 36 pouces

#### 1.2.3 Dispositifs de mesure de niveau et/ou de débit

- a) Limnimètre à bulles avec capteur FOXBORO
- b) Sonde de surface MANNING
- c) Débitmètre à flotteur N.B. PRODUCTS
- d) Débitmètre SIGMAMOTOR
- e) Débitmètre capacitif UES
- f) Calculateur de débit MANNING

#### 1.2.4 Autres appareils de mesure

- a) Pluviographe W.M.C.
- b) Capteur de pression C.I.C.
- c) Thermomètre
- d) Vase à niveau constant
- e) DBO-mètre . OXYTEMPS SEIN

#### 1.2.5 Enregistreurs

- a) Enregistreurs graphiques ESTERLINE - ANGUS
- b) Enregistreur - Décodeur ALEP
- c) Enregistreur - Décodeur SEIN
- d) Convertisseur de signaux - INRS-Eau

### 1.2.1 Dispositifs pour le prélèvement d'échantillons

1.2.1a Echantillonneur ISCO

Modèle

ISCO 1392

Constructeur

Instrumentation Specialities Co., Lincoln, Nebraska, USA.

Achat par l'intermédiaire du représentant

Allied Scientific, 317 Progress Ave., Scarborough, Ontario.

Prix

\$2,080.000 (y compris les accessoires et certaines options additionnelles).

Délais de livraison

- annoncés: 6-8 semaines;
- réels : 14 semaines (retard de 5 semaines attribuable à nos services).

Fiche technique

- Alimentation: 12V/110V
- Pompe: péristaltique avec tuyau de  $\phi$  int. de 3/8 po.;  
débit: 920 ml/mn (à faible profondeur);  
durée de vie du tuyau de la pompe = 500 à 600 heures de pompage;  
réversible (purge après chaque prélèvement).

- Tuyau de prélèvement: 22 pieds x  $\phi$  int. 1/4 po. ou 10 pieds x  $\phi$  int. de 3/8 po.;
- Prise cylindrique lestée à l'extrémité du tuyau de prélèvement avec trous de  $\phi$  1/4 po. ou 3/8 po.
- Durée de pompage (et donc volume prélevé) réglable en fonction de la hauteur d'aspiration (max = 21 à 26 pieds).
- Nombre de bouteilles: 28 (polyéthylène).
- Volume des bouteilles: 500 ml.
- Possibilité de mettre 1 à 4 doses/bouteille (option).
- Deux options dans le mode d'échantillonnage:
  - . sur une base de temps: fréquence réglable entre 10mn et 2h - incréments de 10mn - (option)
  - . en fonction du débit: nombre fixe de doses par bouteille, et fréquence de changement de bouteilles fonction du volume écoulé.
- Base avec double paroi et compartiment central prévu pour mettre de la glace.
- Dimensions:  $\phi$  19.5 po x 21 po. H (40 lb vide)

### Modifications

Quand l'échantillonneur fonctionne proportionnellement au débit, il est nécessaire de repérer le moment de chaque prise de doses ainsi que le changement de bouteilles; à cet effet, deux sorties sont faites pour enregistrer les impulsions de prises de doses et de changement de bouteilles.

### Vérification en laboratoire

Après 4 jours d'essai au laboratoire (essai de différents cycles, de différentes hauteurs de pompage), le fonctionnement est considéré satisfaisant.

### Installation

- Installation physique facile (peut être suspendu dans un puits de regard).
- procédure de mise en marche un peu complexe.

### Fonctionnement et entretien

- 4 campagnes d'échantillonnage sur le terrain (remplissage des 28 bouteilles sur une base de temps) ont été effectuées à titre d'essai, avec succès. On ne possède pas à date de cas d'enregistrements des prises de doses ou des changements de bouteilles, le reste de la chaîne de mesure n'étant pas complétée au moment des échantillonnages.
- La pompe péristaltique (tuyau d'1/4 de pouce) s'est montrée très satisfaisante (pompage à 17 pieds de profond) et la purge après chaque prélèvement, très efficace. L'entretien consiste seulement à vérifier l'usure du tuyau de la pompe et à le changer périodiquement.
- On doit signaler une panne: un transistor a brûlé suite à un défaut de réalisation.

### Commentaire

L'appareil se prête bien à des échantillonnages dans un égout: la conception de l'appareil est considérée comme bonne mais un peu désuète quant à la boîte de contrôle électronique; la construction de l'appa-

reil est de bonne qualité. Il reste cependant un certain nombre d'inconvénients:

- a) volume des bouteilles trop faible (500 ml);
- b) la réfrigération des échantillons (glace dans la base) peut laisser à désirer et constitue un inconvénient pour les échantillonnages d'eaux sanitaires.

D'autre part, la fréquence minimum possible de prise de doses (10 mn) pourra être une contrainte pour l'échantillonnage de certains épisodes tels que les pluies où l'on peut être appelé à descendre à une fréquence de l'ordre de 5 minutes, dépendant de la taille des bassins.

Enfin, on ne peut composer dans un même flacon que 4 doses au maximum; on n'utilisera donc pas cet appareil pour l'épisode sanitaire où il est prévu d'obtenir une bouteille/4 heures, ce qui signifierait une seule dose instantanée par heure. (Il serait possible, cependant, moyennant des manutentions plus nombreuses de recomposer plusieurs bouteilles successives).

1.2.1b Echantillonneur MANNING

Modèle

MANNING S-4000

Constructeur

Manning Environmental Corp., 120 DuBois St., Box 1356, Santa Cruz,  
Californie. USA.

Prix

\$2,520.

Acquisition par l'intermédiaire du représentant

Associated Instrumentation & Controls Ltd., 9265 Charles de Latour,  
Montréal 355.

Livraison

Prêt du représentant pour essai (avril 75). Achat ultérieur prévu.

Conditions à la réception

- appareillage en bon état
- instructions claires et complètes avec schémas des circuits électroniques.

Fiche technique

Type de pompe: à vide assurant un débit de 600 ml/mn à 22 pieds et  
2000 ml/mn à 10 pieds.

Les spécifications figurent au tableau 1.2, en anglais, telles que  
fournies par le constructeur.

Réseaux de collecte des eaux usées.  
Tome 2: Acquisition et traitement des données

D. Couillard  
J. Dartois  
H. Demard  
A. Jaouich  
J.L. Joly  
D. Mascolo

INRS-Eau  
Institut National de la Recherche Scientifique  
Université du Québec  
Québec

Rapport rédigé pour les Services de Protection de  
l'Environnement, Québec (SPE), et l'Office de  
Développement de l'Est du Québec (ODEQ)

Décembre 1975

Référence: Couillard, D., Dartois, J., Demard, H., Joly, J.L. et Mascolo, D. (1975). *Réseaux de collecte des eaux usées. Tome 2: Acquisition et traitement des données*. INRS-Eau, rapport scientifique no 60. (Pour les Services de Protection de l'Environnement, Québec, et l'Office de Développement de l'Est du Québec).



TABLEAU 1.2: Design Specifications - MANNING 5-4000 SAMPLER

Number of Samples

Standard - 24 samples  
\*(Optional) - 24, 48, 72, 96, 120 with 1, 2, 3, 4, or 5 samples per bottle

Multiple Bottle/Sample

Standard - 1 sample  
\*(Optional) - 1, 2, 3 or 4 with immediate, consecutive samples

Sample Size

Exact volume (every sample independent of head) adjustable from 100 ml.  
min. to 500 ml. maximum

Inlet Tube

.375 in. (.95 cm) inside diameter  
22 feet (6.7 m) length

Flow Proportional Cycle Control (Standard)

Cycle initiated by a contact closure, 0.1 amp rating. (.25 m sec duration)  
from external flowmeter

\*Time Proportional Cycle Control (Optional)

Quartz crystal clock controlled time interval (better than 0.03% accuracy)  
provides for selectable: 3.75, 7.5, 15, 30 minutes, 1, 2, 4, 6, 12, 24  
hour intervals

Sample Fill Cycle

.375 I.D. tube - 22 feet	40 sec.
.375 I.D. tube - 10 feet	15 sec.

Purge Cycle

Initial purge 12 sec. Final purge 5 sec. (Automatically recycles through  
purge twice, if required).

Size

22.5 in. (57.2 cm.) high  
19 in. (48.3 cm.) diameter

Weight

Net 35 lbs. (16 kg.) dry, including battery

Power

Standard - 12V wet-cell non-spillable battery. (Optional - External 12V  
battery; 110V 60 Hz; 220V 50 Hz)

## Modifications

Aménagement d'une sortie pour enregistrer les impulsions de prises de doses.

## Vérification en laboratoire

Trois à quatre jours d'essais en laboratoire (essais de différents cycles de prélèvement, de différentes hauteurs de pompage) ont donné satisfaction.

## Installation

- Installation physique facile (peut être introduit dans un puits de regard).
- Procédure de mise en marche simple excepté le réglage du volume des doses (en particulier le réglage pour obtenir 5 doses dans la même bouteille reste délicat).

## Fonctionnement

2 campagnes d'échantillonnage sur le terrain (remplissage de 24 bouteilles sur une base de temps) sont réalisées avec succès; le système de pompage (pompe sous vide) s'avère satisfaisant pour un prélèvement à 20 pieds de profondeur, et la purge est très efficace (pas de colmatage). L'enregistrement des prises de doses n'a pas été effectuée au cours de ces deux échantillonnages. Au troisième échantillonnage, une panne majeure (plusieurs transistors brûlés) dont la cause n'est pas encore déterminée, nécessite le renvoi de l'échantillonneur à la compagnie qui n'a fourni aucun commentaire sur les causes possibles de cette panne; en réalité les dommages constatés dans la boîte de contrôle sont dus à un bris de l'électrovanne du distributeur.

## Commentaire

Les essais ont été trop brefs pour rejeter définitivement cet appareil

(la panne peut être un hasard), qui reste cependant intéressant quant à sa versatilité, sa simplicité, son système de pompage et de purge. Les inconvénients qu'on peut signaler sont les suivants:

- a) flacons de volume trop faible (500 ml) et non interchangeables car ils n'ont pas une forme standard;
- b) la réfrigération des échantillons peut laisser à désirer (glace dans la base).

Par rapport à l'échantillonneur ISCO, il a l'avantage de pouvoir fournir un échantillon toutes les 3.75 minutes (épisodes de pluie) et il est possible de remplir successivement plusieurs bouteilles de façon à recomposer un échantillon plus volumineux pour l'analyse.

1.2.1c Echantillonneur S.E.I.N.

Modèle

APAE 241 F

Constructeur

Sein-Ecologie, 171 rue Veron, Alfortville, France.

Prix

19,500 FF ( $\approx$ 4,500 \$)

Délais de livraison

Annoncés: 10 semaines

Réels : 16 semaines

Conditions à la réception

- appareillage en bon état;
- instructions claires - schémas des circuits électroniques ne correspondant pas exactement à l'appareil livré.

Fiche technique

- Alimentation: 220V initialement.
- Pompe: non fournie (débit recommandé: 400l/h).  
La pompe alimente en continu un bac d'homogénéisation à niveau constant dans lequel un doseur rotatif ( $\approx$ 7.5 mm  $\phi$ ) fait le prélèvement.

- Nombre de bouteilles: 24 (polyéthylène).
- Volume des bouteilles: 2000 ml.
- Nombre de doses par bouteille: réglable suivant le doseur (400 doses de 5 ml, 200 de 10 ml, 100 de 20 ml ou 50 de 40 ml).
- Deux options dans le mode d'échantillonnage:
  - . sur une base de temps: fréquence réglable avec 7 choix: 1 dose par 4.5, 9, 18, 36, 72, 144 ou 288 secondes (le volume du doseur en outre peut être varié et il existe 10 cycles possibles: entre 1h30 et 32 jours);
  - . en fonction du débit: fréquence de changement de bouteilles fixe - nombre de doses variables.
- Réfrigération par un groupe froid de 1/6 CV (thermostat pour régler la température).
- Dimensions: 95 cm x 65 cm x 77 cm.

### Modifications

Quelques modifications aux circuits électroniques ont été apportées:

- 1) Elimination de la possibilité de survoltage pouvant détruire les circuits CMOS;
- 2) Pose d'un transformateur 230V. - 110V.

D'autres devront suivre, à savoir:

- 1) Circuit permettant le fonctionnement sur courant continu et changement des moteurs (préleveur et distributeur) pour des moteurs 12 VDC.
- 2) Fiches de raccordement permettant l'enregistrement des prises de doses et des changements de bidons.

- 3) Changement d'un circuit imprimé analogue pour un circuit digital (carte de contrôle de proportionalité au débit).

### Vérification en laboratoire

L'appareil a donné satisfaction concernant les spécifications fournies par le constructeur.

### Installation

L'installation de l'appareil est relativement simple. Son poids et son volume causent toutefois certains inconvénients.

Le plus gros problème d'installation inhérent à ce type d'échantillonneur, est certainement le fait qu'il doit y avoir une alimentation d'eau continue pour permettre un trop plein au bac d'échantillonnage. Ce type de pompage nécessite une installation particulière pour éviter le blocage de la tête de prélèvement dans l'égout. Ceci a été résolu comme suit:

Une crépine assez longue rejoint un tuyau d'adduction de  $\frac{3}{4}$ " de diamètre, lequel s'embranche sur une pompe péristaltique à vitesse variable qui refoule le tout au bac d'échantillonnage. Un système de purge automatique (et périodique) injecte une quantité d'air ou d'azote sous pression définie et de durée également fixe. Le tout permet de débarrasser les plus gros des débris qui ont tendance à s'agglomérer dans la tuyauterie. Les résultats sont assez éloquents: aucun blocage et une bonne représentativité des solides en suspension prélevés.

L'entretien de l'appareil lui-même est absolument réduit au minimum: nettoyage périodique du bac et de sa cuillère ainsi que du plateau distributeur.

### Fonctionnement

L'appareil a déjà été essayé pour une quinzaine de campagnes d'échan-

tionnage sur le terrain, dans un égout sanitaire. Les insuccès du début ont tous eu pour cause le système de pompage. Le problème étant aujourd'hui résolu, il est permis de qualifier la chaîne d'échantillonnage de fiable.

### Commentaire

L'appareil est d'une très grande versatilité et permet de ce fait, tout type d'échantillonnages. Sa mise en marche simple réduit d'autant les chances d'insuccès.

Comme déjà mentionné, le problème de la pompe qui constituait l'inconvénient majeur a été résolu.

La construction de l'appareil est de grande qualité, et la réfrigération constitue un avantage important pour l'échantillonnage d'eaux d'égout sanitaire. La possibilité de composer 50 doses ou plus dans une même bouteille en fait un appareil qui sera retenu pour l'échantillonnage des épisodes sanitaires (1 bouteille/4 heures).

Il permet de plus de réaliser un échantillonnage pratiquement continu (1 dose par 4.5 secondes), et se prête également aux échantillonnages d'épisodes de pluie puisqu'on peut remplir une bouteille chaque 3.75 minutes.

1.2.1d Echantillonneur SIGMAMOTOR

Modèle

SIGMAMOTOR WM-2-24

Constructeur

Sigmamotor, 14 Elizabeth St., Middleport, N.Y. USA.

Prix

\$1,200 (1973)

Délais de livraison

≈ 6 mois

Conditions à la réception

- instructions réduites au minimum. Schémas des circuits électroniques inutilisables.

Fiche technique du constructeur

- Alimentation: 115V/12V (chargeur inclus)
- Pompe: péristaltique  
débit: 60 ml/mn  
aspiration max: 22 pieds  
réversible (purge du tuyau après chaque prélèvement)
- Tuyau de prélèvement de 1/8 po.  $\phi$  int.
- Nombre de bouteilles: 24 (polyéthylène)

- Volume des bouteilles: 450 ml
- Une seule dose/bouteille
- Un seul mode d'échantillonnage:
  - . sur une base de temps: fréquence réglable de 2mn (à 61 mn) par incréments de 1mn.
- Enceinte de stockage des échantillons isolée.
- Dimensions: 14.5 po L x 13.5 po. l x 24.5 po. h.

### Modifications

Ce modèle (déjà ancien) était équipé avec un tuyau de prélèvement de 1/8 po., ce qui ne se prête guère à un échantillonnage d'eau d'égout. L'ensemble de la tuyauterie en plastique a donc été remplacée par du tuyau de 1/4 po., ce qui a nécessité des modifications au niveau du distributeur et du plateau de distribution (agrandissement des orifices); le boîtier a été également surélevé pour éviter un repliement excessif des tuyaux. Une nouvelle pompe péristaltique (Modèle T 6SP Sigmamotor) a été installée pour être compatible avec le tuyau de 1/4 po.; le moteur a été également remplacé et peut désormais être commandé par la minuterie de l'échantillonneur (échantillonnage en fonction du temps) ou par une impulsion externe provenant d'un débitmètre (échantillonnage proportionnellement au débit); une boîte indépendante contient maintenant la pompe et le moteur.

### Vérification au laboratoire

Il a fait l'objet après les modifications mentionnées ci-dessus, d'une vérification sommaire qui demande à être complétée avant son installation sur le terrain.

## Installation

L'appareil dans sa dernière version n'a pas été encore réinstallé. Ses dimensions permettront de l'introduire dans un puits de regard, ce qui sera en général nécessaire car l'aspiration de la pompe est très mauvaise (rendement acceptable jusqu'à 4-5 pieds de profondeur seulement).

## Fonctionnement

Il a assuré dans sa première version (tuyau de 1/8 po., échantillonnage en fonction du temps) une trentaine d'échantillonnages sur le terrain, la majorité des problèmes provenant du colmatage du tuyau d'1/8 po.

## Commentaire

C'est un appareil qui est actuellement dépassé (et qui n'existe plus d'ailleurs en tant que tel sur le marché).

### 1.2.1e Echantillonneur SOLAS

#### Modèle

SOLAS modèle A

#### Constructeur

Solas, 4 rue de l'Amandier, Toulouse, France.

#### Prix

9,000 FF ( $\approx$ 2,000.00 \$)

#### Délais de livraison

- annoncés : 10 semaines
- réels : 15 semaines

#### Conditions à la réception

- appareillage complet
- instructions réduites à un minimum - aucun schéma des circuits électroniques (envoyés sur demande, ils se montrent fort décevants pour l'utilisateur).

#### Fiche technique

- Appareil comportant 3 éléments: 1) la pompe, 2) le système de commande électronique et l'alimentation, 3) le dispositif de distribution avec les bouteilles.
- Alimentation: 12 V (915 AH).

- Pompe (Black & Decker): peristaltique avec tuyau de  $\varnothing$  25 mm int. (1 po)  
débit:  $\approx$ 250 l/h (4100 ml/mn) à 2 mètres de profondeur ( $\approx$  6 pieds)  
aspiration max: 2 mètres ( $\approx$  6 pieds)  
refoulement max: 11 mètres ( $\approx$  33 pieds)  
non réversible
- Tuyau de prélèvement de  $\varnothing$  1 cm int. ( $\approx$ 3/8 po).
- Prise cylindrique en plastique à l'extrémité du tuyau avec trous d'environ 1/4 po.
- Durée de pompage réglable par potentiomètre entre 8 et 14 secondes.
- La pompe alimente un godet à niveau constant (50 ml) qui se déverse dans le plateau de distribution.
- Nombre de bouteilles: 24 (polyéthylène).
- Volume des bouteilles: 1000 ml.
- 18 doses de 50 ml/bouteille.
- Trois options dans le mode d'échantillonnage:
  - . sur une base de temps: fréquence réglable avec 4 choix:
    - cycle de 3 h (1 dose/25 sec)
    - cycle de 6 h (1 dose/50 sec)
    - cycle de 12 h (1 dose/100 sec)
    - cycle de 24 h (1 dose/200 sec)
  - . en fonction du débit (2 options):
    - a) 18 doses par bouteille - Fréquence de changement de bouteilles fonction du volume écoulé
    - b) Fréquence de changement de bouteilles fixe (7.5, 15, 30 ou 60 mn)  
- nombre de doses variable.

- Enceinte de stockage des échantillons isolée - Possibilité de mettre de la glace.
  
- Dimensions
  - 1) pompe: 20 cm x 15 cm x 30 cm
  - 2) commande: 40 cm x 25 cm x 40 cm
  - 3) enceinte bouteilles: 55 cm x 35 cm 50 cm

### Modifications

L'appareil original fonctionnait uniquement sur 12V. Etant donné les installations du projet, il était utile de le faire fonctionner sur 110V; un transformateur a donc été ajouté.

Quelques modifications supplémentaires ont été également nécessaires:

- 1) A la tête distributrice qui manquait de précision dans l'usinage de ses composantes (ajustement mécanique)
- 2) Au système de trop plein qui ne composait pas toujours des échantillons de même volume (ajustement mécanique)

D'autres sont prévues, vu les problèmes de corrosion dans les mécanismes; en particulier, le distributeur doit être remplacé par la compagnie.

### Vérification en laboratoire

Tel que livré, l'appareil n'a pas fonctionné dû à un élément électronique hors d'usage. Après de nombreux tests sur les différents modules, l'appareil a fonctionné au laboratoire (une dizaine de cycles d'échantillonnage)

### Installation

Installation physique assez délicate: les opérateurs sont forcés de fixer la pompe au fond du puits de regard. (Hauteur d'aspiration maximale de 2m).

La procédure de mise en marche est beaucoup trop complexe; une seule erreur de manipulation peut tout compromettre.

### Fonctionnement

La fragilité et la fiabilité douteuse pressenties lors des essais de laboratoire se sont révélées définitivement lors des tests sur le terrain: l'appareil n'a jamais réussi un cycle complet sur le terrain.

De plus, les circuits électroniques qui semblent être la première cause de l'échec, ne peuvent être réparés faute de schémas adéquats.

La pompe elle-même n'a jamais causé d'ennuis sur le terrain. Son entretien simple consiste seulement à la vérification et au changement du tube compressé.

### Commentaire

A date, l'appareil n'a été qu'un cauchemar qui ne se terminera que lorsqu'une nouvelle tête distributrice nous sera envoyée ainsi que les circuits électroniques permettant sa vérification.

Les inconvénients de l'appareil, outre celui de ne pas fonctionner, sont les suivants:

- 1) Boutons de contrôle trop petits et trop fragiles;
- 2) Procédure de mise en route extrêmement complexe;
- 3) Appareil dit portatif qui se transporte mal dû aux trois composantes du système.

Ses avantages:

Le principe de son contrôle est intéressant; il se prête bien à tous **les types d'échantillonnage: aussi bien que** pour les épisodes sanitaires que pluviaux. Il peut, en effet, d'une part, composer 18 doses par bouteilles (pour le sanitaire), et d'autre part, il peut remplir une bouteille à toutes les 7.5 minutes (pour les épisodes de pluies)

1.2.1f Pompe de prélèvement d'eau à vitesse variable MASTERFLEX

Modèle

7549-19 MASTERFLEX

Constructeur

Cole-Palmer Instrument Co., 7425 N. Oak Park Avenue, Chicago, Illinois.  
USA.

Prix

\$425.00

Délais de livraison

Annoncés: ≈4 semaines

Réels : 6 semaines

Conditions de réception

- appareil en bon état
- instructions complètes

Fiche technique du constructeur

Type de pompe: peristaltique

Alimentation: 115V, 50/60 Hz

Moteur: 100-650 RPM

Débit ajustable de 19.8 à 120 USGPH

Pression: 40 lb (usage intermittent)

25 lb max (continu)

Aspiration max: 20" Hg ( $\approx$ 21-22 pieds)

Tuyau:  $\phi$  3/8 po. int. x  $\phi$  5/8 po. ext.

Tygon (60 heures à 500 RPM) ou Silicone (100 à 120 heures à 500 RPM)

### Modifications

Il a été établi, après inspection, qu'il était nécessaire de rendre étanche tous les points en plus de recouvrir les circuits électroniques de contrôle.

### Vérification en laboratoire

Une période d'essai intensive, sous différentes conditions d'aspiration et de refoulement, a démontré son efficacité annoncée d'aspiration de 21 pi.

### Installation

L'ensemble moteur-pompe doit d'abord être fixé sur une base solide et portative. Les branchements d'adduction et refoulement sont simples (collets). Le pompage réversible se contrôle manuellement de même que la vitesse.

L'entretien du groupe se limite au graissage et au changement du tube comprimé de la pompe qui s'effectue facilement.

### Fonctionnement

Après quelque temps d'utilisation, des problèmes de baisse de vitesse se sont faits sentir. Un arrêt total s'est même manifesté lors d'un séjour à forte humidité. La pompe attend toujours d'être vérifiée.

## Commentaire

Cette pompe semble avoir de bonnes caractéristiques mais s'est avérée à date, de vie assez courte (moteur). Toutefois, la panne n'étant pas localisée, et vu son usage restreint (quelques mois), il est trop tôt pour définitivement rejeter cet appareil. Ses avantages sont donc:

- a) très bon rendement à l'aspiration
- b) peut pomper des eaux chargées de solides
- c) manipulation simple
- d) entretien de la pompe simple
- e) appareil compact

Ses désavantages:

- a) circuit électronique de contrôle difficile d'accès
- b) étanchéité mauvaise.

### 1.2.1.g Pompe de prélèvement d'eau à vitesse variable MORSE - MASTERFLEX

#### Modèle

MORSE-MASTERFLEX

Moteur: Morse

Tête de pompe: Masterflex

La tête de pompe (pompe péristaltique) a les mêmes caractéristiques que celle montée sur l'ensemble MASTERFLEX 7549-19 (voir 1.2.1 f.). Chaque tête de pompe est vendue au prix de \$90.00 par la Cie Cole Parmer.

Moteur: Spécifications:

Alimentation: 110V

1750 RPM -  $\frac{1}{2}$  HP

Fonctionnement en continu (continuous duty)

Vitesse réglable

#### Modifications

Ce tandem n'étant pas commercialisé ensemble, il a fallu monter sur un même châssis, ces deux éléments et les unir au moyen d'un accouplement caoutchouté.

#### Vérification en laboratoire

Les diverses composantes ayant séparément fait leurs preuves respectives, un essai sommaire au laboratoire a démontré l'efficacité probable du nouvel ensemble.

#### Installation

La tête de pompage étant la même que celle du groupe précédent, la fixation, l'entretien, etc... sont les mêmes.

## Fonctionnement

Ce groupe étant beaucoup plus gros, il a été impossible de l'essayer dans l'atmosphère très humide du fond du regard. Toutefois, il ne semble pas être affecté par ce facteur. L'appareil a subi avec succès plusieurs épisodes d'échantillonnage, couplé avec l'échantillonneur S.E.I.N., consistant en un pompage d'eaux sanitaires à 18-20 pieds de profondeur.

La mise en route du moteur est simple mais la marche arrière n'étant pas standard, il faut à chaque fois rebrancher différemment les fils.

## Commentaire

Ce groupe qui jusqu'ici a fort bien fonctionné, n'a présenté aucun problème particulier.

Ses avantages sont donc:

- a) grande fiabilité;
- b) robustesse du moteur
- c) bon rendement à l'aspiration
- d) adapté pour pomper des eaux chargées.

Les désavantages:

- a) très lourd;
- b) peu compact;
- c) consommation élevée de courant.

En somme, malgré ses défauts, il répond bien à nos exigences.

### 1.2.2 Eléments primaires

1.2.2a Canal Palmer Bowlus 24 pouces FLUMET

Modèle

Canal de 24 pouces de diamètre

Constructeur

Flumet Co., Box 375, Westfield, N. Jersey. USA.

Prix

\$390.00 (+ la calibration à l'Université Laval)

Délais de livraison

- annoncés: 6-8 semaines
- réels : 5 semaines

Conditions à la réception

- canal en bon état;
- pas de courbe de calibration; elle a été obtenue par la suite sur demande.

Fiche technique

Voir Figure 1.8

canal en 3 morceaux assemblables in situ;

matériaux: fonte (poids total: 150 lbs);

gamme de niveaux mesurable: .375 pi. à 1.9 pi;

débit maximum mesurable: 14.0 USMGD

pente recommandée pour la conduite amont: .17% (.70% max.)

## Modifications

Deux trous de 1/2 po. sont percés dans les approches amont et aval à 1 po. du fond du radier de la conduite de façon à laisser passer un tuyau de cuivre (tuyau utilisé pour transmettre la pression amont dans un puits de mesure aval). Ces orifices sont par la suite utilisés pour faire passer le tuyau d'amenée de bulles de gaz du limnimètre à bulles.

## Calibration

Une calibration en laboratoire est effectuée en mai 1975 à l'Université Laval sous la direction du Dr. Verret. Le canal est placé à l'aval d'une longueur de 32 pieds de tuyau de 24 po. (Fig. 1.9); une prise de pression en forme de T est installée à 1.5 pied en amont du canal et la pression équivalente à la charge au dessus du seuil est transmise dans un puits de mesure où les niveaux d'eau sont mesurés à l'aide d'une pointe limnimétrique (Figure 1.10). Les débits sont mesurés à l'aide d'un orifice dont la courbe de calibration est à la Figure 1.11. Les résultats de calibration (calibration entre 0 et 3 pi<sup>3</sup>/sec) sont présentés à la Figure 1.12 ainsi que la courbe de calibration fournie par le constructeur. La portion de courbe que nous obtenons est conforme à la courbe fournie par le constructeur; il est regrettable de n'avoir pu vérifier la courbe au delà de 3 pi<sup>3</sup>/sec (100 l/sec).

Une calibration chimique sur le terrain avec l'appareil décrit en 1.4.4d, une fois le canal installé, est prévue pour vérifier quelques points de la courbe obtenue en laboratoire.

## Installation

Le canal est installé dans une conduite combinée de 24 pouces (station de Sainte-Foy). Il est facile à installer du fait des 3 morceaux, mais est très lourd; le poids est cependant un avantage car aucune fixation n'est requise; l'étanchéité est faite avec l'étoupe. La mesure du niveau d'eau se fait grâce à un tuyau de cuivre qui amène les bulles de gaz du limnimètre à bulles, et la mesure a lieu directement en amont.

## Fonctionnement

Le seuil a tendance à favoriser les accumulations en amont quand le débit est faible, du fait de la surélévation de 4.5 pouces mesurée après installation. On a essayé d'éliminer les erreurs qui pouvaient affecter la mesure de niveau en aménageant en amont un dispositif de nettoyage par air comprimé, à intervalles réguliers.

## Commentaires

C'est un dispositif adapté à la mesure des débits à partir d'environ de  $.3 \text{ pi}^3/\text{sec}$  ( $\approx 9 \text{ l}/\text{sec}$ ). Or la conduite combinée draine un bassin d'environ 800 habitants (débit sanitaire estimé  $\approx .070 \text{ pi}^3/\text{sec}$  - 2 litres/sec). Cet élément primaire ne pourra donc être utilisé pour une mesure du débit sanitaire, par contre, il est parfaitement adapté pour les autres épisodes de mesure où interviennent des eaux de ruissellement. A titre d'exemple, on trouvera à la Figure 1.13, le type de réponse que donne cet élément primaire par temps sec et en période de pluie.

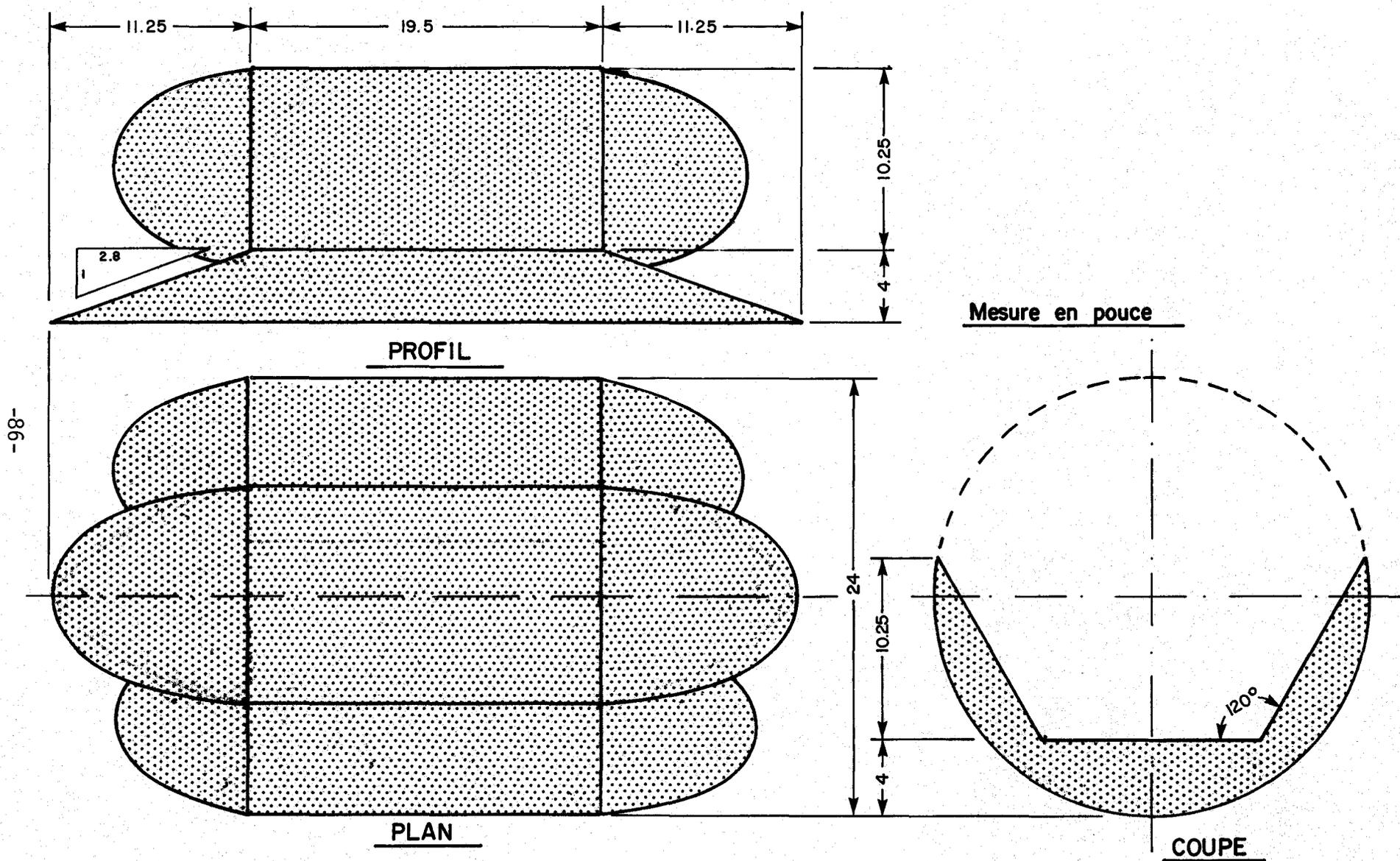
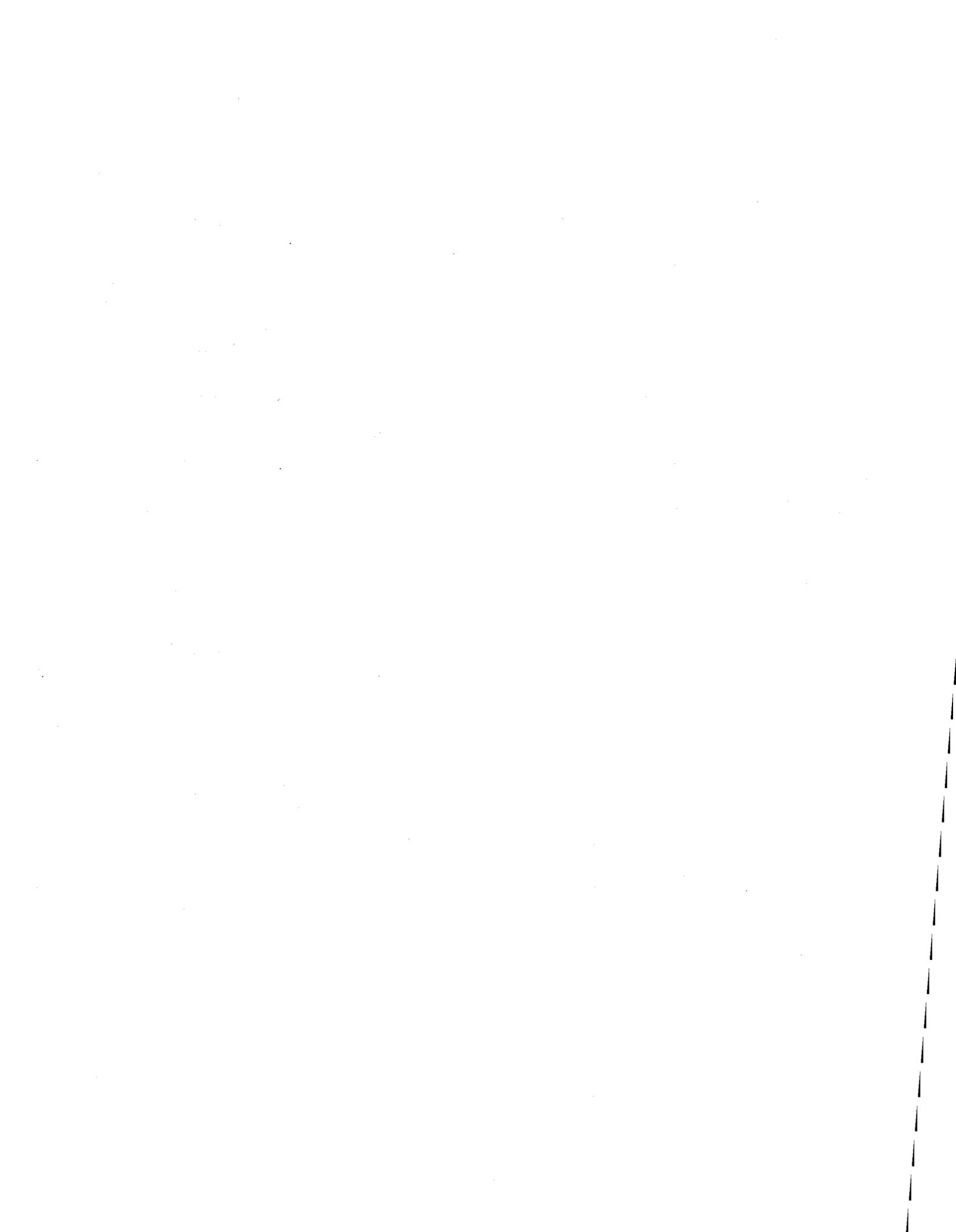


Fig. 1.8 . Canal Palmer-Bowlus 24" en fonte.



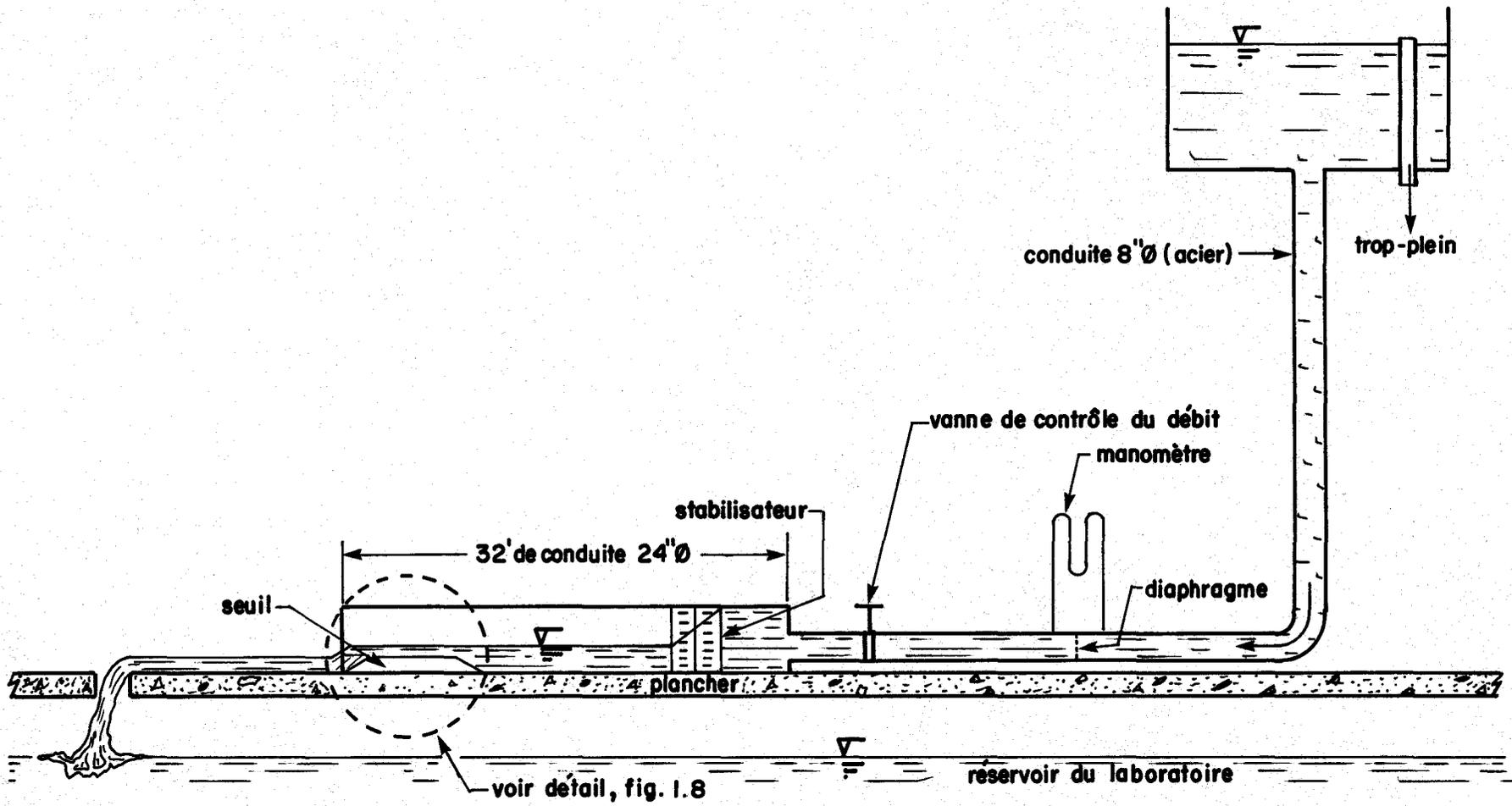


Fig. I.9 . Schéma du circuit hydraulique pour Palmer Bowlus 24 " .



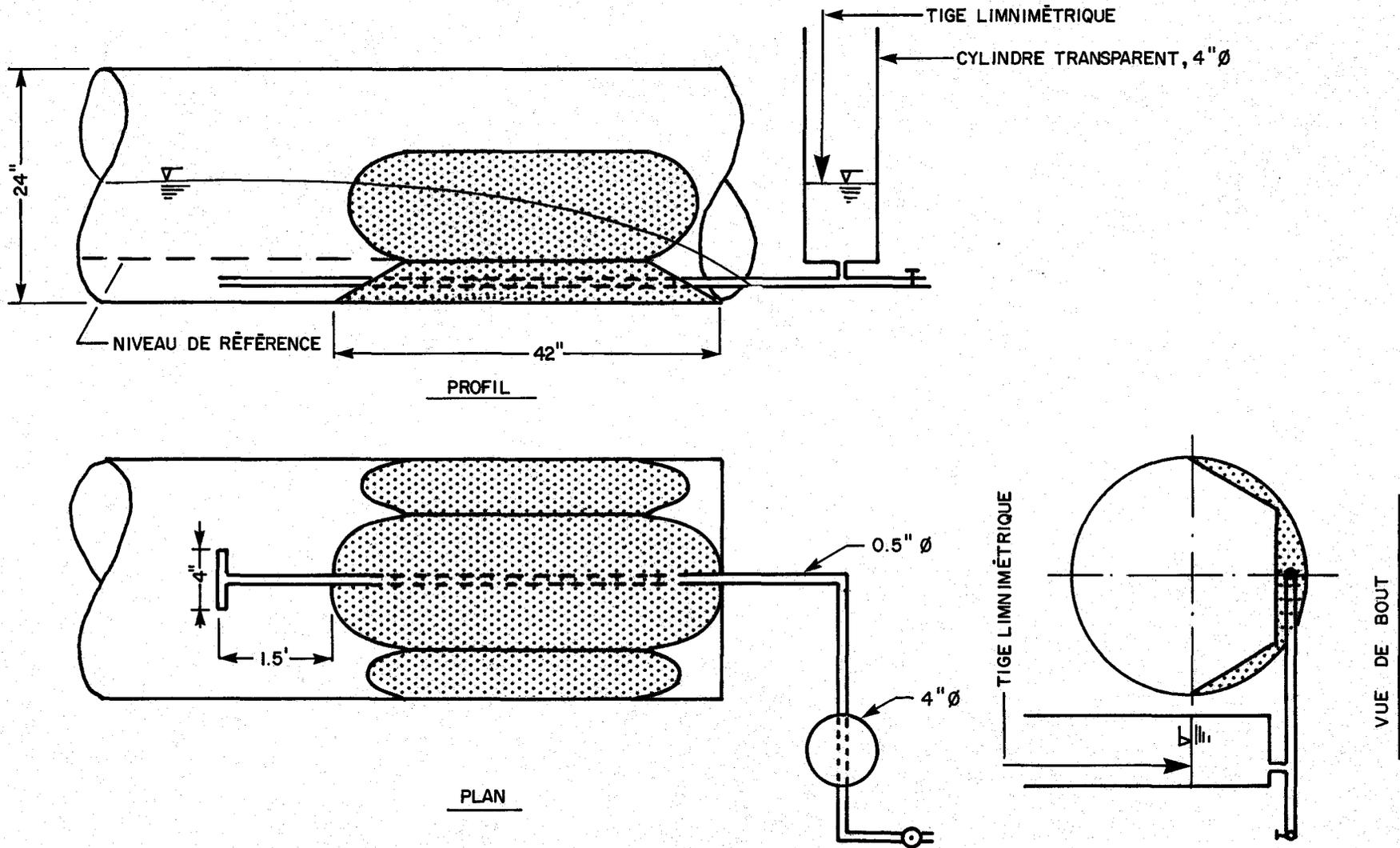


Fig. I.10 . Schéma du montage de calibration.



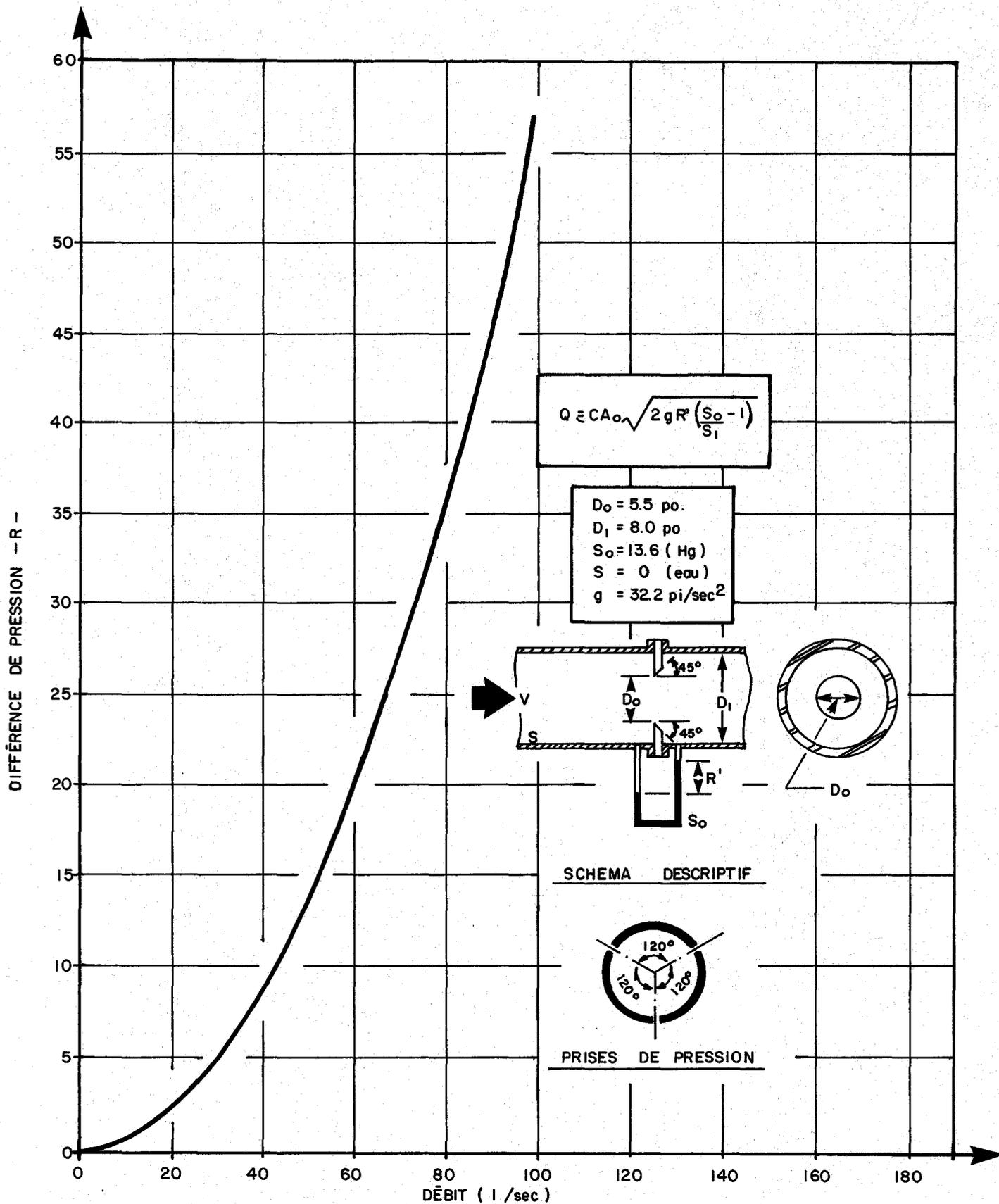


Fig . I. II . Courbe de calibration pour le diaphragme .



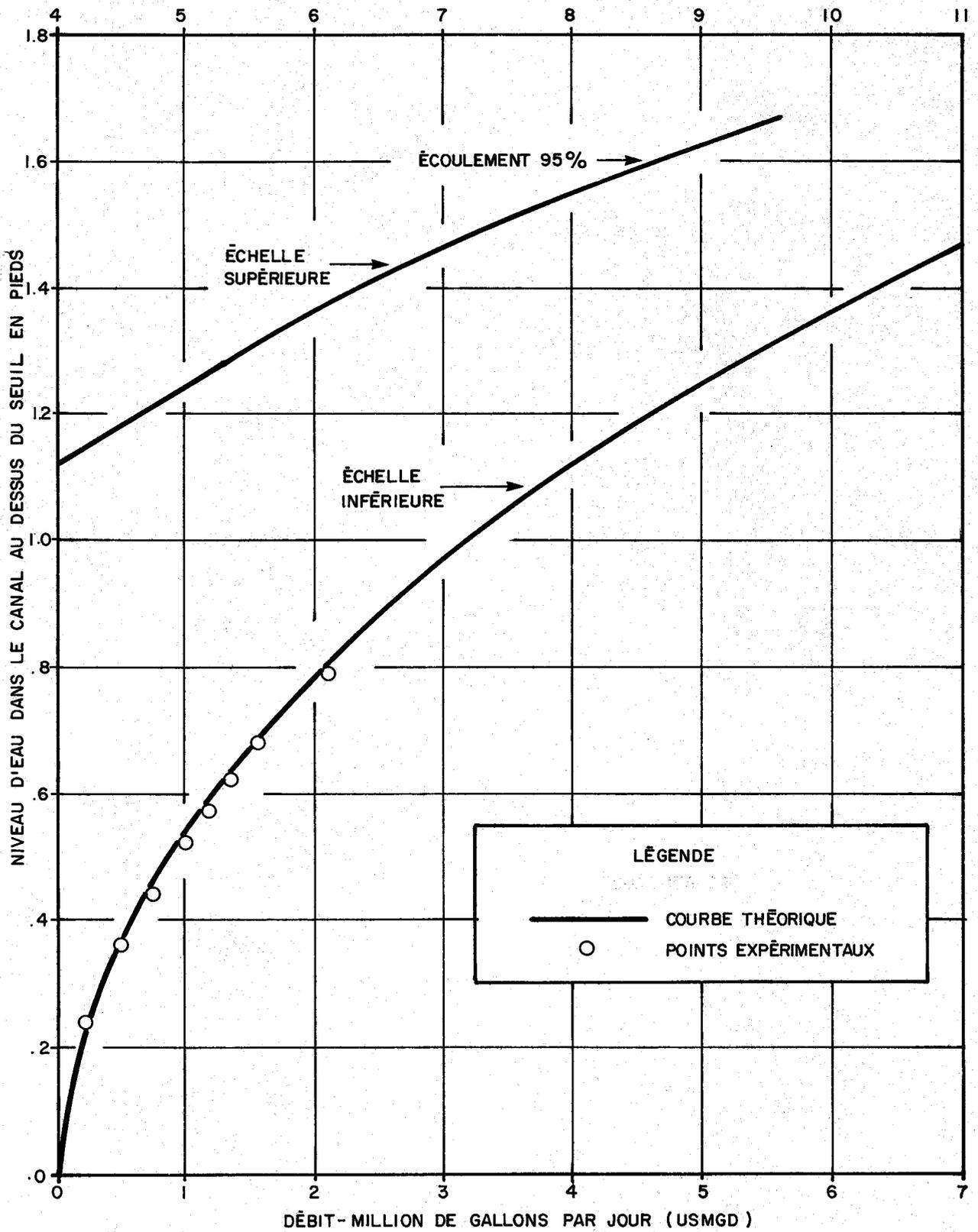


Fig. 1.12 . Canal 24'' Palmer-Bowlus, courbe de calibration



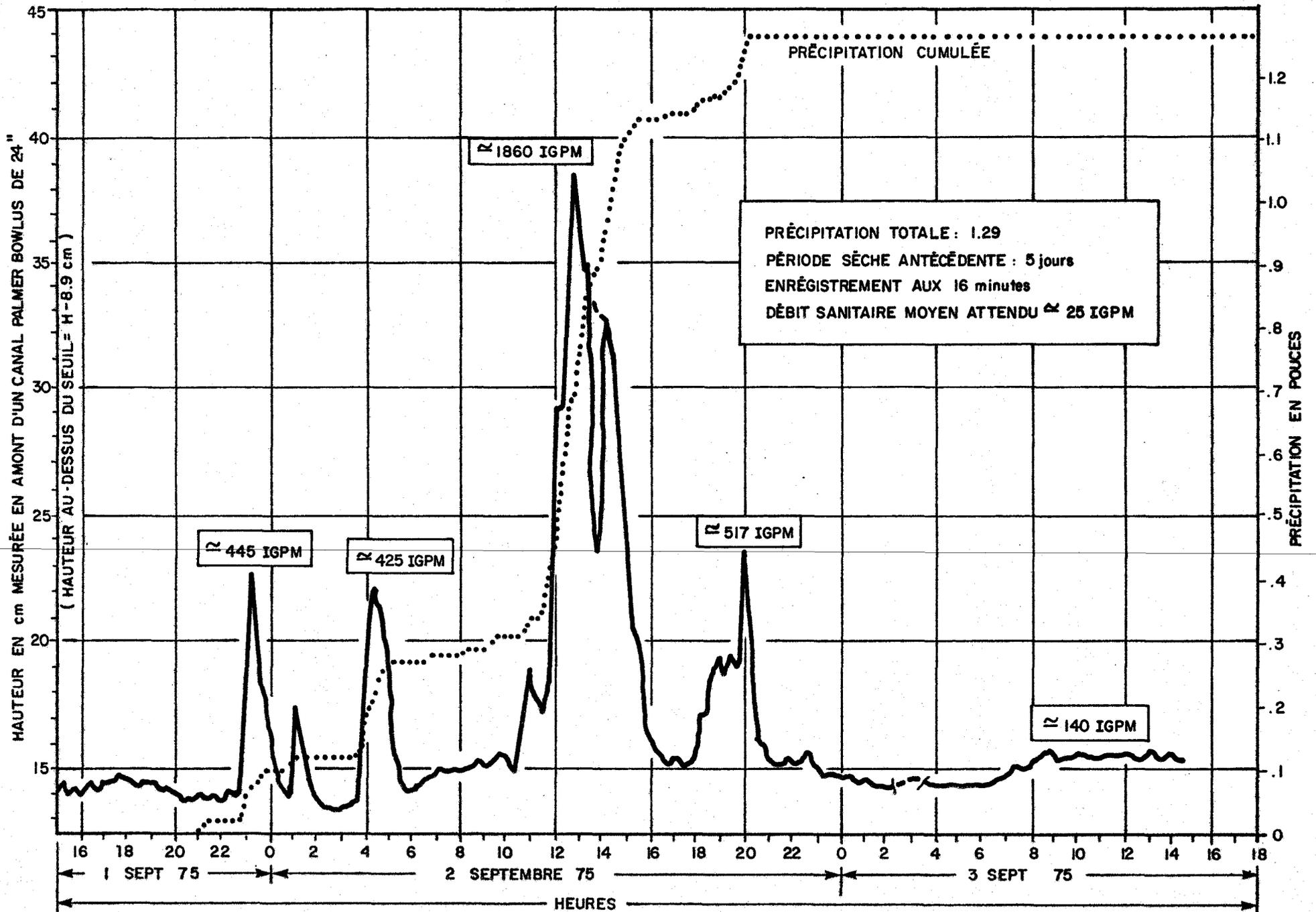


Fig.1.13 . Réponse à une pluie d'un égout combiné ( Station : Ste-Foy, conduite de 24" ).

1.2.2b Canal Palmer Bowlus 12 pouces U.E.S.

Modèle

Palmer Bowlus flume UES 12 po.

Constructeur

Universal Engineering Systems Inc., 7071 Commerce Circle, Pleasanton, Californie USA.

Prix

\$290.00 (y compris le ruban capacitif et un câble de 20 pieds).

Conditions de livraison ( voir "débitmètre capacitif" )

La courbe de calibration du canal manquait et a été obtenue sur demande (graphique pratiquement illisible).

Fiche technique ( voir Figure 1.14 )

Le PALMER BOWLUS se trouve dans un tronçon de canal en forme de U, et est précédé d'une approche où se trouve localisé le dispositif de mesure (ruban capacitif)  
matériaux: acrylique PVC  
débit max. mesurable: 1.57 USMGD (1090 USGPM); le débit minimum mesurable ne doit pas être en principe inférieur à 10% du débit maximum  
pente max de la conduite amont: 2%.

Modification

Un coin du canal en U a du être coupé dans la partie aval, le regard d'égout étant trop petit, mais cela ne modifie pas les conditions d'écoulement dans le Palmer Bowlus.

## Calibration

Elle est effectuée par l'INRS dans le laboratoire d'hydraulique de l'Université Laval. Le canal Palmer Bowlus est installé à l'extrémité d'une conduite de 12 po. en ciment amiante (Figure 1.15); le débit est mesuré à l'aide d'un orifice (courbe de calibration à la Figure 1.11) ou d'un déversoir 60<sup>0</sup> pour les faibles débits (courbe de calibration à la Figure 1.16). La courbe théorique d'un canal 12 pouces est présentée à la Figure 1.17 ainsi que les points expérimentaux que nous avons obtenus. Après installation, on effectuera une vérification de quelques points par méthode chimique.

## Installation

La pose de ce type d'appareil ne cause généralement pas de problème si le tuyau récepteur est en bon état. Nous avons dû toutefois dans cette installation refaire le fond du regard pour permettre de recevoir le canal.

## Fonctionnement et vérification

Voir débitmètre UES

## Commentaires

La simplicité d'installation en fait un appareil remarquable; il nécessite cependant d'être installé dans un canal en U d'un fond de puits de regard ne possédant aucune arrivée d'eaux sur les côtés.

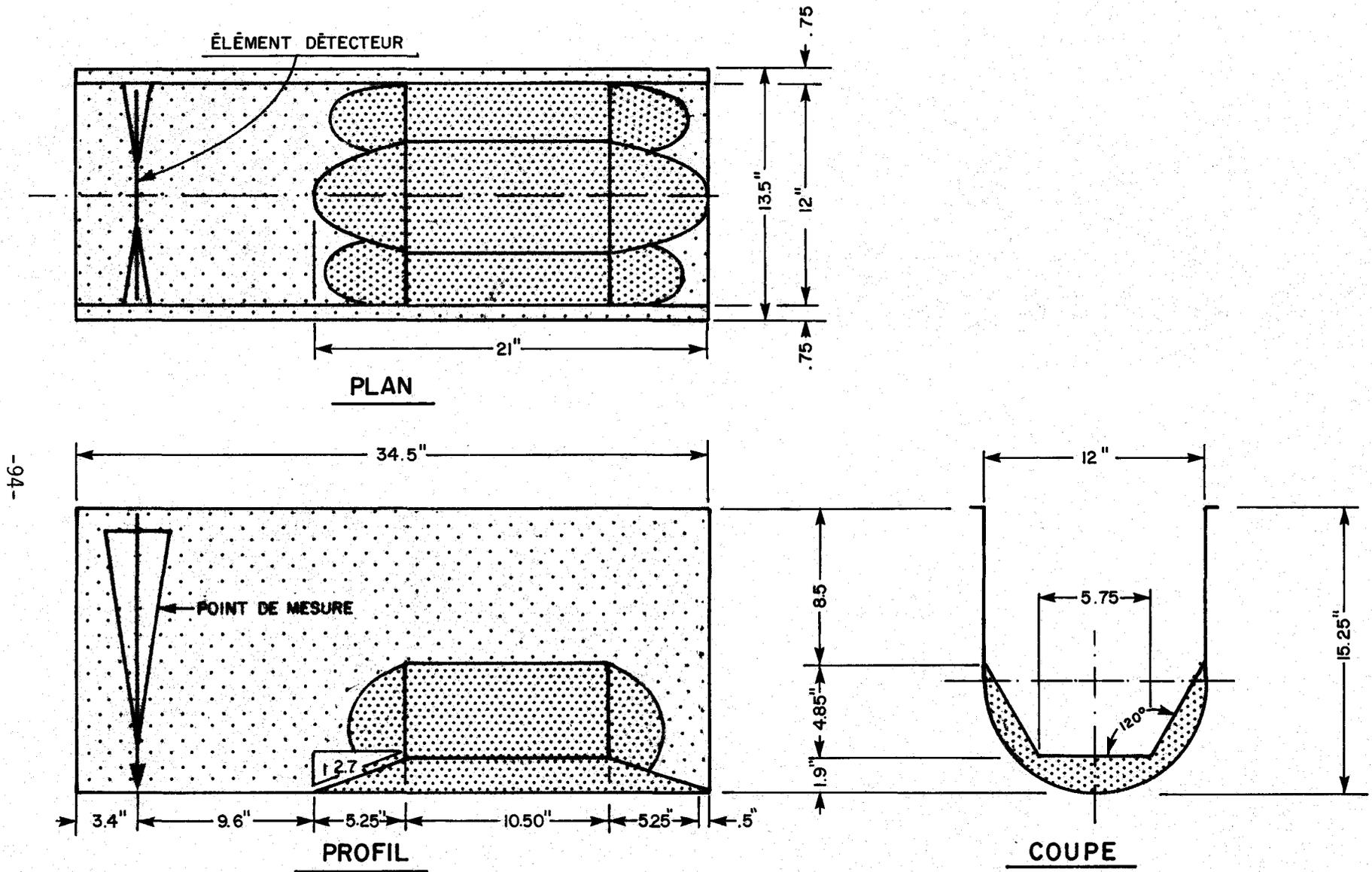


Fig.1.14 .Canal Palmer-Bowlus 12" UES .



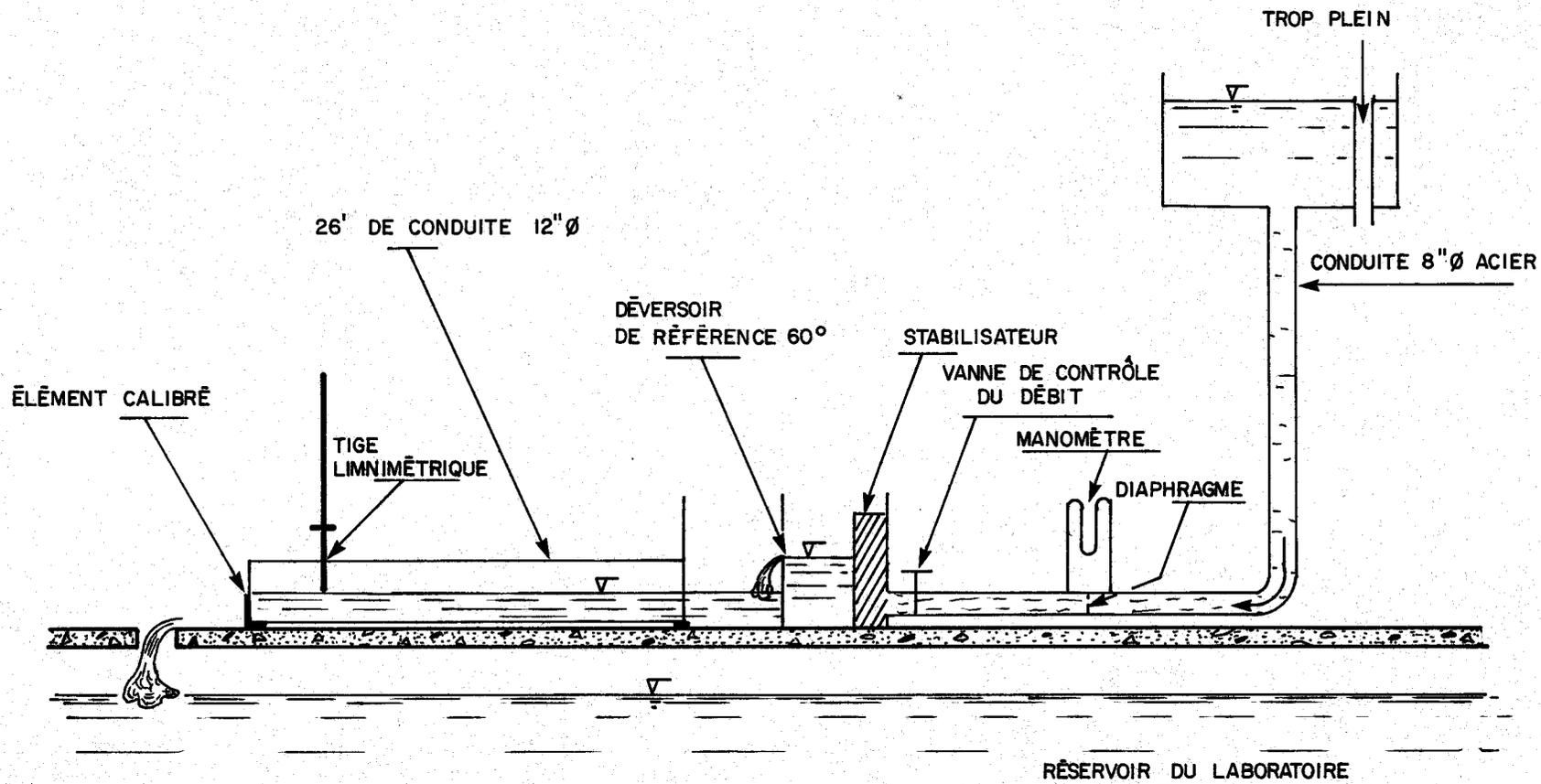


Fig.1.15 .Schéma du circuit hydraulique .



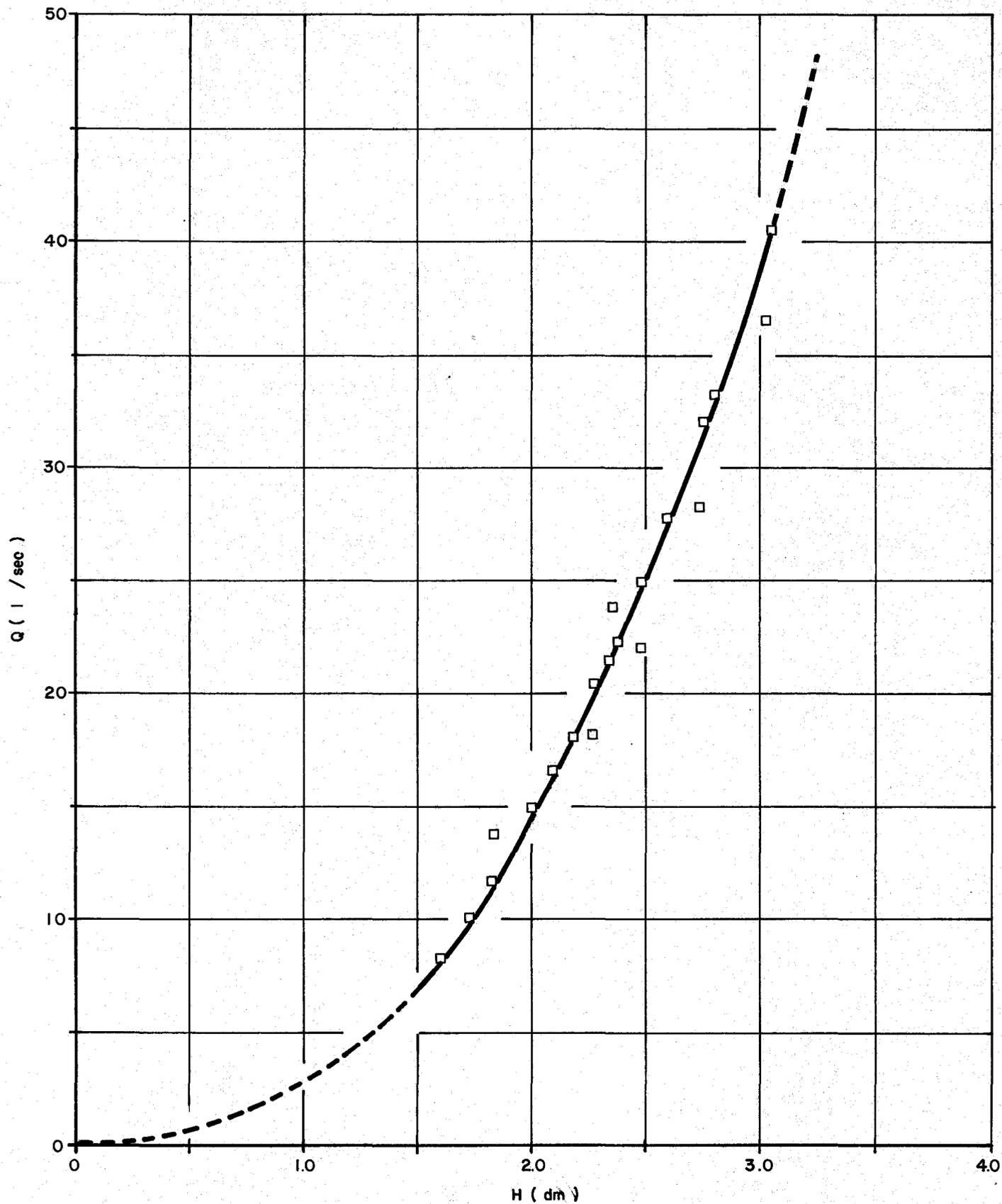


Fig . 1.16 Courbe calibration du déversoir de référence 60° .

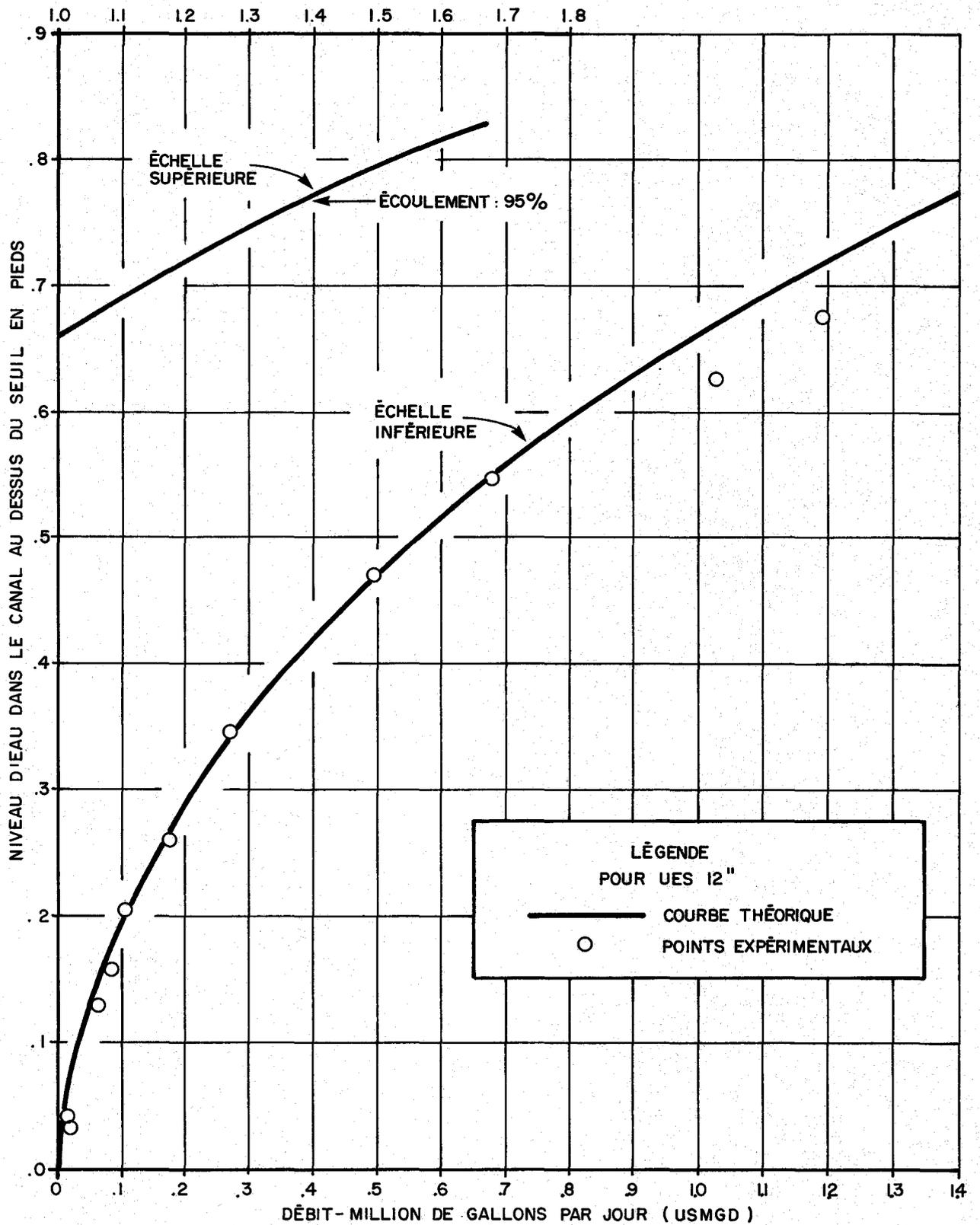


Fig. 1.17 Canal 12" Palmer-Bowlus, courbe de calibration.

1.2.2c Canaux Palmer Bowlus 10 pouces et 12 pouces ACCURA-FLOW

Modèle

1. Accura-Flow Palmer Bowlus Flume 10 po.
2. " " " " " 12 po.

Constructeur

Hinde Engineering Co., Box 56, Saratoga, Californie USA.

Prix

1. \$175.00 (10 po.)
2. \$200.00 (12 po.)

Délais de livraison

- annoncés: 2-4 semaines
- réels : 6 semaines

Conditions à la réception

- canaux en bon état;
- pas de courbe de calibration, elles ont été obtenues par la suite, sur demande.

Fiche technique (voir figures 1.18 et 1.19)

canaux d'une pièce en acier inoxydable  
débit max. mesurable:

canal de 12 pouces: 1.25 USMGD

canal de 10 pouces: .80 USMGD

précision: 3% dans la gamme de débit comprise entre 10% et 90% de la  
capacité de la conduite

conduite d'installation:

  pente maximum: 1.6% (pour 12 po.)

  pente maximum: 1.8% (pour 10 po.)

### Calibration

Chaque canal est recalibré dans les locaux de l'Université Laval, dans les conditions mentionnées à la Figure 1.15. Le débit de référence est mesuré à l'aide d'un déversoir de 60<sup>0</sup> (courbe de calibration Fig. 1.16).

Pour la calibration, le canal de 10 pouces est introduit dans une conduite de 10 po. en PVC de longueur 30 po. qui est elle même introduite dans la conduite de 12 pouces en ciment amiante. Le canal de 12 pouces est installé dans un canal en U en plastique à la sortie de la conduite de 12 pouces en ciment amiante.

On trouvera aux Figures 1.20 et 1.21 les courbes de calibration fournies par le constructeur sur lesquelles on a mentionné les points obtenus lors de notre calibration; on constate une bonne correspondance entre nos points et la courbe théorique dans le cas du 10 pouces. Pour le 12 pouces, on observe une déviation et on utilisera la courbe que nous avons établie.

### Installation

Quelques points de la courbe seront en outre vérifiés par dilution chimique après installation sur le terrain. Ces deux canaux n'ont pas encore été installés. Leur installation sera cependant aisée: il suffit d'assurer l'étanchéité avec un gel de silicone. Dans le cas du canal de 10 pouces, on pourra l'installer dans une conduite (10 po. ou 12 po.) ou dans le canal en U d'un fond de puits de regard. Il est impossible par contre d'installer le canal de 12 pouces dans une conduite de 12 po. du fait de ses dimensions: il devra être installé soit dans une conduite de diamètre supérieur, soit dans un canal en U.

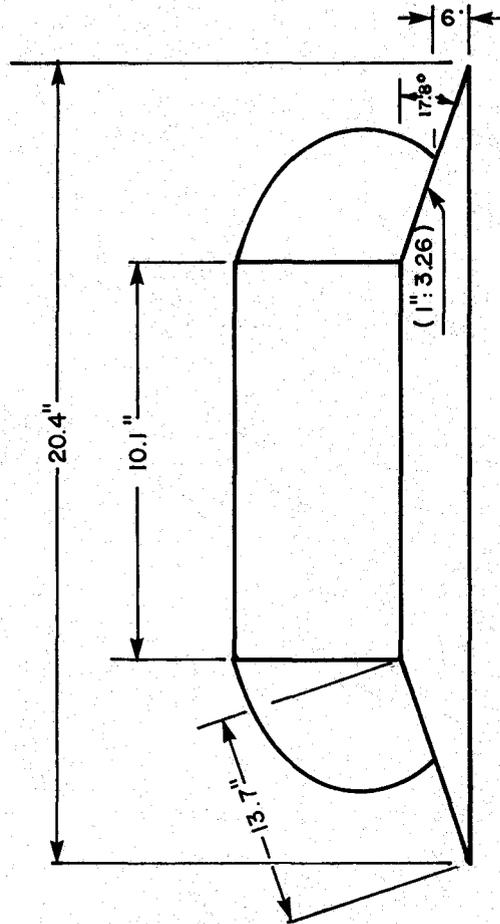
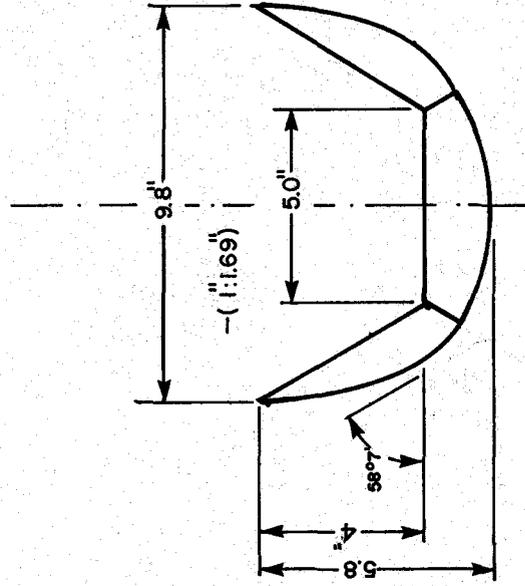
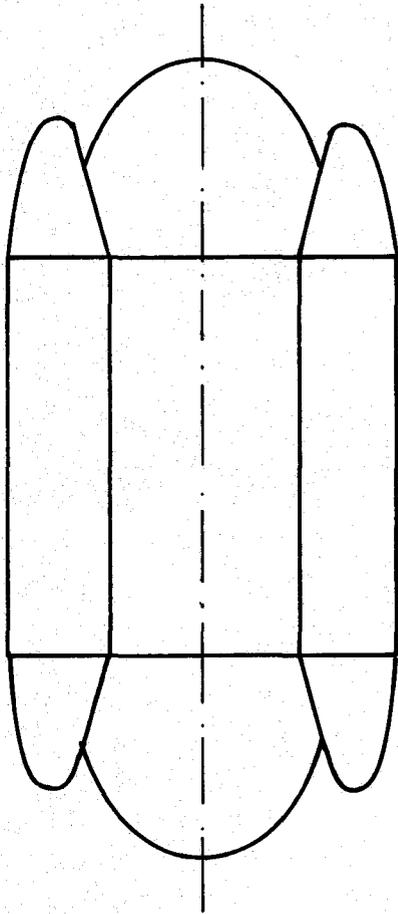


Fig.1.18 . Canal Palmer-Bowlus 10" en acier .

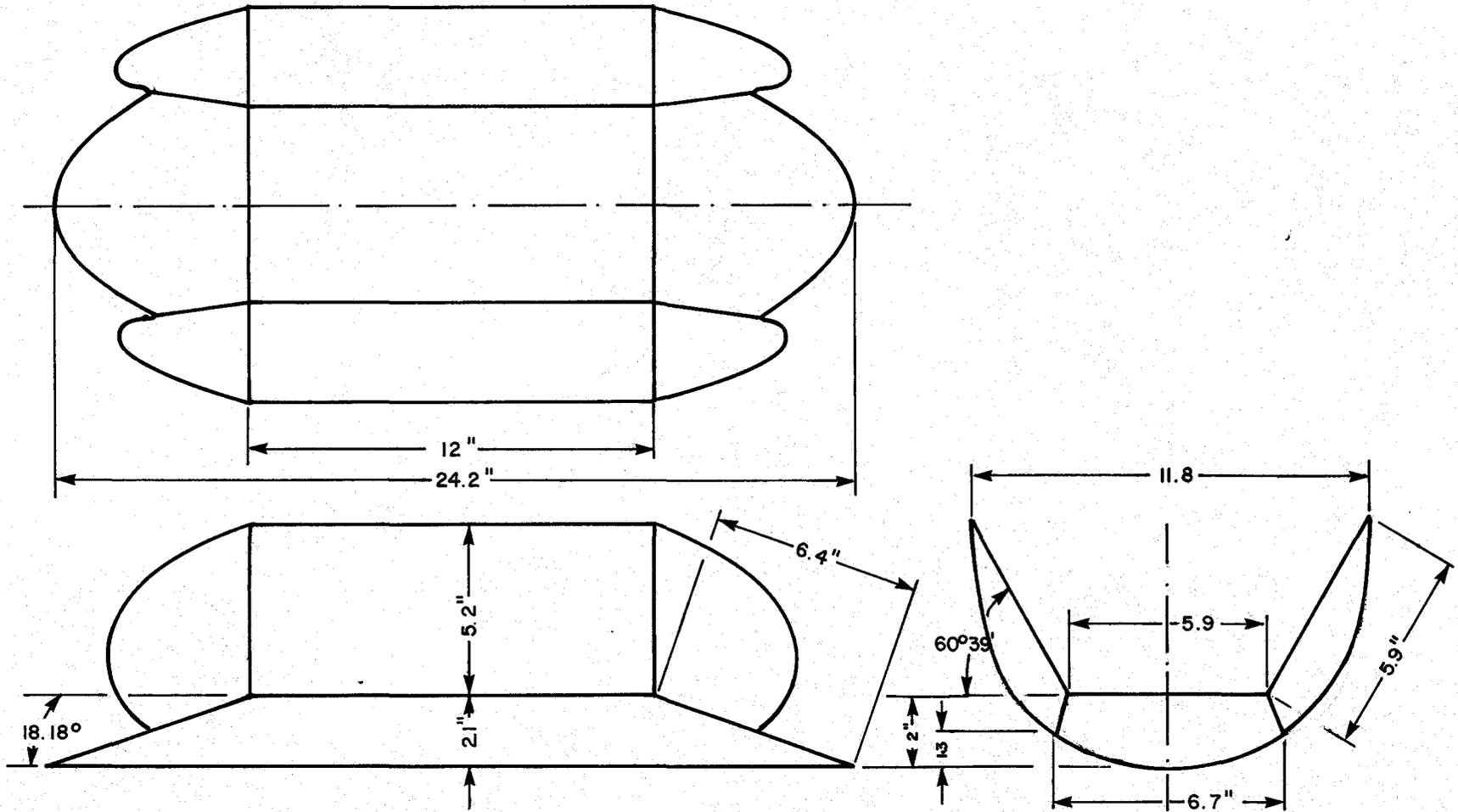


Fig. 1.19 . Canal Palmer-Bowlus 12" acier

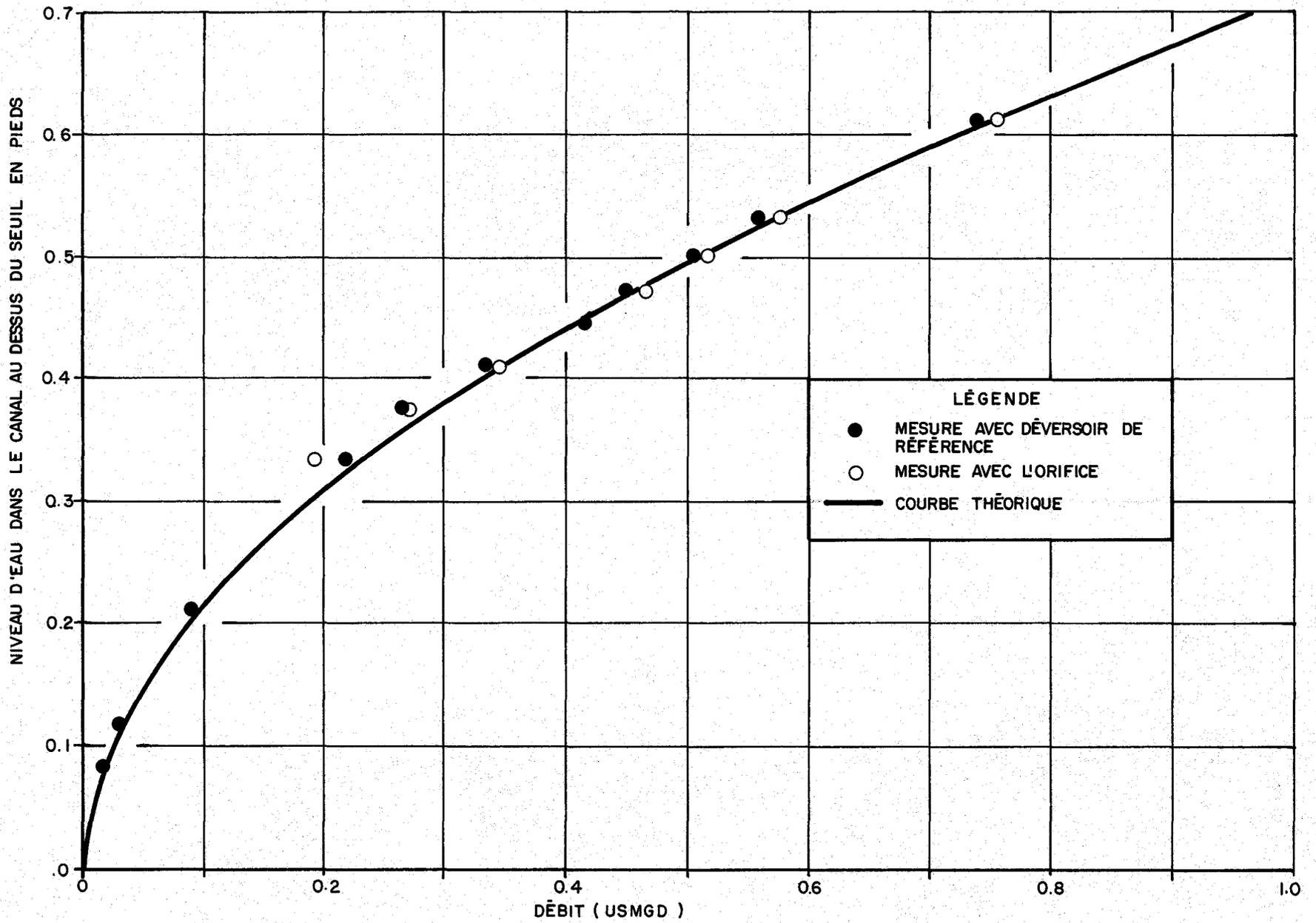


Fig. 1.20 . Recalibration en laboratoire d'un Palmer-Bowlus 10",

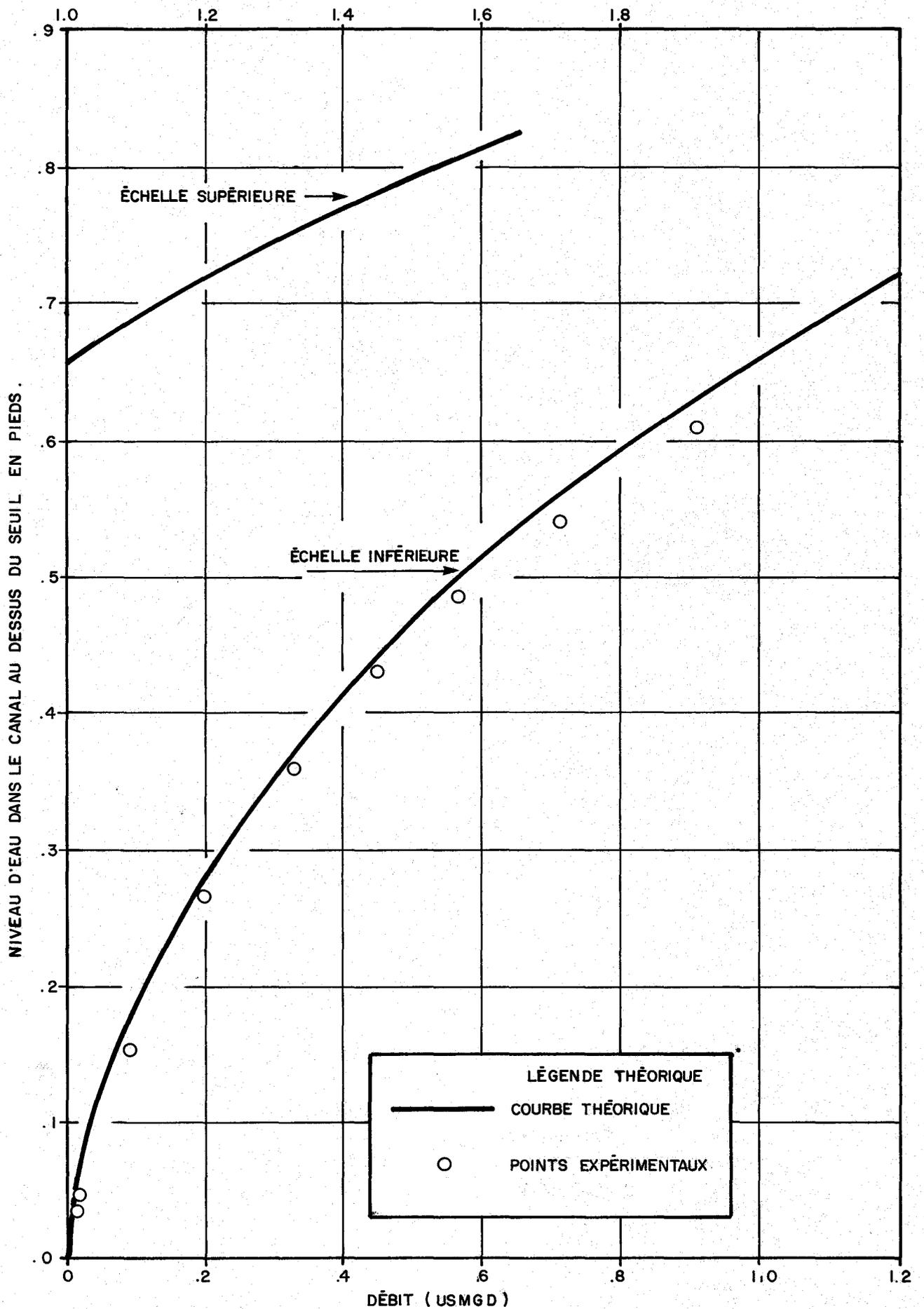


Fig. 1.21 .Recalibration au laboratoire d'un canal 12" Palmer-Bowlus.

### 1.2.2d Déversoir sans fond pour conduite de 10 pouces

#### Modèle

En s'inspirant des travaux de Dr. Marsalek, on a réalisé un déversoir sans fond qui s'adapte à l'extrémité d'un tronçon de conduite de 10 pouces.

#### Constructeur

Dépt. de Génie Civil, Université Laval, selon les plans que nous avons transmis.

#### Fiche technique

La conduite d'implantation (station des Saules) se trouve être une conduite sanitaire de 12 pouces de diamètre arrivant dans un puits de regard à 32 pouces du fond du puits (saut). Un tronçon de tuyau de 10 pouces de diamètre et de 30 pouces de long est introduit dans la conduite initiale et une plaque déversoir installée à son extrémité. Un puits de mesure est construit sur le côté (Figure 1.22).

Les plaques du déversoir sont amovibles, et on utilise suivant le cas des plaques  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$  ou  $90^{\circ}$  (Figure 1.23).

#### Vérification en laboratoire

La calibration de l'appareil a été effectuée par l'équipe de l'INRS-Eau aux laboratoires de l'hydraulique de l'Université Laval (Figure 1.15). Les débits sont mesurés à l'aide d'un déversoir de référence (courbe de calibration à la Figure 1.16). Des courbes de calibrations ont été ainsi obtenues. (Voir Figures nos: 1.24, 1.25, 1.26 et 1.27).

## Installation

Le déversoir étant conçu pour être facilement monté, il n'y a que des problèmes d'étanchéité à résoudre qui ont été solutionnés avec de l'étoupe et un gel de silicone.

## Fonctionnement et entretien

Les plaques de 30° ont montré des risques de retenue de gros solides et papiers; conséquemment, elles nécessitent une supervision fréquente (au minimum une fois par jour en période de mesure).

## Commentaires

Ce type de déversoir sans fond présente des avantages indéniables pour des mesures sur des eaux chargées (eaux sanitaires).

Pour les mesures du débit strictement sanitaire, on utilisera les plaques déversoirs 30° ou 45° de façon à déterminer avec plus de précision les variations à l'intérieur d'une journée (cf. Figure 1.28). Par contre on utilisera de préférence, les plaques 60° ou 90° pour les épisodes de mesures sur le ruissellement; on a déjà cependant pu constater que pour les pluies d'été, les plaques 45° convenaient aussi (cf. Figure 1.29).

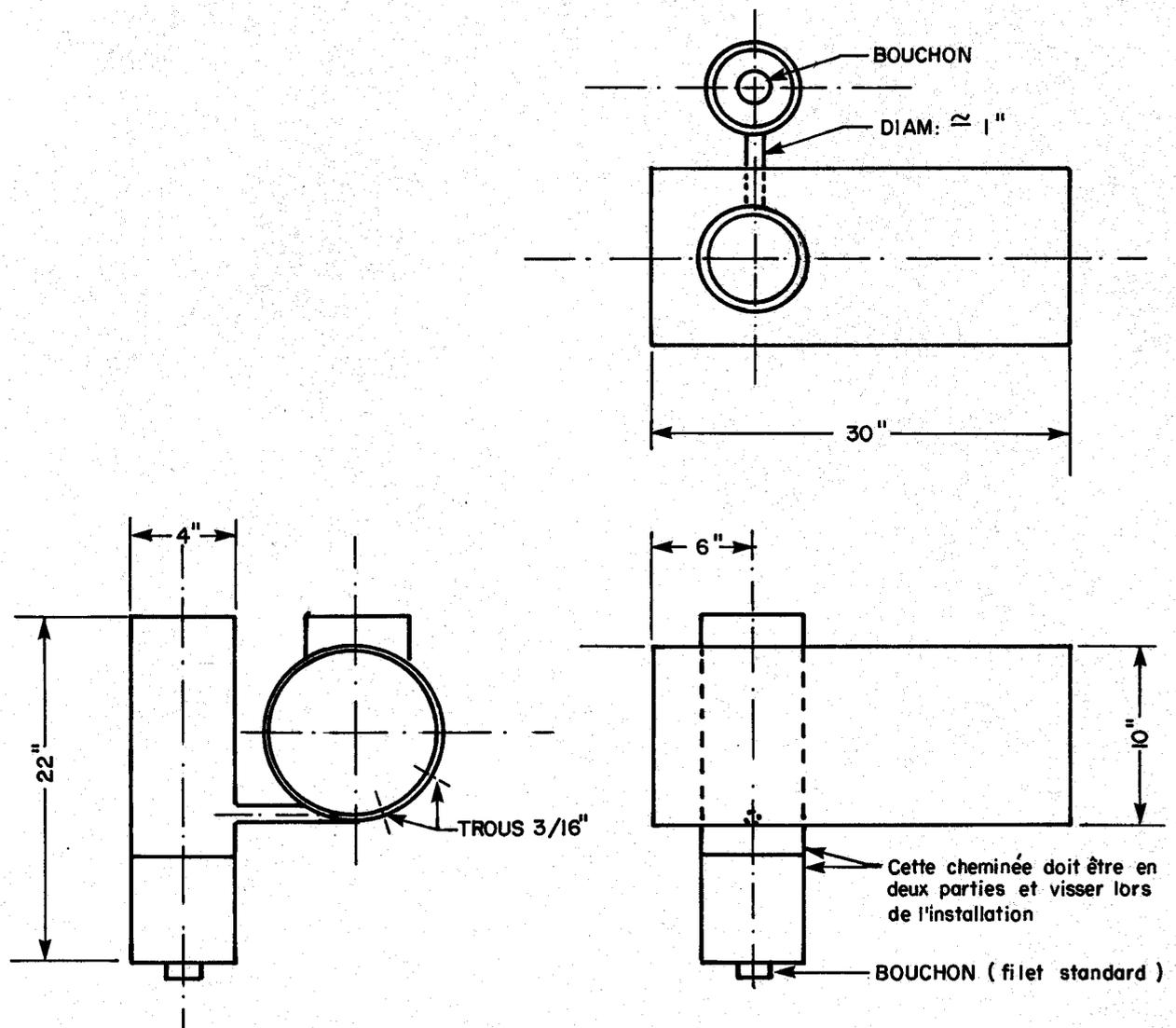


Fig. I.22 . Conduite d'implantation pour le déversoir sans fond.

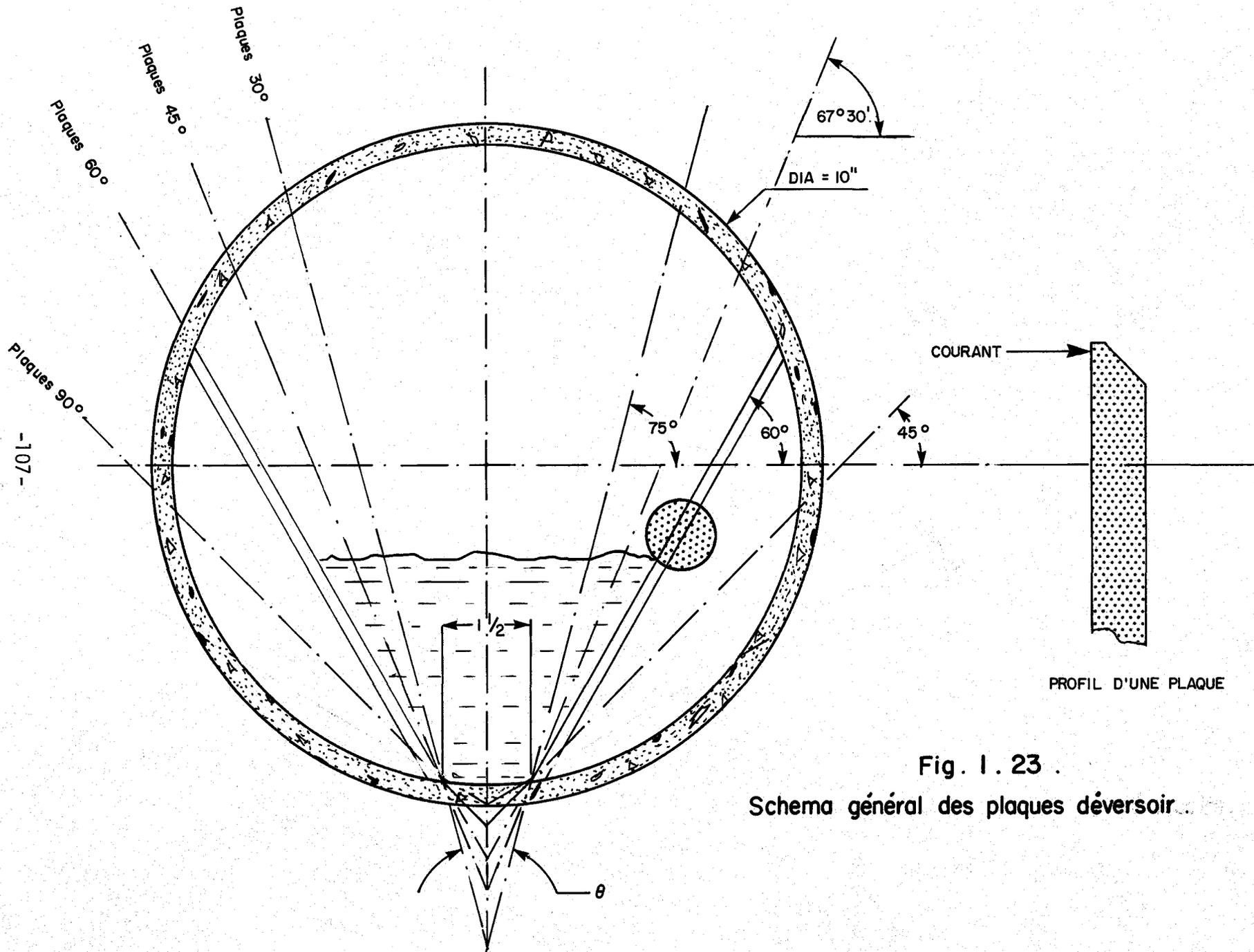


Fig. I. 23 .  
 Schema général des plaques déversoir.

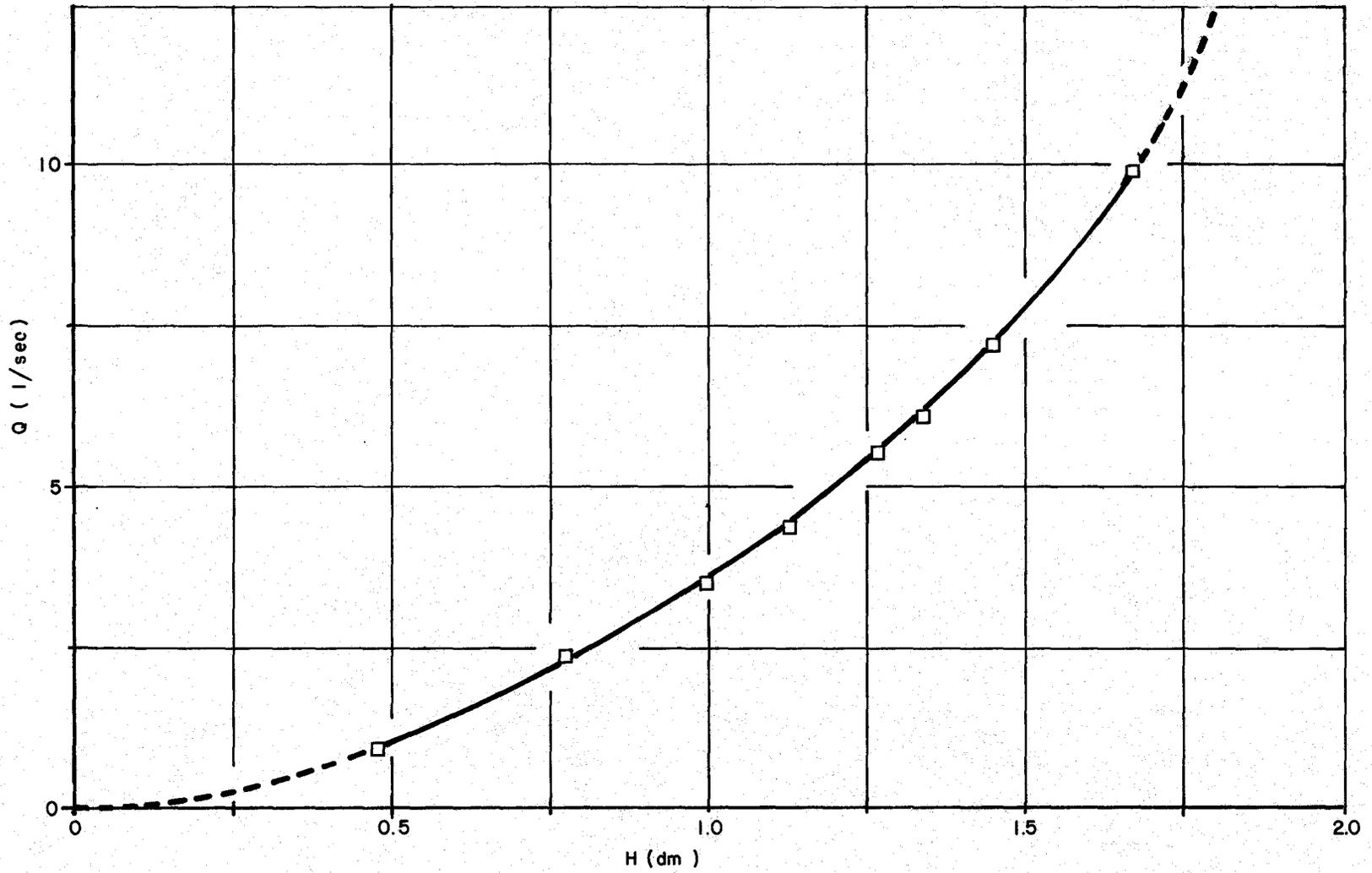


Fig. 1.24. Courbe calibration du déversoir sans fond (30°)

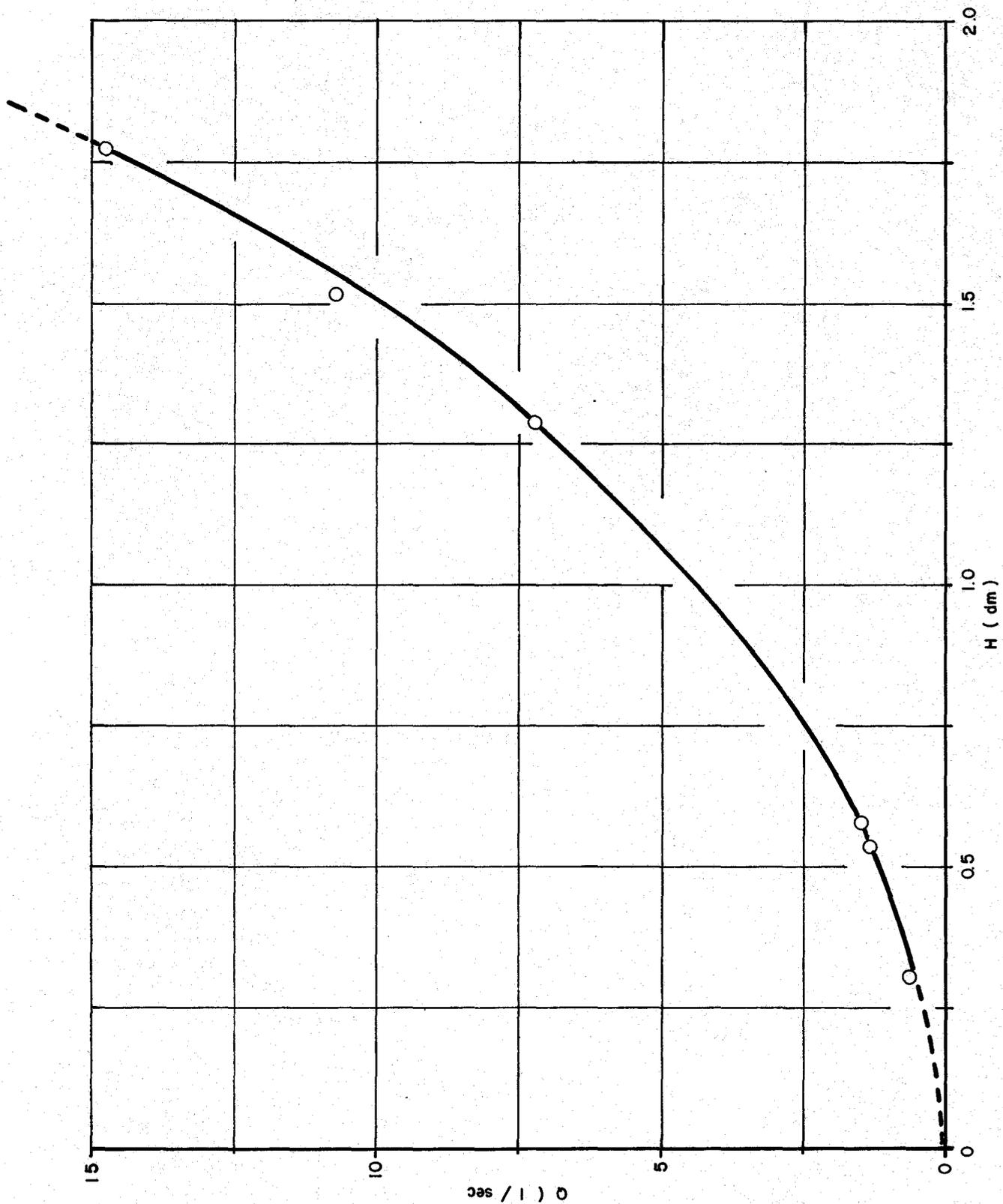


Fig . 1.25 . Courbe de calibration du déversoir sans fond ( 45° ) .

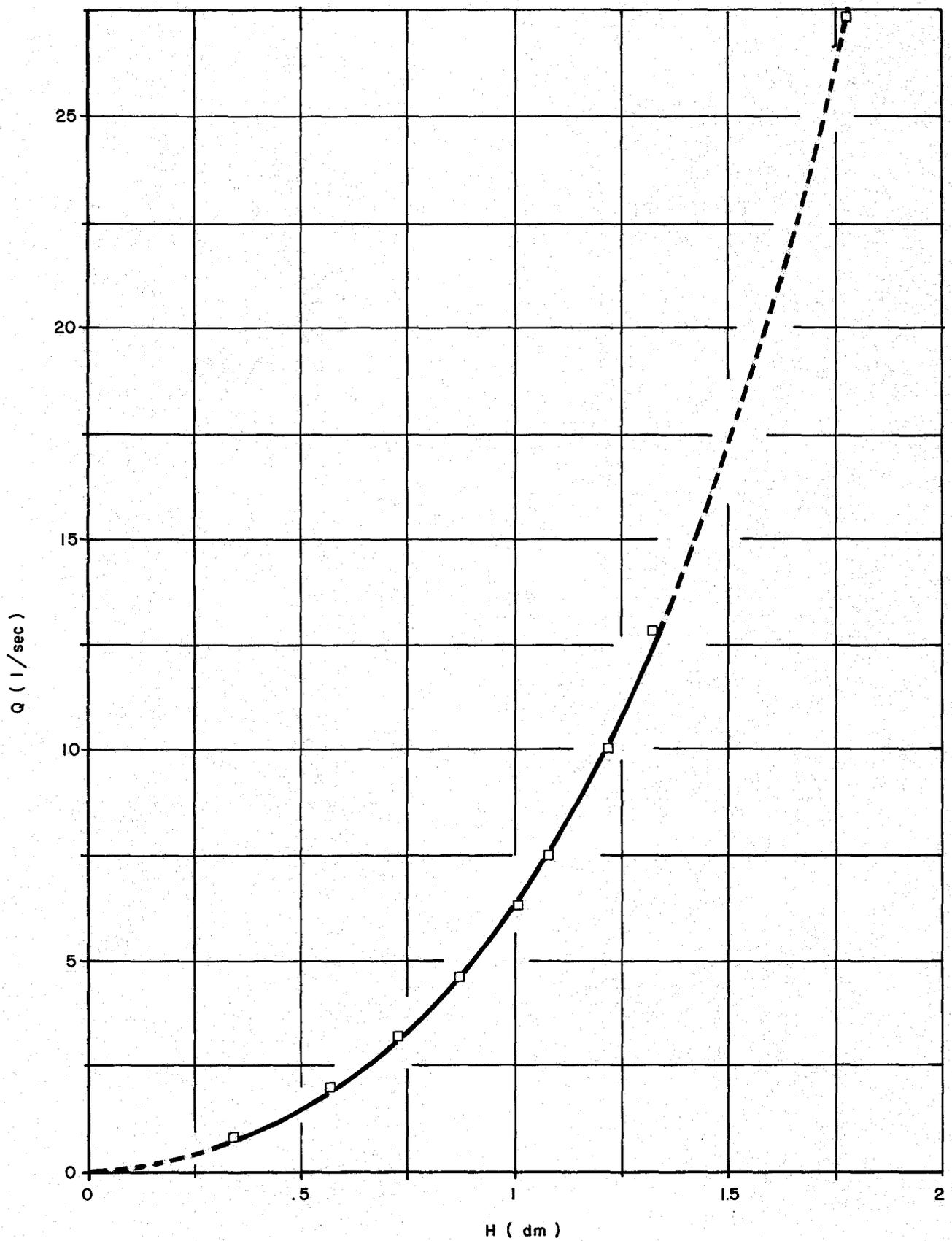


Fig .1.26. Courbe calibration du déversoir sans fond (60° )

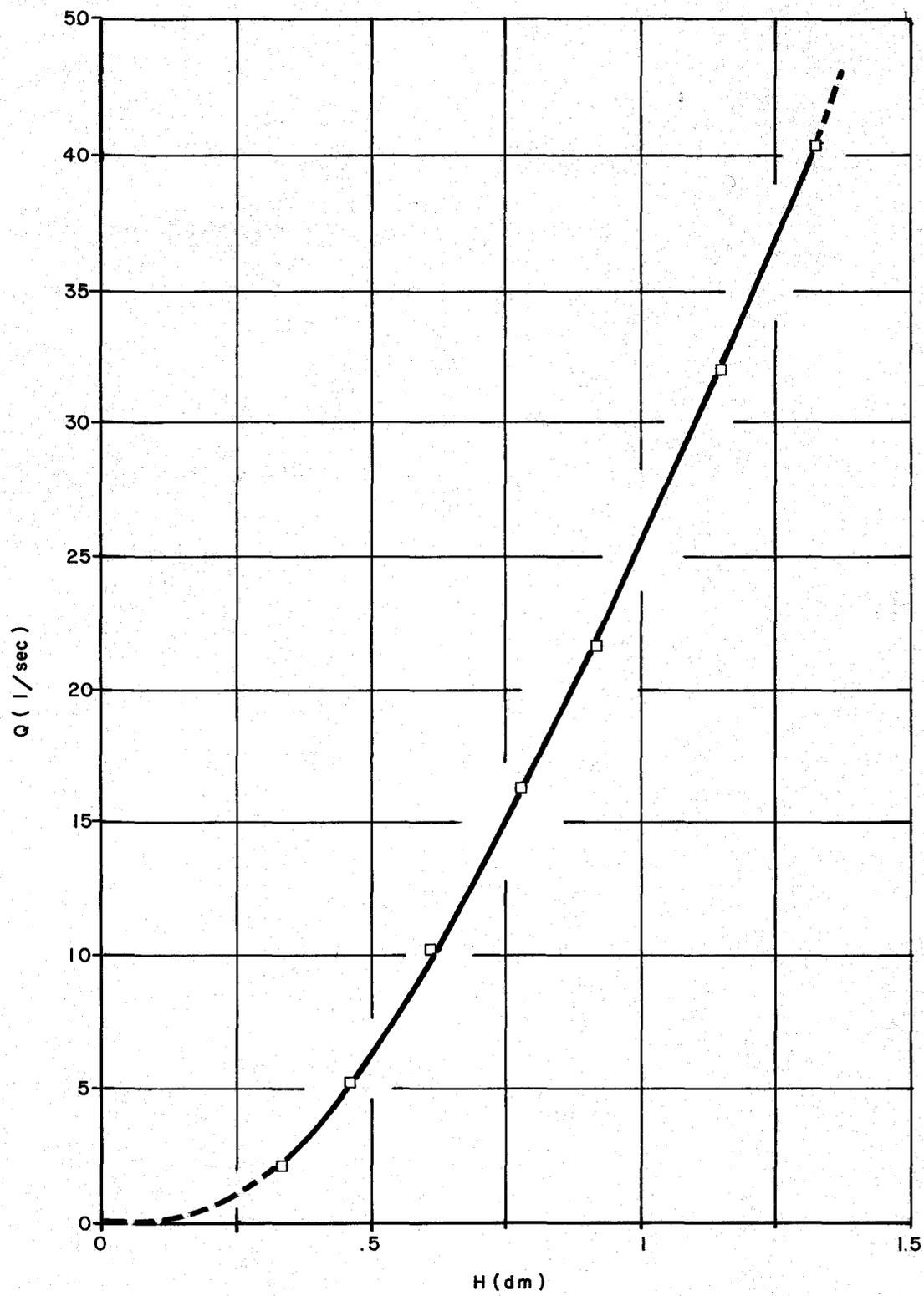


Fig. I.27. Courbe calibration du déversoir sans fond (90°) .

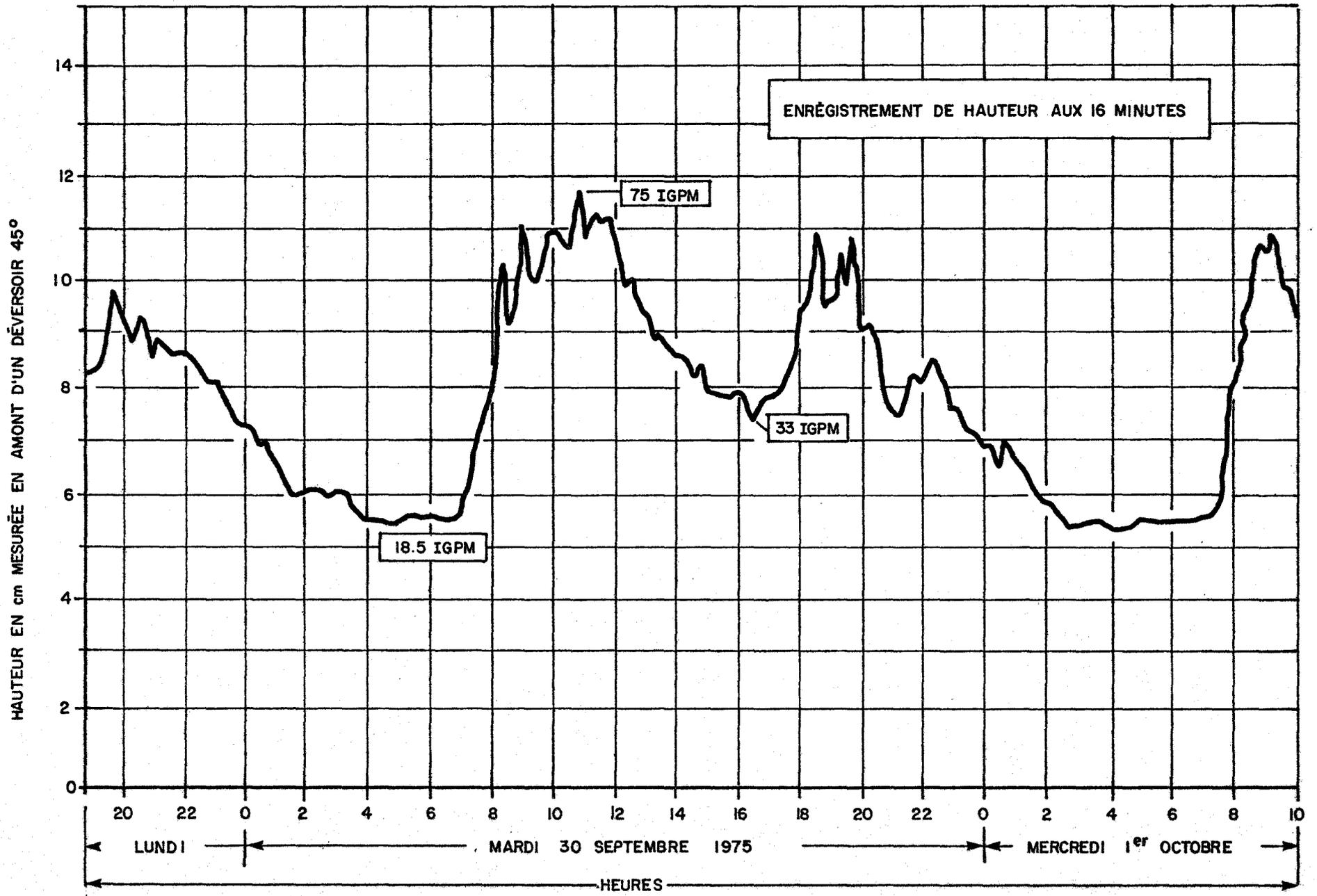


Fig. 1.28 .Exemple d'évolution du débit sanitaire dans un égout sanitaire pseudo séparé par temps sec ( Station Les Saules, Québec ) .

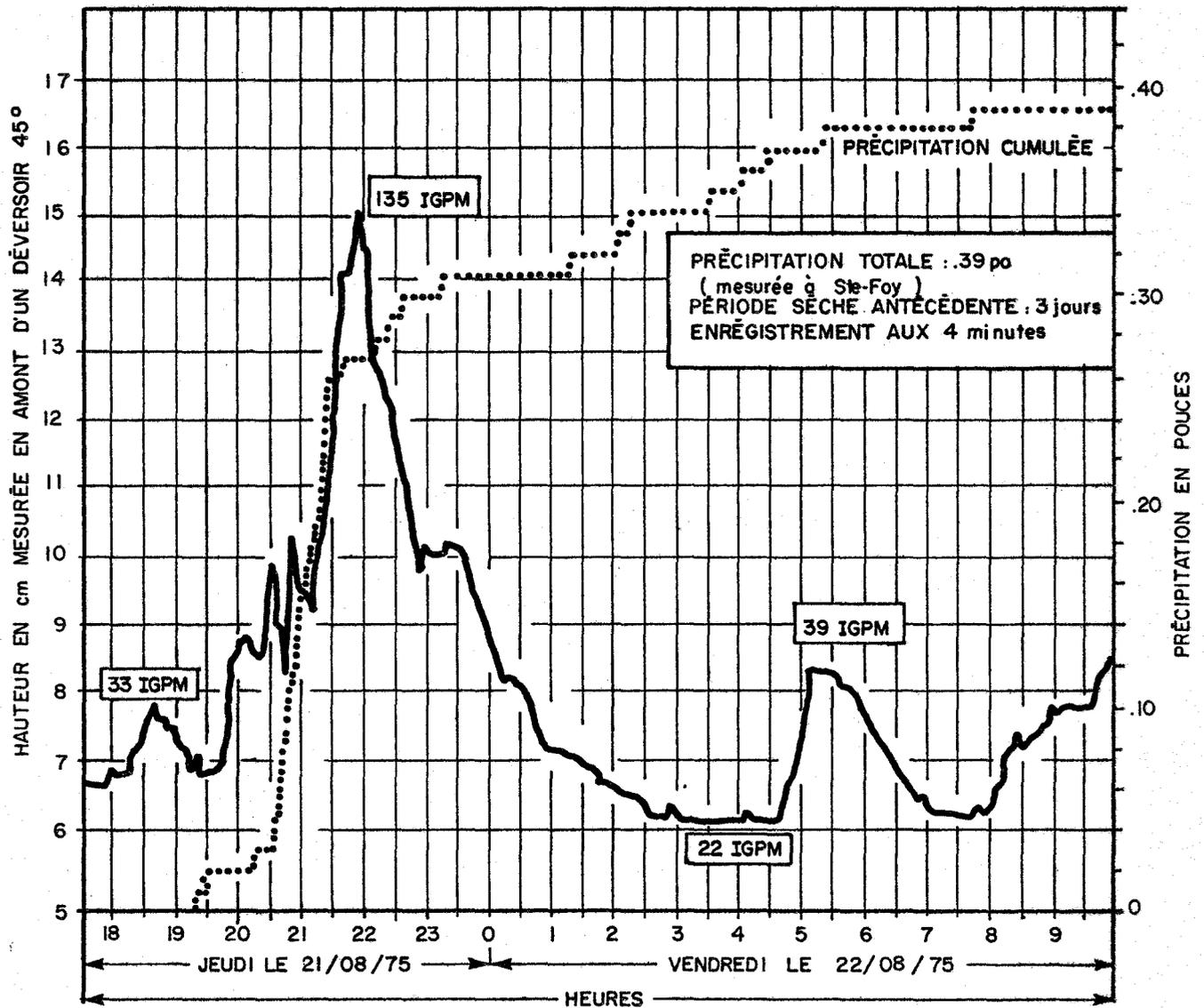


Fig. 1.29 . Réponse à une pluie d'un égout sanitaire.  
( Station Les Saules, Québec ) .

1.2.2e Déversoir sans fond pour conduite de 36 po.

Modèle

En s'inspirant des travaux du Pr. Marsalek, on a réalisé un déversoir sans fond qui s'adapte sur une conduite pluviale de 36 pouces.

Constructeur

AIREAUTEC, 6, rue St-André, Québec, selon les plans transmis.

Prix

\$59.40

Délais de livraison

3 semaines

Fiche technique

Voir Figure 1.30

déversoir en 2 pièces pouvant s'assembler sur place et être fixées sur les parois du puits de regard  
matériaux: acier de 3/16" épais

Calibration

Elle n'a pas encore été effectuée. On utilisera donc jusqu'à la calibration définitive (en laboratoire ou sur le terrain par méthode chimique) la formule approchée d'un déversoir trapezoidal à savoir:

$$Q = 5.34 L H^{3/2} + 4.28 Z H^{5/2}$$

où  $Q$  est le débit en pieds cubes/seconde

$H$  est la hauteur en pieds

$L = .5$  pied

$Z =$  pente des côtés = 1:1

La courbe théorique ainsi calculée apparaît à la Figure 1.31

### Installation

Il est installé à la sortie d'une conduite pluviale de 36 pouces de diamètre tel que schématisé à la Figure 1.30 (station de Saint-Pascal).

Les niveaux d'eau sont mesurés 4 pieds en amont dans la conduite de 36 pouces.

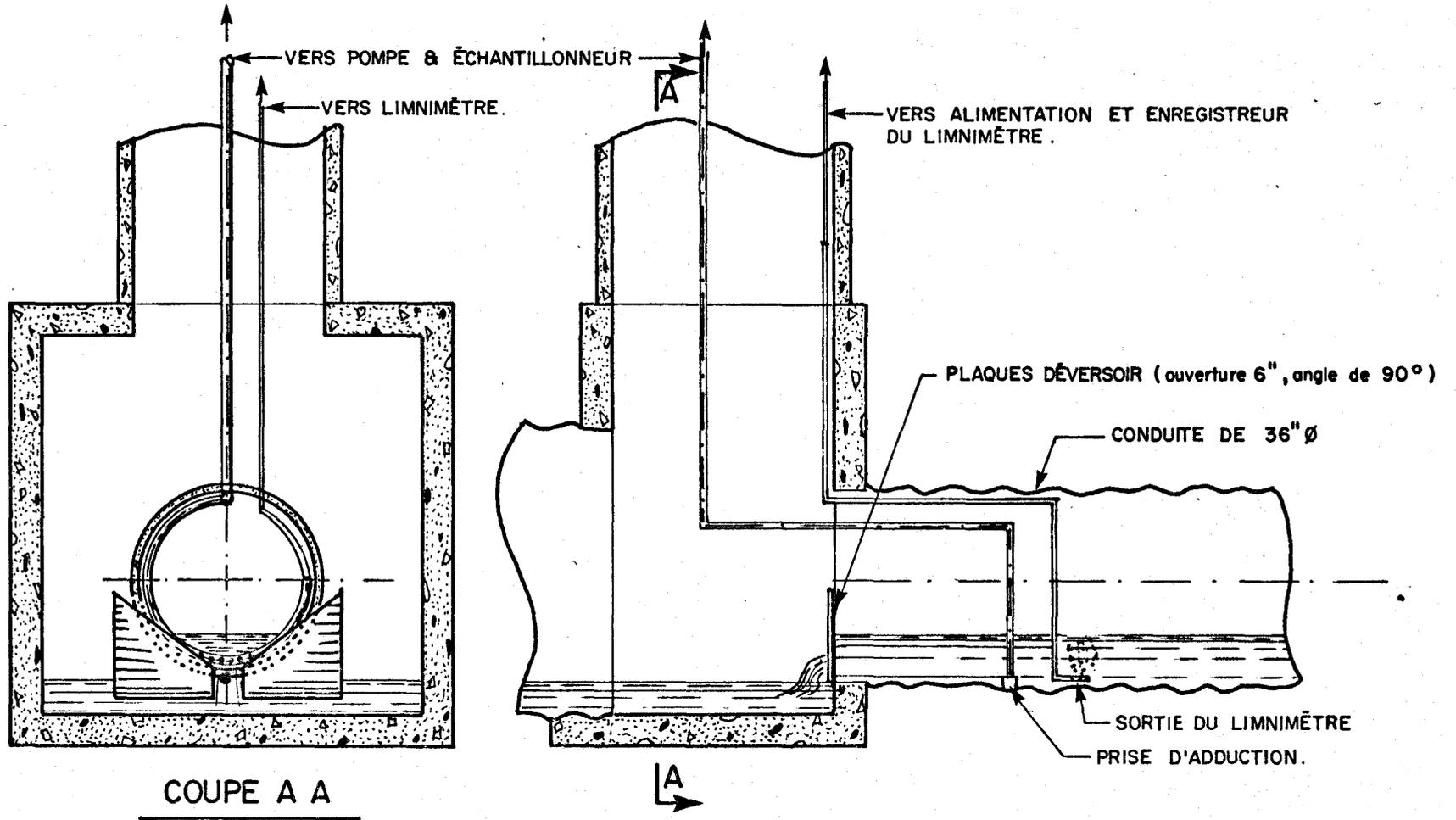


Fig.I.30 . Installation du déversoir 90° sur une conduite de 36" (Station de St-Pascal ).

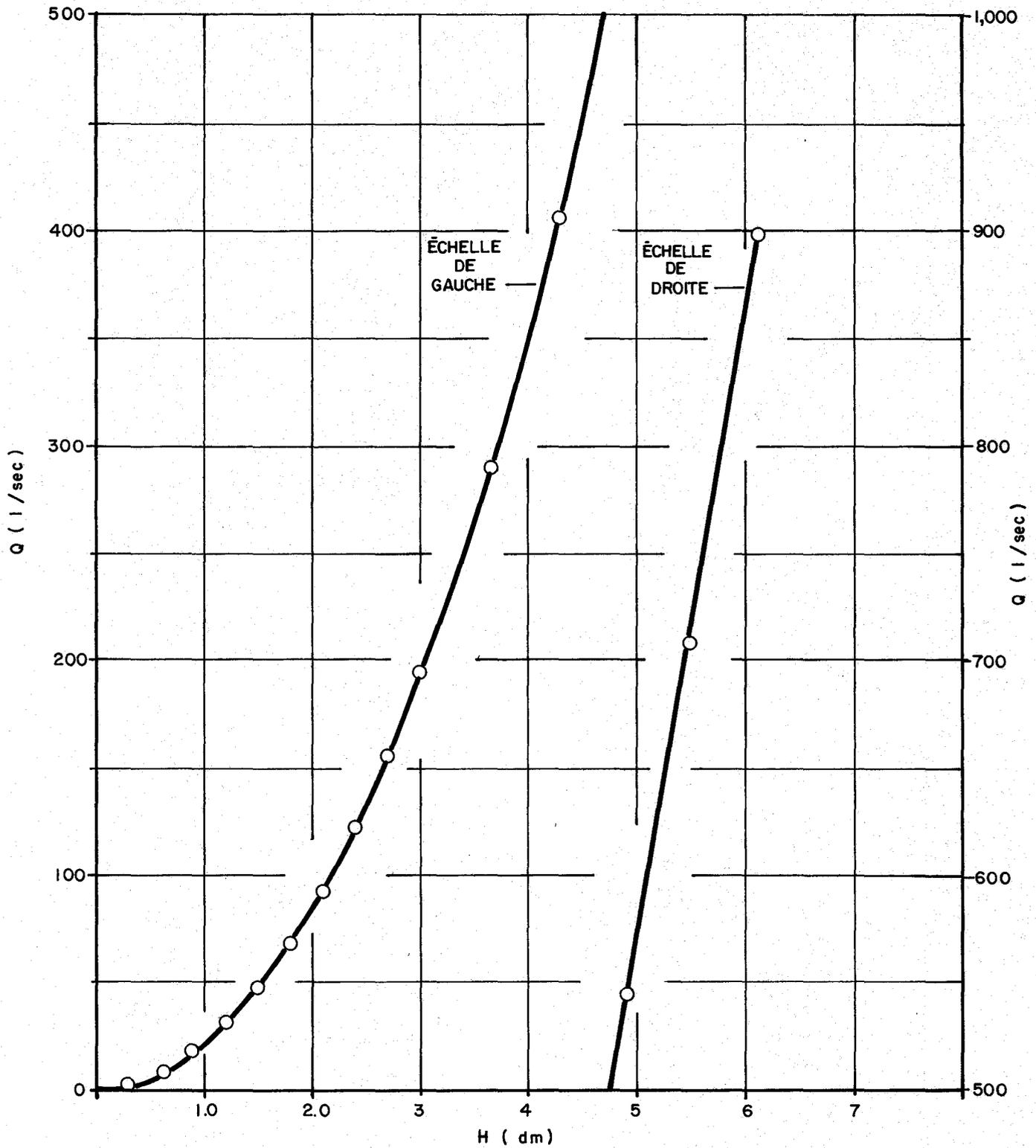


Fig. 1.31 . Courbe théorique déversoir trapézoïdal pour conduite de 36" diam.  
 ( Largeur du fond = 6" et côtés inclinés à 90° )

### 1.2.3 Dispositifs de mesure de niveaux et/ou de débit

### 1.2.3a Limnimètre à bulles avec capteur FOXBORO

L'appareillage comprend:

- une alimentation en gaz (compresseur ou bonbonne d'azote)
- un indicateur de contrôle du débit des bulles de gaz
- un régulateur de pression couplé à un rotamètre - élément A
- un transmetteur de pression différentielle (la mesure se fait par rapport à la pression atmosphérique dans ce cas) - élément B.

#### Modèle

Elément A: 10A3135N Purge Meter Fisher & Porter  
53RB2110 Differential Pressure Regulator Fisher & Porter

Elément B: E13DL d/p Cell Liquid Flow Transmitter Foxboro

#### Constructeur

A- Fischer & Porter Co., Warminster, Pennsylvania USA.

B- The Foxboro Company Ltd., Lassalle, P.Q.

Les 2 éléments A et B ont été achetés par l'intermédiaire d'un représentant: MFP Controls Ltd., 750 Chemin du Folf, Ile des Soeurs, Verdun, P.Q.

#### Coût

Elément A: \$78.00

Elément B: \$928.00

### Délais de livraison

annoncés: jusqu'à 6 mois  
réels : élément A: 12 semaines  
          élément B: 17 semaines\*

### Conditions de réception

Rien à signaler.

### Fiche technique

#### Régulateur-Rotamètre:

Capacité: air (à 14.7 psia 270°F): 6500 SCCM (13.8 SCFH)

Performance: précision  $\pm 10\%$  débit max.

gamme 1 à 10 ou plus

Limites d'opération: température max: 250°F

pression max : 200 psig

Transmetteur de pression différentielle: voir au Tableau 1.3 les spécifications (en anglais) fournies par le constructeur.

### Modification

Aucune.

### Vérification en laboratoire

Le transmetteur de pression différentielle a été calibré à l'usine sur une gamme 0-20" d'eau. Ceci a été vérifié en laboratoire ainsi que la sortie 4-20 mA.

---

\* Initialement le transmetteur de pression différentielle avait été commandé chez Fisher & Porter (Modèle 50 DP 2000), mais vus les délais de livraison, la commande a été transférée chez Foxboro.

TABLEAU 1.3: Standard Specifications - E 13 DL d/p Cell Foxboro

Measurement Range	:	calibration: 0-20 inches of water
Range Elevation (optional)	:	elevation plus span not to exceed 50 inches or 1250 mm of water
Range Suppression (optional)	:	Suppression not to exceed 50 inches or 1250 mm of water
Output Signal	:	10-50 mA into 600 $\Omega$ + 10%, -20% * <u>4-20 mA into 0-650 <math>\Omega</math> at 24 V</u>
Accuracy	:	$\pm 0.5\%$
Maximum Working Pressure	:	500 psi (35 kg per sq cm)
Working Temperature Limits for Cell Body	:	-40 to + 250 F (-40 to + 120 C)
Ambient Temperature Limits for Amplifier	:	-40 to + 180 F (-40 to + 80 C)
Supply Voltage	:	63-100V de (10-50 mA signal) <u>24-60 V de (4-20 mA signal)</u>
Process Connections	:	Flange connectors, either 1/4-inch or 1/2-inch NPT, or 1/2-inch Schedule 80 welding neck
Electrical Connections	:	Tapped for 1/2-inch conduit
Weight	:	36 pounds (16 kg)
Power Consumption	:	5 VA dc maximum
Body	:	Type 316 stainless steel, or cadmium plated carbon steel
Diaphragm Capsule	:	Type 316 stainless steel
Topworks Cover	:	Cast aluminum, watertight
Electrical Classification	:	Class I, Groups C and D, Division 1

## Installation

Comme tout limnimètre à bulles, l'installation de base est simple. Cependant, la sortie des bulles de gaz (azote) devant être installée en amont d'un canal Palmer Bowlus dans une conduite de 24 pouces de diamètre, les aménagements suivants ont été effectués:

- a) sortie des bulles de gaz: le tuyau d'amenée des bulles de gaz ( $\phi$  3/16 po. cuivre) est entouré d'un manchon (tuyau de  $\frac{1}{2}$  po. fermé à son extrémité et percé d'un trou de  $\frac{1}{2}$  po.) et les orifices de sortie des bulles sont percés sur la partie inférieure du tuyau de 3/16 po., ceci afin de minimiser l'effet de vitesse;
- b) nettoyage du seuil: le canal Palmer-Bowlus provoque des accumulations en amont, ce qui risque de modifier la mesure de niveaux: dans ces conditions, on procède à un nettoyage intermittent (toutes les 2.5 mn) de l'amont du seuil, par gaz comprimé envoyé durant 2.5 secondes dans le tuyau de 3/16 pouce (une vanne permet de contrôler l'arrivée soit de l'azote à faible pression, soit à haute pression pour la purge).

## Fonctionnement

A partir du moment où le problème de nettoyage du seuil a été résolu, l'installation a bien fonctionné et ce depuis le début d'août (août - fin octobre). L'entretien reste très minime et il ne reste qu'à assurer le remplacement des bonbonnes de gaz. La durée de vie d'une bonbonne pour l'alimentation du limnimètre est de 16 jours, par contre celle utilisée pour la purge n'est que de 6 jours (la purge ne fonctionne que pendant des périodes spécifiques où l'on veut obtenir des mesures valides).

## Commentaires

La mesure des niveaux à l'intérieur d'une conduite est une opération difficile et le limnimètre à bulles semble le système le plus approprié.

Concernant l'appareillage qui a été acheté, on peut faire les remarques suivantes:

- a) la capacité du rotamètre livré<sup>1</sup> est beaucoup trop élevée (13.8 SCFH air), alors que 1.9 SCFH aurait suffi (il devient très difficile de régler le débit d'air à .8 SCFH tel que recommandé);
- b) la construction du transmetteur est de bonne qualité (appareil industriel); il aurait cependant dû être livré avec un câble blindé;
- c) la précision du transmetteur .5% sur 20 pouces d'eau (=  $\pm .1$  pouce) est acceptable dans la gamme de niveaux que nous sommes appelés à mesurer;
- d) la gamme d'ajustement du zéro dans le transmetteur est très étroite ( $\approx \pm 1$  pouce d'eau) ce qui dans notre cas est un inconvénient majeur. En effet, la sortie du transmetteur (entre 4-20 mA sur la gamme 0-20 pouces d'eau) est envoyée dans un calculateur (computer Manning) qui, à partir de la relation hauteur-débit caractéristique d'un canal Palmer Bowls, fournit les données en débit. Or, la hauteur intervenant dans le calcul doit être celle mesurée à partir du fond du canal (et non de la conduite), alors que le tuyau d'amenée des bulles de gaz est situé  $3\frac{1}{2}$  po. plus bas que le fond du canal (ceci afin d'éviter que le tuyau ne provoque des accumulations de débris s'il était situé au niveau du radier du canal). On

---

<sup>1</sup> Selon le représentant, aucun autre modèle n'était disponible.

doit donc songer dans ce cas, pour les épisodes de mesures où l'échantillonnage est réalisé proportionnellement au débit, à utiliser un capteur ayant un zéro ajustable sur une gamme d'environ  $\pm 5$  pouces; on propose un transmetteur ROSEMOUNT dont les spécifications sont les suivantes:

Alphaline Differential Pressure Transmitter, 1151 DP 3A12

(Prix: \$835.00).

Gamme: 0-5 / 0-30 po. H<sub>2</sub>O

Sortie: 4-20 mADC (ou 10-50 mA DC)

Alimentation: 15-45 VDC

Zéro ajustable (montée ou descente) jusqu'à 150% de la gamme

Précision:  $\pm .2\%$  gamme max.

1.2.3b Sonde de surface MANNING

Modèle

Dipper Transmitter T-1060 (2 appareils)

Constructeur

Manning Environmental Corp., 120 Dubois Street, Box 1356, Santa Cruz,  
Californie. USA.

Achat par l'intermédiaire du représentant

Associated Instrumentation & Controls Ltd., 9265 Charles de Latour,  
Montréal 355.

Coût

\$1,660.00 (x2)

Délais de livraison

- annoncés: 8-10 semaines
- réels : 12 semaines

Conditions à la réception

- un appareil à la réception ne fonctionne pas et est immédiatement retourné à l'usine. L'autre fonctionne convenablement.
- instructions très complètes avec schémas des circuits électroniques. Le représentant est venu livrer lui-même les appareils et a donné une démonstration du fonctionnement.

## Fiche technique

L'appareil consiste en une aiguille qui va effleurer l'eau à intervalles réguliers (4 secondes). Le déroulement du câble est fonction du niveau d'eau.

Gamme de mesure max.: 0-60 po.; 0-30 po.; 0-15 po.

Sortie électrique: 4-20 mA proportionnelle à la hauteur

Précision: résolution  $\pm .5\%$  de l'échelle  
reproductibilité  $\pm .01$  pi.  
linéarité  $\pm 1\%$  de la lecture

Alimentation: 12 VDC, 2 Watts D.C.

Dimensions: 14.12 po. x 10.4 po. x 9 po.

Poids: 20 lbs.

Température d'opération:  $0^{\circ}\text{C}$  -  $70^{\circ}\text{C}$ .

## Modifications

Aucune

## Vérification en laboratoire

Une vérification en laboratoire de la sortie électrique 4-20 mA en fonction de la hauteur a été effectuée.

## Installation

La sonde doit plonger verticalement; il est déconseillé d'utiliser un système de poulies de renvoi pour aller faire travailler la sonde à l'intérieur d'une conduite (usure du fil): en conséquence cette sonde

n'est utilisable que pour une mesure dans un puits de regard.

Le trajet de la sonde doit en outre être parfaitement libre de tout obstacle et l'on doit veiller en particulier à ce qu'elle ne touche pas les parois du puits de regard.

Pour la calibration in situ, il suffit après avoir réglé par des potentiomètres la sortie 4-20 mA sur la gamme de hauteur choisie, d'afficher une hauteur de référence et de faire plonger la sonde jusqu'à ce niveau.

### Fonctionnement et entretien

L'appareil installé à la station des Saules (mesure de hauteur dans un puits de tranquillisation relié à l'amont d'un déversoir, et situé dans le puits de regard) a fonctionné de façon assez satisfaisante et ce depuis 4 mois. On a cependant constaté une dérive de l'appareil: 0-12 pouces, la gamme passe de .2 à 12.5 pouces après 4 mois de fonctionnement.

Par contre, l'appareil installé à la station de Sainte-Foy (mesure à l'intérieur d'une conduite de 24 po. avec des poulies de renvoi) n'a pas cessé de faire défaut, dû en partie aux conditions d'implantation (sur environ 2 mois de fonctionnement, le même type de transistor a brûlé 7 fois).

L'entretien reste minimum; il reste cependant à surveiller la formation de dépôts à l'extrémité de l'aiguille (ce qui a été constaté sur l'appareil fonctionnant dans un égout sanitaire) et à vérifier périodiquement la calibration de l'appareil par rapport à un niveau de référence (plaque de métal à niveau fixe).

### Commentaires

- 1- L'appareil fonctionne correctement quand il est installé pour prendre des mesures directement dans le regard d'égout (il n'est guère possible d'aller faire des mesures à l'intérieur d'une conduite). Sa performance est mieux assurée quand il travaille dans un puits de tranquillisation.

- 2- Il existe un problème de fiabilité de la construction (un appareil a fonctionné alors que l'autre pas).
- 3- L'électronique de l'appareil est mal conçue: les circuits et les diverses composantes sont mal protégés contre les surcharges de courant.
- 4- La mécanique de l'appareil a une faiblesse qui se traduit par des erreurs de mesures: il y a du jeu entre les divers engrenages. Par ailleurs, la lecture donnée par l'affichage visuel est très imprécise; la calibration doit absolument être faite par rapport à la sortie électrique.
- 5- L'appareil est adapté à la mesure des faibles variations de niveau et son utilisation dans une eau d'égout ne semble pas poser de gros problème: il a l'avantage de ne pas constituer un obstacle à l'écoulement. Il reste que son utilisation sur une eau où il y a beaucoup de débris flottants pourrait créer des difficultés (entraînement de l'aiguille).
- 6- La conception d'un appareil basé sur le même principe mais utilisant une meilleure technologie devrait être envisagée très sérieusement.

### 1.2.3c Débitmètre à flotteur N.B. PRODUCTS

#### Modèle

Model-H Manhole Meter

#### Constructeur

N-B Products, 35 Beulah Road, New Britain, Pa USA.

#### Coût

\$3,370.00

#### Délais de livraison

- annoncés: 2 semaines
- réels : 14 semaines

#### Conditions à la réception

L'appareil semble en état de fonctionnement, bien qu'on ne puisse le vérifier car les instructions de mise en marche sont beaucoup trop succinctes.

Depuis 6 mois, des demandes répétées auprès du constructeur pour qu'il envoie des instructions plus complètes, n'ont pas encore abouti...

#### Fiche technique

L'appareil comprend:

- un système de mesure de niveau à flotteur ("flotteur sabot")
- un calculateur qui intègre les données de hauteur en débits selon la relation spécifique d'un élément primaire donné.

## Spécifications

- Gamme de mesures de hauteur: 0-8 po. jusqu'à 0-48 po. (un flotteur existe pour chaque diamètre de conduite entre 8 et 48 po.)
- Précision: 5/1000 pied sur la mesure de niveau
- Enregistrement graphique de la hauteur (charte de 2 po. de large/1po. heure)
- Fonctions hauteur-débit interchangeables selon l'élément primaire
- Sorties: .4-20 mA proportionnelle au débit (Option)
  - .impulsions pour échantillonneur, réglables entre chaque 100 à 9900 gallons (Option)
  - .totalisateur de débit (affichage)
- Alimentation: batterie 12 volts.

## Modification

Aucune.

## Installation

Il n'a pas encore été installé. L'installation nécessite l'existence d'un canal en U au fond d'un puits de regard ayant une seule conduite d'entrée et une conduite de sortie dans le prolongement, l'élément primaire devant être placé dans la conduite aval.

## Commentaires

On ne peut rien dire sinon regretter le silence de la compagnie. Précisons cependant que ce type de "flotteur-sabot" est spécialement conçu pour être installé dans un égout sanitaire et que l'on peut donc s'attendre à de bonnes performances.

### 1.2.3d Débitmètre SIGMAMOTOR

La mesure de niveau se fait avec un limnimètre à bulles et la hauteur est convertie en débit.

#### Modèle

LMS 400 FLOWMETER

#### Constructeur

SIGMAMOTOR Inc., 14 Elizabeth Street, Middleport, New York, USA.

#### Représentant

Hoskin Scientific Ltd., 1096 Victoria Ave, Montréal 23

#### Coût

\$1,800.00

#### Délais de livraison

- annoncés: 14 jours
- réels : 21 semaines

#### Conditions à la réception

- Appareil en bon état (inspection sommaire)
- Instructions détaillées, mais les schémas des circuits électroniques sont inutilisables

#### Fiche technique

Voir les spécifications du constructeur, en anglais, au Tableau 1.4.

TABLEAU 1.4: Sigmamotor - LMS 400 Flowmeter

Operating principle:

Bubbler Type System (i.e. pressure transducer senses back pressure experienced by an inert gas bubbled at a constant flow rate through a tube anchored in the water behind a weir or flume. Water height is thusly determined and electronically integrated into the appropriate flow equation. Appropriate numeric values for the rest of the flow equation are set with two dials on the front panel of the meter).

OUTPUTS	POWER	DIMENSIONS
1) Strip chart recording gives readout in <u>either feet inches CFS or MGD</u>	AC-DC (includes one battery and one charger), or AC (with no batteries or charger) units available. (AC units are 115 Volt, DC units are 12 Volt).	13½" x 14½" x 10" WEIR OR FLUME Unit is compatible to any standard weir or flume, dials are located on the front panel for dialing in the appropriate equation.
2) Totalizer reads in gallons	BATTERIES Lead Acid 12 Volt DC, 30 Amp Hours capacity, weight 17 lbs. (will drive the unit for 10 days before needing charging), or Lead Acid 12 Volt DC, 15 Amp Hours capacity weight 9 lbs. (will drive the unit 5 days). One charger is supplied with DC units.	DELIVERY 14 Days ARO
3) <u>Electrical proportional signal for operating proportional to flow water samplers</u> (switch closure type signal).	ACCURACY ± 2% from the theory curve of the primary measuring device.	TERMS F.O.B. Middleport, New York- Net 30 days
RECORDER 30 day, 2.31 inches wide pressure sensitive strip chart, 1 inch per hour (power regulated chart drive is standard). Two 30 day strip charts are included with each unit.	WEIGHT 35 lbs - With 30 Amp Hour Battery 26 lbs - With 15 Amp Hour Battery 18 lbs - With No Battery (AC Model)	WARRANTY All parts and labor to 90 days
TOTALIZER 6 digit totalizer will read in gallons		OPTIONS .Spare Batteries. .Probe .Chart Paper .Gas Cans . Tubing .Charger .Tripod
BUBBLER CYLINDERS Freon R 12 (2lb.) gas cylinders (two cylinders will have enough gas to last 3 to 4 weeks).		

Gamme de mesure de niveau = 0-1 pied, 0-5 pieds, 0-10 pieds.

Gamme de mesure de débit = 0-.1, 0-1, 0-5, 0-10 pieds/cube/seconde en USM GD (l'échelle peut en outre être multipliée de 1 à 9).

Pour la conversion "hauteur-débit", on peut régler les 2 constantes k et n de la relation  $Q = k H^n$  suivant le type d'élément primaire.

### Modifications

Cet appareil n'étant muni que de deux petites bonbonnes de gaz, il a été nécessaire de le brancher à un gros réservoir d'azote. Eventuellement, il sera alimenté par un compresseur à fonctionnement intermittent.

Une autre modification a été nécessaire: il s'agissait de rendre accessible facilement la vanne de contrôle du débit de gaz (l'augmentation du débit de gaz a permis d'améliorer le temps de réponse de l'appareil qui, initialement, était très lent).

Une troisième a consisté à aménager une sortie électrique pour enregistrement externe du débit et de la hauteur: sortie débit (0-10 volts) et sortie hauteur (0-1 volt) pour un maximum de 10 pieds.

### Vérification en laboratoire

L'appareil peut être calibré pour différents types de mesure (hauteur d'eau, débit). Il a été vérifié en laboratoire et ses résultats sont satisfaisants. Il reste à vérifier l'envoi d'impulsions à l'échantillonneur pour un échantillonnage proportionnel au débit.

### Installation

Ce type d'appareil (limnimètre à bulles) s'installe généralement très facilement. Aucun problème particulier n'a été rencontré.

## Fonctionnement

Durant une semaine de vérification à la station des Saules, l'appareil n'a montré aucune défaillance. Par contre, une panne temporaire survient après avoir transporté l'appareil à la station de St-Pascal; la cause de cette panne reste mal déterminée (sans doute mauvais contacts suite au repliement des câbles). Par la suite l'appareil fonctionne correctement.

## Commentaires

L'appareil est d'une très grande versatilité: il peut mesurer des débits à partir de presque n'importe quel type d'élément primaire. (Il est plus ou moins programmable: choix de k et n).

Son format compact rend son utilisation encore plus intéressante; toutefois, ses réservoirs de gaz sont trop petits. Tel que modifié, (avec une alimentation en gaz par grosse bonbonne), l'appareil semble fiable.

Du point de vue des principes, la conception des circuits électroniques est bonne; par contre, la qualité de construction et du montage est plutôt médiocre. De plus, il est difficile de démonter l'appareil pour aller faire les vérifications internes nécessaires.

1.2.3e Débitmètre capacitif UES

Modèle

UES 8091 Flo/Monitor

Constructeur

Universal Engineered Systems Inc., 7071 Commerce Circle, Pleasanton, Californie.

Achat par l'intermédiaire du représentant

Associates Science Inc., Box 230, 230 Nassau Street, Princeton, N.J. USA.

Coût

\$2,320.00 (accessoires y compris).

Délais de livraison

- annoncés: 6-8 semaines
- réels : 4 mois\*

Conditions à la réception

- Manque du diviseur d'impulsions et de la prise de sortie 0-5 volts qui ont été reçus respectivement 4 semaines et 10 semaines après la première livraison.
- Le manuel d'instruction ne correspondait pas à l'appareil livré et a été obtenu ultérieurement (4 semaines). Il est impossible d'obtenir de la compagnie les schémas des circuits électroniques.

\*

A l'intérieur de ce délai, une nouvelle commande a dû être placée car la compagnie avait augmenté ses prix; le délai de livraison réel à compter de la date de cette nouvelle commande a été de 7 semaines.

## Fiche technique

L'appareil comprend un élément sensible (ruban capacitif) fixé en amont d'un canal Palmer Bowlus. Cet élément est relié à un dispositif de transmission à distance (oscillateur) dont le signal est envoyé à un totalisateur de débit; ce signal est non linéaire (on ne peut avoir de sortie hauteur); il est possible cependant d'utiliser des canaux Palmer Bowlus de dimensions différentes qui sont vendus calibrés, avec 20 pieds de câble. Le débit est totalisé (compteur avec affichage), enregistré sur graphique (Rustrak); on a également une sortie 0-5 volts proportionnelle au débit.

L'appareil fournit de plus une impulsion chaque 1,000 gallons, ce qui permet de commander un échantillonneur proportionnellement au débit; ce signal avant d'atteindre l'échantillonneur est envoyé dans un diviseur d'impulsions qui permet de multiplier le volume de base (1,000 gallons) de 1 à 99.

Les spécifications, en anglais, figurent au Tableau 1.5 telles que fournies par le constructeur.

## Modifications

Une fiche de raccord entre l'oscillateur et le totalisateur a dû être posée (la liaison n'avait pas été faite par le constructeur).

## Vérification en laboratoire

Le système complet a été mis à l'essai en compagnie de son élément primaire (voir description canal Palmer Bowlus UES) et s'est révélé d'une grande précision. Aucun réglage n'est requis.

## Installation

Les composantes sont dans des boîtiers très rigides qui se fixent au mur facilement. Les raccords de type militaire sont eux aussi robustes. Ces boîtes peuvent être placées dans le regard d'égout lui-même,

TABLEAU 1.5: Specifications 8091 Flo/Monitor

Flo/Monitor:

Control cabinet with electronic circuits, flow rate recorder, total flow totalizer, operational plug and UES liquid flow measuring flume.

Control Cabinet:

Fiberglas with neoprene gasketed door, moisture proof flume plug, moisture proof operational plug, mounting bracket and carrying handle.

UES Measuring Flume:

UES design, acrylic-PVC, Palmer/Bowlus configuration, imbedded electronic sensor and attached 20 foot shielded cable and plug. Sizes 4 to 12 inch.

Flow Readouts:

1. Strip chart recorder in mgd (million of gallons/day).
2. Electric 6 digit totalizer in gallons (one thousand to one billion).

Recorder:

Strip chart 2.3 inches wide, 1 each/hr., with 30 day supply on each roll. Pressure sensitive paper and metal stylus. No ink required.

Operational Plug Output:

1. 0-5 volts water flow analog for automatic control and telemetry.
2. Pulsed switch for each 1000 gallon increment, for pacing, sampling and flow rate control.

Accuracy:

± 4% full scale

Power Supply:

12V rechargeable gel-battery up to 10 days continuous operation between charges  
(battery charger 000100 included)

Weight:

Approximately 25 pounds

Size:

Control cabinet 12w x 14h x  
5d inches

Humidity:

Control cabinet to 95%

Temperature Range:

30 to 120F

ou dans une cabane (notre cas). En principe, l'oscillateur est situé à proximité du canal; par contre, le totalisateur peut être situé jusqu'à 2,000 pieds de distance.

### Fonctionnement et entretien

L'appareil est actuellement en voie d'installation dans un égout sanitaire (St-Pascal) et il est toutefois trop tôt pour confirmer l'endurance du système. Du point de vue de l'entretien, on doit signaler que le ruban capacitif posé dans le canal est fragile; au cours du transport, une éraflure a entraîné une panne du système. Après réparation, on a pris soin de renforcer la couche protectrice avec du silicone.

### Commentaires

En ce qui a trait à l'option décrite à la fiche technique (division d'impulsions), notons que le constructeur aurait dû fournir une sortie chaque 100 gallons (et non 1,000 gallons), car la gamme de débit 1,000 à 99,000 gallons est moins adaptée à nos besoins.

La conception de l'appareil est excellente pour une mesure dans une eau d'égout puisque c'est le seul système qui assure une mesure sans introduire aucun élément à l'intérieur de l'écoulement (ruban le long des parois).

Du point de vue de l'électronique, la conception est satisfaisante et le montage de bonne qualité.

C'est un système qui nous semble très prometteur; l'élément primaire nécessite cependant d'être installé dans un canal en U de fond de puits de regard ne possédant aucune arrivée d'eau sur les côtés.

### 1.2.3f Calculateur de débit MANNING

#### Modèle

C-2000 MANNING Computer (2 appareils achetés)

#### Constructeur

Manning Environmental Corp., 120 Dubois Street, P.O. Box 1356 Santa Cruz,  
Ca 95061 - USA.

#### Achat par l'intermédiaire du représentant

Associated Instrumentation & Controls, 9265 rue Charles de Latour,  
Montréal.

#### Prix

\$2,000.00

#### Délais de livraison

- annoncés: 8-10 semaines
- réels : 16 semaines

#### Conditions à la réception

Appareils en bonne condition livrés par le représentant (avec démonstration du fonctionnement). Instructions claires et très complètes (schémas des circuits électroniques).

#### Fiche technique

L'appareil permet un calcul du débit (et une totalisation) à partir de données de hauteur selon une relation spécifique hauteur-débit.

Signal d'entrée: 4-20 mA (proportionnel à la hauteur)  
Sorties : 4-20 mA proportionnelle au débit (pour un enregistrement externe)  
.enregistreur graphique en pourcentage du débit maximum  
.affichage du débit totalisé  
.impulsions pour un échantillonneur (réglables entre 10 et 9,000 unités de volume)

Alimentation: 120 VAC/60 Hz/60 W.

Différentes cartes sont compatibles avec l'appareil selon le type de relation hauteur-débit désirée (fonctions déversoir, Parshall, Palmer Bowlus, Léopold Lagco). Chaque carte est vendue au prix de \$180.00. Actuellement, nous possédons une fonction Palmer Bowlus et une fonction déversoir triangulaire.

#### Modification

Aucune.

#### Vérification en laboratoire

Une vérification en laboratoire de chacun des calculateurs démontre que la sortie externe ne correspond pas à ce que nous avons commandé (4-20 mA) (erreur de la compagnie dans la commande); d'autre part, on observe une surchauffe anormale des circuits. Les deux calculateurs sont alors renvoyés à la compagnie qui retourne les appareils en l'espace d'une semaine. A leur retour, après une série d'essais en laboratoire durant un mois, un des calculateurs présente une dérive de l'enregistreur et est renvoyé à nouveau à la compagnie (et ce depuis 3 mois); l'autre est installé à la station de Ste-Foy à titre d'essai (avec une fonction Palmer-Bowlus).

On a vérifié la réponse de l'appareil doté d'une fonction Palmer-Bowlus: la réponse est en accord avec les courbes théoriques du canal Palmer-Bowlus à  $\pm 15\%$  pour les faibles débits et  $\pm 5\%$  pour les hauts débits.

## Installation

Aucun problème particulier, sinon que l'appareil doit être installé dans un abri chauffé en hiver (et non dans un puits de regard) et être alimenté par du 110V.

Le zéro et le maximum de débit sont ajustés d'après l'entrée hauteur (réglage sur hauteur zéro et hauteur max.).

## Fonctionnement

On n'a pas encore vérifié actuellement la validité des données du calculateur installé à la station de Ste-Foy, due à l'erreur de lecture dans la mesure de hauteur (voir LIMNIMETRE A BULLES), ni la liaison avec un échantillonneur proportionnel au débit.

## Commentaires

Ce type d'appareil a essentiellement pour but de permettre sur le terrain un échantillonnage proportionnel au débit (les hauteurs étant enregistrées séparément, les données de débit peuvent être obtenues ultérieurement) et en ce sens apparaissait très intéressant puisqu'il peut admettre comme entrée un signal de hauteur (4-20 mA) de n'importe quel type d'appareil tels une sonde de surface MANNING, un transmetteur de pression différentielle, une sonde aux ultra-sons, et offre d'autre part un grand choix de fonctions hauteur-débit.

L'appareil laisse cependant à désirer du point de vue de l'électronique, et on ne peut encore se prononcer définitivement à l'heure actuelle.

#### 1.2.4 Autres appareils de mesure

1.2.4a Pluviographe W.M.C.

Modèle

P-501-1S

Constructeur

Weather Measure Corporation, P.O. Box 41257 Sacramento California  
95841, USA.

Acquis par prêt du Ministère des Richesses naturelles, Météorologie.

Coût (à l'achat)

\$470.00

Délai de livraison

Aucun (prêt du Ministère des Richesses naturelles, Québec)

Conditions de réception

Excellente.

Fiche technique

Pluviomètre

- orifice: 50 cm
- calibration: 0.01 po (.25 mm)
- type: augets basculants
- précision: 0.5% à .5 po./h
- matériaux: aluminium et bronze
- dimensions: 20 po. x 9½ po.
- poids: 15 lbs.

### Pluviographe

Enregistrement des hauteurs d'eau cumulées.

- capacité: pas de limite; retour à zéro automatique
- horlogerie: à ressort
- rotation: 24 h et 7 j.
- échelle du graphique: 50 niveaux (soit .5 po. d'eau)
- alimentation: 6 VDC
- plume: encre
- dimensions: 12" x 8" x 5 $\frac{3}{4}$ "
- poids: 10 lbs.

### Modification

Aucune.

### Calibration

Seule la base de temps a été vérifiée.

### Installation

Les appareils de mesure ont été fixés par deux pieds sur une feuille de contreplaqué et le tout posé sur un toit plat avoisinant la station de mesure. (Eventuellement, ils seront localisés au centre du bassin et reliés par téléphone à la station).

Les appareils enregistreurs sont à l'intérieur de l'abri afin de faciliter le changement des chartes.

### Fonctionnement et entretien

Un seul appareil s'est révélé défectueux (horloge) et a été renvoyé au M.R.N. L'entretien consiste simplement au remontage de l'horlogerie (une fois/semaine), et au nettoyage de la plume.

## Commentaires

Ces appareils sont très classiques et sont utilisés avec succès depuis longtemps par beaucoup de services météorologiques. Nous croyons en leur fidélité et précision.

Ils sont d'ailleurs bien adaptés à nos besoins (mesure de l'intensité de la pluie). En ce qui a trait à la transmission à distance par ligne téléphonique, une interface sera montée sous peu dans nos laboratoires afin de permettre cette transmission.

En ce qui concerne l'enregistreur graphique, il est utilisé sur une base de 7 jours et ne sert que de contrôle pour l'enregistrement de la précipitation qui est fait sur cassette.

#### 1.2.4b Capteur de pression CIC

Le capteur de pression est placé dans un forage et est utilisé pour la mesure du niveau d'eau de la nappe.

#### Modèle

CIC 2000 (potentiométrique)

#### Constructeur

Computer Instruments Corporation, 92 Madison Ave., Hempstead, L.I, N.Y.  
11550 USA.

#### Distributeur au Canada

Scottair Inc., 2700 Paulus Street, Montréal 386.

#### Prix

\$100.

#### Délai de livraison

- annoncé: 6 semaines
- réel : 3 mois

#### Conditions de réception

Rien à signaler.

#### Fiche technique

Gamme 0-10 PSI  
Linéarité  $\pm 1.0\%$  F.S.  
Répétabilité 0.1%

Hysteresis 0.5%  
Friction 1.0%  
Résistance 50  $\Omega$   
Surpression max. = 15 PSI  
Dimensions: longueur 2 1/4"  
 $\phi$  1 7/16"

### Calibration

Voir fonctionnement.

### Modification

Aucune

### Installation

2 options:

- 1) tension stabilisée et enregistrement extérieur, avec résistance variable pour que sous 6V avec une hauteur d'eau nulle on lise une tension de = 1 Volt  
défauts: mauvaise transmission de l'information par téléphone (bruit), risque de variations de tension incontrôlées, et fuite dans les fils entre l'appareillage et le capteur.
- 2) tension stabilisée et conversion de l'information en fréquence par des circuits placés à proximité immédiate du capteur: pas encore réalisé.

### Fonctionnement

Satisfaisant pour le capteur lui-même à condition que l'orifice soit placé vers le bas pour éviter l'obstruction par les particules sédimentant dans le forage où il est placé.

Calibration satisfaisante (variations de niveau d'eau de 1 cm lisibles)  
avec une droite parfaite pour la relation pression-tension de sortie.

### Commentaires

Dans le cas de l'installation 1ère option, la calibration doit se faire  
sur place (la résistance des fils de transmission entre en jeu).  
Elle est délicate.

L'enregistrement sur RUSTRAK donne une valeur indicative des variations  
de niveau d'eau.

Les mauvais contacts dans les prises donnent des mesures erronées.

Un fil de transmission d'excellente qualité (solide et souple) est re-  
quis.

#### 1.4.2c Thermomètre

L'appareillage de mesure de température est constitué d'un thermistor enfoui dans un tube, le tout relié par un fil blindé à une interface. Ces appareils ont été construits dans nos laboratoires et par conséquent, la fiche technique ne comporte que les caractéristiques du thermistor.

#### Modèle

YSI Précision Thermistor, Part 44108

#### Constructeur

Yellow Springs Instrument Co., Components Div., Yellow Springs, Ohio USA.

#### Achat par l'intermédiaire du représentant

Electro Sonic, Industrial Sales Ltd., 543 Yonge Str., Toronto 5, Ontario.

#### Coût

\$11.40 chaque

#### Fiche technique

Résistance: 30 K  $\Omega$  à 25<sup>0</sup>C

Gamme de mesure de température: -40<sup>0</sup>C/150<sup>0</sup>C

Précision: 0.2<sup>0</sup>C

#### Modifications

Les premières unités étaient montées dans un tuyau de plastique flexible et le tout rempli de résine. Leur fragilité aux chocs nous a amenés à placer le thermistor dans un tube de verre, également rempli de résine et le tout dans un tuyau de cuivre (d'1/4 po. de diamètre), ce qui ajoute de la rigidité et de plus un blindage électrique.

## Calibration

La constante de calibration DEL de chaque thermomètre est établie dans nos laboratoires.

La température est calculée par la relation:

$$T = \frac{1}{[a + b \ln R + c (\ln R)^3]} - 273.15 + DEL$$

où T = température en °C

R = résistance en ohms

a,b,c = constantes dépendant du type de thermistor

DEL = constante de calibration

## Installation

Se fixe assez facilement au fond de l'égout; toutefois, il faut le placer de façon telle qu'il ne puisse s'agglomérer de détritrus.

## Fonctionnement

Les nouveaux thermomètres n'ont pas jusqu'ici fait leur preuve, leur installation étant récente.

## Commentaire

C'est un appareil très simple, qui répond à nos besoins (très précis, encombrement minimum dans la conduite). Nous n'envisageons aucun problème de ce côté.

#### 1.2.4d Vase à niveau constant

Il est nécessaire de vérifier sur le terrain quelques points de la courbe de calibration de chaque élément primaire une fois installé. A cette fin, on utilise une mesure de débit par méthode chimique. Nous choisissons la méthode par injection à débit constant; on injecte à débit constant  $q$  une solution concentrée de traceur ayant une concentration initiale  $C_0$ . Le débit est donné par:

$$Q = q \frac{(C_0 - C_1)}{C_1} \approx q \frac{C_0}{C_1}$$

où  $Q$  est le débit mesuré

$q$  est le débit d'injection

$C_0$  la concentration initiale

$C_1$  la concentration finale des échantillons prélevés en aval

Le traceur choisi est le dichromate de sodium ou éventuellement le chlorure de lithium.

Pour l'injection à débit constant, un appareil spécial a été fabriqué (d'après les plans de l'E.D.F.) par la Cie AIREAUTEC, 6, rue St-André, Québec, au prix de \$200.00.

#### Fiche technique

Voir Figure 1.32.

matériel: PVC

4 plaques orifices sont disponibles suivant le débit d'injection désiré.

#### Installation et fonctionnement

Voir Figure 1.33.

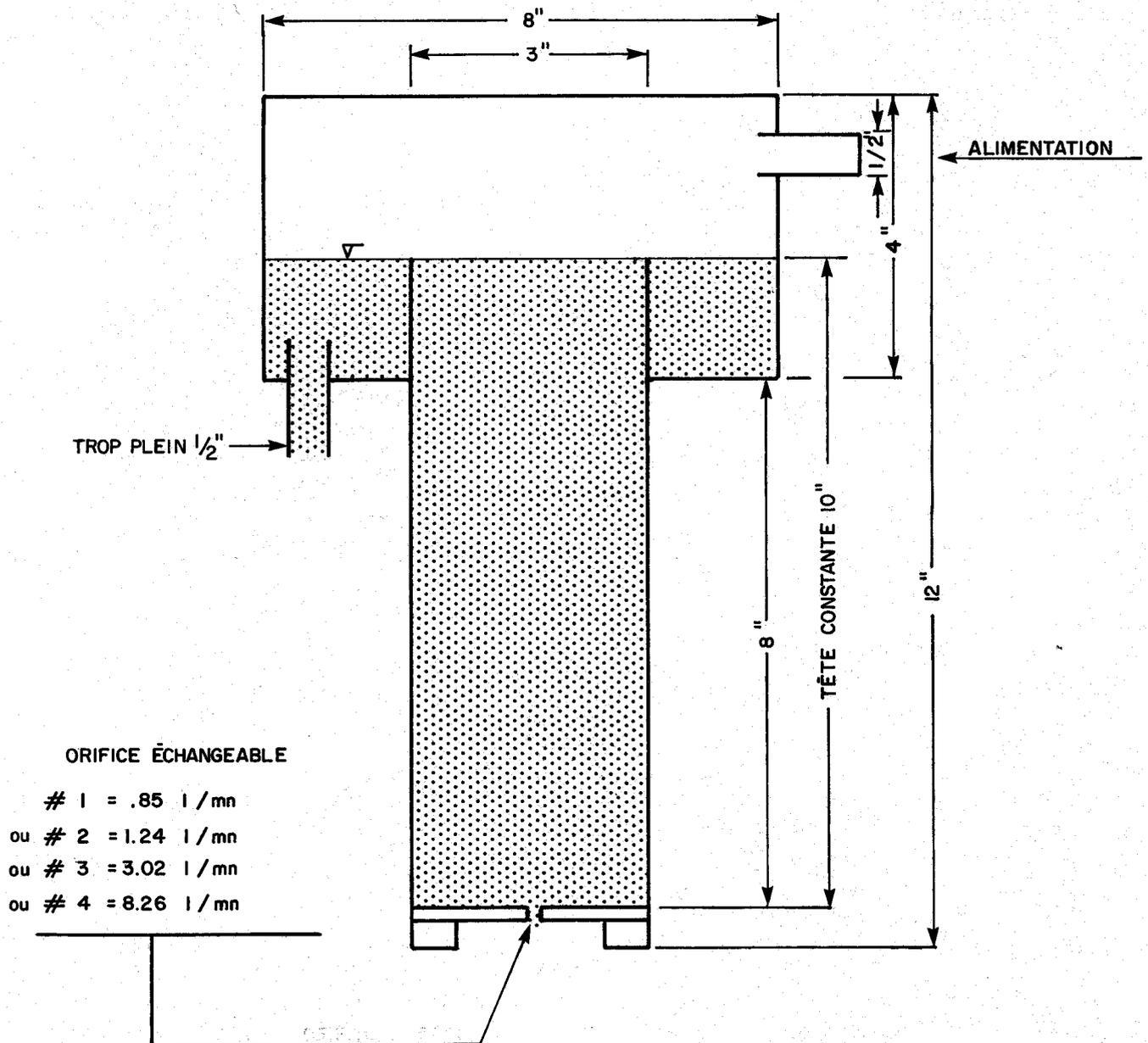


Fig . I . 32 . Schéma du vase à niveau constant .

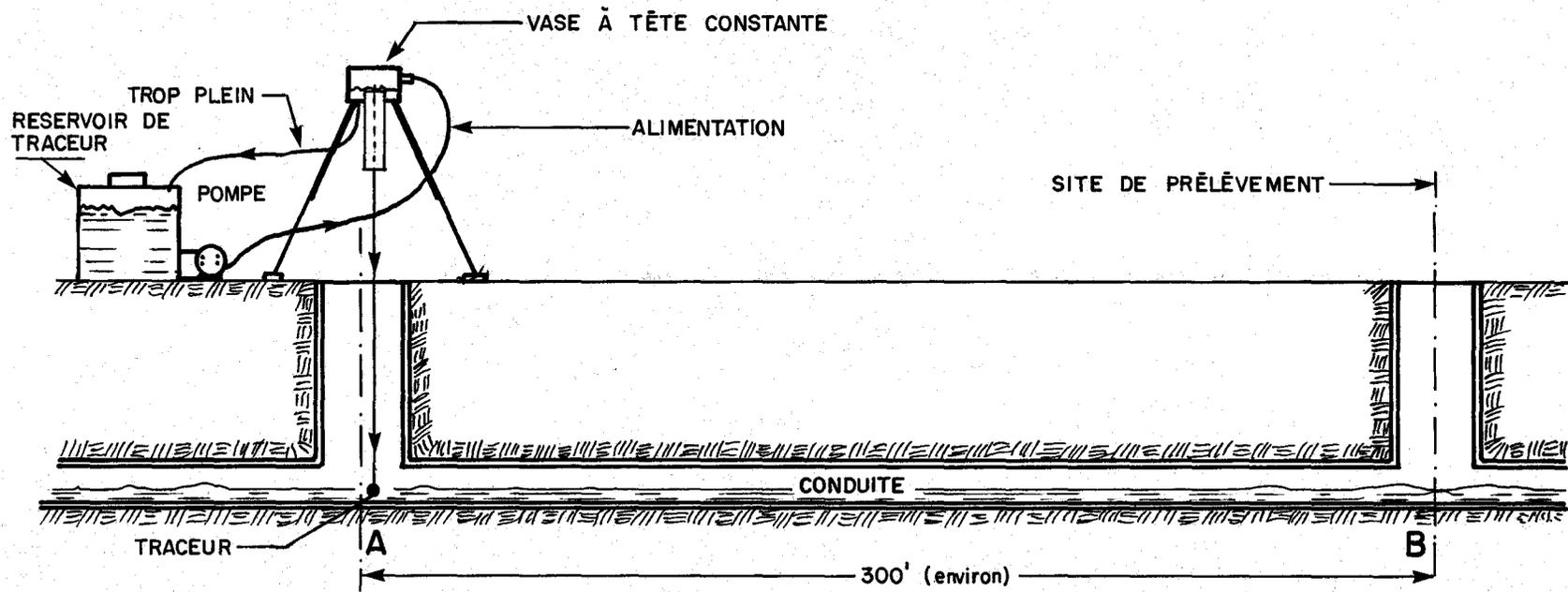


Fig . I.33 . Schéma d'installation du système d'injection à débit constant .

Pour l'injection, on se place à environ 300 pieds en amont (premier puits de regard amont). La durée d'injection est basée sur une première estimation du temps de transport d'un nuage de fluorescéine entre les points A et B. On prendra comme durée d'injection une durée T telle que:

$$T > H_2 - H_0 + t$$

où  $H_0$  est le moment du début de l'injection de fluorescéine,  $H_2$  le moment de disparition de la fluorescéine en aval, et t la durée de prélèvement.  $H_1$  est le moment d'apparition du nuage de fluorescéine et est facilement repérable alors que  $H_2$  non, donc on pourra prendre  $H_1$  plus une durée de sécurité.

Le premier prélèvement est effectué au temps  $T = H_2 - H_0$  et on effectue une suite de prélèvements successifs, environ 10, pendant la durée t, de façon à déterminer une concentration moyenne du traceur.

### Commentaires

Cette méthode semble prometteuse mais il sera sans doute nécessaire d'utiliser comme traceur le chlorure de lithium (le lithium est analysé par absorption atomique) au lieu du dichromate de sodium (analyse colorimétrique: la turbidité de l'eau a créé des difficultés lors des premiers essais).

#### 1.2.4e DBO-mètre - OXYTEMPS SEIN

##### Modèle

Oxytemps 20

##### Constructeur

Sein-Ecologie, 171 rue Verron, Alfortville, France

##### Prix

≈ 8,000.00 \$

##### Délais de livraison

- annoncés: 4 à 5 mois
- réels: 6 mois

##### Conditions à la réception

- Thermostat et enregistreuse dérèglés
- Instructions claires mais insuffisantes

##### Fiche technique

- Alimentation: 220 V initialement
- Nombre de voies: 8
- Volume de l'échantillon: 400 cm<sup>3</sup>
- Sensibilité des manomètres de déclenchement: 4 mm de Hg
- Agitation continue des échantillons par barreau magnétique à l'intérieur des flacons
- Vitesse d'injection maximale: 1'Unité DBO à toutes les 2 secondes
- Compteur à quatre chiffres et RAZ manuel
- Interrupteur de fonctionnement sur chaque voie

- Commutateur de commande de l'enregistreur optionnel pour 1 ou 10 injections
- Flacon de 0.5 litre en verre inactinique
- Anneau d'étanchéité pour assemblage coulissant
- Chaux sodée: 5 ml par flacon contenu dans un embout maintenu dans le bouchon du flacon
- Réserve d'oxygène: bouteille de 1 litre remplie à 100 bars avec robinet de conservation, type B. 1 O<sub>2</sub>, qualité H 45
- La climatisation est assurée par un groupe frigorifique à compression
- La régulation est commandée par un thermomètre installé dans la chambre de mesure
- La fourchette de régulation se trouve être à  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  avec possibilité de décalage
- Dans le cas de fonctionnement de l'Oxytemps 20 en ambiance inférieure à  $20^{\circ}\text{C}$ , un interrupteur commandant une résistance de 160 W se trouve accessible par le dessous de l'appareil, sur le boîtier de régulation
- L'homogénéisation de la température ambiante de l'enceinte s'effectue au moyen de deux ventilateurs
- Poids: 40 kg
- Dimensions 1275 x 450 x 350 mm
- Précision d'étalonnage et de dispersion:  $\pm 5\%$

### Modifications

Quelques modifications aux assemblages ont été apportées:

- Pose d'un adaptateur métrique pour les raccords entre la bouteille d'oxygène et le détendeur
- Pose de tubes en T aux extrémités de certains tuyaux en plastique pour les protéger contre le bris par torsion
- Pose de fiches d'embranchement nord américaines

### Vérification en laboratoire

L'appareil n'a pas donné satisfaction en rapport avec les spécifications

fournies par le constructeur (thermostat non étalonné et température réelle non correspondante).

### Installation

L'installation de l'appareil est relativement simple. Son poids et son volume causent toutefois certains ennuis. Jusqu'à date cet appareil n'a pas encore été complètement rodé et l'enregistreuse ne fonctionne pas parfaitement.

### Fonctionnement

L'appareil a déjà été essayé pendant trois semaines avec un certain succès. Une période de rodage d'au moins trois autres semaines est toutefois requise. Le problème de l'enregistreuse n'est qu'accessoire.

### Commentaires

Le maintien d'une pression partielle d'oxygène constante dans l'Oxytemps 20 est une idée très originale qui est appelée à faire son chemin. Le système de climatisation, quand il fonctionne bien, constitue aussi un avantage important qui devrait permettre la duplication des résultats. Nous n'avons pas encore fait des tests de comparaison avec les mesures de DBO habituelles.

Malgré l'encombrement qu'il représente, cet appareil pourra sans doute être emporté sur le terrain et installé dans un camion laboratoire à proximité d'une station de mesures.

#### 1.2.5 Enregistreurs

1.2.5a Enregistreurs graphiques ESTERLINE-ANGUS

Modèle

M24A07A4001

Constructeur

Esterline Angus Corp., Box 24000, Indianapolis, USA.

Distributeur au Canada

Intro-Test Ltd., 1024 Notre-Dame, Lachine, P.Q.

Coût

\$105.00 chaque

Délais de livraison

- annoncés: 4 semaines
- réels : 12 semaines

Conditions de réception

En bon état.

Fiche technique

Gamme: 0-1 VDC

Alimentation: 6VDC 24 mA

Déroutement: 2 RPM ou 1po/h

Largeur du graphique: 2 pouces  
Options: enregistreur d'évènement  
Précision annoncée: 2% du maximum

### Modification

Aucune.

### Calibration

Aucune (sauf ajustement du zéro).

### Installation

Branchement simple à l'aide d'une fiche.

### Fonctionnement et entretien

Quelques appareils ont vu leur base de temps dérivée de façon notable et ont été renvoyés. Aucun entretien n'est requis.

### Commentaires

Ces appareils comportent des désavantages assez importants:

- 1) Vu leur taille très réduite (ce qui est un attrait en soi), le changement de graphique n'est pas simple.
- 2) Leur précision est relativement faible, et puisqu'il est parfois souhaitable d'en tirer plus d'informations. Ils deviennent moins utiles. Dans leur version d'enregistreur d'évènement, ils s'avèreront probablement satisfaisants.

Cependant, il faut rappeler que ces enregistreurs sont prévus comme contrôles visuels, et en principe, leurs données ne sont pas utilisées pour l'interprétation. Dans ces conditions, leur précision suffit à nos besoins; il est nécessaire par contre que la base de temps soit fiable.

---

Remarque: ces enregistreurs sont du même type que les enregistreurs RUSTRAK.

## 1.2.5b Enregistreur - Décodeur ALEP

### Modèle

Enregistreur ED 7210A (8 voies)

Décodeur DC 7330

### Constructeur

ALEP Electronique, 10 rue Duployé, 38 Grenoble, France

### Coûts (janvier 1975)

ED 7210A 8 voies: \$1,280 + frais de douane et transport

DC 7330 : \$1,062 + frais de douane et transport

### Délais de livraison

Commandé le 8 janvier 1975

Reçu début avril 1975

### Conditions de réception

- 4 enregistreurs reçus dont:
  - 1) en état de marche suivant spécifications
  - 1) panne intermittente
  - 1) connexion erronée
  - 1) fil coupé
- un décodeur: en état de marche mais a nécessité un ajustement et une modification

### Fiche technique

Enregistreuse ED7210A: voir fiche constructeur (Tableau 1.6)

Décodeur DC7330: voir fiche constructeur (à peu près inexistante)  
(Tableau 1.7).

TABLEAU 1.6 Caractéristiques générales ALEP (enregistreur ED7210A)

Principe:	Enregistrement de données analogiques sur bande magnétique, par conversion tension-fréquence
Nombre de voies:	2 versions standard a) 8 voies (ED 7210 A 8) b) 16 voies (Ed 7210 A16) versions spéciales: de 1 à 16 voies (sur les modèles à partir de 2 voies, une voie est réservée au codage de l'heure)
Précision:	$\pm 0,5\%$ dans la plage 10 à 100% de l'étendue de mesure.
Linéarité:	0,5%
Niveau d'entrée:	Tensions différentielles avec excursion de même polarité a) en version standard de 0 à 500 mV (avec gain de 10, dépassement possible 20%) b) autres versions: 0 à 250 mV jusqu'à 0 à 10 V.
Courant d'entrée:	45 nA typique - 500 nA max
Intervalle entre cycles:	programmable de 1 minute à 32 heures
Cadence d'exploration des voies:	1 voie toutes les 0,75 seconde
Raccordement:	par connecteur 37 contacts
Alimentation:	a) interne: 5 piles de 1,5 volt (code CEI: R 20 ou taille D) contrôle de piles incorporé b) externe: par source extérieure 7,5 volts
Consommation:	a) hors cycle: 100 $\mu$ A b) durant les cycles: 400 mA
Capacité:	5400 points de mesure avec cassette C 90 (2 faces, non compris l'heure)
Autonomie:	14000 points de mesure en moins de 3 mois
Bande magnétique:	en cassette standard, type conseillé: cassette C90, bande au bioxyde de chrome
Température d'utilisation:	- 10 <sup>0</sup> C à + 40 <sup>0</sup> C
Étanchéité:	aux projections d'eau et au ruissellement en position coffret fermé
Dimensions:	385 x 310 x 145 mm
Poids:	7 kg environ

Tableau 1.7    Decodeur Alep DC 7330

BUT:    Pour le décodage des informations analogiques stockées sur bande magnétique (à l'aide de l'enregistreur de données multivoies ED. 7210) et leur transcription par imprimante ou perforatrice de bande.

- SPECIFICATIONS:
- Lecteur incorporé
  - Affichage mémorisé
  - Alimentations secteur incorporées
  - Sorties TTL, 4 Digits, Code BCD 1.2.4.8
  - Sortie d'une impulsion de contrôle de cycle

## Modifications

Enregistreuse ED 7210A: aucune modification systématique

Décodeur DC 7330: couplage à l'entrée

changement majeur prévu: base de temps pour contrôle de la durée de la fenêtre.

## Calibration

Sur deux exemples en laboratoire, l'ensemble enregistreur-décodeur donne pour chaque cas une précision de l'ordre de 1% (linéarité) avec une différence également de cet ordre entre les deux cas (pentes différentes).

## Installation

Enregistreur: connecteur 37 broches Amphéno1, alimentation 12 VDC: 2 bornes boîtier étanche au ruissellement

Décodeur : connecteur 37 broches Amphéno1, alimentation 220V AC

## Fonctionnement et entretien

Enregistreur: aucune panne complète, de multiples pannes intermittentes provenant de:

- multiplexeur introduisant des erreurs systématiques (ainsi que les relais)
- filtrage insuffisant des alimentations, alimentation insuffisante
- bruit possible à la sortie du timer
- enregistrement de mauvaise qualité
- transport PHILIPS maltraitant les cassettes, pas d'arrêt automatique en fin de cassette
- entretien: révision systématique avant les épisodes et réserver 1 canal pour une base de tension.

Décodeur : aucune panne complète.

Fonctionnement: - Problèmes de dérive du contrôle de la durée de la fenêtre de lecture

Entretien: - Transfert des registres par monostable  
Suivre la dérive mentionnée précédemment.

## Commentaires

### Principes

Le bruit introduit et codé ne peut se distinguer des données. Il n'existe pas d'enregistrement redondant pour contrôle.

### Réalisation

Erreurs de conception, composantes de qualité satisfaisante à l'exception du transport PHILIPS.

### Conclusion

Matériel sujet à de nombreuses pannes intermittentes difficilement détectables. Il est nécessaire de commander un autre type de matériel pour la deuxième partie du projet.

### 1.2.5c Enregistreur décodeur S.E.I.N.

#### Modèle

Enregistreur EMMA 8  
Décodeur LEM  
Interface sortie LEM - HP 3489

#### Constructeur

SEIN - ECOLOGIE, 171 rue Veron, Alfortville- France

#### Coûts (octobre 75)

Enregistreur EMMA 8	13 000 FF	(≈ 3000 \$)
Décodeur LEM	33 000 FF	(≈ 7600 \$)
Interface	5 000 FF	(≈ 1150 \$)

#### Délais de livraison

Commandé le 23/9/75  
Envoi prévu le 18/12/75

#### Description

Enregistrement:

- codage digital en série synchrone, enregistrement par modulation de phase
- enregistrement redondant, bit de parité
- transport Lenco
- entrées analogiques, digitales ou par impulsions
- intégration sur la période entre deux enregistrements
- multiplexeur analogique (pas de relais)

#### Décodage:

- synchrone avec contrôle de bruit
- contrôle de redondance et de parité par micro processeur
- transport Lenco de type ordinateur contrôle par microprocesseur
- branchement direct possible sur ordinateur HP2100A
- interface avec HP3489 pour contrôle d'avancement du transport (décodage plus rapide que la capacité du HP3489)

#### Evaluation

Faite sur place par D. Redmayne et vérification auprès d'E.D.F. Chatou

#### Principes

Moins sensible au bruit que système ALEP. Bruit détectable

#### Réalisation

Composantes de très bonne qualité, montage sérieux  
Coûts très élevés

#### Conclusion

Matériel commandé pour la seconde partie du projet

#### 1.2.5d Convertisseur de signaux INRS-Eau

Le rôle du convertisseur est:

- a) d'assurer l'interface entre les appareils correspondant à chacune des variables à mesurer, et le système d'enregistrement principal et éventuellement les enregistreurs de contrôle
- b) de permettre un contrôle ponctuel de chaque variable
- c) d'assurer le déclenchement des cycles de mesure sur certaines conditions (précipitations)
- d) de transmettre et décoder des informations reçues ou envoyées sur ligne de téléphone.

Compte tenu de la diversité des appareils d'entrée et de sortie, il a été décidé de concevoir et de réaliser les convertisseurs à l'INRS-Eau.

#### Coût

\$800.00 non compris le coût de développement

#### Délais de livraison

De 2 à 6 semaines sur les composantes, 2 semaines pour les circuits imprimés, 3 mois pour les boîtes.

#### Conditions de réception

Ne s'appliquent pas.

#### Fiche technique

Voir à titre d'exemple le plan du convertisseur des Saules (Fig. 1.34).



### Modifications

- le système de déclenchement reste à développer d'ici mars 76
- les compteurs sont à modifier pour éliminer le bruit
- la transmission et le décodage de données sur lignes de téléphone est également à développer.

### Calibration

Propre à chaque appareil (amplificateurs)

### Installation

7 prises Amphéno1 3 broches, 2 prises Amphéno1 37 broches  
Alimentation 110 VAC  
Boîte non étanche nécessitant un abri chauffé

### Fonctionnement et entretien

Alimentation 5V défectueuses, diodes de référence de mauvaise qualité entraînant une dérive des amplificateurs, bruit dans les compteurs.

### Commentaires

La version proposée pour la seconde partie du projet est identique à celle qui fonctionne actuellement. Reste à ajouter la partie communication et celle du déclenchement du cycle de mesure.

### CONCLUSION SUR LE MATERIEL

En conclusion, à la description des différents appareillages effectuée précédemment, il apparaît qu'il s'agit d'un matériel relativement sophistiqué, souvent très nouveau sur le marché, auquel on demande une grande fiabilité et une grande précision de mesure. Chacun des appareils doit donc être l'objet d'une vérification initiale systématique (vérification du fonctionnement en laboratoire, et vérification de la conception et de la réalisation de l'appareillage) qui doit être suivie ensuite d'un entretien à haute fréquence pendant toutes les périodes de mesures.

En conséquence, pour pouvoir utiliser correctement ce matériel, il devient indispensable qu'il soit sous la responsabilité d'équipes de terrain composées d'un personnel ayant les qualifications nécessaires; en particulier, à chaque équipe de terrain doit être attaché un technicien en électronique.

### 1.3 AMENAGEMENT DE BASE DES POINTS DE MESURE

#### 1.3.1 Aménagements sur le réseau d'égout

##### A L'abri et son aménagement

Dans le cadre du présent projet, il va sans dire que la qualité et la quantité d'appareils de mesure sont ni plus ni moins des gages de réussite. A la description des différents appareils retenus, le lecteur se rend vite compte que d'une part, autant de matériel ne peut physiquement être logé dans un regard d'égout de 36 pouces de diamètre, et d'autre part, que le dit matériel, relativement sophistiqué, doit être protégé au maximum. (intempéries, humidité, température, vandalisme, etc...).

Conséquemment, le seul moyen pratique de garder et entretenir cet équipement est de le placer dans un abri qui sera lui-même solide.

De plus, étant donné que les éléments de détection et les éléments enregistreurs doivent être nécessairement reliés, il est préférable de minimiser les distances parcourues; le plus simple et le plus efficace est donc de situer la station de mesure directement au dessus du regard d'égout. Ceci implique nécessairement que le regard ne devrait pas être au centre de la rue. En pratique, pour un bassin donné, il est souvent impossible de trouver un regard en dehors de la rue; il faudra alors placer la cabane hors de la rue et le relier à l'égout à l'aide d'une conduite enfouie sous la rue, ce qui augmente considérablement le coût des installations, mais est une nécessité.

La quantité et le format des appareils exigent une surface minimale de plancher que l'on peut évaluer à environ cinquante (50) pieds carrés. On y dépose généralement les échantillonneurs, les bonbonnes d'azote, le chargeur de batteries, les batteries 12V, des éléments du débitmètre, l'élément de chauffage. La trappe d'accès au regard d'égout occupe environ quatre pieds

carrés et est habituellement placée à l'extrémité opposé à la porte d'entrée.

L'aménagement type qu'on peut proposer est le suivant:

- Les murs recevront une table d'environ deux pieds sur cinq, fixée et quelques tablettes totalisant une surface minimale de 10 pieds carrés. La table recevra les appareils légers et de manipulation fréquente: enregistreuse magnétique, convertisseur de signaux. De plus, sur le mur, à la hauteur de cette table on trouvera un minimum de dix fiches et branchement 110V, contrôlées par un interrupteur.
- On trouvera également fixés au mur, deux horloges, l'une à pile, l'autre à courant alternatif, les accessoires d'attaches des bonbonnes de gaz, des dispositifs de contrôle visuel, d'autres prises électriques et d'un tableau de fusibles.
- La porte d'entrée aura trente pouces de largeur au minimum. Sur un des murs, il y aura une fenêtre grillagée ou, au moins, une trappe de ventilation (contrôlable).
- Au plafond, on aura un crochet vis-à-vis la trappe d'accès, utilisé pour suspendre du matériel dans le puits de regard.

## B Les services de la station

La description des appareils démontre clairement la nécessité d'une alimentation électrique importante. En effet, la rigueur de l'hiver exige le chauffage de la station, ce qui implique que la totalité des appareils consomme, en période de pointe, près de deux mille watts. L'emplacement de la station doit donc être tel qu'un raccordement soit possible. Advenant un refus d'un voisin, il faut faire appel à l'Hydro-Québec, ce qui nécessite l'au-

torisation préalable d'un inspecteur, lequel est appelé sur les lieux par un maître électricien. Evidemment, cette deuxième chaîne de procédure est beaucoup plus coûteuse mais parfois nécessaire.

En plus du courant alternatif nécessaire, plusieurs appareils s'alimentent sur courant continu 12 volts\*. Ainsi, un transformateur d'une capacité maximale de 6 ampères s'avère obligatoire. Divers chargeurs automatiques de type conventionnel ont été essayés sans trop de succès. En effet, ces appareils commerciaux sont tous bâtis sur un même principe qui résulte en une fuite occasionnelle de courant alternatif, qui pour des usages normaux (recharge de batterie d'auto) ne cause pas de problème. Nos appareils en souffrant, nous y avons remédié en installant deux accumulateurs: l'un en service, l'autre en recharge. De plus, dépendant de l'éloignement du bassin étudié, il faut pouvoir communiquer facilement avec le centre et un téléphone devient nécessaire.

Enfin pour 2 points de mesure (Ste-Foy et Les Saules) des lignes téléphoniques pour la transmission de données sont installées et reliées directement à l'ordinateur de l'INRS.

### 1.3.2 Aménagements sur le bassin

#### A Pluviomètre

Le pluviomètre est, en général, installé au milieu du bassin et doit donc être relié à la station de mesures pour l'enregistrement des données. Il est prévu d'assurer une liaison par ligne téléphonique entre le pluviomètre et l'abri de la station.

#### B Forages

Le niveau de la nappe est mesuré dans un forage et on y fait également des prélèvements d'eau de nappe.

---

\* Rappelons qu'un des critères de choix des appareils était d'avoir une alimentation sur batterie afin d'éviter la perte de données lors de pannes du secteur.

Le forage est effectué à l'aide d'une machine Boil X-Ray permettant, par battage ou rotation, de descendre à 30 pieds de profondeur. Un tube de  $\varnothing 3\frac{1}{2}$ " est ainsi enfoncé dans le sol. Une crépine Johnson de  $\varnothing 2$ ", no. 20, y est introduite et surmontée d'un tube en PVC de même diamètre. La crépine a une longueur de 3', et le tube est ajusté à la surface du sol. Du sable est introduit entre le "tube" et la crépine pour éviter le colmatage. Une cimentation (par ciment ou bentonite, ou mélange) est réalisée après que le "tube" ait été ôté pour empêcher l'infiltration d'eau le long du tube. La tête du forage est alors équipée d'un bouchon et d'une plaque de protection en fonte. (Figure 1.35). Le capteur de pression est placé au fond du forage dans la crépine et est relié par ligne téléphonique à la station de mesures pour l'enregistrement des données; la conception du système de transmission est actuellement en cours.

#### C Dispositifs de mesure pour les apports supplémentaires

Il s'agit de mesures à la source même des apports supplémentaires suivants (Tome 1 - Chapitre 3):

- apports souterrains dans les drains français, les drains sanitaires;
- apports par ruissellement sur et autour des couvercles de manholes sanitaires.

Les dispositifs proposés (Figures 1.36, 1.37, 1.38, 1.39) requièrent l'utilisation de pompes commandées par le niveau dans un réservoir. On enregistre la durée de fonctionnement. Cette solution nécessite cependant des visites périodiques pour enlever les solides accumulés.

Les phénomènes de percolation seront en outre étudiés en laboratoire puis sur le terrain (mesures d'humidité autour des fondations des bâtiments).

#### D Mesure du débit à la consommation

Deux types de mesures sont prévus:

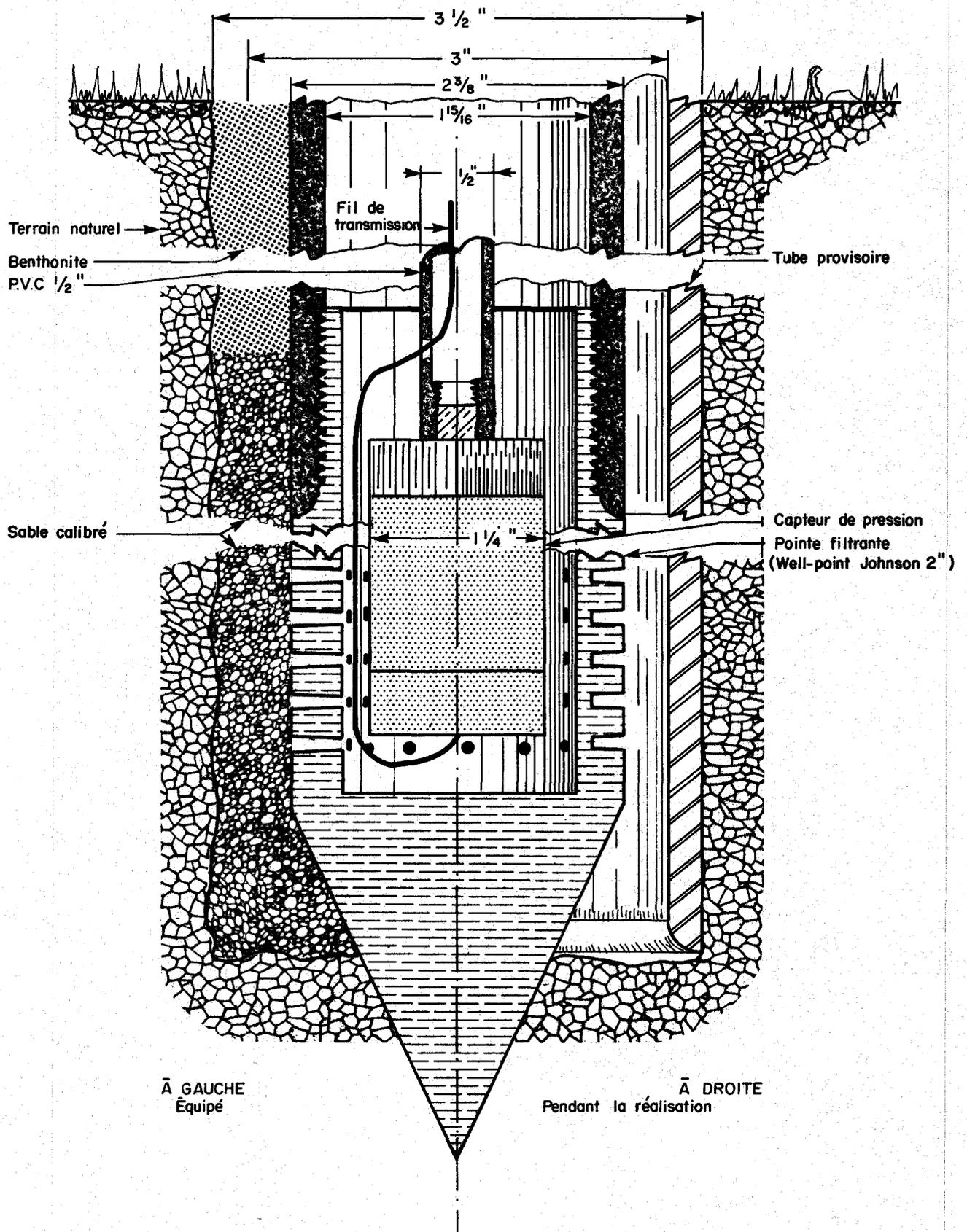


Fig .I.35. Coupe d'un forage

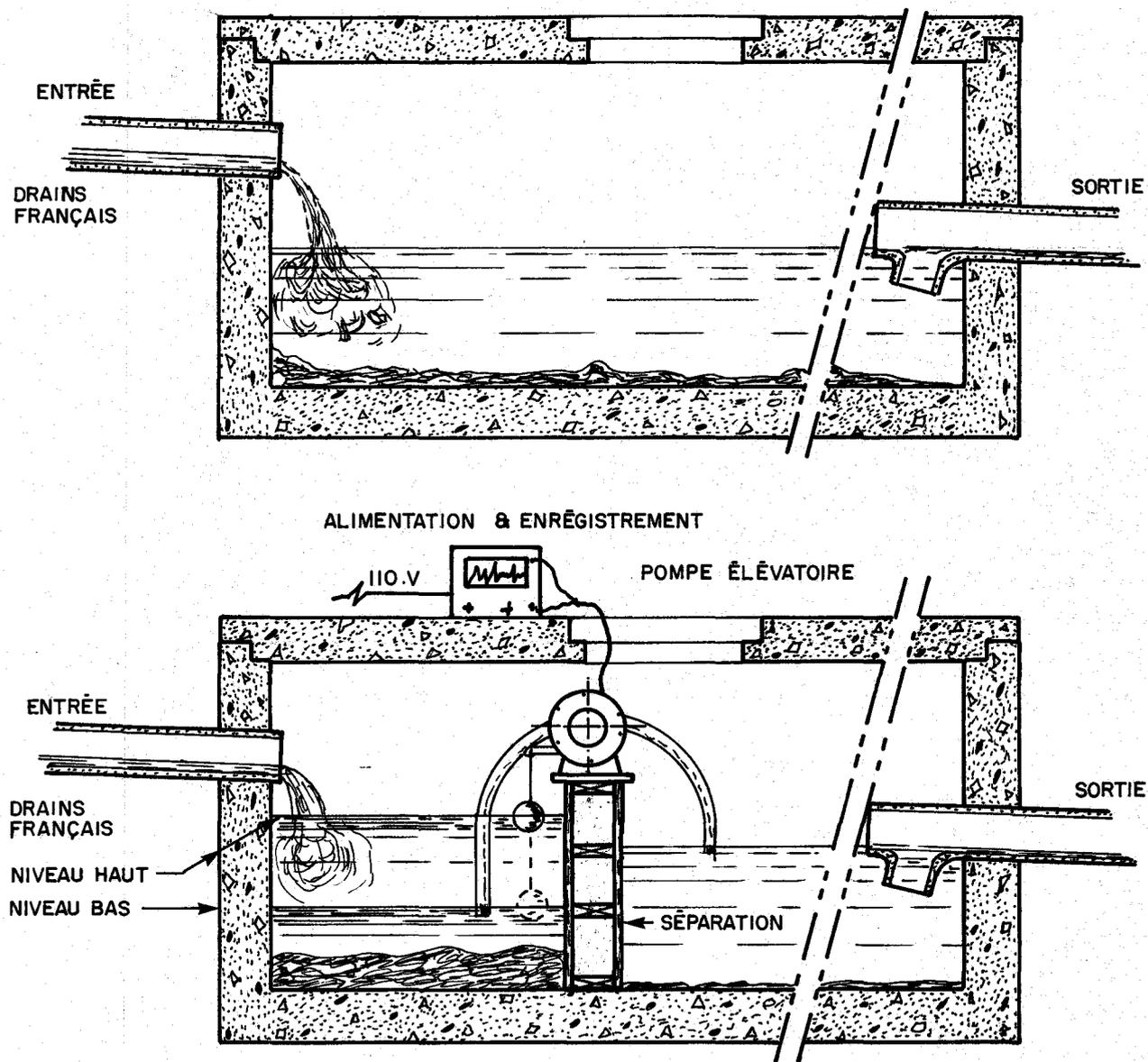


Fig. I.36 . Système de mesure de débit pour apports par les drains français ; cas des fosses de retenue .

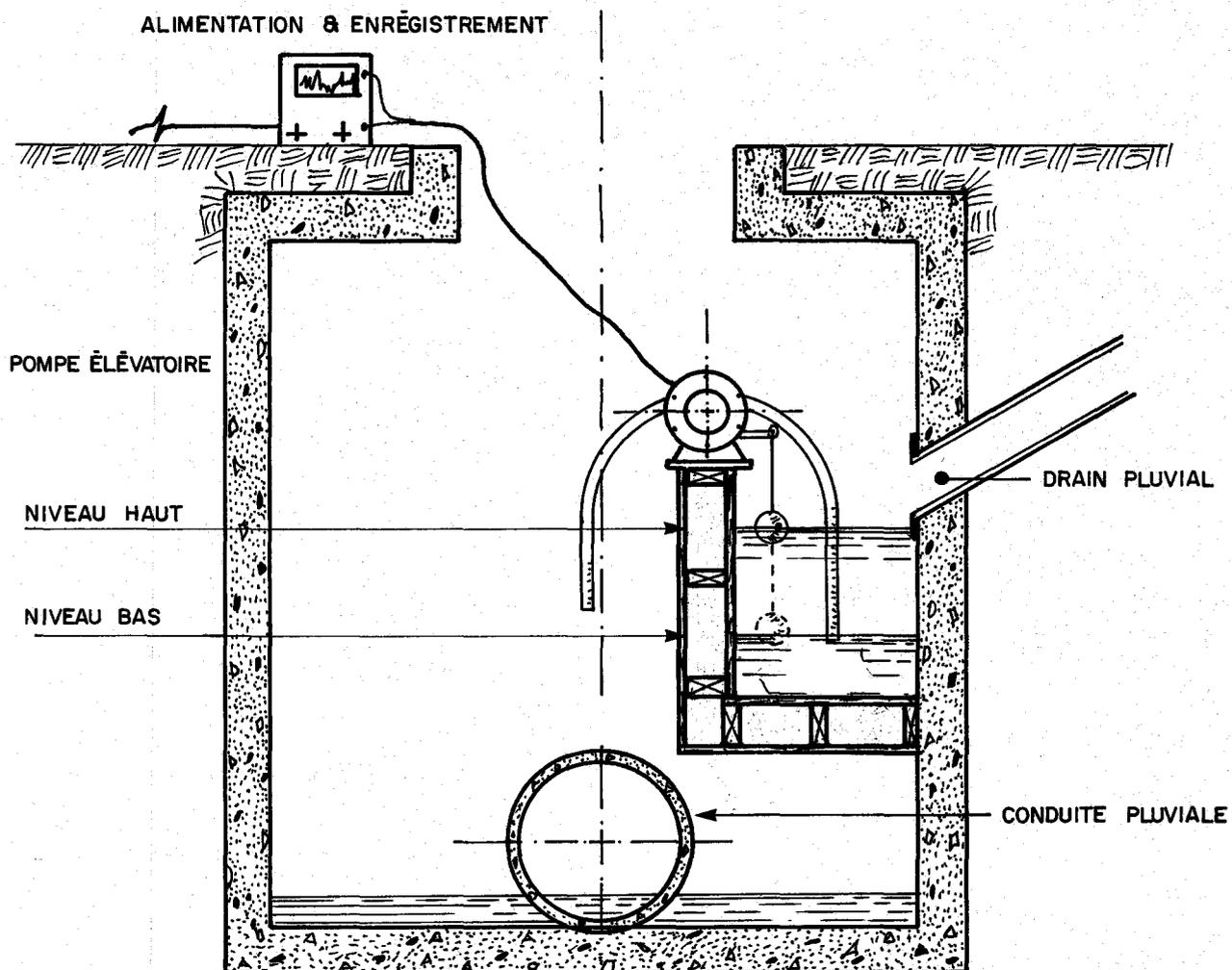


Fig. I.37 . Système de mesure de débit pour apports par les drains français; cas d'un raccordement privé dans un puits de regard pluvial .

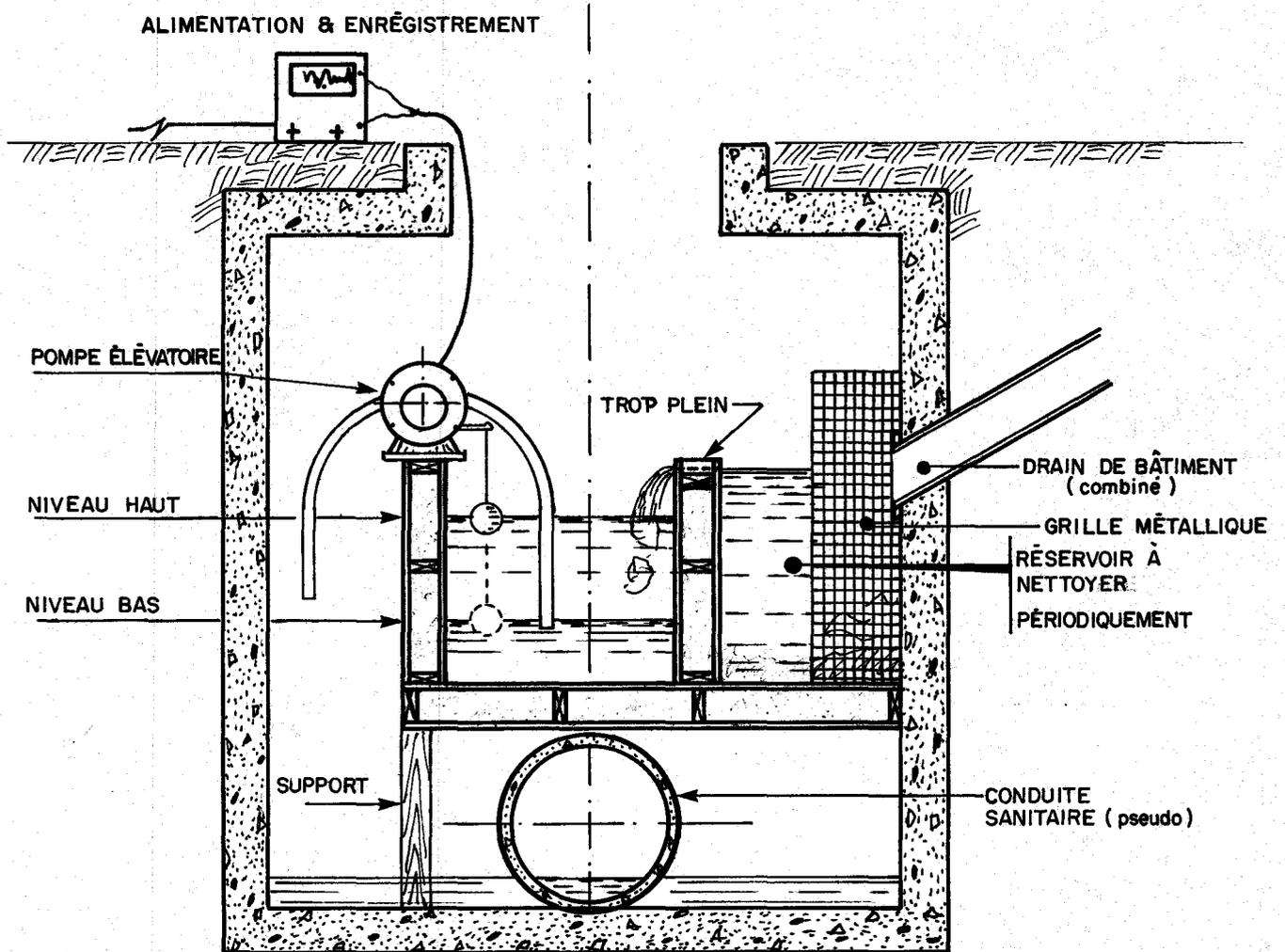


Fig. I. 38 . Système de mesure de débit pour apports par drain sanitaire du type pseudo-séparé ( cas d'un raccordement privé dans un puits de regard ) .

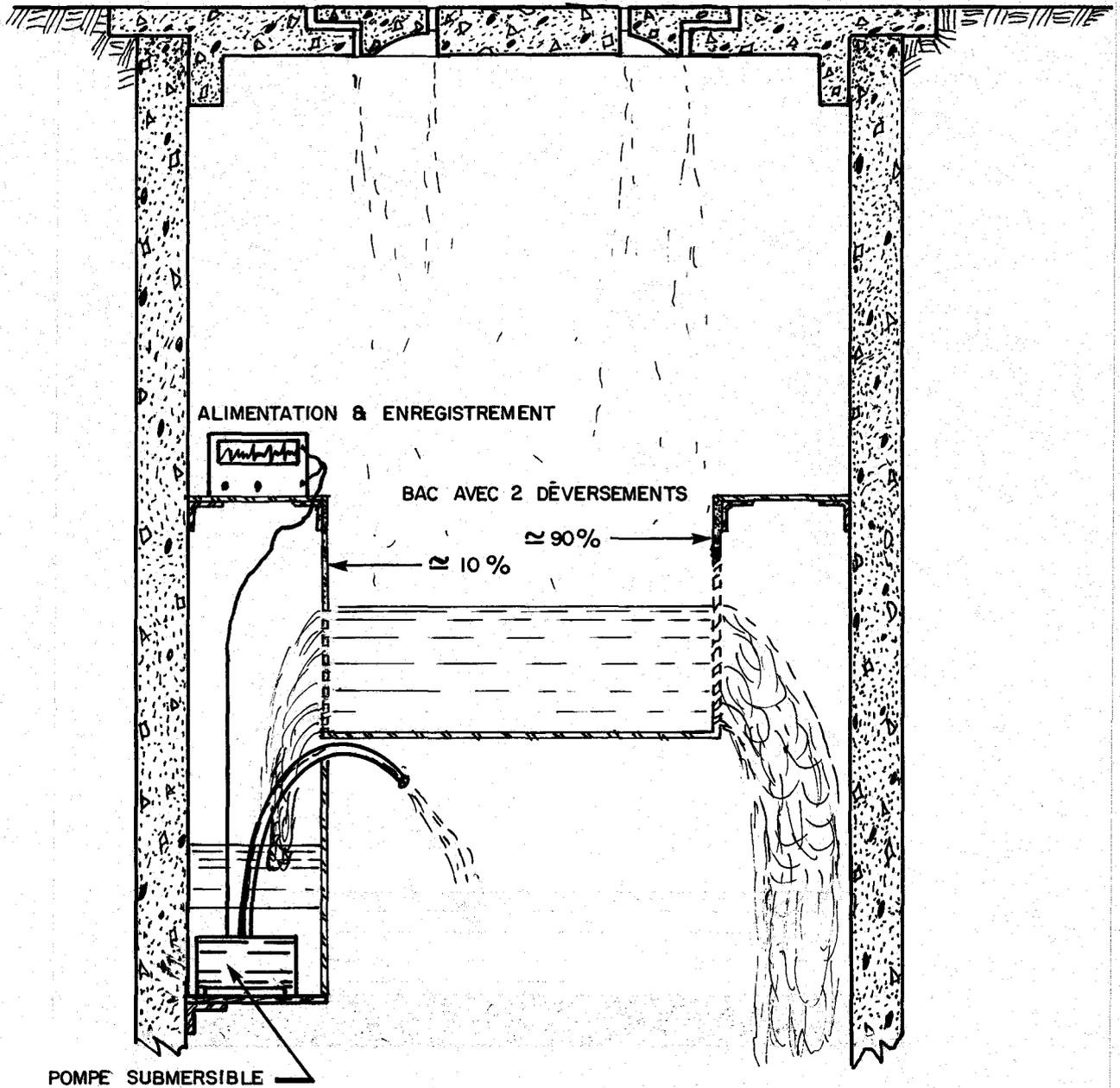


Fig . I.39 . Système proposé pour la mesure du débit des eaux pénétrant par les puits de regard .

- dans un cas, on fera une mesure du débit alimentant un quartier dont on étudie le réseau d'égout sanitaire (ou combiné). Ceci nécessite la construction d'une chambre de mesures sur la conduite d'aqueduc à l'entrée du quartier pour l'installation de deux vannes de 6 pouces et d'un compteur de 4 pouces. Les débits sont enregistrés après transmission sur ligne téléphonique.
- on sera appelé d'autre part à mesurer la consommation de certains gros utilisateurs (commerces, services) à l'aide d'un compteur; les données sont également transmises par ligne de téléphone pour l'enregistrement.

### 1.3.3 Montants associés à l'aménagement des stations de mesure

- Aménagements à l'exutoire du réseau d'égout par installation:

L'ensemble des investissements nécessaires à l'équipement du point de mesure lui-même figure au Tableau 1 (Chap. 3, Tome 4). On remarquera une réserve de 20% dès le départ de façon à maintenir un stock suffisant pour continuer à opérer pendant que le matériel est en réparation. Par ailleurs, on trouvera ci-dessous les coûts associés à l'installation et à l'opération. On notera qu'il est prévu un montant annuel équivalent à 20% de l'investissement initial comprenant la réserve.

A	Installation du regard et de l'abri (outillage, location de services pour l'aménagement du puits de regard, et de la tranchée reliant le regard à l'abri)	\$2000.
B	Entretien du matériel (20% de l'investissement moyen par regard, à savoir \$19,000) par an	\$3800.
C	Opération . outillage pour modifications du regard, chartes, cassettes, bonbonnes...	

	. entente avec les riverains pour l'emplacement de l'abri, les forages, la pose du pluviomètre..	\$1000/an
	. assurances particulières	
D	Consommation d'électricité et location de lignes de téléphone	\$1000/an
-	Aménagements sur le bassin pour les mesures supplémentaires	
E	Pluviomètre	
	Location de l'emplacement du pluviomètre	inclus dans l'item C
	Installation et location d'une ligne de téléphone	\$25 + \$180/an (inclus dans l'item D)
F	Mesure du débit des drains français	
	Appareillage de mesure (pompe, système de déclenchement sur le niveau, contrôle)	\$300
	Enregistreur	\$200
	Installation	\$450
	Installation et location d'une ligne de téléphone	\$25. + \$180/an
G	Mesure des volumes d'eaux pénétrant par les couvercles de puits de regard	
	Développement et mise au point	\$1000
	Appareillage (déversoir, pompe, batterie, enregistreur), par installation	\$700.
H	Mesure d'humidité du sol (étude de la percolation)	
	Développement et mise au point des techniques de mesures	\$1000
	Appareillages de mesure et installation autour des fondations, par maison	\$500
I	Mesure du débit de consommation d'un quartier	
	Chambre de mesures	\$6000
	Deux vannes de 6 po	\$1200

	Installation	\$1500
	Compteur de 4 po	\$2000
	Une voie dans le convertisseur de signaux	\$250
	Installation et location d'une ligne de téléphone	\$25 + \$180/an
J	Mesure de la consommation d'un usager spécifique	
	Compteur	\$150
	Installation	\$50
	Une voie dans le convertisseur de signaux	\$250
	Installation et location d'une ligne de téléphone	\$25 + \$180/an
-	Montants nécessaires à l'installation et à l'opération sur l'ensemble des bassins	
K	Opération foreuse	\$750/an
L	Inspection télévisée des réseaux si nécessaire (réserve)	\$1500

---

Remarque: Les mesures F, G, H, I, J ne sont pas nécessairement effectuées sur tous les bassins; on prévoit respectivement 10, 5, 10, 1 et 10 installations en moyenne pour l'ensemble des bassins.

#### 1.4 ENTRETIEN ET OPERATION DU MATERIEL

L'étude demande l'emploi d'appareils nouveaux sur le marché et qui sont rarement tout à fait adaptés à nos besoins.

Les problèmes rencontrés se situent à deux niveaux:

- a) très peu de matériel a été spécifiquement conçu pour l'usage en égouts sur le terrain (problèmes de conception);
- b) lorsque la conception est bonne, c'est la réalisation qui peut laisser à désirer (précision, fiabilité).

Les conséquences sont les suivantes:

- a) le matériel ne répond pas à l'ensemble des besoins;
- b) la fiabilité est plus que douteuse et nécessite d'avoir recours
  - . à un taux de réserve élevé (ex: achat de 3 appareils pour s'assurer qu'au moins un pourra être utilisé sur toute la période de mesure),
  - . au fabricant et/ou distributeur pour les réparations. Ce qui peut coûter cher et prendre beaucoup de temps alors que la composante défectueuse pourrait être disponible sur place en quelques jours.
- c) Le choix se porte parfois sur des appareils très simplifiés qui:
  - . peuvent empêcher d'atteindre certains des objectifs visés,
  - . nécessitent une main d'oeuvre nombreuse et en conséquence limitent le volume de mesure que la même équipe peut réaliser.

Compte tenu de ces problèmes et des coûts associés aux mesures et aux prélèvements, le Centre a vu la nécessité de se doter d'une équipe spécialisée dans la modification, les essais et la réparation de matériel comme:

- systèmes de mesure de débits dans un égout;
- échantillonneur pour prélèvement sur base de temps, proportionnel au débit, mixte:
- enregistrement de divers paramètres comme hauteur, débit, précipitations, température, conductivité et autres paramètres mesurés par électrode.

Dans cet optique, le Centre prévoit de maintenir deux (2) stations opérationnelles dans la région de Québec dans les buts énumérés ci-haut, à savoir; la vérification du matériel à long terme afin d'y apporter des améliorations éventuelles et des modifications qui pourront mieux adapter le matériel à nos besoins. Les avantages mis de l'avant sont les suivants:

a) Matériel existant

- . la réparation rapide du matériel mentionné permet d'augmenter l'efficacité des équipes de terrains avec le matériel déjà acquis, et de limiter l'achat de nouveaux équipements;
- . les améliorations possibles au matériel déjà acquis iraient également dans le même sens;
- . les essais en laboratoire ou sur des points de mesure-tests permettraient d'établir la précision souvent inconnue de certains appareils (mesures de niveaux, de débits, base de temps des échantillonneurs);
- . sur un autre plan, certains services utilisent déjà des équipements identiques (échantillonneur ISCO, limni. EASTERLINE ANGUS) et dans ce cas on peut envisager:
  - . la création d'un stock complet de pièces,
  - . éventuellement une utilisation commune des appareils de réserve qui seraient alors plus disponibles.

b) Matériel à venir

- . la confrontation des expériences acquises est certainement très précieuse lorsque vient le temps des achats;
- . le développement d'appareils fiables répondant à l'ensemble des besoins n'est certainement pas hors de portée de l'équipe proposée et pourrait constituer un objectif intéressant, bien qu'il ne soit pas question de commercialiser quoi que ce soit. Mentionnons simplement qu'il est déjà arrivé à l'INRS-Eau qu'une compagnie souhaite subventionner des travaux de développement touchant des produits de sa fabrication;
- . l'utilisation de matériel plus sophistiqué est rendue possible. Mentionnons par exemple:
  - couplage débit échantillonneur,
  - échantillonnage très souple (fréquence) et plus représentatif: doses multiples par bouteille, meilleure technique de préservation,
  - mesures de débit précises, plus nombreuses et représentatives (intégration).

De plus, l'utilisation d'enregistreurs magnétiques permet d'augmenter la fréquence de mesure, de dater les prélèvements, d'éviter les problèmes de dérive des bases de temps, d'automatiser le dépouillement comme c'est déjà le cas pour les mesures de niveau en rivières. Ces éléments visent principalement à améliorer la souplesse et la précision des mesures, mais il faut également mentionner l'augmentation de l'efficacité des équipes de terrains.

CHAPITRE 2

Analyse qualitative des échantillons

## 2.1 DESCRIPTION DES PARAMETRES ET METHODES ANALYTIQUES

Il existe un grand nombre de paramètres qui peuvent être utilisés pour l'étude qualitative d'un réseau d'égouts. Dans le cadre de ce projet nous sommes limités par des problèmes de temps d'échantillonnage, de préservation, de transport des échantillons des bassins d'études aux laboratoires de l'INRS-Eau ainsi que par la capacité d'analyse de ces mêmes laboratoires. La dissémination des bassins d'études et le personnel restreint assigné sur le terrain sont d'autres facteurs à prendre en considération. Nous avons donc retenu un certain nombre de paramètres caractéristiques que nous utilisons pour identifier les différentes provenances des eaux véhiculées dans les égouts lors d'épisodes spécifiques.

Ces paramètres sont les solides totaux (volatils et non volatils), les solides en suspension (volatils et non volatils), la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), le carbone organique total (COT), l'azote Kjeldahl total (NKT), l'azote ammoniacal, les nitrites et nitrates, le phosphore total, le phosphore hydrolysable et les orthophosphates, les détergents, les huiles et les graisses, la dureté totale, le sodium, le carbone organique total (CIT), les chlorures et les sulfates. Les éléments traces comme le plomb, le zinc, le cuivre et le fer sont aussi importants.

On doit souligner que la plupart de ces paramètres seront analysés non seulement sur la fraction soluble des échantillons mais aussi sur l'échantillon complet (sans filtration préalable), puisque dans les eaux usées, on retrouve des pourcentages notables de certains éléments contenus dans les particules solides ou adsorbés à leur surface.

Ces paramètres sont analysés sur des échantillons individuels ou composés tel que proposé dans la méthodologie propre à chaque épisode (Tome 1). Les Tableaux 2.1, 2.2 et 2.3 représentent respectivement pour les bassins d'égouts sanitaires, pluviaux et combinés, le nombre d'analyses requises en fonction des différentes provenances étudiées.

Tableau 2.1. Nombre d'analyses par bassin pluvial (pseudo-séparé)

APPORTS	PARAMETRES															PARAMETRES																		
	ST	STV	TOC	TIC	DBO <sub>5</sub>	DCO	Norg. dissous	Norg. total	N <sub>NH<sub>4</sub></sub> dissous	N <sub>NH<sub>4</sub></sub> total	NO <sub>2</sub> -N	P <sub>t</sub> dissous	P <sub>t</sub> total	Ortho-P dissous	Ortho-P total	Pinorg total	Fuly-p total	Déters.	huiles	dureté totale	dureté calcique	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Pb dissous	Pb total	Cu dissous	Cu total	Zn dissous	Zn total	Fe dissous	Fe total		
sanitaire	42(a)	42(a)	49(b)	7(e)	7(c)	7(c)	42(a)	42(a)	42(a)	7(e)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(d)	7(c)	7(a)		7(e)	7(e)	7(a)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	
épilage	48(g)	48(n)	51(h)	3(i)	3(i)	3(i)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	48(g)	4(i)	3(i)	48(g)		48(g)	3(i)	48(g)	3(i)	3(i)	3(i)	3(i)	3(i)	3(i)	3(i)	3(i)	3(i)	
fontes	24(j)	24(j)	28(k)	4(l)	4(l)	4(l)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	24(j)	4(i)	4(i)	4(i)		4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	4(i)	
pluie	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12		
percolation (m)																																		
neige (n)																																		
lavage de rues																																		
TOTAL	126	126	152	38	24	38	138	138	138	138	102	138	138	138	138	138	138	50	30	83		83	38	83	32	32	32	32	32	32	32	32	32	
Atteint - eau de lavage de rues (o)				16							16									16	16		16	16		16	16	16	16	16	16	16	16	
neige (p)			16	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16		16	16		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
eau de ruissellement des toits (q)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
eau de fonte sur les toits (r)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
eau de précipitation (s)	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1	1							1			1	1	1	1	1					1	1	
eaux non urbaine																																		
GRAND TOTAL	129	129	165	61	28	59	151	151	151	151	126	151	151	150	150	150	150	58	50	106	16	96	61	106	45	45	54	54	54	54	55	55	55	
/analyse	1,95	2,00	3,60	1,80	3,50	1,00	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	7,50	1,80	1,80	1,80	4,25	1,80	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	1,80	1,80		
Total	251,55	258,90	594,00	109,80	48,00	95,00	271,80	271,80	271,80	271,80	226,80	271,80	271,80	270,00	270,00	270,00	270,00	270,00	104,40	875,00	190,80	28,80	172,80	259,25	190,80	191,25	191,25	229,50	229,50	229,50	229,50	99,00	99,00	

(a) Basé sur 6 échantillons analysés par jour sur 7 jours.

(b) La même base que (a) mais un 7<sup>ème</sup> échantillon composite journalier pour calculer la relation DBO/DCO/TOC.

(c) 1 composite journalier pendant 7 jours.

(d) Si c'est possible au laboratoire, si non, 7 échantillons/bassin sur la même base que (c).

(e) Mesures reliées à la qualité de l'eau d'apport et servant de base "sanitaire" pour l'étape ultérieure des autres événements (pluie, fonte de neige, remontée de la nasse).

(f) 1 composite/semaine, mesures servant de base pour l'apport sanitaire.

(g) Basé sur la première fonte seulement (celle pour laquelle il y a encore de la neige sur les toits) à raison d'un composite/heure pendant 2 jours.

(h) Même base que (g) plus 1 composite/jour plus 1 échantillon pour déterminer la base.

(i) 1 composite/jour + 1 échantillon pour déterminer la base.

(j) Échantillonnage d'une seule pluie pendant 4 heures avec une fréquence de 6 bouteilles/heure (10 minutes).

(k) Même base que (j) + 1 bouteille pour les conditions initiales + 3 composites en fonction du débit (2 pour la phase ascendante).

(l) 1 bouteille pour les conditions initiales + 3 composites en fonction du débit selon l'hydrogramme (voir (k)).

(m) Basé sur 1 bouteille/2 heures (base de temps fixe) pendant les 24 heures suivant la fin de l'épisode ruissellement.

(n) 6 épisodes spécifiques dans la nuit entre 2 heures et 6 heures à raison de 1 bouteille/2 heures.

(o) 1 composite pendant 48 heures durant l'épisode fonte + 6 échantillons lors des mesures des apports souterrains + 1 échantillon lors de l'épisode pluie + 1 échantillon lors de l'épisode percolation + 7 échantillons/jour durant l'épisode sanitaire.

(p) 6 échantillons lors des mesures des apports souterrains + 1 échantillon lors des épisodes fonte, pluie, percolation + 1 échantillon/jour durant l'épisode sanitaire.

(q) 1 échantillon lors de l'épisode pluie.

(r) 1 échantillon lors de l'épisode fonte de neige.

Tableau 2.2. Nombre d'analyses par bassin sanitaire (pseudo-séparé)

PARAMETRES	PARAMETRES																																		
	ST	STV	TIC	TIC	DBO <sub>5</sub>	DCO	Norg	Nora	NH <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	P <sub>t</sub>	P <sub>t</sub>	Ortho P	Ortho P	P <sub>inorg</sub>	Poly-p	déterg.	huiles	dureté	dureté	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub>	Pb	Pb	Cu	Cu	Zn	Zn	Fe	Fe			
BASSIN D'EGOUT	sanitaire (a)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	délagage	14(b)	14(b)	14(b)	2(c)	2(c)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	2(c)	2(c)	14(d)	14(c)	14(b)	14(b)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)
	ruisseau	72(e)	72(e)	72(e)	5(f)	5(f)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	2(c)	2(c)	72(e)	72(e)	72(e)	72(e)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)	5(f)
	pluies	72(g)	72(g)	72(g)	12(i)	12(i)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	72(g)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)	12(i)
	percolation (j)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
neige (k)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
lavage de rues	14(b)	14(b)	14(b)	2(c)	2(c)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	14(b)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)	2(c)
TOTAL	210	210	234	71	59	130	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	2	2	71	150		150	83	150	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	
BASSIN D'EGOUT	épandage eau de lavage de rues (l)																																		
	ruisseau (m)			17	17		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17			17	17		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	
	ruisseau à St-Pascal (n)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	eau de fonte (o)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	eau non urbaine (p)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
SANS TOTAL	236	236	277	115	81	177	265	265	265	266	265	265	265	261	261	251	261	2	114	194	1	193	127	194	114	114	111	111	111	111	111	111	115		
S/analyse	1,25	2,00	1,60	1,80	1,50	1,90	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	17,50	1,80	1,80	1,80	530,75	349,20	484,50	484,50	421,75	421,75	421,75	421,75	421,75	199,80	207,00		
S total	460,20	472	597,20	207	281,50	336,30	477,00	477,00	477,00	478,80	477,00	477,00	469,80	469,80	469,80	469,80	3,60	1995,00	349,20	1,80	347,40	530,75	349,20	484,50	484,50	421,75	421,75	421,75	421,75	421,75	199,80	207,00			

(a) 1 composite par jour pendant 1 à 2 jours en période de débit par temps sec (vérification des raccords sanitaires illégaux).  
 (b) 1 échantillon composite de 2 bouteilles remplies aux cinq minutes pendant 2 heures - 1 échantillon représentatif des conditions précédant l'épisode - 1 composite fonction du débit durant l'épisode.  
 (c) 1 échantillon représentatif des conditions précédant l'épisode + 1 composite fonction du débit durant l'épisode.  
 (d) dureté calcique sur la même base que (a).  
 (e) 1 bouteille composite/heure formée d'au moins 4 doses unitaires pendant 48 heures pour la première fonte et pendant 24 heures pour la seconde fonte.  
 (f) Première bouteille pour les conditions initiales + 1 composite journalier pour les 2 échantillons.

(g) 1 composite de plusieurs doses unitaires (si possible) tous les 10 minutes pendant 2 à 4 heures suivant le début de la précipitation pour chacune des pluies: pluie avec temps sec inférieur à 3 jours, pluie avec temps sec supérieur à 3 jours et pluie d'automne après la chute des feuilles.  
 (h) Même base que (g) + 1 première bouteille pour déterminer les conditions initiales + 3 composites en fonction du débit (2 composites pour la phase ascendante de l'hydrogramme + 1 composite pour la phase descendante) pour chacune des pluies.  
 (i) 1 première bouteille pour déterminer les conditions initiales + 3 composites selon l'hydrogramme (voir (h)) pour chacune des pluies.  
 (j) Basé sur 1 bouteille/2 heures (base de temps fixe) pendant les 24 heures suivant la fin de l'épisode ruissellement.  
 (k) 6 périodes de mesures durant les 3 épisodes pluies et les 3 épisodes percolation pendant 4 heures à raison de 1 bouteille/2 heures.

(l) Eau de lavage du camion lors de l'épisode lavage de rue.  
 (m) 1 échantillon pour les épisodes dégelage, débit par temps sec, les 2 fontes, les 6 épisodes pour les apports souterrains aux conduites, les 3 épisodes pluies et percolation et l'épisode lavage de rues.  
 (n) 1 échantillon du mélange de fonte lors de l'épisode dégelage, 1 échantillon du banc de neige lors des épisodes fonte 1 et fonte 2, ainsi qu'un échantillon de la couche neige lors de l'épisode fonte 2.  
 (o) 1 échantillon lors des 3 épisodes de pluies + 1 échantillon lors de l'épisode de lavage de rues.  
 (p) 1 échantillon des 3 épisodes de pluies + 1 échantillon lors de fonte 2.  
 (q) ruisseau à St-Pascal: 1 échantillon pour les épisodes dégelage, débit par temps sec, les 2 fontes, les 3 pluies, les 6 périodes de mesures pour les apports souterrains et pour l'épisode lavage de rues.

Tableau 2.3. Nombre d'analyses par bassins combinés

		PARAMETRES																																		
APPORTS		NT	STV	TOC	TIC	DB <sub>5</sub>	DCD	Norg. dissous	Norg. total	N <sub>NH<sub>4</sub></sub> dissous	N <sub>NH<sub>4</sub></sub> total	NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	P <sub>t</sub> dissous	P <sub>t</sub> total	Ortho-P dissous	Ortho-P total	P <sub>inorg</sub> total	Poly-P	déterg.	huites	dureté totale	dureté calcique	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P <sub>b</sub> dissous	P <sub>b</sub> total	Cu dissous	Cu total	Zn dissous	Zn total	Fe dissous	Fe total			
EAU D'EGOUT	sanitaire	42(a)	42(b)	42(c)	7(c)	7(c)	7(c)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	7(e)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(a)	42(d)	7(c)	7(e)		7(e)	7(e)	7(e)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)	1(f)
	déglacage	19(g)	19(g)	19(g)	2(h)	2(h)	2(h)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)		2(h)	2(h)		2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)
	pluies	22(i)	22(i)	22(i)	5(j)	5(j)	5(j)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)	22(i)		5(j)	5(j)		5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)	5(j)
	perculation (p)	72(k)	72(k)	72(k)	12(m)	12(m)	12(m)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)	72(k)		12(m)	12(m)		12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)	12(m)
EAU D'EGOUT	nappe (q)	19(g)	19(g)	19(g)	2(h)	2(h)	2(h)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)		2(h)	2(h)		2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)
	lavage de rue	19(g)	19(g)	19(g)	2(h)	2(h)	2(h)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)	19(g)		2(h)	2(h)		2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)	2(h)
	TOTAL	260	260	291	76	64	113	272	272	272	272	237	272	272	272	272	272	272	272	42	76	177		177	110	177	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
	apport eau de lavage de rues (n)				23								23										23	23		23	23		23	23	23	23	23	23	23	23
ECLAIRAGE	nappe (s)			23	23		23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23		23	23		23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
	eau de ruissellement (r)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
	eau de fonte (s)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	eau de précipitation (t)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		4	4		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ECLAIRAGE	eau non urbaines																																			
	GRAND TOTAL	277	277	33	139	77	149	312	312	312	312	309	312	312	308	308	308	308	42	116	240		217	173	240	110	110	129	129	129	129	129	133	133	133	
	\$/analyse	1.95	2.09	3.60	1.80	3.50	1.90	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	17.50	1.80	1.80		1.80	4.25	1.80	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	4.25	1.80	1.80	
	\$ total	540.15	584.	118.80	251.70	269.50	283.10	561.60	561.60	561.60	561.60	549.00	561.60	561.60	554.40	554.40	554.40	554.40	554.40	735.00	208.80	432.00		390.60	735.25	432.00	467.50	467.50	548.25	548.25	548.25	548.25	239.40	239.40	239.40	

- (a) Basé sur 4 échantillons analysés par jour sur 7 jours.
- (b) La même base que (a), mais un 7ème échantillon composite journalier pour calculer la relation DB<sub>5</sub>/DCD.
- (c) 1 composite journalier pendant 7 jours.
- (d) Si c'est possible au laboratoire, si non 7 échantillons/bassin sur la même base que (c).
- (e) Mesures reliées à la qualité de l'eau d'aqueduc et servant de base "sanitaire" pour l'étude ultérieure des autres événements (pluie, fonte, etc...).
- (f) 1 composite/semaine, mesures servant de base pour l'apport sanitaire.
- (g) 1 échantillon composite (10 min) de 2 bouteilles remplies aux cinq minutes pendant 2 heures + 1 échantillon composite (10 min) de 2 bouteilles remplies aux cinq minutes pendant l'heure précédant l'épisode + 1 composite fonction du débit durant l'épisode.
- (h) 1 composite sur les 6 composites prélevés durant l'heure précédant l'épisode + 1 composite sur les 12 composites prélevés durant les 2 heures de l'épisode.

- (i) 1 bouteille composite/heure formée d'au moins 4 doses unitaires pendant 48 heures pour la première fonte et pendant 24 heures pour la seconde fonte.
- (j) Première bouteille pour les conditions initiales + 1 composite journalier pour les 2 épisodes.
- (k) 1 composite de plusieurs doses unitaires (si possible) tous les 10 minutes pendant 2 à 4 heures suivant le début de la précipitation pour chacune des pluies: pluies avec temps sec inférieur à 3 jours, pluie avec temps sec supérieur à 8 jours et pluie d'automne après la chute des feuilles.
- (l) Même base que (k) + 1 première bouteille pour déterminer les conditions initiales + 3 composites en fonction du débit (2 composites pour la phase ascendante de l'hydrogramme et 1 composite pour la phase descendante) pour chacune des pluies.
- (m) 1 première bouteille pour déterminer les conditions initiales + 3 composites selon l'hydrogramme (voir (l)) pour chacune des pluies.
- (n) Basé sur 1 bouteille/2 heures (base de temps fixe) pendant les 24 heures suivant la fin de l'épisode ruissellement.
- (o) 6 périodes de mesures durant les 3 épisodes pluies et les 3 épisodes percolation pendant 4 heures à raison de 1 bouteille/2 heures.

- (p) 1 échantillon/jour de l'eau d'aqueduc durant l'épisode sanitaire + 1 échantillon lors des épisodes déglacage et lavage de rues + 1 échantillon pour chacune des épisodes fontes et pluies + 6 échantillons lors des mesures des apports souterrains + 1 échantillon lors des mesures de percolation après les épisodes pluies.
- (q) 1 échantillon/jour durant l'épisode sanitaire + 6 échantillons lors des mesures des apports souterrains + 1 échantillon lors des épisodes fonte, pluie, percolation, déglacage, lavage de rue.
- (r) 1 échantillon de ruissellement sur les toits et dans les rues lors des épisodes fonte et les pluies + 1 échantillon du ruissellement dans la rue lors de l'épisode lavage de rue.
- (s) 1 échantillon du mélange de fonte lors de l'épisode déglacage + 1 échantillon de fonte sur les toits et 1 échantillon du banc de neige lors de la première fonte + 1 échantillon de l'eau de fonte de neige lors de la seconde fonte.
- (t) 1 échantillon lors de l'épisode fonte 2 + 1 échantillon lors des 3 épisodes pluies.

Dans les pages qui suivent, on trouvera pour chaque paramètre un rappel de ses origines possibles (lien avec les provenances), ainsi que la méthode analytique retenue et les appareils utilisés; chaque fois que cela sera nécessaire, on trouvera également une discussion sur les relations entre fractions solubles et insolubles, suivie des implications que cela représente sur la méthode d'analyse.

### 2.1.1 Solides

#### A) Les solides totaux (volatils et non volatils)

La fraction solide des eaux usées est aussi classifiée en tant qu'inorganique ou organique (volatile), et en tant que dissoute ou en suspension. La nature et la concentration de cette fraction solide dans les eaux usées varient énormément selon les types d'apports. Le caractère organique est dominant dans les apports sanitaires qui consistent surtout de déchets végétaux et animaux. D'autre part, les matières solides inorganiques comme le sable et l'argile, proviennent des procédés de lavage, de nettoyage, et des infiltrations au niveau des joints, des conduites et des puits de regard. Les eaux de ruissellement sont chargées de solides résultant de l'érosion des surfaces, des abrasifs utilisés en hiver et des poussières transportées par les vents; ces solides s'accumulent en partie dans les puisards. La présence de végétation et l'abandon des déchets par les passants est une source des solides organiques entraînés par les eaux de ruissellement. Finalement les apports supplémentaires comme le passage des eaux souterraines dans les conduites ou l'infiltration directe des eaux de percolation constituent une source importante de solides totaux. Ce paramètre sert donc à évaluer approximativement la charge polluante contenue dans les eaux usées. Toutefois, il peut parfois être très spécifique pour un épisode donné; par exemple les teneurs en solides totaux volatils augmentent en automne à cause des débris végétaux qui sont entraînés dans les réseaux d'égouts. On s'intéressera donc au rapport solides totaux/solides totaux volatils qui peut être une indication de la provenance des eaux. Les résidus des échantillons d'eaux usées qui ont été évaporés à une température de 105°C sont appelés solides totaux. Le produit de la perte de poids de cette même fraction après son incinération à 550°C est appelé solides totaux volatils.

## B) Les solides en suspension (volatils et non volatils)

Les apports sanitaires contiennent des matières en suspension: fragments provenant des murs et du sol, déchets de bois, de tapis, fibres diverses. L'arrivée des eaux dans les conduites a également pour effet de remettre en suspension les dépôts accumulés dans les conduites et les puits de regard. Il peut y avoir aussi une remise en suspension des dépôts des conduites après une pluie ou une période de pointe ce qui fait que la concentration moyenne des solides en suspension devient le double de celle par temps sec. Les solides en suspension sont donc à l'instar des solides totaux des paramètres spécifiques dans certains cas et des paramètres d'ensemble ou comparatifs dans d'autres cas.

Il y a plusieurs techniques de détermination des solides en suspension qui peuvent être utilisées parmi lesquelles la filtration avec des disques de fibre de verre, des membranes Millipore (0.45  $\mu$ ), la centrifugation et la filtration sur des résines. La technique la plus souvent utilisée est celle de la filtration sur disque de fibre de verre. Plusieurs erreurs peuvent se produire lors de l'utilisation de cette technique si le protocole expérimental (dessiccation entre les pesées, balance analytique, etc...) n'est pas suivi rigoureusement. Cependant cette technique est facile et rapide; ce qui permet un plus grand nombre de déterminations dans une période donnée. Les solides en suspension volatils peuvent être déterminés ultérieurement en plaçant le filtre de fibre de verre dans une fournaise à 550°C.

Il arrive cependant qu'une partie importante des matières organiques en suspension passe avec les matières dissoutes lors de leur filtration. Il faut aussi utiliser des filtres témoins à cause des différences dans les teneurs initiales en eau des filtres.

En général, cette technique est assez précise pour tous les types d'eaux usées. Dans une étude sur l'efficacité des filtres de fibre de verre, Wyckoff (1964) a trouvé des coefficients de variation s'échelonnant entre 10 et 20% pour les fractions volatiles et non volatiles des eaux d'égouts.

## 2.1.2 Matière organique (carbonnée)

### A) La demande biochimique en oxygène (DBO)

La DBO est la quantité d'oxygène exprimée en mg/l requise pour l'oxydation biochimique des matières organiques biodégradables dans l'eau dans des conditions spécifiques de temps et de température. Les objections soulevées dans la littérature scientifique quant à la validité et à la lenteur des mesures de la DBO sont nombreuses. Une des principales causes de cet état de choses réside dans le fait que la DBO mesure une combinaison de substances et de conditions et non pas un produit spécifique. Habituellement c'est la fraction organique dans les eaux usées qui fait diminuer les concentrations en oxygène dissous. Il peut y avoir des interférences importantes dans la mesure quand il y a des éléments traces comme le plomb, le cuivre et le zinc. Ces éléments traces inhibent l'activité microbienne. Ceci est le cas des eaux de ruissellement; il peut aussi y avoir certains problèmes ici puisqu'on retrouve souvent des hydrocarbures qui ne se dégradent pas rapidement. Malgré ces désavantages le test de la DBO est encore universellement utilisé dans le domaine des eaux usées d'origine sanitaire et industrielle. Toutefois nous considérons la DBO comme une mesure peu appropriée pour les apports du ruissellement.

Dans le cadre de ce projet, la DBO est mesurée automatiquement à l'aide d'un Oxytemps 20 (SEIN, ALFORTVILLE, FRANCE)<sup>1</sup>. Cet appareil reproduit les conditions naturelles d'une autobiodégradation grâce au maintien d'une pression partielle d'oxygène constante. Il permet en outre de mesurer la DBO de 8 bouteilles d'échantillons simultanément; toutefois c'est un appareil coûteux et difficile à transporter. De plus la durée du test reste 5 jours, et ceci contribue à restreindre le nombre d'échantillons pouvant être analysés; cet inconvénient nous a conduit à envisager la possibilité d'utiliser d'autres paramètres chimiques comme le carbone organique total (COT) et la demande chimique en oxygène (DCO). Ces 2 tests sont beaucoup plus rapides à exécuter

---

<sup>1</sup>

on trouvera au Chapitre 1, Fig. 1.2, la fiche technique de cet appareil

et la qualité de leurs résultats est supérieure à ceux de la DBO. Il existe d'ailleurs des relations entre la  $DBO_5$  et le COT d'une part et la DCO d'une autre part. Ces relations approximatives sont comme suit pour les effluents domestiques, 1971:

$$DBO_5 \approx 0.7 \text{ DCO}$$

$$DBO_5 \approx 1.35 - 2.80 \text{ COT}$$

Il est possible d'ailleurs d'établir des relations plus spécifiques pour chaque type de provenance et pour chaque épisode d'une certaine uniformité.

#### B) La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est une mesure de la capacité d'utilisation de l'oxygène par les substances organiques et inorganiques présentes dans les eaux usées. Cette valeur ne permet pas de différencier les composés biodégradables des non-biodégradables; par conséquent, il n'est pas toujours possible d'obtenir une bonne corrélation avec la DBO. Cette relation change selon les dimensions et l'uniformité qualitative et quantitative des apports. Toutefois l'obtention de valeurs plus substantielles permettrait de diminuer le nombre de paramètres à analyser.

La DCO est déterminée par oxydation au bichromate de potassium et à l'acide sulfurique. L'excès de bichromate non utilisé est titré avec des sulfates d'ammonium ferreux en présence d'un catalyseur et d'un indicateur. Cette méthode peut aussi être automatisée avec des limites de détection allant jusqu'à 5 mg/l de DCO pour des concentrations de 1 à 50 mg/l de DCO. Dans notre cas le DCO sera analysée manuellement.

#### C) Le carbone organique total (COT)

Un analyseur non dispersant à l'infrarouge permet de mesurer rapidement le carbone total (CT) et le carbone inorganique total (CIT) sans interférence. Le carbone organique total (COT) est le produit de la soustrac-

tion du CIT et du CT. Les carbonates et le gaz carbonique sont inclus dans ces déterminations à moins d'avoir été éliminés auparavant. Il faut noter ici que cet appareil est d'abord conçu pour l'analyse des eaux peu chargées en solides. Il est donc nécessaire de réduire les diamètres des particules solides trouvées dans les échantillons pour assurer la représentativité des résultats. Schaffer et al., (1965) recommandent l'utilisation d'appareils de mixage comme un mélangeur avec une attache Polytron, ou un mélangeur Waring ou un broyeur Morehouse-Cowler. Ils recommandent aussi l'utilisation d'aiguilles de seringue avec des diamètres de 450  $\mu$  au lieu des aiguilles conventionnelles de 170  $\mu$ . Toutefois ces techniques d'homogénéisation par mixage rapide ne sont pas parfaites.

Le mesure du COT est beaucoup plus rapide que la mesure de la DBO et de la DCO. Il est possible aussi de calculer les deux derniers paramètres à partir du COT avec une exactitude de  $\pm 35\%$  et ce pour les eaux usées municipales (Schaffer et al., 1965). Cette technique analytique permet donc de quantifier la charge polluante carbonisable sans subir l'effet des facteurs d'erreurs comme la biodégradabilité, le poids moléculaire, l'oxydation chimique et la toxicité. Les résultats de ces analyses constituent aussi des éléments de comparaison pour les apports sanitaires, de ruissellement et supplémentaires. La concentration minimum de carbone pouvant être détectée est de 1 mg/l.

### 2.1.3 Azote

#### A) L'azote Kjeldahl total

L'azote Kjeldahl total (NKT) est la somme de l'ammoniaque et des composés azotés organiques qui sont convertis en sulfate d'ammonium après digestion à l'acide sulfurique. L'azote organique peut être obtenu en soustrayant la valeur de l'ammoniaque déterminé séparément de l'azote Kjeldahl.

L'azote représente 78% du volume de l'atmosphère. C'est un constituant essentiel de tous les organismes vivants. La chimie de l'azote est très com-

plexe à cause de ses nombreuses valences qui peuvent être changées par les microorganismes. La valeur de l'azote Kjeldahl total n'est toutefois pas aussi importante que certaines formes spécifiques d'azote comme l'ammoniaque. Ce dernier est traité séparément. Il est donc question ici de l'azote organique comme l'urée, les protéines, les acides aminés, etc. L'azote introduit dans les égouts sanitaires, résidentiels est à 80% environ organique. Toutefois, l'hydrolyse en ammoniaque de cet azote organique qui est formée essentiellement d'urée, est très rapide. Egalement, dans les eaux de ruissellement de l'automne, on retrouve des concentrations élevées d'azote organique dues à l'accumulation des feuilles mortes et autres débris végétaux. Les puits des fosses septiques et des conduites d'égouts peuvent aussi provoquer l'augmentation de l'azote organique des eaux souterraines. Dans ce dernier cas, l'azote organique peut servir d'indicateur spécifique.

Il est nécessaire de déterminer la teneur des eaux usées en NKT sans filtration afin d'inclure l'azote ammoniacal adsorbé à la surface des particules solides ainsi que l'azote organique particulaire. La détermination de NKT est automatisée. Le Technicon Auto Analyseur II accouplé à un digesteur externe est utilisé. L'échantillon d'eau usée non filtré est digéré avec de l'acide sulfurique en présence de bioxyde de sélénium et d'acide perchlorique. La solution est ensuite traitée avec de l'hydroxyde de sodium, du phénol alcalin, et de l'hypochlorite de sodium pour former de l'indiphénol bleu. L'intensité de la coloration bleue est mesurée par colorimétrie. Le fer et le manganèse interfèrent dans cette réaction et il est nécessaire d'ajouter du nitroprusside de sodium pour masquer leur effet. La limite de sensibilité de cette technique est aussi basse que 0.05 mg/l d'azote pour des gammes de concentrations entre 0.05 et 10.0 mg N/l.

#### B) L'azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est essentiellement un produit de l'activité microbienne. C'est un bon indicateur des eaux d'origine sanitaire puisqu'il provient en majeure partie de l'hydrolyse de l'urée qui est un des principaux rejets physiologiques. Les eaux de surfaces à haute teneur en ammoniaque sont généralement polluées par des rejets d'origine domestique. Dans les

eaux souterraines l'ammoniaque est surtout le résultat des systèmes réducteurs naturels. Il peut même arriver que l'on trouve des teneurs élevées en ammoniaque dans certaines dépressions soumises à des remplissages et à des vidanges alternatifs comme les fosses septiques et les dépotoirs. Durant l'été l'azote ammoniacal est parfois oxydé en nitrate dans les eaux de surface. C'est en somme un paramètre spécifique pour l'apport sanitaire mais constitue un élément de comparaison pour les autres types de provenance.

Il est nécessaire de déterminer l'ammoniac total (en solution et adsorbé). Un prétraitement est donc requis pour l'analyse de ce paramètre. Le principe de cette technique repose sur l'échange de l'ion ammonium retenu par les solides par un autre cation. L'ion sodium est choisi pour remplacer l'ion ammonium sur les sites d'échange. Un Technicon Auto Analyseur II est utilisé pour mesurer l'intensité de la couleur bleue de l'indophénol en milieu alcalin comme c'est le cas pour l'azote Kjeldahl total. Cette coloration est proportionnelle à la concentration d'ammoniac. La limite de sensibilité de cette méthode est de 0.01 mg N/l pour des concentrations entre 0.01 et 20 mg/l de  $(\text{NH}_3)$  N.

### C) Les nitrates et les nitrites

Les nitrates et les nitrites sont généralement déterminés ensemble. Leur présence est souvent détectée dans les égouts. Leur origine dans les réseaux sanitaires est habituellement reliée à la minéralisation et à l'oxydation de l'azote organique et ammoniacal. Ceci a lieu éventuellement durant le transport des effluents. Il arrive parfois que les nitrates proviennent de source extérieure comme l'application excessive de certains engrais chimiques au printemps et en été. L'eau de ruissellement et surtout de percolation entraîne cet apport direct vers l'égout ou la nappe. C'est donc un paramètre spécifique pour les épisodes de pluies mais on l'utilise aussi pour l'ensemble des épisodes pour des buts comparatifs.

Le principe de la méthode d'analyse repose sur le passage de l'échantillon filtré à travers une colonne de réduction (cuivre - cadmium) afin de réduire les nitrates en nitrites. Notons qu'on peut analyser des échantillons

filtrés ici à cause du degré d'adsorption faible de cet anion. Les ions nitrites réagissent ensuite avec la sulfanilamide dans des conditions acides pour former un composé diazo. Ce dernier se couple ensuite avec le dihydrochlorure de N-1 Naphtyléthylène diamine pour former un composé azo-coloré. La couleur pourpre est proportionnelle à la concentration de nitrite. La limite de sensibilité de cette technique est de 0.01 mg (NO<sub>3</sub>) N/l pour des concentrations de 0.01-100 mg/l. Les interférences causées par la turbidité de l'échantillon sont éliminées par filtration. Toutes les étapes d'analyse sont automatisées.

#### 2.1.4 Phosphore

Les eaux usées sont en général riches en composés phosphatés. Une bonne partie provient des excréments humains après le métabolisme des protéines et l'élimination subséquente des phosphates libérés dans l'urine. L'utilisation des détergents synthétiques constitue un autre apport important puisque ceux-ci peuvent être composés de polyphosphates (jusqu'à 50%). Les polyphosphates sont aussi utilisés dans le traitement des bouilloires pour empêcher la corrosion et l'entartrage. Les phosphates sont donc un paramètre spécifique pour la provenance sanitaire. Il peut arriver qu'il y ait aussi des variations périodiques dans les concentrations des phosphates au printemps et à l'automne à cause des applications d'engrais chimiques phosphatés et de la décomposition des résidus végétaux respectivement. Ceci est un caractère spécifique des eaux de ruissellement à ces saisons de l'année. Toutefois, même si dans certains épisodes les phosphates ne sont pas des paramètres spécifiques, il ne demeure pas moins qu'ils constituent des éléments de comparaison très utiles.

Les réactions des phosphates sont très complexes à cause de leur fixation sur les sédiments à différents degrés d'acidité et d'alcalinité et à l'activité microbienne. Il est donc nécessaire d'analyser le plus grand nombre possible de formes phosphatées pour toute étude sur les effluents. Six formes de phosphore sont néanmoins très importantes. Elles peuvent être énumérées comme suit: orthophosphates en solution et dans l'échantillon complet, phosphore hydrolysable en solution et dans l'échantillon complet (ce qui correspond au phosphore inorganique soit la somme orthophosphates + polyphosphates), phosphore total en solution et dans l'échantillon complet (ce qui cor-

respond à l'ensemble du phosphore organique et inorganique). Le diagramme à la page suivante illustre ces différentes formes (Figure 2.1).

Un Technicon Auto Analyseur II est utilisé pour l'analyse de toutes ces formes de phosphore. Un prétraitement est cependant requis pour toutes les formes à l'exception des orthophosphates de l'échantillon complet. Une filtration sur des filtres Millipore de  $0.45 \mu\text{m}$  est nécessaire pour les orthophosphates en solution, le phosphore inorganique en solution et le phosphore en solution. Une hydrolyse à l'acide sulfurique est requise pour le phosphore en solution. Une hydrolyse à l'acide sulfurique est requise pour le phosphore inorganique en solution et le phosphore inorganique de l'échantillon total qui comprend les sédiments en suspension. Il faut faire aussi une digestion pour le phosphore total en solution et le phosphore total sur l'échantillon complet. La digestion se fait sous l'action combinée de l'acide sulfurique et du persulfate d'ammonium à  $121^{\circ}\text{C}$  et à une pression de  $15 \text{ lb/pi}^2$ . Un digesteur séparé du Technicon AA II est utilisé à cet effet. C'est sous forme d'orthophosphates que ces différentes formes de phosphore sont analysées. Le principe de cette méthode d'analyse est basé sur la formation du complexe phospho-molybdate d'antimoine en milieu acide. Ce complexe est réduit en un autre complexe de couleur bleue par l'acide ascorbique. Le degré de coloration est proportionnel à la concentration des orthophosphates. La limite de sensibilité pour cette méthode d'analyse est de  $0.001 \text{ mg P/l}$  pour des concentrations entre  $0.001$  et  $2.0 \text{ mg P/l}$ .

#### 2.1.5 Les détergents

Les détergents sont des composés tensio-actifs synthétiques dont la présence dans les eaux usées est due aux rejets d'effluents résidentiels et industriels. Dans chaque détergent, il y a deux composés: les agents de surface et les adjuvants. Il existe plusieurs agents de surface: les anioniques, les non-anioniques, les cationiques et les sucro-esters. Il existe aussi plusieurs types d'adjuvants: les polyphosphates, les enzymes, les silicates, les carbonates, les borates, etc... Dans l'étude des réseaux d'égouts les

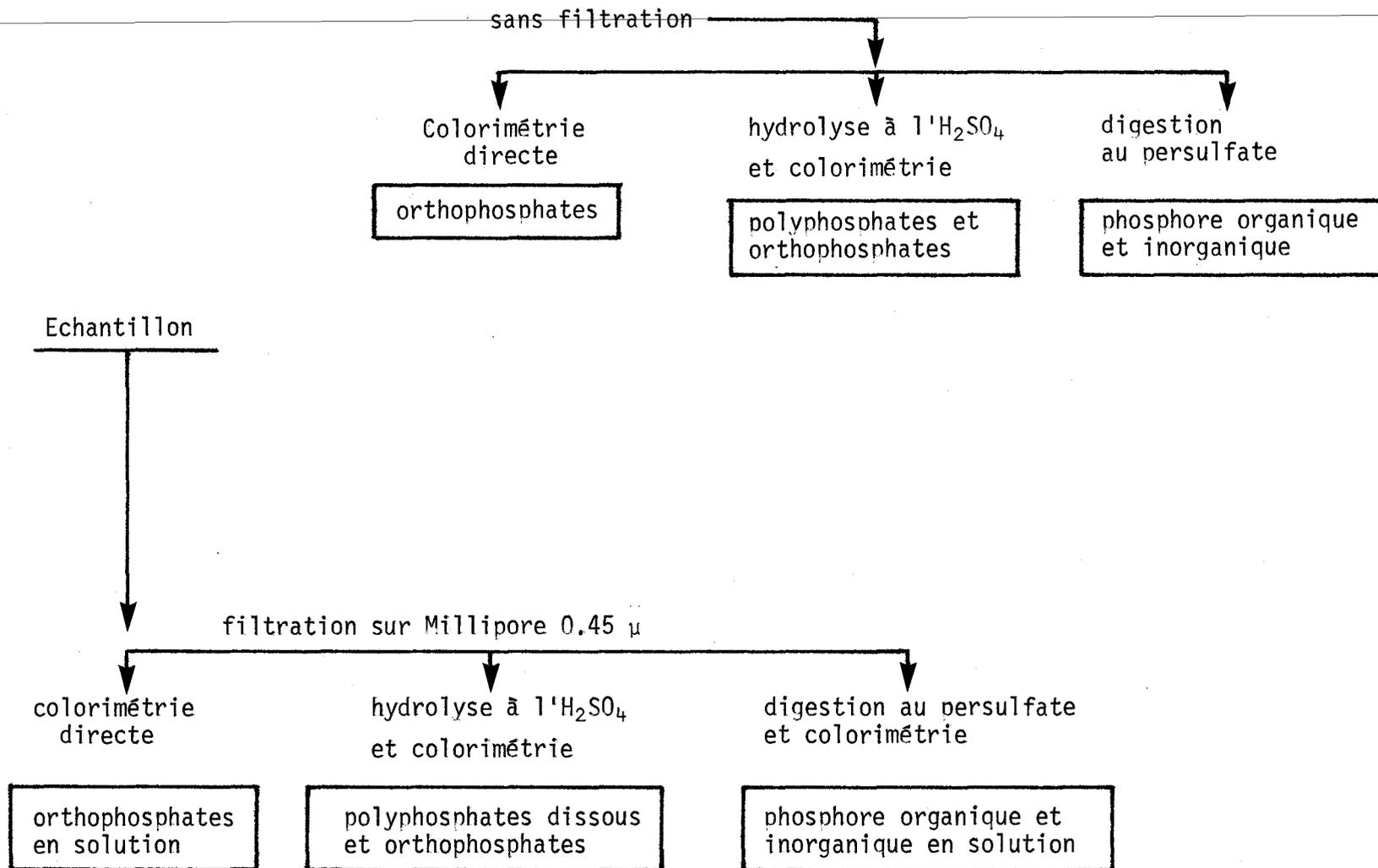


Figure 2.1. Différenciation analytique des différentes formes de phosphore (EPA, 1974)

détergents peuvent être utilisés pour mettre en évidence les entrées d'eaux accidentelles, par exemple un effluent d'origine sanitaire dans un réseau pluvial. Ils sont aussi un paramètre spécifique pour l'apport sanitaire dans les zones urbaines.

Les détergents sont mesurés automatiquement sur le Technicon AA II équipé de la cartouche appropriée. La réaction a lieu avec du bleu de méthylène, ce qui produit un sel soluble dans le chloroforme dont l'intensité de coloration est proportionnelle à la concentration des détergents. Il serait préférable de ne pas filtrer les échantillons à cause des problèmes d'adsorption des échantillons sur les solides en suspension. Il peut y avoir certaines interférences dues à certaines molécules organiques comme les amines. On essaiera donc d'établir une relation entre les détergents et les phosphates dont l'analyse est plus simple. Les échelles de concentrations pour la méthode d'analyse ci-haut mentionnée s'étend entre 0 et 5 mg/l. La limite de sensibilité est d'environ 0.05 mg/l.

#### 2.1.6 Les huiles et les graisses

Les huiles et les graisses présentes dans les eaux d'égout proviennent de plusieurs sources. Les huiles et les graisses de cuisson, les puits des automobiles ainsi que l'affaissement et le fissurage des cuves de stockage des carburants sont les sources les plus probables de pollution. C'est donc un paramètre qui peut être accidentel et donc spécifique pour certaines provenances. Ceci est le cas des eaux souterraines où sa présence peut être très longue à cause de sa faible biodégradabilité. Pour les apports de ruissellement et sanitaire c'est un paramètre d'intérêt général.

Les huiles et les graisses sont déterminés par extraction à l'éther de pétrole. La gamme de concentrations mesurables avec cette technique s'étend de 5 à 1000 mg/l. Cette technique est toutefois laborieuse et nécessite un grand volume d'échantillons (1 litre); ceci contribue à restreindre le nombre d'échantillons pouvant être analysés durant les différents épisodes.

### 2.1.7 Les chlorures

Ces sels se retrouvent dans tous les types d'eau. Leurs concentrations tendent à augmenter dans les basses terres et à diminuer dans les hautes terres. On attribue une origine fécale aux augmentations des chlorures dans les effluents domestiques car ils passent inchangés à travers le système digestif des humains. Ceci est donc un paramètre spécifique dans ce type d'apport. De plus, les augmentations des teneurs en chlorure des eaux de puits ou d'égout peuvent permettre de déceler les infiltrations des fosses septiques. Il faudrait toutefois connaître au départ les teneurs habituelles en chlorures des eaux de surface ou souterraines non polluées. Cette hypothèse devrait être aussi vérifiée régulièrement à cause des autres facteurs comme l'utilisation des sels de déglacage en hiver et la salinité progressive des eaux d'alimentation. C'est donc un paramètre qui est spécifique dans certains cas et non spécifique dans d'autres cas.

Les chlorures en solution ou totaux sont analysés manuellement ou automatiquement. La méthode d'analyse est celle de la libération de l'ion thiocyanate (SCN) du thioxyanate mercurique par suite de la formation de chlorure mercurique (non ionisé). Il n'est pas nécessaire d'inclure les fractions solides d'un échantillon à cause de l'absence d'adsorption. Il n'y a pas d'interférence sérieuse à cette méthode. La limite de sensibilité est de 0.2 mgCl/l pour des gammes de concentration entre 1 et 250 mgCl/l.

### 2.1.8 La dureté

La dureté indique généralement la teneur de l'eau en sels de calcium et de magnésium. Un bon nombre d'autres sels comme le fer et l'aluminium peuvent aussi rendre les eaux dures. Toutefois, leurs concentrations sont trop faibles pour influencer la dureté totale de manière significative. Les sels de calcium et de magnésium sont sous forme de bicarbonate, carbonate, sulfate, chlorure et même nitrate. Dans les régions qui s'alimentent en eaux souterraines traversant des dépôts calcaires, ce paramètre peut servir d'indicateur important. Le type de sol ou de matériel de construction peut aussi affecter la dureté des eaux de ruissellement. Il y a aussi des rapports avec le degré des précipitations des phosphates en formes insolubles.

Le Technicon Auto Analyseur II équipé de la cartouche analytique pour la dureté permet de mesurer la dureté totale des échantillons filtrés. La méthode d'analyse est celle des chélates EDTA (éthylènediamine tétraacétique). La limite de sensibilité est de 5 mg/l exprimée en  $\text{CaCO}_3$  pour des concentrations entre 0 et 400 mg/l en  $\text{CaCO}_3$ . Il y a toutefois certaines interférences dues à des cations comme le cuivre, le zinc, le nickel, le cobalt, etc...

#### 2.1.9 Les sulfates

Les sources les plus solubles des sulfates dans les eaux usées sont d'origine atmosphérique et tellurique. Les sources atmosphériques sont d'origine industrielle (pétrochimie, tanneries, moulins à papier, etc...). Les sources telluriques sont souvent liées à la présence de pyrites naturelles de fer, de cuivre, d'argent, etc.. L'ion sulfate dans les eaux usées est relié aux problèmes de corrosion des égouts ainsi qu'au dégagement d'odeurs malsaines. Ces deux problèmes sont provoqués par la réduction des sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ) en hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

Les sulfates peuvent être considérés comme un paramètre spécifique dans les régions urbaines. Leur entraînement par l'eau de pluie fait que leurs concentrations augmentent dans les égouts après de tels épisodes. C'est aussi le cas des infiltrations dans la nappe des eaux de ruissellement chargées de sulfates après leur passage sur des sols acides et à haute teneur en sulfates. Les sulfates en solution ou totaux sont mesurés à partir de la concentration de bleu de méthylthymol qui n'a pas réagi avec le sulfate de barium insoluble. L'analyse peut se faire sur des échantillons filtrés mais il est nécessaire au préalable de faire passer l'échantillon à travers une colonne d'échange de cations pour enlever les interférences causées par le calcium, l'aluminium et le fer. Toutes ces étapes sont automatisées grâce au système Technicon. La limite sensibilité de cette méthode analytique est de 0.1  $\text{mgSO}_4/\text{l}$  pour des concentrations entre 0-300  $\text{mg SO}_4/\text{l}$ .

#### 2.1.10 Les éléments traces

Toutes les eaux usées contiennent des quantités variables d'éléments traces comme le plomb, le zinc, le cuivre, le fer, etc...

Le plomb est surtout trouvé dans les eaux de ruissellement. C'est un produit de la combustion des carburants. Les anciennes conduites de plomb sont une autre source à ne pas négliger dans les zones où prédominent les eaux acides et à minéralisation faible.

Les sources du zinc sont nombreuses: tuyaux galvanisés, certains alliages du cuivre, et les réservoirs d'eau chaude. Sa solubilité est fonction du pH. La spécificité de ce paramètre en fonction des types d'apports d'eaux usées est reliée aux conditions locales.

Le cuivre trouve son origine dans les tuyauteries des résidences et des usines ainsi que dans certains ustensiles de cuisine. Il peut donc être utilisé comme un paramètre spécifique ou un élément de comparaison pour les apports sanitaires.

La présence du fer dans les eaux usées est due à la présence de ferraille et de carrosseries rouillées des voitures. Les sols ferrugineux libèrent aussi du fer quand ils sont lessivés par des eaux acides. C'est ainsi un paramètre spécifique pour l'apport ruissellement et un autre paramètre spécifique pour les eaux de la nappe aquifère dans le cas des sols ferrugineux.

La détermination quantitative du plomb, du zinc et du cuivre se fait à l'aide d'un appareil d'absorption atomique<sup>1</sup>. On utilise des méthodes de chélation - extraction avec l'utilisation d'ajouts dosés pour les faibles concentrations dans les gammes des parties par milliard (ppb). D'ailleurs, la limite de détection est très bonne. Elle est de 0.2 ppb pour le cuivre et le zinc et de 1.0 ppb pour le plomb. Le fer est déterminé par la méthode de digestion à l'acide thiglycolique et sa réaction colorimétrique avec le composé TPTZ. C'est une technique complètement automatisée et une cartouche spéciale pour le Technicon Auto Analyseur II est requise. La limite de détection avec cette technique peut atteindre 20 ppb de fer.

Il est nécessaire d'utiliser des échantillons non filtrés pour la détermination des éléments traces. La plupart des éléments traces sont adsorbés

---

<sup>1</sup> La méthode par absorption atomique sera également utilisée pour le sodium.

sur les fractions solides des eaux usées et leurs concentrations dans le filtrat est dans certains cas très faible. L'étude d'Oliver et al. (1974) sur les concentrations de plomb dans la neige et l'eau de ruissellement de la ville d'Ottawa illustre très clairement cet aspect; les gammes de concentrations pour le plomb, le zinc et le cuivre s'échelonnent entre 12 ppb et 50 ppb, tandis que pour le fer elles s'échelonnent entre 20 ppb et 500 ppm.

A titre de récapitulation, on trouvera au Tableau 2.4 la liste des paramètres analysés, la méthode utilisée et le type d'échantillon analysé (filtré ou complet).

En annexe (annexe 3), sont décrits les différents appareillages utilisés pour les déterminations analytiques.

## 2.2 PROCEDURES APRES LE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Tout au long de son prélèvement, l'échantillon d'eau usée doit être préservé afin de retarder l'activité biologique, réduire la volatilisation de certains produits organiques et diminuer l'hydrolyse des composés chimiques. Il existe plusieurs techniques de préservation comme la réfrigération à 4°C, la congélation, le contrôle du pH et l'addition de désinfectant. La méthode la plus pratique est toutefois la réfrigération à 4°C. Cette méthode s'applique à la grande majorité des paramètres chimiques d'intérêt dans ce projet. Dans les tables suivantes, nous avons comparé l'efficacité de la réfrigération à 4°C, à la congélation, et à l'addition d'acide sulfurique avec réfrigération (Tableau 2.5). Cinq (5) concentrations différentes de nitrates et nitrites, d'ammoniac, et de phosphates totaux ont été étudiées. Il y a une marge d'erreurs pour toutes ces analyses. Elle résulte de la lecture subséquente des courbes d'étalonnage. Il s'avère de ces tests préliminaires que la préservation à 4°C est suffisante mais nous nous proposons d'étudier le facteur temps avec plus de détails dans un avenir très rapproché. L'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis (EPA) a publié un excellent manuel d'analyses de laboratoire en 1974 (EPA, 1974). Il est fait mention dans cet ouvrage des différentes techniques de préservation sous forme d'un tableau comparatif; pour le bénéfice du lecteur, ce tableau a été annexé au texte (Tableau 2.6). Il est à remarquer que l'intervalle entre le prélèvement et l'analy-

Tableau 2.4: RECAPITULATION DES METHODES D'ANALYSES UTILISEES

PARAMETRE	METHODE D'ANALYSE	TYPE D'ECHANTILLON
Solides totaux	MANUELLE	NON FILTRE
Solides totaux volatils	MANUELLE	NON FILTRE
Solides en suspension	MANUELLE	NON FILTRE
Solides en suspension volatils	MANUELLE	NON FILTRE
DBO	OXYTEMPS	NON FILTRE
DCO	MANUELLE	NON FILTRE
CT } → COT	ANALYSEUR DE CARBONE	NON FILTRE
CIT }		NON FILTRE
NTK	TECHNICON	NON FILTRE
N-NH <sub>3</sub>	TECHNICON	NON FILTRE
N-NH <sub>3</sub> en solution	TECHNICON	FILTRE
N-NO <sub>2</sub> + N-NO <sub>3</sub> en solution	TECHNICON	FILTRE
o-PO <sub>4</sub>	TECHNICON	NON FILTRE
o-PO <sub>4</sub> en solution	TECHNICON	FILTRE
Phosphore hydrolysable	TECHNICON	NON FILTRE
Phosphore hydrolysable en solution	TECHNICON	FILTRE
Phosphore total	TECHNICON	NON FILTRE
Phosphore total en solution	TECHNICON	FILTRE
Détergents	MANUELLE	NON FILTRE
Huiles et graisses	MANUELLE	NON FILTRE
Dureté	TECHNICON	FILTRE
Sodium	ABSORPTION ATOMIQUE	FILTRE
Chlorures	TECHNICON	FILTRE
Sulfates	TECHNICON	FILTRE
Plomb	ABSORPTION ATOMIQUE	NON FILTRE
Cuivre	ABSORPTION ATOMIQUE	NON FILTRE
Fer	ABSORPTION ATOMIQUE	NON FILTRE
Zinc	ABSORPTION ATOMIQUE	NON FILTRE

Tableau 2.5: COMPARAISON DE DIFFERENTES TECHNIQUES DE PRESERVATION

CONCENTRATIONS EN NITRATES ET NITRITES (mg/l) D'ECHANTILLONS D'EAUX USEES NON PRESERVEES ET PRESERVEES  
(Marge d'erreurs = 0.10 mg/l)

Initiales	Après 24h à la température de la pièce	Après 24h à 4°C	Après 24h à 4°C + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Après 24h de congélation
1.20	0.00	1.10	1.20	1.20
2.20	0.00	2.10	2.10	2.10
5.00	0.00	5.00	5.00	5.00
7.70	0.00	7.60	7.60	7.60
9.30	0.00	9.20	9.20	9.30

CONCENTRATIONS EN AMMONIAC (mg/l) D'ECHANTILLONS D'EAUX USEES NON PRESERVEES ET PRESERVEES  
(Marge d'erreurs = 0.02 mg/l)

Initiales	Après 24h à la température de la pièce	Après 24h à 4°C	Après 24h de congélation
0.20	0.10	0.18	0.18
0.42	0.32	0.44	0.38
1.06	0.92	1.08	1.06
1.88	1.52	1.78	1.76
2.26	1.96	2.24	2.16

CONCENTRATIONS EN PHOSPHATES TOTAUX (mg/l) D'ECHANTILLONS D'EAUX USEES NON PRESERVEES ET PRESERVEES  
(Marge d'erreurs = 0.05 mg/l)

Initiales	Après 24h à la température de la pièce	Après 24h à 4°C	Après 24h de congélation
0.10	0.10	0.15	0.15
0.25	0.20	0.30	0.30
0.57	0.55	0.67	0.67
1.02	0.85	1.10	1.07
1.22	1.00	1.37	1.30

Tableau 2.6: Comparaison des différentes techniques de préservation des échantillons d'eaux usées

<u>PRESERVATIF</u>	<u>MODE D'ACTION</u>	<u>APPLICATION</u>
Hg Cl <sub>2</sub>	INHIBITION bactérienne	Formes d'azote et de phosphore
Acide (HNO <sub>3</sub> )	Mise en solution des métaux Prévention de la précipitation	Métaux
Acide (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	INHIBITION bactérienne  Formation de sels avec des bases organiques	Echantillons organiques (DCO, huiles et graisses, carbone organique)  Azote ammoniacal et acides aminés
Alcali (NaOH)	Formation de sels avec des composés volatils	Cyanures, acides organiques
Réfrigération	INHIBITION bactérienne	Cas d'acidité et d'alcalinité, matériaux organiques, DBO, couleur, odeur, phosphore organique, azote organique, carbone, etc., détermination biologiques (coliforme, etc.)

Source: EPA, 1974.

doit être parfois très court (DBO) et constitue une contrainte considérable.

Après leur prélèvement, les échantillons d'eaux usées sont expédiés le plus rapidement possible aux laboratoires de l'INRS-Eau. Dans la région de Québec, le personnel de l'INRS-Eau prend en charge le transport des échantillons des stations d'études aux laboratoires. Dans les stations à l'extérieur de Québec, les échantillons sont expédiés par le service postal (courrier de première classe et livraison spéciale) ou par le service d'autobus interurbain. Dans les deux derniers cas, le poids des boîtes de réfrigération ne doit pas dépasser quarante (40) livres. Le service postal a aussi certains inconvénients comme l'importance d'avoir les échantillons prêts à des heures précises de la journée et l'arrêt du service pendant les fins de semaine. Par contre, les échantillons sont livrés aux laboratoires tandis que les colis par autobus doivent être cherchés à la gare seulement.

Une formule de description détaillée des conditions d'échantillonnage sur le terrain (Tableau 2.7) est remplie et signée par l'opérateur toutes les fois que des échantillons d'eaux usées font l'objet d'une étude quelconque. Cette formule accompagne les échantillons lors de leur expédition. En plus des conditions d'échantillonnage, d'autres renseignements sont inscrits comme la date de l'évènement étudié, le nombre final des contenants, les techniques de préservation, etc... En somme, cette formule sert comme un registre pour l'interprétation ultérieure des résultats et un moyen de situer l'épisode. Dès la réception des échantillons, une autre formule (Tableau 2.8) est remplie par le préposé aux laboratoires. Cette deuxième formule permet de vérifier ou de corroborer l'information fournie par l'opérateur sur le terrain. Ainsi, l'état des contenants, le numérotage des contenants, l'état de la glace, etc. sont vérifiés. Dans le cas où la température des échantillons est élevée et le temps de transport a dépassé un certain nombre d'heures (6 à 12 heures), les échantillons peuvent être écartés. Ceci peut s'appliquer pour quelques paramètres sensibles seulement. C'est aussi à ce stade des opérations que se font certaines dilutions, ou composés ou acidifications ( $\text{pH} < 2.0$ ).

Le nombre des paramètres à analyser est variable selon l'épisode étudié. L'INRS-Eau est équipé pour analyser chimiquement et physiquement la majorité des paramètres relatifs à la qualité des eaux. Le Tableau 2.9 est une production du

Tableau 2.7: ETUDE SUR LES RESEAUX D'EGOUTS

Description des échantillons (terrain)

Date :.....

Evénement étudié :.....

Endroit :.....

Caractéristiques du réseau :.....

Appareils pour l'échantillonnage :.....

    Temps - volume de la dose unitaire :.....

        - nombre de doses/bouteille :.....

        - fréquence des doses :.....

    Débit - volume écoulé par échantillon:.....

        - durée fixe :.....

        - volume des doses unitaires :.....

        - durée/bouteille :.....

        - durée variable :.....

        - volume des doses unitaires :.....

        - nombre de doses/bouteille :.....

Nombre final des contenants :.....

Durée de l'échantillonnage :.....

    - début: date et heure :.....

    - fin : date et heure :.....

Technique de préservation :.....

    - température :.....

Composite d'échantillons mélangés sur le terrain :.....

Vérification (scellage, numéros en ordre, etc.) :.....

Moyen de transport :.....

Remarques générales :.....

.....

.....

.....

Signature:

Tableau 2.8: ETUDE SUR LES RESEAUX D'EGOUTS

Description des échantillons (laboratoire)

Date et heure de réception:.....

Nombre d'échantillons:.....

Vérification générale  
(états des contenants, numéros  
en ordre, etc.) :.....

Température des échantillons:.....

Etat de la glace:.....

Technique de préservation:.....

Paramètres clés:.....

Remarques générales:.....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Signature:

F: échantillons filtrés  
 NF: échantillons non filtrés

Institut national de la recherche scientifique  
 CENTRE D'INFORMATIQUE CDC 6400

FEUILLE DE CODIFICATION  
 FORTRAN

ANALYSES DE BASE

DATE

PAGE

De

No	Paramètre	LES VALEURS (AVEC LE POINT DECIMAL)																
		6	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	71	73	80
1	S T   NF																	
2	S T   V   NF																	
3	S S T   F																	
4	S S T   V   F																	
5	D B O   NF																	
6	D C O   NF																	
7	C O T   NF																	
8																		
9	P H   NF																	
10	D U R   F																	
11	A L C   F																	
12	F E R   F																	
13	F E R   NF																	
14	S O 4   F																	
15	C 2   F																	
16																		
17	N K T   NF																	
18	N H 3   F																	
19	N H 3   NF																	
20	N O 3   F																	
21	N O 2   F																	
22																		
23	P O 4   F																	
24	P O 4   NF																	

213-

F: échantillons filtrés  
NF: échantillons non filtrés

Institut national de la recherche scientifique

CENTRE D'INFORMATIQUE CDC 6400

FORTRAN

FEUILLE DE CODIFICATION

PAGE De

DATE

ANALYSES DE BASE

LES VALEURS (AVEC LE POINT DECIMAL)

No	Paramètre	6	7	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
25	P I N I F																	
26	P J I N I F																	
27	P T I L F																	
28	P T I N F																	
29																		
30	P E T I N F																	
31																		
32	C I T I N F																	

rapport de laboratoire (sans résultats). La liste des paramètres est longue (27) et d'autres paramètres pourraient être ajoutés selon le besoin.

## Chapitre 3

### Traitement des données

Le traitement envisagé porte sur les données suivantes: enregistrement sur cassette, données qualitatives et données en provenance des bassins par ligne de téléphone. On trouvera à la Figure 3.1 une représentation de la centrale d'acquisition et de traitement des données à l'INRS-Eau.

### 3.1 VALIDATION

Diverses causes peuvent introduire des erreurs systématiques ou aléatoires. Il est donc nécessaire de débiter le traitement par une étape de validation. L'équipe de traitement des données fournit donc un premier listing des données brutes accompagné de graphiques pour une vérification visuelle. Par la suite, données brutes et corrections sont acheminées vers le traitement proprement dit.

### 3.2 TRAITEMENT

Le stockage et le traitement d'un grand nombre des données sur ordinateur doit être abordé avant même que les premières données soient obtenues. A ce point de vue, nos données sont caractérisées par:

- la provenance: différents bassins, différents épisodes;
- leur variété: données quantitatives, qualitatives;
- le nombre;
- la fréquence variable suivant les épisodes;
- la discontinuité selon les paramètres.

La structure de la banque de données est schématisée à la Figure 3.2.

Par ailleurs, les objectifs du traitement visent à caractériser à la fois les différents épisodes de mesure et à comparer différents bassins. Or, la plupart des travaux d'envergure, tant du côté quantité que du côté qualité de l'eau, sont plutôt orientés vers des tâches plus répétitives mais plus simples comme la compilation d'un annuaire, des tests par rapport à des normes, des représentations graphiques. On peut citer, par exemple, le stockage des données d'un réseau national où les stations sont fixes et communiquent à période fixe une information dont la nature reste la même au fil des années. Ces tâches ont donné naissance à des sys-

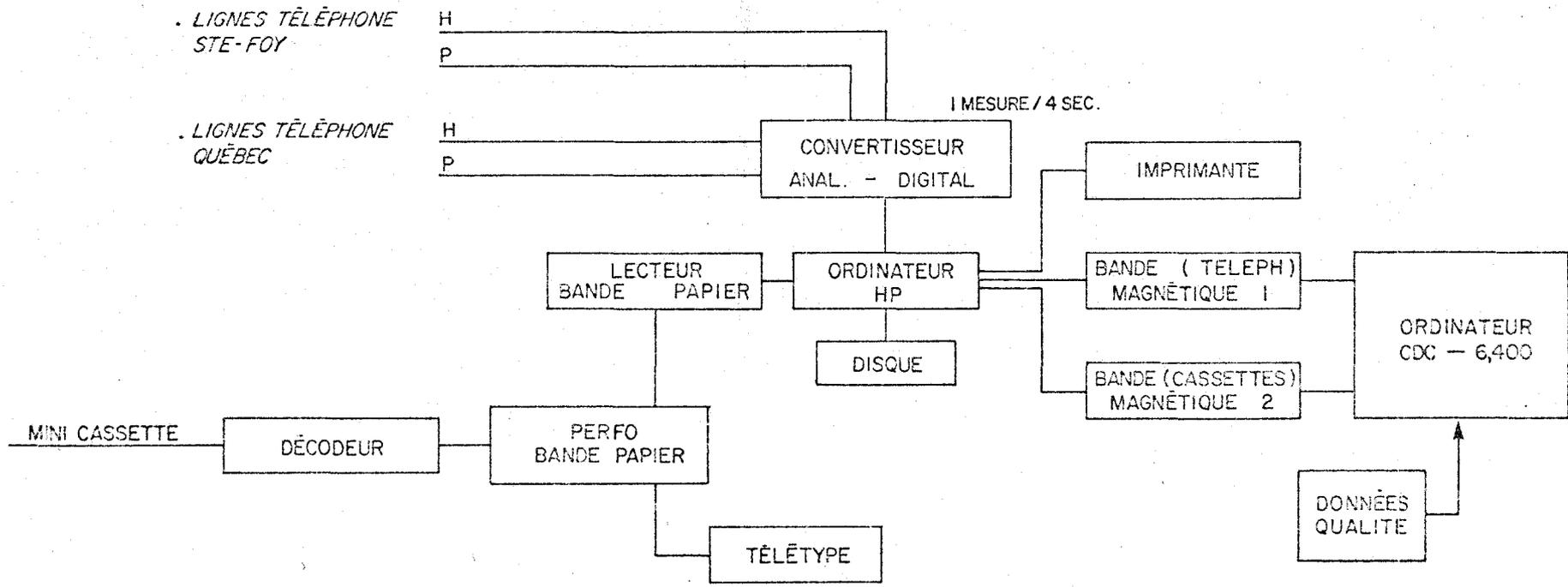


Fig.3.1. CENTRALE D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT DE DONNÉES INRS-EAU

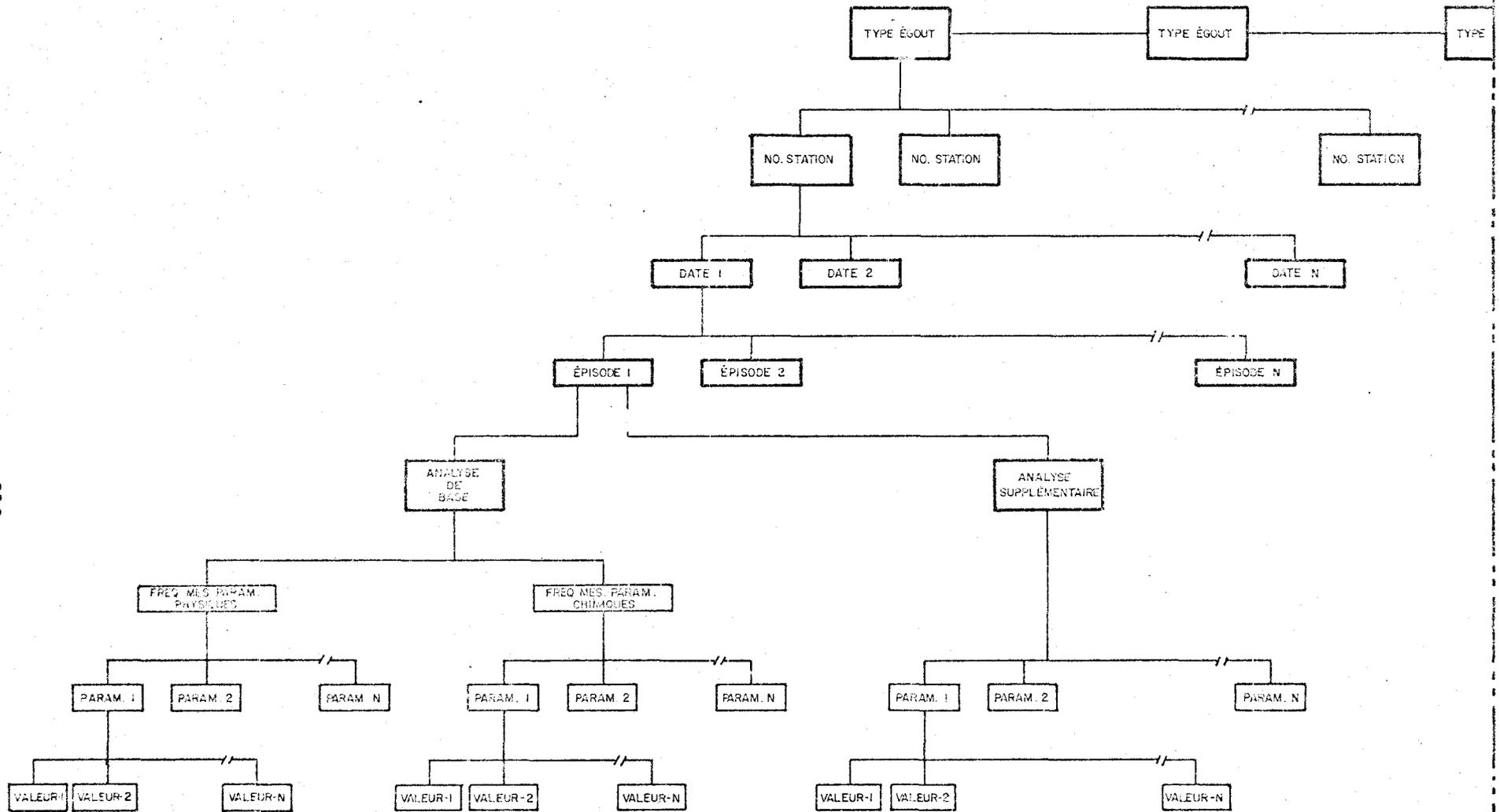


Fig. 3.2. Structure de la banque de données

tèmes de gestion de l'information comme STORET pour l'EPA et NAQUADAT pour Environnement Canada.

STORET (STOrage and REtrieval): (EPA, 1972)

C'est un système qui permet de stocker et d'utiliser les données quantitatives et qualitatives du réseau de stations EPA à travers les Etats-Unis. Le traitement est orienté vers la compilation de tableaux, les tests de normes et la représentation graphique.

NADAQUAT (NAtional water QUAlity DATA branch) (Environment Canada, 1973; Peters et Demayo, 1971; Demayo, 1970)

En opération depuis 1971 à la division qualité de l'eau du Ministère de l'Environnement canadien pour le traitement des données relatives à la qualité de l'eau, ce système utilise un IBM 360/85 situé à Ottawa, accessible également par terminal à Vancouver, Calgary, Burlington et Moncton. En dehors de ces villes, les données peuvent être codées sur papier ou enregistrées sur bandes magnétiques puis envoyées à Ottawa pour traitement suivant la demande du client.

Il ressort que la spécificité et l'accès limité de ces systèmes ne permet pas d'envisager leur utilisation pour le projet. Il y a donc nécessité de s'orienter soit vers une banque "home made", soit vers un système plus général de gestion de données. La première solution est surtout intéressante lorsqu'il s'agit de programmes permanents d'acquisition et de traitement de données. Nous nous proposons donc d'utiliser la seconde solution et en particulier le Système 2000 dont l'utilisation se généralise dans plusieurs domaines.

SYSTEME 2000 (Hughes et al., 1974; MRI Systems Corporation, 1973; Lee et al., 1974; Farley, 1974)

C'est un système "clefs en mains" qu'un usager peut se procurer et installer sur son ordinateur CDC, IBM, UNIVAC. Il est alors accessible soit par terminal interactif ou à l'ordinateur même. Il est orienté spécifiquement vers la constitution, la gestion et le traitement de banques de données à structure complexe. En

fait, l'accent est mis principalement sur la structure des données qui sont constituées en groupes, et sous-groupes que l'on peut appeler en séquences pour constituer un fichier temporaire qui peut alors être traité suivant les besoins de l'utilisateur et à l'aide de ses programmes (Figure 3.3).

Le système peut être opéré soit par son propre langage ou soit en COBOL ou en FORTRAN avec des instructions spécifiques du système. Il est actuellement disponible sur le CDC 6400 de l'Université du Québec.

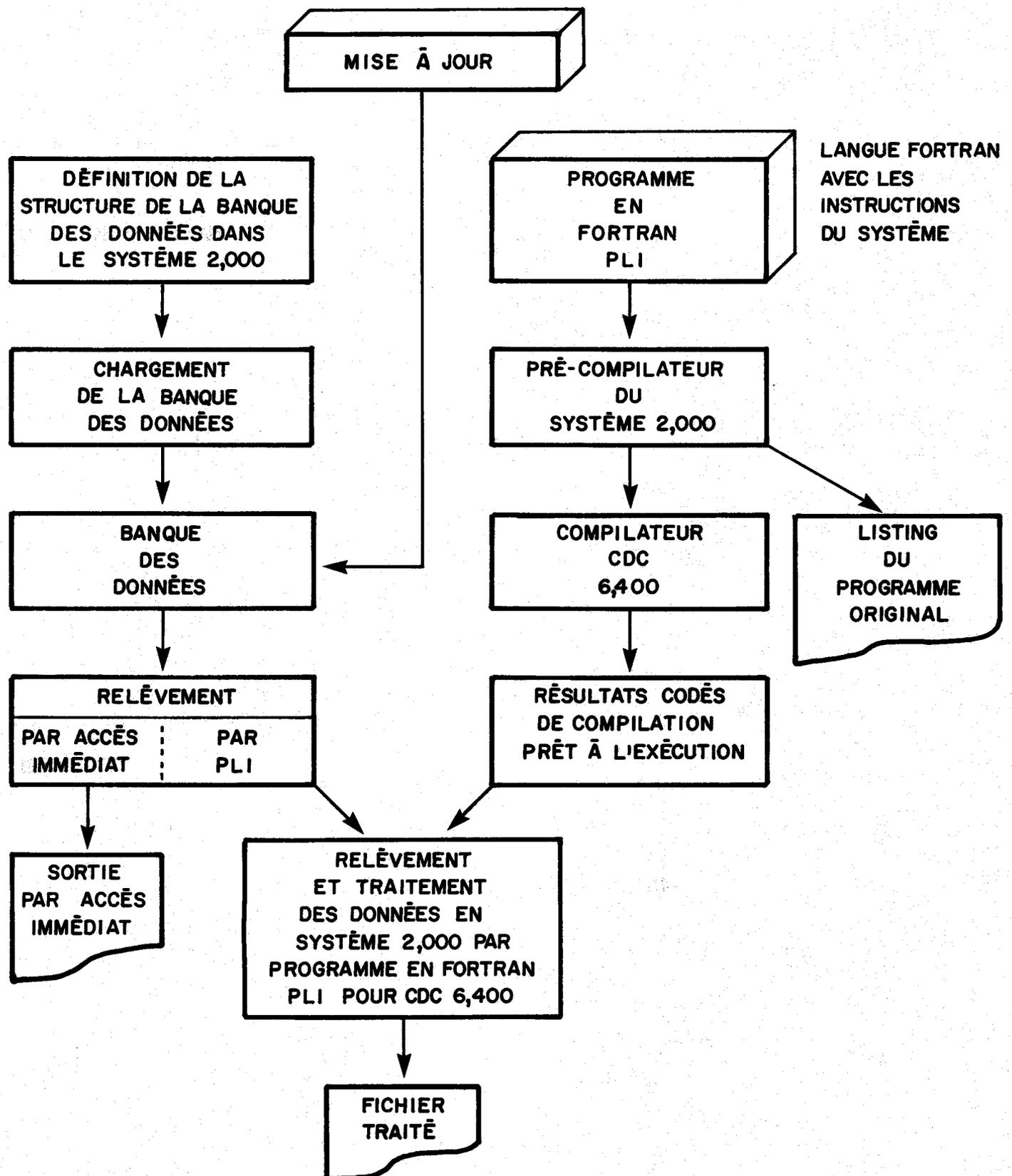


Fig. 3.3 . Schéma logique du système 2,000.

## BIBLIOGRAPHIE

- ANDRE, H. (1964).  
Hydrométrie pratique des cours d'eau (techniques de calibration par dilution).  
Electricité de France, Division générale de la production hydraulique, 88 p.
- BELIN, J.P., DELION, J., ROUSSELIN, R.J., GAUTHIER, C. et VICQ, A. (1974).  
Mesures de vitesse et de débit d'écoulement en canal avec l'indium 113M. Bulletin de liaison du laboratoire P. et Ch., Nov-Déc. 1974, réf. 1460: 97-109.
- BOUCHER, J.P. (1974).  
Mesure de débits en canaux ouverts et conduites fermées. Communication personnelle.
- CHURCH, M. and KELLERHALS, R. (1970).  
Stream gauging techniques for remote areas using portable equipment. Canada, Dept. of Energy, Mines and Resources, Inland Waters Branch, Technical Bulletin no 25, 90 p.
- DAVIS, E.M. (1971).  
BOD vs COD vs TOC vs TOD. Water and Wastes Engineering, 2: 32-38.
- DE FILIPPI, J.A. and SHIH, C.S. (1971).  
Characteristics of separated storm and combined sewer flows. Water Pollution Control Federation Journal, 43 (10): 2033-2058.
- DEMARD, H. (1970).  
Consommation d'eau des résidences unifamiliales et caractéristiques socio-économiques. Mémoire de Maîtrise es-sciences (génie civil), Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada.
- DEMAYO, A. (1970).  
A storage and retrieval system for water quality data. Environment Canada, Ottawa, Report Series No. 9.
- DISKIN, M.H. (1963).  
Temporary flow measurement in sewers and drains. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 89 (HY4) : 141-159.
- ENVIRONMENT CANADA. (1973).  
Guide to data holdings. Environment Canada, Ottawa.
- EPA. (1972).  
Storage and retrieval of water quality data training manual. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water Programs.
- EPA. (1974).  
Methods for chemical analysis of water and wastes. NERS, Methods Development and Quality Assurance Research Laboratory, Cincinnati, Ohio.

- ESHLEMAN, P.W. and BLASE, R.A. (1973).  
A thermal wave flowmeter for measuring combined sewer flows. U.S. Environmental Protection Agency, Technology Series R2-73-145/11020 EYD, 100 p.
- FARLEY, D.W. (1974).  
Usage proposée du "Système 2000" pour relever des intrats des modèles d'une banque de données. Environment Canada, Ottawa, rapport interne.
- GENTHE, W.K. and YAMAMOTO, M. (1971).  
A new ultrasonic flowmeter for flows in large conduits and open channel. Symposium on flow, paper no 2-10-57, Pittsburgh, Pennsylvania, May 10-14.
- HUGHES, C.K., VAN WEST, P., SYDOR, M. and EDGES, D. (1974).  
Report on the use of modeling systems through timesharing at the Computer Science Centre for the Water Planning and Management Branch. Environment Canada, Ottawa.
- INRS-EAU - GROUPE SYSTEME URBAIN (1973).  
Systèmes urbains de distribution d'eau - Etude du système et de la demande. INRS-Eau, rapport technique no 12, 49 p., 3 annexes.
- JASPER, K.E. (1973).  
Level and velocity measurement for large wastewater systems. ISA AC 1973: 818/1 - 818/3.
- LEE, E.Y.S. et al. (1974).  
Environmental impact computer system. Construction Engineering Research Laboratory, Champaign, Illinois, Technical Report E-37.
- LEE HOUSER. (1974).  
Electronic flow measurement and sampling of wastewater. Society of Manufacturing Engineers, Technical Paper MM 74-73, 7 p.
- LIKENS, G.E., BORMANN, F.H., JOHNSON, N.M. and PIERCE, R.S. (1967).  
The calcium, magnesium, potassium and sodium budgets for a small forested ecosystem. Ecology, 48(5): 772-785.
- LINSLEY, R.K. (1973).  
A manual on collection of hydrologic data for urban drainage design. Hydrocomp Inc., 56 p.
- LIPTAK, B.G. and KAMINSKI, R.K. (1974).  
Ultrasonic instruments for level and flow. Instrumentation Technology, 21 (9): 49-59.
- LUDWIG, J.H. and LUDWIG, R.G. (1951).  
Design of Palmer-Bowlus flumes. Sewage and Industrial Wastes, 23 (9): 1096-1107.
- LUDWIG, R.G. and PARKHURST, J.D. (1974).  
Simplified application of Palmer-Bowlus flow meters. Journal of the Water Pollution Control Federation, 46 (12): 2764-2769.

- LULEY, H.G., ROBERTSON, J.H. and PURDY, R.W. (1965).  
Industry's idea clinic. Journal of the Water Pollution Control Federation, 37 (4): 508-563.
- MARSALEK, J. (1975).  
Instrumentation for field studies of urban runoff. Communication personelle.
- MRI SYSTEMS CORPORATION. (1973).  
System 2000 Reference Manual. MRI Systems Corporation, 1973.
- NAWROCKI, M.A. (1974).  
A portable device for measuring wastewater flow in sewers. U.S. Environmental Protection Agency, Technology Series 600/2 - 73-002, 53 p.
- OLIVER, B.G. et al. (1974).  
Chloride and lead in urban snow. Journal of the Water Pollution Control Federation, 46 (4): 766-771.
- PALMER, H.K. and BOWLUS, F.D. (1936).  
Adaptation of Venturi flumes to flow measurements in conduits. ASCE, Transactions, 62: 1195-1239.
- PETERS, R.M. and DEMAYO, A. (1971).  
Storage and processing of water quality data. Computer Storing and Processing of Hydrological Data, Proceedings of Workshop Seminar, p. 31-45.
- RAND DEVELOPMENT CORPORATION. (1969).  
Rapid flow filter for sewer overflows (N.B.: about sewage solids sampling). Federal Water Pollution Control Administration Research Series 11023 DPI 08/69, 82 p.
- REMPEL, G. and TOTTLE, C.H. (1973).  
Extraneous flow in sanitary sewers. Western Canada Water and Sewage Conference. Proceedings of the twenty-fifth annual convention, p. 93-104.
- REPLOGLE, J.A. (1969).  
Flow measurement with critical depth flumes. International Commission on Irrigation and Drainage, 7th Congress, Mexico, R. 15, Question 24: 215-235.
- SCHAFFER, R.B. et al. (1965).  
Application of a carbon analyser in waste treatment. Journal of the Water Pollution Control Federation, 37 (11): 1545-1566.
- SCHMIDT, O.J. (1959).  
Measurement of Manning's roughness coefficient. Sewage and Industrial Wastes, 31 (9): 995-1003.
- SEABURN, G.E. (1971).  
Method of rating flow in a storm sewer. U.S. Geological Survey Prof. Paper 750-D: D 219 - D 223.

- SHELLEY, P.E. and KIRKPATRICK, G.A. (1973).  
An assessment of automatic sewer from samplers. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Monitoring, Environmental Technology Series, EPA-R2-73-261, Contract 68-03-0155, 233 p.
- SMITH, S.A. and KEPPLER, L.G. (1972).  
Infiltration measure in sanitary sewers by dye-dilution method. Water and Sewage Works, 119 (1): 58-61.
- SMOOT, G. (1975).  
A rainfall-runoff quantity-quality data collection system. Communication personnelle.
- STEVENS, J.C. (1964).  
Temporary flow measurements in sewers and drains. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, 90 (HY6): 241-247.
- UNIVERSITY OF IOWA. (1941).  
Laboratory investigations of suspended sediment samplers. University of Iowa, Hydraulic Laboratory Report No 5, 99 p.
- WELLS, E.A. and GOTSAS, H.B. (1958).  
Design of Venturi flumes in circular conduits. ASCE, Transactions, Vol. 123.
- WENZEL, H.G. (1968).  
A critical review of methods of measuring discharge within sewer pipe. ASCE, Urban Water Resources Research Program, Technical Memorandum no 4.
- WENZEL, H.G. (1973).  
Development of a meter for measurement of sewer flow. University of Illinois, Water Resources Center, Report 73-0074, 65 p.
- WRIGHT, R.R. and COLLINGS, M.R. (1964).  
Application of fluorescent tracing techniques to hydrologic studies. American Water Works Association Journal, 56 (6): 748-754.
- WYCKOFF, B.M. (1964).  
Rapid solids determination using glass fiber filters. Water and Sewage Works, 3: 277-280.

ANNEXE 1

Hygiène et sécurité dans les égouts

**HYGIENE et SECURITE dans les EGOUTS\***

**par: R. GILBERT  
INRS-Santé**

- \* Les risques et les moyens de prévention exposés dans le présent document, concernent exclusivement des travaux occasionnels et réalisés au voisinage des ouvertures d'égouts.

**5 novembre 1975**

## INTRODUCTION

Les égouts de par leur nature même constituent un milieu où les risques sont si nombreux, qu'il convient d'adopter d'une part, des règles générales d'hygiène et de sécurité, et d'autre part, des règles spécifiques justifiées par la gravité ou la fréquence des risques qu'elles visent. Dans plusieurs pays, le travail d'égoutier fait l'objet de législation, de normes et de précautions hygiéniques et médicales; il en est ainsi par exemple aux Etats-Unis, Angleterre, France etc. Dans le présent document, nous avons retenu les points qui nous paraissent importants sans entrer dans les détails. Toutefois, nous ne saurions passer sous silence la section des recommandations générales qui témoignent de la gravité des risques encourus par le travail dans les égouts. Nous n'avons pas abordé ici l'aspect épidémiologique des risques infectueux; cependant il convient de considérer très sérieusement les risques de contamination en dehors des égouts (par personne ou matériel, contacts familiaux, avec des collègues etc.) dans la mesure où les règles fondamentales de l'hygiène n'auraient pas été respectées. Nous attirons l'attention également

sur le fait que la vaccination prophylactique assure une protection individuelle limitée à quelques organismes pathogènes, alors qu'en réalité, le risque en intéresse plusieurs centaines. Enfin on retiendra que les risques infectueux liés aux égouts sont transposables aux risques concernant les eaux usées ou polluées.

### DESCRIPTION DU MILIEU

#### A) Phase gazeuse

##### a) Oxygène:

Généralement, à partir de l'ouverture de l'égout (tampon), on peut s'attendre à ce que la pression partielle d'oxygène<sup>1</sup> commence à diminuer au profit d'une substitution de vapeurs de toute sorte. La nature de ces vapeurs peut varier quasi spontanément dépendant des déchets déversés dans les égouts.

##### b) Vapeurs toxiques, inflammables et explosives:

Dans la phase gazeuse, on peut trouver du gaz carbonique, du monoxyde de carbone, du méthane, du sulfure d'hydrogène, des hydrocarbures variés, de

1. On considère comme insuffisante, une concentration en oxygène de moins de 17% (5)

l'ammoniac etc. originant principalement de l'action bactériologique sur les constituants chimiques de la phase liquide ou semi-solide ou à des interactions chimiques. Parfois on trouve de l'acide cyanhydrique (atelier de galvanoplastie), du chlore, du phosgène, des vapeurs nitreuses, du sulfure de carbone, du benzène, du trichloréthylène etc.).

c) Gouttelettes:

La présence de fines gouttelettes d'eau dans la phase gazeuse constitue un risque pour les voies respiratoires et les muqueuses, dans la mesure où elles servent de véhicule à des produits toxiques ou à des micro-organismes pathogènes.

d) Eclaboussures de la phase liquide:

Les éclaboussures et micro-éclaboussures sont susceptibles d'assurer l'équivalent d'un contact direct de la phase liquide avec la peau et les muqueuses exposées (contaminations, infections, dermatoses)

e) Conditions climatiques:

Bien que les conditions d'humidité et de température des égouts soient variables, elles constituent un micro-climat dont les différences par rapport à la surface sont plus ou moins marquées au cours des changements saisonniers.

## B) Phase liquide

### a) Aspects physiques:

La phase liquide se déplace à des vitesses variables. Souvent, le débit est suffisamment important pour emporter un homme, particulièrement les jours de précipitation. Il arrive que la phase liquide transporte à grande vitesse des objets solides susceptibles de causer des blessures.

### b) Aspects chimiques:

La phase liquide (acide, alcaline ou neutre) est susceptible de transporter à peu près n'importe lequel des produits chimiques, qu'ils soient déversés tel quel ou produits par interaction de produits chimiques déjà présents. En particulier, on peut trouver des graisses, des huiles diverses, des détergents, des savons, des acides, des alcalis, des phénols, des cyanures, des résines, des goudrons, de la matière organique en décomposition etc. Du point de vue physico-chimique, il s'agit d'un système essentiellement "multiphase" liquide auquel viennent s'ajouter des composants semi-solides et solides.

### c) Micro-organismes:

Dans la phase liquide, on peut trouver une multitude d'organismes pathogènes: nématodes, trématodes, champignons, protozoaires, algues, bactéries et virus.

Les eaux d'égouts contiennent souvent plusieurs millions de bactéries par millilitre. Il serait inapproprié de faire une liste exhaustive de tous les organismes et micro-organismes pathogènes que l'on peut trouver dans les égouts; aussi, retiendrons-nous les groupes suivants:

**Bactéries:** Shigella (dysenterie)  
Salmonella (causant diverses salmonelloses dont la typhoïde)  
Clostridium (tétanos, gangrène gazeuse)  
Leptospira (maladie de Weil en particulier)  
Brucella (Brucelloses)  
On pourrait ajouter à ces genres les coliformes pathogènes, le groupe Proteus, les Pseudomonas, etc.

**Virus:** Poliovirus  
Virus de l'hépatite infectueuse  
Coxsackie  
etc.

Il convient de signaler la présence de certains nématodes (Ascaris) et protozoaires (Amibiases) sous forme enkystée susceptibles de causer des maladies chez l'homme. Durant les épidémies d'origine virale ou bactérienne, on doit s'attendre à trouver les agents responsables en plus grande concentration dans les égouts.

d) Rongeurs:

La présence de rats dans les égouts constitue un double risque. D'abord, en jouant le rôle de réservoirs vivants et en hébergeant plusieurs types de bactéries pathogènes, et ensuite, en servant de vecteurs en transmettant à l'homme virus et bactéries par morsures.

Suite à ces considérations, on comprend facilement qu'une composante du risque d'infection soit directement liée à l'importance de la population des rats dans les égouts.

e) Infections virales et bactériennes (période d'incubation, symptômes généraux, portes d'entrée):

Dans les infections virales et bactériennes qui nous intéressent ici, les temps d'incubation s'étendent en gros entre 12 heures et 2 semaines, cependant dans certains cas (tétanos, hépatite infectueuse) la période d'incubation peut atteindre 6 semaines.

La description détaillée des symptômes et signes des diverses infections possibles nous mènerait en dehors du cadre du présent document, particulièrement en raison de leur nombre et de leurs manifestations polymorphes. Toutefois, suite (dans les délais d'incubation) à un séjour dans des égouts ou à un contact avec des éléments provenant de ce milieu, l'apparition d'un ou plusieurs des symptômes suivants: fièvre, maux de tête, perte d'appétit, douleur abdominales, diarrhée, constipation, douleurs musculaires, hypertonicité musculaire, troubles respiratoires ou neurologiques, devrait faire l'objet d'une surveillance médicale (en mentionnant l'exposition aux égouts). Les portes d'entrée dans les infections sont:

1. contact avec les diverses muqueuses (bouche, nez, oreille, yeux)
2. tube digestif
3. voies respiratoires
4. voie urogénitale
5. lésions et micro-lésions cutanées d'origine traumatique ou autre.

#### C) Phase semi-solide et solide

A l'exclusion des matériaux transportés par le courant, les phases semi-solides ou solides sont constituées par des dépôts ou croûtes sur les diverses parois de l'égout et peuvent contenir les mêmes micro-organismes que la phase liquide. La phase solide peut donner lieu à des poussières par effritement d'où le danger de corps étrangers dans les yeux et possibilité d'infection (voies respiratoires également) .

#### D) Accidents

On connaît divers types d'accident susceptibles de survenir dans les égouts:

- a) noyades, blessures et égratignures diverses dues à des chutes et glissades en relation ou non avec la force du courant de l'égout.
- b) intoxications dues à des vapeurs toxiques
- c) explosions
- d) accidents de surface: Blessures aux orteils et aux pieds par le tampon, accidents musculaires dus à

une mauvaise technique de l'enlèvement du tampon.  
e) accidents dus à des collisions (véhicules).

#### RECOMMANDATIONS GENERALES D'HYGIENE ET DE SECURITE

- - Sélection du personnel affecté aux travaux et prélèvements dans les égouts. Critères d'exclusion: maladies pulmonaires, cardio-pulmonaires et affections cutanées. Les fumeurs présentent un risque additionnel dans la mesure où les consignes d'hygiène et de sécurité ne seraient pas respectées (contaminations, infections, explosions).
- - Vaccination prophylactique: polio, typhoïde, tétanos, leptospirose ictéro-hémorragique.
- - Informations d'hygiène et de sécurité dans les égouts fournies aux préposés.
- - Informations particulières: types d'affluents (résidentiels, commerciaux, industriels), pluie (courant plus important), vidage de piscines publiques, accidents à la surface susceptibles d'avoir une influence (déversement de camion citerne en particulier).
- - Absence de traumatismes cutanés (même les égratignures)

à défaut, pansement antiseptique hydrofuge.

- Vêtements appropriés y compris bottes, casque de sécurité et gants.
- Personnel suffisant pour assurer: a) communication ininterrompue entre les membres de l'équipe, b) les premiers secours. Harnais de sécurité si le courant est puissant.
- - Les sens de l'olfaction permet d'identifier de façon grossière un certain nombre de produits dangereux (toxiques, inflammables, explosifs) cependant ce sens s'adapte facilement et rapidement aux odeurs de sorte qu'il constitue un détecteur pauvre. On se souviendra que l'odeur d'amande traduit la présence de HCN. La présence de H<sub>2</sub>S en quantité dangereuse est facilement détectée avec des papiers humides d'acétate de plomb (noircissement).
- - Durant le contact avec les égouts, on ne devrait pas prendre de nourriture ou boissons, ne pas fumer, éviter de toucher les muqueuses (yeux, bouche, nez, oreilles) avec des membres, vêtements ou objets contaminés. A la moindre égratignure, il faut désinfecter le plus rapidement possible et faire un pansement étanche. Dans la mesure du possible, on doit effectuer les manipula-

tions de façon à éviter les éclaboussures. Les risques liés au mode d'éclairage, à l'instrumentation et à l'aération restent à évaluer en fonction des conditions particulières. Les vêtements, les outils et instruments ainsi que les prélèvements doivent être considérés comme sources de contamination et d'infection tant qu'ils ne sont pas stériliser.

- - Après contact avec l'égout ou ses constituants, les préposés devraient prendre une douche (toujours dans des conditions hygiéniques). Si les préposés ont à manger, boire ou fumer durant le travail, ils devraient interrompre momentanément le travail, enlever les vêtements protecteurs, se laver le visage, les mains et les avant-bras.
- - Décontamination du matériel.

Remarque: les points noirs précédant les traits pourraient être assimilés à des étapes particulières dans un organigramme logique.

## Recommandations particulières

### a) Hygiène individuelle:

- Pour les pauses de travail; utilisation d'un savon antiseptique et brossage des ongles
- Le port d'un masque anti-poussières et de lunettes protectrices devraient être envisagé
- On retiendra que certains facteurs prédisposent à l'infection (fatigue, grippe etc.)

### b) Alimentation électrique:

- On devrait proscrire l'utilisation du C.A.110V pour alimenter des ampoules ou des outils en raison des risques de chocs électriques et d'explosion
- En ce qui concerne l'éclairage, on utilisera des lampes de sécurité pour atmosphère inflammable ou explosive, ou des bâtons Cyalume si un éclairage intense n'est pas requis
- Les outils à l'air comprimé de même que les outils manuels éliminent le risque électrique sans toutefois prévenir le risque d'explosion (étincelles dues à la percussion, friction). De plus, ils sont susceptibles d'introduire des risques sérieux pour l'ouïe en espace confiné (protection de l'ouïe à envisager)

### c) Protection contre les risques de blessures et égratignures lors de la descente dans l'égout

En raison d'une très mauvaise conception des puits de regard, il convient d'observer les règles suivantes:

- avant de descendre dans un égout, on devrait étudier soigneusement la disposition souvent fantaisiste des barreaux d'échelle, la faiblesse (mauvaise construction ou détérioration) de certains d'entre eux ne pouvant supporter le poids d'un homme, de plus il arrive que plusieurs barreaux

manquent. Le respect de ces règles devaient permettre d'apporter les correctifs essentiels.

- porter un vêtement de protection contre les égratignures au dos lors de la descente dans l'égout
  
- porter des gants (qui devraient être de rigueur de toute façon) pour assurer une protection contre les blessures ou égratignures sur les barreaux de l'échelle

d) Premiers soins:

L'équipe affectée aux égouts devrait être munie d'une trousse de premiers soins et connaître les aspects fondamentaux des premiers secours. On trouvera à l'appendice 2 des suggestions de produits particuliers relatifs aux travaux dans les égouts.

e) Protection contre les risques d'infection

Lors de la manipulation d'échantillons provenant des égouts (Voir: Les risques de contamination dans les laboratoires de microbiologie)

Extrait de  
"Encyclopédie Medico-Chirurgicale" (4)

**Les risques de contamination  
dans les laboratoires de microbiologie.**

A l'étranger, et principalement aux U.S.A., ce problème a commencé à être étudié, plusieurs centaines de publications ayant mentionné (et le bilan est loin d'être complet) un total d'environ 6 000 cas d'infections de laboratoire. Pour sa part, SULKIN [6], en 1961, en dénombrait 2 348 pour les U.S.A., dont 107 ayant occasionné la mort. En ce qui concerne la France, aucune statistique complète n'existe et nous n'avons à notre disposition que les cas personnels qu'ont bien voulu nous indiquer un certain nombre de bactériologistes interrogés; d'autres se réfugiant, par fausse pudeur, dans un mutisme qui ne rend service à personne puisqu'il ne permet pas de faire prendre conscience des dangers encourus, ni d'améliorer par voie de conséquence les conditions de travail. D'autres, encore, ne prennent même pas au sérieux les possibilités d'infections ou considèrent encore que « l'homme de science doit subir les risques du métier » et s'accrochent au concept philosophique de fatalisme du « savant-martyr ». Alors que, dans l'industrie et dans l'agriculture, le travailleur a été l'objet d'une surveillance de plus en plus poussée, que des mesures de protection individuelle et collective se sont développées, il est non seulement regrettable, mais inadmissible que, dans de trop nombreux cas, le « travailleur de laboratoire » ait été quelque peu oublié. Il s'agit d'un problème moral, humain, économique.

Il convient donc de rendre hommage à quelques auteurs qui évoquent ce problème des risques infectieux dans les laboratoires de microbiologie dans leurs *manuels* ou *traités de microbiologie* et à ASSELIN [1, 2], en particulier, qui y a consacré deux publications fort intéressantes.

**Causes de contaminations microbiennes.** — Les véritables causes des accidents de laboratoire résident souvent dans une combinaison de circonstances plutôt que dans un effet simple et direct d'un ou deux facteurs externes. Elles se divisent en deux groupes: l'un, le plus petit, consiste en accidents identifiés aboutissant à l'infection du personnel de laboratoire, l'autre, le plus important, consiste en maladies infectieuses dont les causes sont inconnues, parce qu'elles n'ont pas été précédées par des accidents ou incidents identifiés ou observés, auxquels on pourrait attribuer lesdites infections.

*Les causes d'infections de laboratoire reconnues comme étant les plus fréquentes* sont, d'après G.B. PHILLIPS [4, 5]:

- a) aspiration orale accidentelle, par une pipette, de matériaux infectieux;
- b) inoculation accidentelle par aiguille d'une seringue;
- c) morsures d'animaux;
- d) projection du contenu de seringues et accidents de centrifugation.

L'ensemble de ces causes constitue environ 12 % des quelques 3 700 infections de laboratoire analysées par cet auteur américain.

Au sujet de la centrifugation, il a été reconnu que cette opération pouvait provoquer la formation et la dis-émination d'aérosols microbiens, sans que les tubes ne soient cassés, lorsque le pourtour d'un ou de plusieurs tubes a été mouillé par un liquide infectieux. Et lorsqu'un tube se casse lors de la centrifugation, l'intérieur de la centrifugeuse est souillé par du liquide organique (sang, urines) et, bien souvent, n'est pas nettoyé avec un antiseptique.

Enfin, en ouvrant le couvercle d'une centrifugeuse, avant son arrêt complet, des projections peuvent se produire. ASSELIN signale que c'est à la suite d'une projection, issue d'une centrifugeuse, que l'on déplore l'une des premières contaminations mortelles de laboratoire par encéphalomyélite américaine.

*Parmi d'autres causes de contaminations, on peut citer:*

— souillure des mains ou absorption par voie pulmonaire ou digestive des parcelles desséchées de produits pathologiques (crachats, urines, sang, liquide céphalo-rachidien, selles) qui ont coulé le long de flacons fêlés ou mal vissés;

- souillure des mains avec ces matériaux biologiques eux-mêmes;
- coupures ou égratignures avec des récipients en verre contaminés;
- projection ou verse de cultures liquides pathogènes sur le sol, les paillasses, etc.;
- utilisation de linge, de serviettes, etc. souillés; absence d'un vestiaire extérieur au laboratoire pour les vêtements de ville;
- manipulations microbiennes devant une fenêtre, le courant d'air pouvant inonder tout l'environnement de particules microbiennes;
- flamage sans précautions de l'anse de platine chargée d'un résidu de culture ou de matériau pathologique (par exemple: crachats tuberculeux) dans la flamme d'un bec Bunsen, opération qui peut occasionner la projection à distance d'éléments de contamination, puisqu'il s'agit de microbes encore vivants;
- risques dus aux animaux de laboratoire qui comportent ceux inhérents aux animaux malades ou même apparemment sains (zoonoses) et ceux provenant des maladies expérimentales inoculées dans un but de recherches ou dans celui de la préparation de vaccins ou d'antigènes utilisés pour le diagnostic.

**Procédés techniques de sécurité.** — Nous avons indiqué en détail, dans une autre publication [3], les mesures techniques de sécurité qui devraient *obligatoirement* être observées dans tout laboratoire où l'on manipule des germes, à plus forte raison s'il s'agit de germes hautement pathogènes. En voici un certain nombre :

- ne jamais pipetter, directement avec la bouche, des liquides infectieux ou souillés : utiliser un système d'aspiration (propipette) ;
- boucher les pipettes avec du coton ;
- ne jamais faire sortir de liquides infectieux en soufflant dans les pipettes ;
- ne jamais préparer des mélanges de matériaux infectieux en soufflant de l'air dans le liquide à l'aide d'une pipette ;
- éviter de décantier directement le liquide contenu dans les tubes de centrifugation, préférer toujours la décantation faite à l'aide d'une propipette ; toutefois, si l'on se trouve en présence d'importantes quantités à décantier, désinfecter le pourtour du pot de centrifugation et observer les règles de manipulations stériles ;
- ne jamais remplir jusqu'au bord tubes et pots de centrifugation ;
- manipuler les cultures lyophilisées en utilisant toutes les règles de stérilité (désinfecter le col des ampoules avant de les casser, porter des gants, etc.) ;
- ne jamais abandonner une cuvette contenant des matériaux infectés ;
- ne pas utiliser d'éponge, car celle-ci est le réceptacle de beaucoup de de morbidités de laboratoire ;
- stériliser tous les déchets de matériaux contaminés ;
- nettoyer périodiquement les congélateurs où sont rangées les cultures pour en retirer les ampoules et tubes cassés ; utiliser des gants et une protection respiratoire durant le nettoyage ;
- manipuler avec des gants de caoutchouc les échantillons de sérum provenant des malades atteints d'hépatite infectieuse ; lorsqu'il est envoyé au laboratoire un tube de sang provenant d'un malade suspect, par exemple, d'hépatite virale, le mentionner sur l'étiquette d'une façon voyante (en rouge) pour attirer l'attention sur le risque encouru ;
- durant les manipulations, s'abstenir de porter les mains au visage, ceci pour éviter une auto-inoculation ;
- il doit être interdit de fumer, de boire, de manger dans un laboratoire ;
- lors des manipulations de virus ou d'animaux qui peuvent se débattre, porter des gants, des bavettes et des lunettes protectrices : il peut même être indispensable de revêtir un masque, une blouse de protection et d'opérer dans un endroit réservé ; dans les animaleries, les soigneurs doivent être protégés par des vêtements et bottes particuliers au local ;
- utiliser de préférence des blouses de salles d'opération fermées dans le dos ;
- pour certaines opérations présentant un danger évident de souillures manuelles, il est nécessaire d'utiliser des pinces ou des gants de caoutchouc ;

— ne porter que des vêtements de laboratoire propres dans la salle à manger, la bibliothèque, etc. ; il est inconcevable de voir, par exemple, des cantines de laboratoire où chacun se présente à table avec sa tenue professionnelle ; c'est là que s'effectue le grand brassage de microbes et de virus ;

— mettre ses vêtements de ville dans un vestiaire, hors du laboratoire ; trop souvent, dans des petits laboratoires, ceux-ci sont suspendus à un porte-manteau, entre deux paillasses, et s'imprègnent tout au long du jour de tous les miasmes de l'air.

**Problèmes de désinfection.** — Celle-ci répond à deux préoccupations distinctes : la *réalisation de locaux aseptiques* et la *destruction des souillures septiques* (locaux, matériel, linge, matériaux biologiques, mains, etc.).

Dans le premier cas, il s'agit de pourvoir les laboratoires de « salles blanches » et de « postes dépoussiérées » ou « cabines stériles », si des germes hautement pathogènes sont manipulés [1], indispensables pour la sécurité du personnel, de même que pour certaines opérations de laboratoire qui exigent une asepsie totale de l'environnement (cultures de tissus, cultures dans l'œuf embryonné, lyophilisation, etc.). Il existe trois procédés : l'un consistant à envoyer dans un local étanche de l'air frais filtré, avec évacuation, grâce à une légère surpression, de l'air vicié (réalisation de hottes, de cabines à air laminé), l'autre utilisant les rayons ultra-violetes (parfois, ces deux procédés peuvent même être employés concurremment) ; le troisième procédé fait appel à des antiseptiques chimiques (ozone, formol, etc.).

Dans le deuxième cas, il s'agit d'utiliser les propriétés de certains corps chimiques tels quels (phénol, eau de Javel, sels d'ammonium quaternaire, etc.) ou à l'état de vapeurs, ou la chaleur produite par certains appareils (autoclaves, four Pasteur).

**Immunisation du personnel.** — Un autre élément de « sécurité » est assuré par le respect de la réglementation concernant la *vaccination de tout personnel ayant une activité professionnelle l'exposant à des risques de contamination et concernant la variole, les fièvres typhoïde et paratyphoïdes A et B, la diphtérie, le tétanos, la poliomyélite* (article L. 10 du Code de la Santé publique, loi du 1<sup>er</sup> juillet 1964, arrêtés des 19 mars et 28 juillet 1965), *ainsi que la tuberculose* (article L. 215 et suivants du Code de la Santé publique, arrêté du 29 juin 1960, etc.).

Mais si des vaccinations sont obligatoires et d'autres souhaitables (dans certains cas particuliers : fièvre jaune, botulisme, etc.), il faut savoir que cette prévention n'est pas absolue (exemple : tuberculose contractée même après vaccination au B.C.G.) et n'empêche *en aucun cas* toutes les autres mesures d'hygiène et les bonnes conditions de travail précédemment indiquées.

**Rôle du directeur de laboratoire.** — Comme il existe une grande variété d'opérations bactériologiques, et donc de « types » de laboratoires de microbiologie, les problèmes de contamination éventuelle, et, par voie de conséquence, les mesures de sécurité à prendre et à observer, ne seront pas exactement les mêmes selon qu'il s'agisse de recherches pures sur des cultures de microbes ou de virus, de production de vaccins, d'anatoxines ou de produits biologiques exigeant de grandes quantités de « matières premières », de l'utilisation de cultures de collection pour expérimentation ou démonstration au cours de travaux pratiques dans les Facultés, de manipulation de produits biologiques pathologiques en vue de diagnostics cliniques, d'utilisation d'animaux de laboratoire pour reproduire la maladie et étudier leurs réactions vis-à-vis d'un germe déterminé ou inconnu. Les risques en puissance seront, bien sûr, différents et n'auront pas la même acuité dans les instituts de recherches, dans les laboratoires de Facultés ou dans les

laboratoires d'analyses médicales. Tel grand laboratoire, ayant des possibilités financières suffisantes, pourra, et devra, avoir des installations des plus modernes. Mais tout « laboratoire » devra travailler avec le maximum de précautions.

Outre les *mesures techniques*, il en est d'autres qui sont indispensables et qui incombent au directeur du laboratoire, lui-même, car elles ont trait à des facteurs humains et comportent, de sa part, un *enseignement de la sécurité*.

1) Il doit y avoir une sélection convenable des employés de laboratoire. Cette sélection doit être opérée non seulement sur des critères de compétence du point de vue du travail technique, mais, aussi, sur ceux d'une bonne condition physique, c'est-à-dire d'un état de santé compatible, médicalement, avec le travail à effectuer sur certains types d'agents infectieux.

2) L'un des rôles du directeur de laboratoire doit être de contrôler les facteurs humains dans la responsabilité des accidents et de faire acquérir au personnel des attitudes et des gestes lui permettant d'exécuter un travail dans les meilleures conditions possibles de sécurité.

3) Une autre obligation incombant au directeur est d'éduquer ses collaborateurs et collaboratrices sur tous les risques que comporte leur métier et d'établir de véritables *consignes de sécurité*.

**Conclusion.** — Il serait nécessaire que tout cours de microbiologie comporte un enseignement d'éléments de sécurité, que tout laboratoire ait les possibilités financières d'équipement de prévention, que chaque directeur de laboratoire fasse prendre, à l'ensemble de son personnel, conscience des risques encourus et que, réciproquement, celui-ci se conforme aux règles de prudence nécessaires à la sécurité de chacun et de tous. Alors beaucoup d'accidents pourraient être évités, si l'on respectait les deux impératifs que sont la prudence et la prévoyance.

(10-1970)

Ch. GUYOTJEANNIN.

- [1] ASSELIN H.G. — Les risques professionnels et leur prévention dans les laboratoires de biologie. — *Hôp. Aide soc. Paris*, sept.-oct. 1966, n° 41, 612-624.
- [2] ASSELIN H.G. — Les contaminations accidentelles dans les laboratoires. — *Hôp. Aide soc. Paris*, sept.-oct. 1967, n° 47, 585-596.
- [3] GUYOTJEANNIN Ch. — Les risques infectieux dans les laboratoires de bactériologie. — *Inst. nat. Recherche et Sécurité*, édit., Paris, 1970.
- [4] PHILLIPS G.B. — Microbiological Hazards in the Laboratory. Safety in the Chemical Laboratory. — *J. of Chem. Educ.*, janv.-fév. 1965, 42, n° 1-2.
- [5] PHILLIPS G.B. — Control of Microbiological Hazards in the Laboratory. — *Amer. Ind. Hyg. Ass. J.*, mars-avr. 1969, 30, n° 2, 170-176.
- [6] SULKIN S.E. — Laboratory-acquired infections. — *Bact. Rev.*, sept. 1961, 25, 203-209.
- [7] WEDUM A.G. et PHILLIPS G.B. — Criteria for Design of Microbiological Research Laboratory. — *J. Am. Soc. Heating, Refrig. and Air-Conditioning Engin.*, 1964, 6, 46.
- [8] VALENT C. — Les risques infectieux dans les laboratoires de bactériologie. — *Thèse*, Paris, 1970.

## CONCLUSION

Il n'entraîne pas dans le cadre du présent document d'effectuer une revue de la littérature sur les normes et guides en matière de sécurité et d'hygiène dans les travaux concernant les égouts, et encore moins, une étude comparative de divers pays sur cette question. Néanmoins, on devrait envisager sérieusement un tel travail.

Considérant la multiplicité des agents infectueux que l'on peut trouver dans les égouts, il serait essentiel d'analyser les statistiques de maladies infectieuses causées par le contact avec les égouts en particulier sur le plan local (les municipalités du Québec) afin d'établir des règles appropriées aux besoins québécois en cette matière. Une fois de plus, cet aspect se retrouvait en dehors du cadre du présent travail.

Quant à la conception des puits de regard, il nous apparaît essentiel de la repenser en fonction des données de l'ergonomie.

Nous avons limité le présent document aux travaux très occasionnels effectués dans les puits de regard seulement. Il va de soi que pour des travaux moins occasionnels et plus généraux, l'on doit inclure d'autres risques et surtout une politique différente en matière d'Hygiène et de Sécurité.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1. Encyclopedia of Occupational Health and Safety. Bureau International du Travail, Genève, 1971.
2. Hunter, D.: "The Diseases of Occupations". The English Universities Press Ltd, London, 1971.
3. Desoille, H.: "Précis de Médecine du Travail". Masson et Cie, 1975.
4. Encyclopédie Medico-Chirurgicale: Intoxications (agents physiques), Vol. 2, Fascicule no 16545A (Mise à jour), Editions Techniques, Paris.
5. Hygiène et Sécurité Professionnelles. Fonction Publique Canada, 1ère ed. 1974.
6. TLVs treshold limit values for chemical substances in work-room air adopted by the American Conference of Government Industrial Hygienists for 1973. J. Occp. Med., 16: 39-58, 1974.

## APPENDICE 1

### PRODUITS PARTICULIERS POUR SOINS ET SECURITE RELATIFS AUX TRAVAUX DANS LES EGOUTS

#### Désinfectants pour plaies:

1. Provioline Aérosol (flacons de 3oz liq.) de Rougier
2. Zéphiran 1:5,000 disponible en solution aqueuse 1:750, flacons de 8oz et 160oz liq.

#### Savon désinfectant à utiliser pour les pauses de travail:

Swarfega ou Bactericidal - disponible chez Cartier Chemical Co Ltd  
445, 21ème ave Lachine,  
Montréal, Québec  
Tél.: 637-4631

#### Aérosol désinfectant pour les vêtements:

Bullard's Sanitizer / Deodorizer no 101-900-6220 en flacons de 16oz liq. distribué par:

Levitt-Safety Ltd  
33 Laird Drive  
Toronto 17, Ontario  
Tél.: 425-8700

Les pansements adhésifs complètement imperméables de même que les désinfectants pour plaies peuvent être obtenus dans les pharmacies (sur commande).

Les bâtons Cyalume sont disponibles chez:

Safety Supply Ltd  
5545 ouest, rue St-Jacques  
Montréal, Québec  
Tél.: 487-1601

ANNEXE 2

Critères de design et d'implantation du canal  
Palmer-Bowlus d'après Wells et Gotaas

## ANNEXE 2

Critères de design et d'implantation du canal Palmer-Bowlus d'après Wells et Gotaas (1958) (voir Fig. 1.1-B).

- 1 La vitesse d'approche peut être supérieure à 2 pi/sec et ne constitue pas un critère important de design.
- 2 Une opération satisfaisante du canal conduit à définir une limite supérieure et une limite inférieure de fonctionnement:
  - limite supérieure pour que l'écoulement ne soit pas submergé: l'écoulement étant initialement fluvial, le niveau initial dans la conduite doit être inférieur ou égal à  $.85 d_1$  (avec  $d_1$  = niveau amont après introduction du canal)
  - limite inférieure pour que l'écoulement soit stable: l'écoulement étant initialement torrentiel, il a été déterminé empiriquement que le niveau initial dans la conduite devait être supérieur ou égal à  $V^2/3g$ .

La pente de la conduite peut aller jusqu'à 2% sans que la courbe de calibration soit modifiée. Au delà de 3%, la courbe est très nettement différente.

- 3 Ce canal permet la mesure des débits dans une gamme de hauteurs ne dépassant pas  $.75 D$  (niveau normal dans la conduite avant installation du canal), ce qui correspond à 90% de la capacité maximum de la conduite.
- 4 La longueur de l'étranglement est de préférence de  $1.0 D$ , mais peut varier de  $.6$  à  $1.5 D$  sans affecter la précision des mesures.
- 5 On obtient une large gamme de mesures quand les côtés ont une pente 1:2 et que la largeur de l'étranglement est de  $D/3$  (a).

---

(a) Selon Ludwig et Parkhurst (1974), la largeur proposée pour l'étranglement est  $D/2$  ou  $D/3$  (la plupart des canaux commercialisés ont une largeur de l'ordre de  $D/2$ ).

- 6 L'élévation du radier dans l'étranglement doit être comprise entre  $D/20$  et  $D/10$ .
- 7 Une pente de 1:3 pour l'approche amont est souhaitable, mais elle peut être légèrement différente sans modifier la précision des mesures.
- 8 La pente de la section de sortie n'a aucun effet sur la précision des mesures.
- 9 Le point de mesure du niveau doit être situé en amont, à une distance ne dépassant pas  $.50^{(b)}$  l'entrée du canal.

---

(b) Selon Ludwig et Parkhurst (1974), la localisation du point de mesure n'est pas critique, et peut être située jusqu'à une distance de  $1.0 D$  en amont du canal (les courbes de calibration sont en général établies pour une mesure de hauteur à  $.5D$ ).

ANNEXE 3

Principe des différentes techniques d'analyse instrumentale

### ANNEXE 3

#### PRINCIPES DES DIFFERENTES TECHNIQUES D'ANALYSE INSTRUMENTALE

##### Analyse de carbone

Cet appareil consiste en un tube de combustion qui permet la conversion des composés de carbone en gaz carbonique. Par la suite, un analyseur non dispersant à l'infra-rouge mesure la quantité de gaz carbonique produite. Pour la détermination du carbone total, les échantillons liquides sont injectés dans un tube de combustion ( $940^{\circ}\text{C}$ ) couvert de fibre d'amiante, imprégné d'oxyde de cobalt, et constamment balayé par un courant d'oxygène. Le gaz est par la suite condensé avant la lecture à l'infra-rouge.

Le carbone inorganique est déterminé dans un circuit parallèle dans lequel le tube de combustion est chauffé à  $150^{\circ}\text{C}$ . L'azote est utilisé ici comme un gaz vecteur et des billes de verre imprégnées d'acide phosphorique sont utilisées pour couvrir les parois. Les carbonates, les bicarbonates et le gaz carbonique dissous sont libérés dans ce dernier cas.

Ce test est très rapide et ne nécessite qu'un très petit volume d'échantillon.

##### Spectrophotométrie d'absorption atomique

Lorsqu'une radiation spectrale de fréquence donnée traverse une enceinte d'atomes, les phénomènes classiques de résonance s'accompagnent d'une absorption de la radiation incidente dont on observe une diminution de l'intensité. Ainsi, les atomes présentent un spectre d'absorption à leurs fréquences de résonance. Ces raies d'absorption sont tout à fait comparables aux bandes d'absorption caractéristiques des molécules traversées par un flux lumineux convenable.

Le coefficient d'absorption dépend des conditions auxquelles sont soumis les atomes absorbants: température, pression, champ électrique, largeur de la raie émise et de la transition électronique (force d'oscillation). L'absorption du rayonnement est donc proportionnelle à l'épaisseur traversée et au nombre d'atomes de l'élément, c'est-à-dire sa concentration dans la solution introduite dans

la flamme.

On trouve dans la littérature beaucoup d'applications pratiques de cette technique pour l'étude des éléments traces. Toutefois, l'absorption atomique est essentiellement une méthode quantitative pratiquement inapte à la recherche qualitative.

### Colorimétrie

L'analyse colorimétrique est la détermination de la concentration des substances colorées d'après l'intensité de leur coloration, c'est-à-dire, d'après l'absorption, dans une région spectrale caractéristique des ions colorés, d'un flux lumineux polychromatique. L'intensité du flux lumineux est directement mesurée par une cellule photoélectrique. Toutefois, on trouve préférable de mesurer les intensités du flux incident et émergent pour ensuite déterminer la densité optique. La concentration est proportionnelle à la densité optique (loi de Beer-Lambert).

### Technicon Auto Analyseur II

Cette technique d'automatisation de l'analyse chimique consiste en un échantillonneur, une pompe, une cartouche d'analyse, un détecteur et une enregistreuse. Une imprimante digitale peut aussi être rattachée à cet ensemble d'instruments. Plusieurs paramètres de la qualité des eaux peuvent être déterminés avec cet instrument. D'ailleurs, un bon nombre de cartouches fabriquées par la Technicon Instruments Corp. (Tarrytown, N.Y.), ont été évaluées et approuvées par l'Environmental Protection Agency (U.S.A.). En outre, plusieurs études économiques ont prouvé que les performances du Technicon AA II justifiaient les dépenses élevées encourues lors de son achat.

En somme, c'est un appareil très versatile où le détecteur peut être un colorimètre, un fluorimètre, un photomètre à flammes, etc. Une cartouche spéciale est toutefois requise par paramètre chimique.

Un certain nombre de techniques disponibles au laboratoire de l'INRS-Eau pourront être également utilisées pour la détermination de paramètres, dans le cas où les techniques actuellement retenues ne donneront pas satisfaction, à savoir:

### Electrodes spécifiques

Les électrodes spécifiques sont utilisées pour mesurer l'activité des ions en solution. Elles sont utilisées comme l'électrode de pH.

Les électrodes développent un potentiel proportionnel au logarithme de l'activité de l'ion étudié dans la solution. Elles sont calibrées dans des solutions ayant des activités ioniques connues d'avance. Le temps de réaction peut varier de quelques secondes à plusieurs minutes. Des concentrations aussi faibles que  $10^{-7}M$  peuvent être parfois mesurées. Toutefois les petits changements dans l'activité ionique à des concentrations élevées peuvent être difficilement détectés à cause de la relation logarithmique entre le potentiel mesuré et l'activité de l'ion en question (équation de Nernst).

En général, les électrodes spécifiques sont assez précises mais nécessitent des calibrations régulières préalables aux analyses. Il y a aussi parfois des interférences entre les différents ions d'une solution.

Application: détermination du calcium, chlorure, nitrate, sodium, ammonium etc...

### Polarographie

L'électrolyse d'une fraction de solution est appelée polarographie. Cette méthode permet l'analyse quantitative au moyen d'une cellule consistant en une micro-électrode à gouttes de mercure et une autre électrode conductrice. Toute substance moléculaire aussi bien qu'ionique peut être déterminée par polarographie si elle peut être réduite (ou à un degré moindre oxydée) à l'électrode à gouttes de mercure pour donner une onde d'électrolyse distincte de celle des autres espèces présentes.

L'analyse quantitative des mélanges est une des plus importantes applications polarographiques. Le fait qu'un grand nombre d'éléments sont réduits à l'électrode à gouttes pour donner des ondes bien définies permet plusieurs analyses inorganiques. Ainsi on peut déterminer avec succès le cobalt, le cuivre, le plomb et le nickel dans les aciers; le fer, le cadmium, le plomb, le nickel, l'étain et le zinc dans les alliages de cuivre. La possibilité d'effectuer des analyses au niveau de  $10^{-5}M$  ou  $10^{-6}M$  montre que beaucoup d'entre elles peuvent se faire à l'échelon des traces.

Application: détermination de métaux traces dans les eaux.

### Chromatographie gaz-liquide

Cette technique est basée sur l'effet de séparation affectant un mélange gazeux dans un gaz vecteur lorsqu'il passe à une vitesse uniforme à travers une colonne de fractionnement. Du fait de l'adsorption sélective dans la colonne de fractionnement, les constituants du mélange portés par le gaz vecteur se déplacent à travers la colonne à des vitesses différentes et tendent à se séparer en bandes distinctes. Ces bandes distinctes servent à identifier les constituants ainsi que leurs concentrations dans le mélange gazeux. L'enregistrement des valeurs des constituants détectés est appelé chromatogramme.

Application: étude détaillée de la composition de la matière organique des eaux usées.

### Turbidimétrie, néphélogétrie et fluorimétrie

Ces méthodes sont comparables à la colorimétrie. En turbidimétrie, on mesure à l'aide d'un colorimètre la lumière absorbée (ou transmise) à travers une suspension de particules solides dans un milieu liquide en vue de déterminer la concentration de la phase solide. En néphélogétrie, on mesure l'intensité de la lumière diffusée (effet Tyndall) dans une suspension de particules solides dans un milieu liquide, perpendiculairement à la direction de la lumière incidente. L'intensité de la lumière diffusée est fonction de la concentration des particules.

La fluorimétrie est une méthode spectrométrique dont le principe est la mesure du spectre visible de fluorescence émis par certaines substances soumises à un rayonnement ultraviolet.

Ces méthodes sont relatives et les résultats sont toujours interprétés en fonction d'une courbe d'étalonnage.