

Assainissement des eaux usées dans les petites collectivités

**TECHNIQUES PARTICULIÈRES DE
COLLECTE DES EAUX USÉES**

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

Août 1994

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|---|------|
| 1.0 Historique | 1-1 |
| 2.0 Les caractéristiques d'un RSV | 2-1 |
| 3.0 Les facteurs à envisager pour implanter un RSV | 3-1 |
| 4.0 La conception d'un RSV | 4-1 |
| 4.1 Les vannes d'interface | 4-1 |
| 4.2 Les postes de vanne d'interface | 4-3 |
| 4.2.1 Les postes de vanne d'interface résidentiels | 4-3 |
| 4.2.2 Les postes de vanne d'interface pour immeubles d'habitation, commerces et institutions | 4-9 |
| 4.2.3 Le compteur de cycles de fonctionnement des vannes d'interface ... | 4-9 |
| 4.3 Le réseau de collecte | 4-13 |
| 4.3.1 Les entrées de service gravitaires | 4-13 |
| 4.3.2 Les conduites sous vide | 4-16 |
| 4.3.2.1 Le type de conduite | 4-16 |
| 4.3.2.2 Les conduites de service sous vide | 4-17 |
| 4.3.2.3 Les conduites principales | 4-19 |
| 4.3.2.4 Les vannes d'isolement et les bouches d'accès | 4-25 |
| 4.3.2.5 L'hydraulique | 4-28 |

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|---|------|
| 4.4 La station centrale de collecte sous vide | 4-33 |
| 4.4.1 Les pompes à vide | 4-33 |
| 4.4.2 Les pompes de refoulement | 4-36 |
| 4.4.3 La génératrice | 4-38 |
| 4.4.4 Les réservoirs de collecte et sous vide | 4-41 |
| 4.4.5 Les contrôles, les alarmes et les jauges | 4-44 |
| 4.5 L'isolation des ouvrages | 4-46 |
| 4.6 Éléments hydrauliques de conception d'un RSV et exemple concret | 4-52 |
| 4.6.1 Éléments de conception | 4-52 |
| 4.6.2 Exemple concret de conception hydraulique d'un RSV | 4-57 |
| 5.0 La construction d'un RSV | 5-1 |
| 5.1 Les plans et devis | 5-1 |
| 5.2 La construction et la surveillance | 5-3 |
| 5.3 Les plans «tel que construit» | 5-5 |

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

TABLE DES MATIÈRES

| | Page |
|--|------|
| 6.0 L'exploitation d'un RSV | 6-1 |
| 6.1 L'entretien régulier | 6-4 |
| 6.2 L'entretien préventif | 6-5 |
| 6.3 L'entretien d'urgence | 6-6 |
| 6.4 Les données d'opération du RSV | 6-9 |
| 7.0 L'exutoire d'un RSV et le traitement | 7-1 |

Bibliographie

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

LISTE DES TABLEAUX

| | Page |
|------------|--|
| Tableau 1 | Les caractéristiques des rsv et des réseaux d'égouts conventionnels . 2-6 |
| Tableau 2 | Les avantages et inconvénients comparés des RSV et des réseaux d'égouts conventionnels 2-7 |
| Tableau 3 | Le débit maximum selon le diamètre des conduites principales CPV, SDR-21, C = 150, Rapport air/liquide = 2/1 ... 4-20 |
| Tableau 4 | Les paramètres de conception des conduites principales 4-23 |
| Tableau 5 | Hauteur de relèvement selon le diamètre de la conduite 4-31 |
| Tableau 6 | Les valeurs de «a» selon les conduites principales 4-35 |
| Tableau 7 | La signification des termes pour le calcul du NPSH disponible et leur valeur type 4-39 |
| Tableau 8 | Les valeurs de V_o pour différents facteurs de pointe 4-42 |
| Tableau 9 | Épaisseur de l'isolant rigide (mm) 4-49 |
| Tableau 10 | Le calcul de la perte de charge 4-66 |
| Tableau 11 | La longueur et le volume des conduites 4-70 |
| Tableau 12 | Tableau des calculs pour la station centrale de collecte 4-71 |

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

LISTE DES FIGURES

| | | Page |
|-----------|---|------|
| Figure 1 | Les profils de réseaux sous vide | 1-3 |
| Figure 2 | Le réseau d'égouts sous vide | 2-2 |
| Figure 3 | Le réseau d'égouts sous vide comparé au réseau de distribution d'eau potable | 2-5 |
| Figure 4 | Le raccordement de résidences situées à des niveaux différents | 4-4 |
| Figure 5 | Le modèle de poste de vanne d'interface résidentiel de Airvac (modèle D) | 4-5 |
| Figure 6 | Regard d'égout standard utilisé comme poste de vanne d'interface résidentiel ou comme réservoir tampon | 4-8 |
| Figure 7 | Le raccordement d'un immeuble d'habitation de deux étages | 4-10 |
| Figure 8 | Le réservoir tampon à deux vannes d'interface pour des débits situés entre 1,9 L/s et 3,8 L/s | 4-11 |
| Figure 9 | L'arrangement des postes de vannes d'interface pour des débits supérieurs à 3,8 litres par seconde (60 gal US/min) | 4-12 |
| Figure 10 | L'agencement type d'une entrée de service gravitaire avec poste de vanne d'interface en fibre de verre | 4-15 |

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

LISTE DES FIGURES

| | | Page |
|-----------|---|------|
| Figure 11 | Les conduites de service sous vide | 4-18 |
| Figure 12 | Les profils de transport dans un RSV | 4-21 |
| Figure 13 | Profil type d'une conduite de 150 millimètres de diamètre | 4-24 |
| Figure 14 | La chambre de vanne avec jauge et bouche d'accès | 4-26 |
| Figure 15 | La chambre pour bouche d'accès à l'extrémité des conduites | 4-27 |
| Figure 16 | Le relèvement du profil d'une conduite | 4-32 |
| Figure 17 | La station centrale de collecte sous vide de Airvac | 4-34 |
| Figure 18 | Le diagramme illustrant la NPSH disponible | 4-40 |
| Figure 19 | Les dispositifs d'isolation des conduites | 4-48 |
| Figure 20 | Les indices de gel au Canada | 4-50 |
| Figure 21 | Le rapport entre l'indice de gel, la couverture de sol et la profondeur du gel dans le sol | 4-51 |
| Figure 22 | Le plan du réseau à concevoir | 4-59 |
| Figure 23 | Le profil du tronçon F-D | 4-60 |

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

LISTE DES FIGURES

| | | Page |
|-----------|--|------|
| Figure 24 | Le profil des tronçons E-D-C | 4-61 |
| Figure 25 | Le profil du tronçon G-C | 4-62 |
| Figure 26 | Le profil du tronçon G-C (2 ^e partie) | 4-63 |
| Figure 27 | Le profil des tronçons B-C-A | 4-64 |
| Figure 28 | Le profil des tronçons B-C-A (2 ^e partie) | 4-65 |

Volume 3

Le réseau d'égouts sous vide

LISTE DES ANNEXES

- Annexe I Le fonctionnement de l'unité de contrôle de la vanne d'interface Airvac
- Annexe II Vanne d'interface de la compagnie «Airvac»
- Annexe III Débits unitaires journaliers (commerces et institutions)
- Annexe IV Tables de friction pour pompe de 4, 6 et 8"

AVANT-PROPOS

L'élaboration de ce guide technique fait suite à un mandat octroyé par la Société québécoise d'assainissement des eaux à la firme d'experts-conseils E.A.T. Environnement Inc.

Ce guide réunit les connaissances et l'expertise de pointe dans le domaine de la collecte alternative des eaux usées. Il a été réalisé sous la direction conjointe de messieurs Jean-Pierre Dubé (E.A.T. Environnement Inc.) et Pierre Dugré (SQAE), en collaboration avec monsieur Gaétan Lemieux (MENVIQ).

De nombreux experts ont accepté de contribuer à l'élaboration de ce document technique. Nous tenons tout particulièrement à souligner la collaboration de:

Harold L. Ball (Orenco Systems Inc.)
William C. Bowne (consultant)
Stephen P. Dix (EPA National Small Flows Clearinghouse)
Brian E. Foreman (ISEKI Inc.)
Ernest R. Kovacs (F.E. Myers Ltd)
Robert E. Langford (Airvac)
Thomas H. McElheny (Clark Engineers & Associates)
Richard J. Otis (Ayres Associates)
Yvon Rivard (Hydromatic)

Soulignons également que la firme Airvac nous a autorisé à utiliser et à reproduire dans ce guide du matériel intellectuel et visuel qu'elle a mis au point au cours des années; nous n'en prenons ni le crédit ni la responsabilité. Ce matériel est tiré du Manuel de conception dont Airvac détient les droits exclusifs.

Le réseau d'égouts sous vide

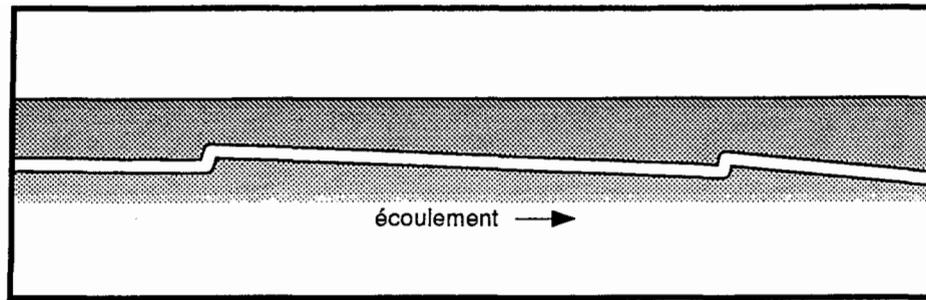
1.0 HISTORIQUE

C'est au milieu du dix-neuvième siècle que Charles Liernur a développé le concept d'un système de collecte des eaux usées sous vide. Le profil des conduites était en dents de scie (figure 1) et le système était opéré manuellement. Ce type de réseau sous vide a été installé en Hollande, en France, en Russie et en Angleterre. Plusieurs de ces systèmes desservaient de grands territoires et ont été utilisés pendant plusieurs années. Par exemple, le réseau sous vide construit en 1892 à Trouville sur Mer, en France, a fonctionné pendant 95 ans, jusqu'en 1987. Après Liernur, Le Marquand, Gandilon, Chappee et Berlier ont conçu des réseaux de collecte sous vide. Le premier système moderne a été mis au point par Joël Liljendahl (Électrolux) qui a inventé une vanne d'interface automatique permettant d'aspirer les eaux usées. En 1959, le premier réseau d'égouts résidentiel de ce type a été mis en place, en Suède. Les réseaux de Liljendahl fonctionnaient avec des toilettes sous vide.

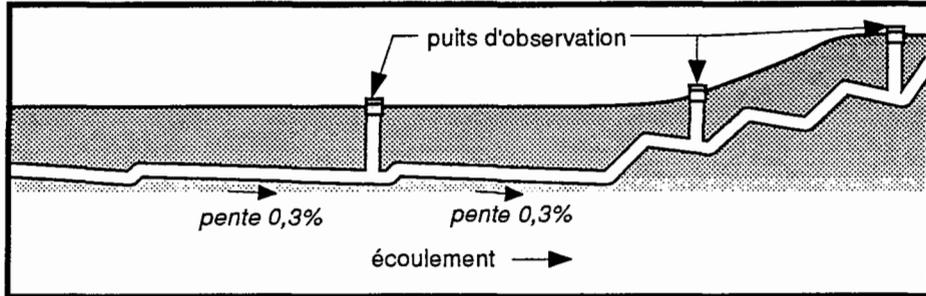
Quatre manufacturiers (Liljendahl-Électrolux, Colt-Envirovac division de Evac, Vac-Q-Tec et Airvac) ont joué un rôle important dans le développement des réseaux d'égouts sous vide en Amérique. Aux États-Unis, les premiers réseaux sous vide municipaux ont été construits dans les années soixante. À ce jour, on dénombre, de la Floride à l'Alaska, une cinquantaine de réseaux d'égouts sous vide. Les réseaux sous vide connaissent une popularité croissante aux États-Unis en raison du coût élevé des réseaux d'égouts conventionnel et le nombre d'installations devrait croître rapidement au cours des prochaines années.

Aujourd'hui, la firme Airvac est la seule représentante en Amérique dans le domaine des réseaux d'égouts sous vide municipaux. La technologie Airvac est caractérisée par une vanne d'interface pneumatique (pression atmosphérique/vide), installée dans un réservoir recueillant les eaux usées des résidences; cette vanne permet le passage des solides et peut fonctionner lorsqu'elle est submergée. Envirovac Inc., seule autre compagnie actuellement active dans le domaine en Amérique, se spécialise dans les équipements sous vide commerciaux et industriels (bateaux). Par ailleurs, la firme japonaise Iseki tente une percée sur le marché américain avec un système semblable à celui offert par Airvac pour les réseaux d'égouts municipaux.

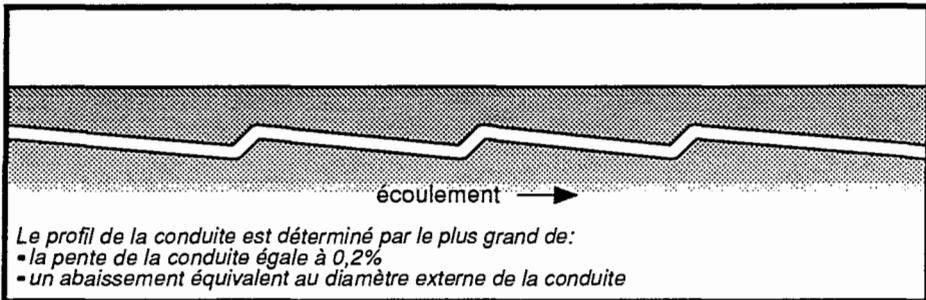
Étant donnée l'omniprésence de la firme Airvac actuellement en Amérique du Nord, le présent document est basé essentiellement sur la technologie offerte par cette firme.



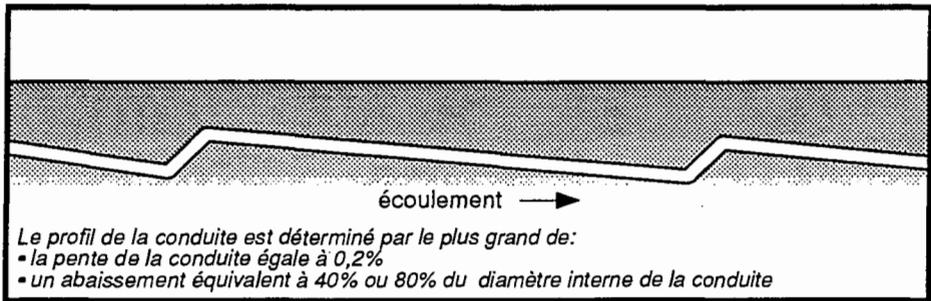
Liernur 1869



Evac 1980



Iseki 1989



Airvac 1989

Figure 1 Les profils de réseaux sous vide

Source: Foreman, Brian E. (1990). *Flow Regimes in Vacuum Sewerage Systems*. East Midlands Branch Institution of Water and Environmental Management.

2.0

LES CARACTÉRISTIQUES D'UN RSV

Le réseau d'égouts sous vide (RSV) est un système de transport mécanisé d'eaux usées où l'écoulement des eaux est dû à un différentiel de pression d'air (atmosphère/vide).

Le RSV comporte trois composantes principales: la station centrale de collecte sous vide, le réseau de collecte et les postes de vanne d'interface (figure 2). Le vide est généré à la station centrale de collecte et est transmis par le réseau de collecte sur le territoire à desservir. Le vide est maintenu dans le système par les vannes d'interface.

Les eaux usées provenant d'une ou de plusieurs résidences dotées d'une plomberie conventionnelle s'écoulent gravitairement vers un réservoir situé sur la propriété privée ou sur le terrain public. Au-dessus de ce réservoir se trouve la vanne d'interface formant ainsi le poste de vanne d'interface. Lorsqu'environ 38 litres (10 gallons U.S.) d'eaux usées sont recueillies dans le réservoir, une sonde placée sur un conduit de détection transmet un signal pneumatique à l'unité de contrôle montée sur le dessus de la vanne d'interface, ouvrant cette dernière pendant quelques secondes (environ quatre secondes). Cette période est suffisante pour aspirer les eaux usées et le volume voulu d'air dans la conduite de service puis dans la conduite principale. La période d'ouverture de la vanne est ajustable entre 3 et 10 secondes: elle dépend de la distance de la station centrale de collecte sous vide et du ratio air/eau choisi (1/1 à 4/1).

Les eaux usées sont propulsées dans les conduites à une vitesse se situant entre 4,6 mètres par seconde et 5,5 mètres par seconde, créant un mélange mousseux d'air et d'eaux usées, comme la mousse d'une bouteille de soda. Lorsque la vanne se referme, les eaux usées ralentissent puis coulent gravitairement vers les points bas du réseau de collecte; le système retourne à l'équilibre jusqu'à l'ouverture d'une autre vanne d'interface. L'air aspiré à chaque cycle d'ouverture et de fermeture des vannes d'interface propulse les eaux usées dans le réseau et permet de les relever. Après plusieurs cycles, les eaux usées arrivent au réservoir de collecte sous vide situé dans la station centrale de collecte. Lorsque les eaux usées atteignent un certain niveau dans le réservoir, des pompes d'égout conventionnelles les refoulent vers une station d'épuration ou vers un réseau d'égouts conventionnel.

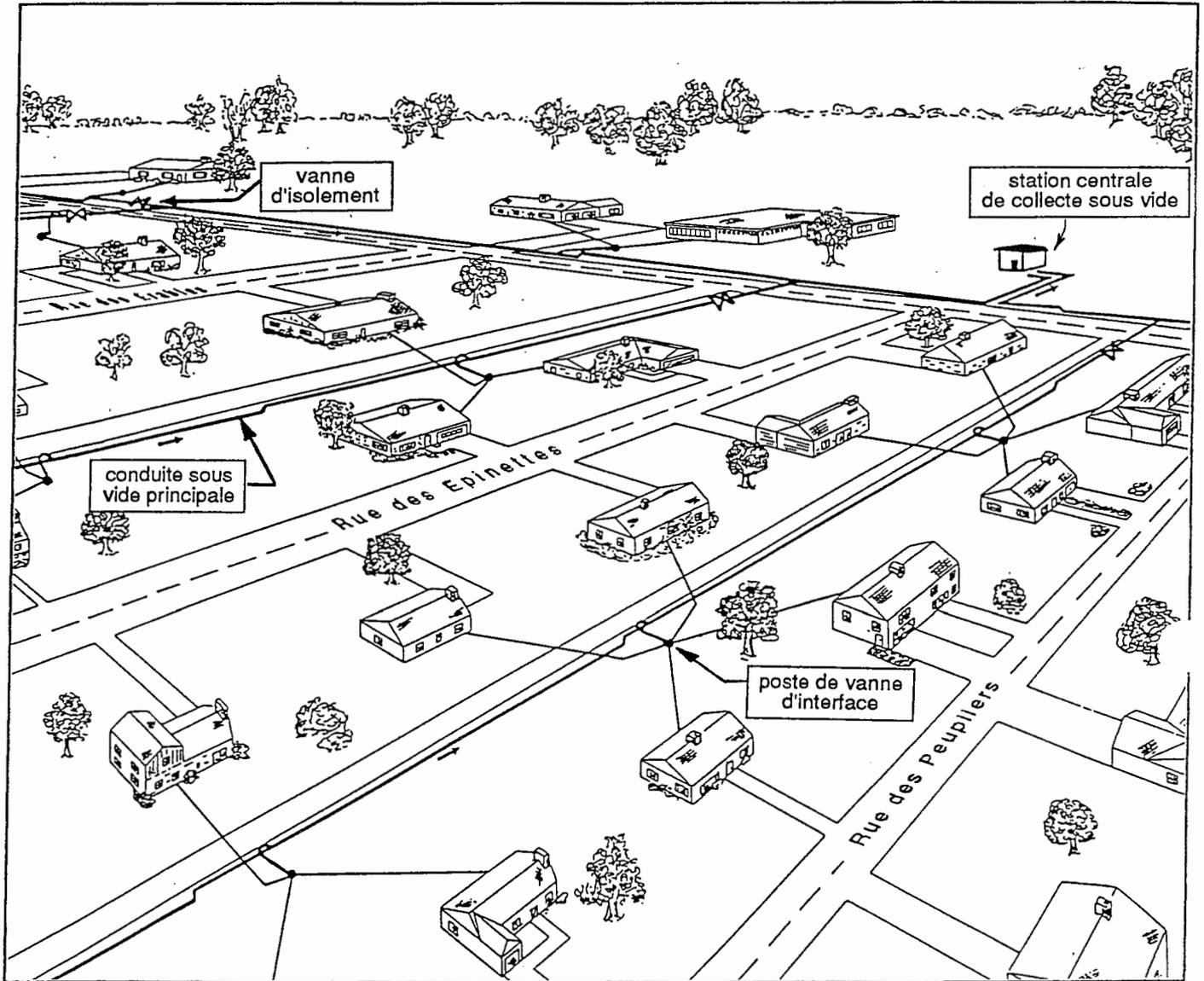


Figure 2 Le réseau d'égouts sous vide

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

La vanne d'interface est une composante caractéristique des réseaux d'égouts sous vide. Ces vannes sont entièrement pneumatiques autant dans leur contrôle que dans leur opération; elles ne requièrent donc aucune énergie électrique. Les conduites gravitaires situées entre les résidences et les postes de vanne d'interface sont généralement des conduites de 100 millimètres de diamètre. On retrouve sur cette entrée de service, accolé au bâtiment, un évent externe qui permet l'admission d'air lors des cycles d'ouverture et de fermeture de la vanne d'interface, évitant ainsi d'assécher les divers éléments de plomberie dans la résidence.

Généralement, les conduites de service situées entre les postes de vanne d'interface et les conduites principales ont 75 millimètres de diamètre. Le diamètre des conduites principales varie de 100 millimètres à 250 millimètres, selon le débit et la configuration du réseau. Des conduites de plastique sont utilisées partout dans un réseau d'égouts sous vide. Les garnitures de caoutchouc, certifiées pour supporter les pressions négatives, sont de plus en plus spécifiées au lieu des joints soudés au solvant en raison des problèmes d'étanchéité et de bris rencontrés sur ces types de joints.

Le profil en dents de scie du réseau de collecte permet d'utiliser la capacité (limitée) de propulsion ascendante pour éviter les excavations excessives. Lorsque la pente du terrain dans la direction de l'écoulement des eaux usées est supérieure à 0,2%, les conduites sont parallèles au sol. Autrement, les conduites sont installées avec une pente descendante de 0,2% jusqu'à ce que la profondeur devienne excessive. Lorsque cela se produit, la conduite est relevée pour gagner de l'élévation.

Les conduites de service sont toujours raccordées sur le dessus des conduites principales au moyen d'une pièce en «Y». De même, les ramifications des conduites principales se raccordent avec une pièce en «Y» sur le dessus de la conduite. De plus, le réseau est divisé en tronçons séparés par des vannes d'isolement semblables à celles utilisées dans les réseaux d'aqueduc pour faciliter les recherches de pertes de vide et les réparations.

La station centrale de collecte sous vide peut desservir jusqu'à quatre conduites principales. Chaque conduite principale est raccordée directement et individuellement au réservoir de collecte. Une vanne permet d'isoler chacune de ces conduites. L'air qui arrive des conduites dans le réservoir de collecte est aspiré dans un réservoir sous vide d'appoint par des pompes à vide puis expulsé dans l'atmosphère. Des pompes à vide en duplex, fonctionnant en alternance, donnent plus de fiabilité au système. Une génératrice diesel est utilisée pour maintenir le service durant les pannes de courant; de plus, un système d'alarme téléphonique permet de signaler tout mauvais fonctionnement à l'opérateur.

Un réseau d'égouts sous vide ressemble beaucoup à un réseau de distribution d'eau potable; seul l'écoulement est inversé (figure 3). L'analogie serait complète si les vannes d'interface du réseau d'égouts sous vide étaient opérées manuellement par le propriétaire tout comme le sont les robinets dans une résidence. Un réseau d'égouts sous vide peut fonctionner aussi sûrement qu'un réseau d'aqueduc; il suffit de s'assurer que la conception, le choix d'équipement, l'installation, l'exploitation et l'entretien sont adéquats.

Lorsque la topographie générale est plane ou relativement plane, le réseau d'égouts sous vide présente certains avantages par rapport au réseau d'égouts conventionnel: les excavations sont moins profondes, les conduites sont de plus faible diamètre, il n'y a pas de regards, le débit d'eaux parasites est négligeable si des précautions sont prises pour le raccordement des bâtiments. Il s'ensuit des économies substantielles pour l'implantation du réseau de collecte et des coûts de traitement réduits vu l'absence d'eaux parasites.

Cependant, le réseau sous vide n'est pas économique lorsqu'il y a moins de 50 résidences en raison du coût d'une station centrale de collecte sous vide. La topographie limite son application car la perte de charge totale sur chaque conduite principale est limitée à 4 mètres (13 pi). Finalement, les pertes de vide qui surviennent sur le réseau exigent une intervention immédiate du personnel d'entretien.

Les principales caractéristiques du réseau d'égouts sous vide et du réseau d'égouts conventionnel sont présentées au tableau 1. Les avantages et inconvénients de ces réseaux sont indiqués au tableau 2.

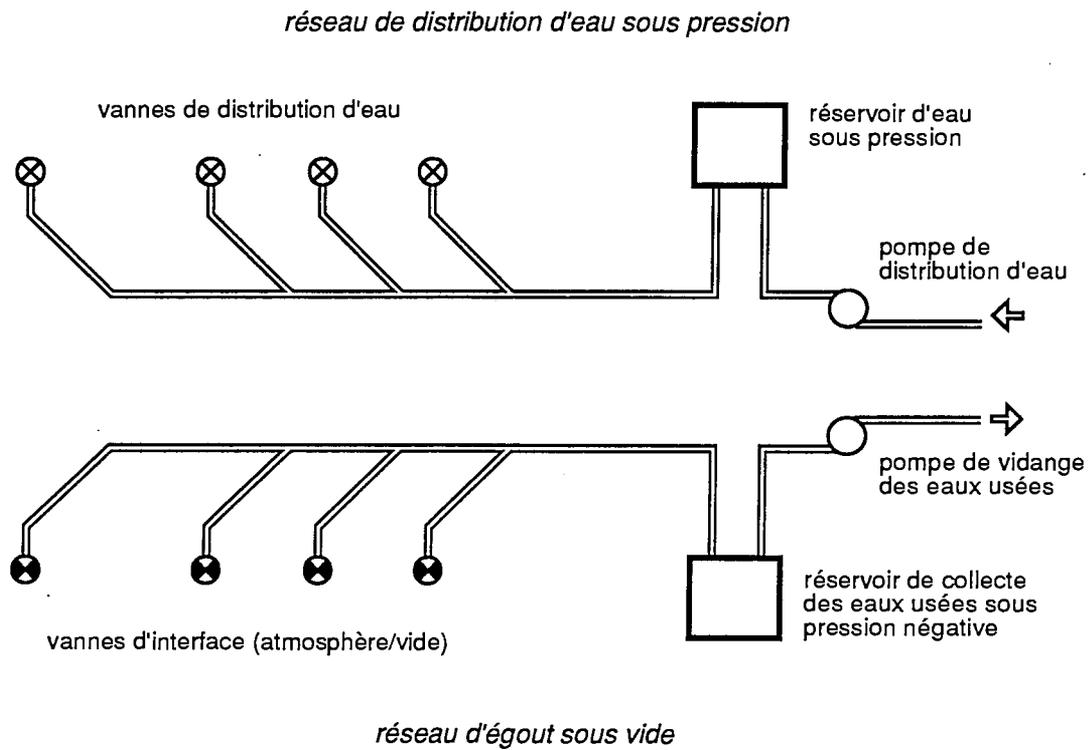


Figure 3 Le réseau d'égouts sous vide comparé au réseau de distribution d'eau potable

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

TABLEAU 1

LES CARACTÉRISTIQUES DES RSV ET
DES RÉSEAUX D'ÉGOUTS CONVENTIONNELS

| | Réseau d'égouts gravitaire conventionnel | Réseau d'égouts sous vide (RSV) |
|--|--|---|
| Application générale | partout (le coût augmente avec les difficultés) | topographie plane ou légèrement ondulée |
| Force motrice | gravité | vide partiel |
| Pré-traitement | aucun | aucun ^a |
| Équipement individuel par résidence ou par groupe de résidences^b | aucun | poste de vanne d'interface |
| Électricité requise des bâtiments | non | non |
| Pente minimale | 0,40 % (200 mm) | en dents de scie (0,2 %) |
| Vitesse minimale | 0,6 m/s | non applicable à pleine capacité |
| Diamètre minimum | 200 mm (8 po) | 100 mm (4 po) pour conduites principales sous vide |
| Alignement horizontal | rectiligne entre les regards | flexible |
| Accessoires requis | regards | évents sur entrées de service, postes de vanne d'interface, vannes d'isolement, station de collecte sous vide |
| Entretien | nettoyage occasionnel des conduites | entretien des vannes d'interface et des stations de collecte sous vide |
| Construction | excavations plus profondes et obstacles plus difficiles à éviter | alignements peuvent être modifiés pour éviter les obstacles; excavations peu profondes |

^a La grande vitesse (4,6 à 5,5 m/s) d'entrée de l'air et des eaux usées dans un égout sous vide désintègre les solides et aère les eaux usées

^b Autre que la conduite d'entrée de service

TABLEAU 2

**LES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS COMPARÉS DES RSV
ET DES RÉSEAUX D'ÉGOUTS CONVENTIONNELS**

| | Avantages | Inconvénients |
|---|--|--|
| Réseau d'égouts gravitaire conventionnel | <p>le diamètre minimum utilisé permet généralement d'accepter des débits excédentaires non prévus</p> | <p>coût de construction élevé: excavations plus profondes, regards, diamètre des conduites et pose rectiligne des conduites</p> <p>nettoyage des conduites requiert souvent des équipements spécialisés</p> |
| Réseau d'égouts sous vide | <p>coût de construction plus faible: excavations moins profondes, absence de regard, conduites de plus faible diamètre, changements de direction</p> <p>eaux parasites éliminées sauf aux bâtiments; deviennent négligeables si précautions sont prises lors de la construction</p> <p>eaux usées bien aérées à la sortie du RSV</p> <p>flexibilité accrue dans le choix du type de traitement</p> <p>coût de traitement réduit en raison du faible débit véhiculé</p> <p>pas d'exfiltration</p> <p>vitesse d'écoulement très élevées réduisant les risques de blocage et la fréquence de nettoyage du réseau</p> <p>personnel d'entretien non exposé directement aux eaux usées</p> | <p>la topographie limite son application;</p> <p>la perte de charge totale est limitée à 4 mètres (13 pi) par conduite principale</p> <p>non économique lorsqu'il y a moins de 50 résidences</p> <p>personnel entraîné pour l'entretien des vannes d'interface et des pompes sous vide</p> <p>surveillance en continu et intervention immédiate pour corriger les pertes de vide</p> |

3.0

LES FACTEURS À ENVISAGER POUR IMPLANTER UN RSV

L'implantation d'un RSV comme réseau de collecte d'égout doit être sérieusement envisagée lorsque la topographie générale de la municipalité à desservir est relativement plane et que le secteur ou la municipalité à desservir comporte au moins 50 résidences. Les avantages économiques du RSV sont encore plus marqués, par rapport au réseau d'égouts conventionnel, lorsque les conditions de sol sont difficiles (présence de roc, nappe phréatique élevée). À noter qu'un petit secteur avec quelques habitations en contrebas ne compromet pas nécessairement l'implantation d'un RSV, car les eaux usées peuvent être pompées vers un poste de vanne d'interface.

Il est important de bien évaluer la possibilité d'implanter un tel réseau. Il s'agit tout d'abord de vérifier, à partir d'un plan, si les conditions d'implantation ci-haut mentionnées peuvent être respectées. Ce plan doit présenter les courbes de niveau, les bâtiments et les infrastructures existantes telles que les sorties d'égout et le réseau d'aqueduc. Les bâtiments doivent être clairement identifiés comme résidences, immeubles d'habitation, écoles, buanderies, lave-auto ou autres.

Après avoir établi qu'il est possible d'implanter un RSV, un tracé préliminaire est envisagé à partir du même plan, d'une visite des lieux et des informations recueillies dans la municipalité; les contraintes et les possibilités suivantes doivent être prises en compte:

- un poste de vanne d'interface peut recevoir les eaux usées d'au plus quatre résidences, une école ou un commerce; au-dessus d'un débit de pointe de 1,9 litre par seconde (30 gal US/min), des vannes sont installées en duplex ou en série de duplex (voir article 4.0). De façon préliminaire, on prévoit un poste pour deux résidences; l'emplacement des postes de vanne d'interface est important car il permet d'optimiser leur nombre: ils sont généralement localisés hors rue, à la ligne de propriété; ils doivent être facilement accessibles;

- seules les résidences dont le sous-sol est approximativement à la même élévation (plus ou moins un mètre de différence) peuvent être raccordées au même poste de vanne d'interface;
- toutes les entrées de service existantes doivent être remplacées à partir du bâtiment; aucun drain de toit, de fondation ou de terrain ne doit s'y raccorder;
- les conduites peuvent être avantageusement placées hors rue mais les vannes d'isolement doivent être facilement accessibles;
- les postes de vanne d'interface et les conduites peuvent être implantées en arrière-lots lorsque les sorties d'égout s'y trouvent; les postes peuvent alors recevoir les eaux usées de quatre résidences; il ne faut toutefois pas négliger les coûts et les problèmes potentiels associés à l'acquisition des servitudes et à l'accessibilité des postes;
- les conduites peuvent contourner les obstacles (arbres, haies et affleurements rocheux) dans le plan horizontal pour optimiser le tracé du réseau;
- le tracé des conduites doit être planifié pour:
 - . minimiser les relèvements du profil de la conduite,
 - . minimiser la longueur des conduites,
 - . répartir le débit entre les conduites principales;
- la station centrale de collecte sous vide doit donc être localisée dans la partie basse du territoire et de façon à recevoir, idéalement, quatre conduites principales de même débit; le nombre de stations centrales de collecte sous vide dépend de l'ampleur et de la configuration du territoire à desservir (voir article 4.0);
- l'emplacement des stations centrales de collecte sous vide et le tracé du réseau doivent immédiatement prendre en compte les plans de développement futur de la municipalité afin d'optimiser la conception du réseau.

Le tracé préliminaire est précisé par une inspection des bâtiments et du terrain. L'inspection des bâtiments consiste à relever l'emplacement exact de la bouche de sortie d'égout et sa profondeur par rapport au niveau du terrain et à localiser les sources d'eaux parasites (pompes d'assèchement, drains de toit, drains de fondation). Cette inspection a pour but d'évaluer les travaux de plomberie requis pour raccorder le bâtiment au futur réseau et pour éliminer toute source de captage raccordée à la plomberie d'eaux usées. Dans certains cas, l'inspection peut nécessiter des essais au traceur et une inspection télévisée à l'aide d'une petite caméra.

L'inspection du terrain permet aussi de choisir l'emplacement des postes de vanne d'interface projetés et le tracé des nouvelles entrées de service. Il faut relever toutes les zones où la nappe phréatique est élevée afin de prendre les précautions nécessaires, lors de la conception, contre la flottabilité des postes de vanne d'interface. Pour localiser adéquatement les ouvrages, la présence de roc à faible profondeur doit également être identifiée.

Enfin, des levés topographiques préliminaires le long des entrées de service, sur l'emplacement des postes de vanne d'interface projetés, le long du parcours des conduites et sur l'emplacement de la ou des station(s) centrale(s) de collecte sous vide, sont nécessaires avant d'effectuer la conception préliminaire du RSV.

Pour mener à bien un projet d'implantation de RSV, il faut expliquer à la municipalité et aux citoyens concernés le fonctionnement d'un RSV et les informer de la nature des ouvrages prévus et des inspections et relevés nécessaires afin de garantir la bonne marche du projet.

4.0

LA CONCEPTION D'UN RSV

Les composantes d'un RSV sont dépendantes les unes des autres et chacune est essentielle au bon fonctionnement du réseau. Les critères de conception des RSV sont donc régis par des règles strictes. Ces critères sont basés sur des règles empiriques qui ont été vérifiées et ajustées suite à de nombreuses réalisations. Comme le seul représentant de cette technologie actuellement en Amérique pour les réseaux d'égouts municipaux est la firme Airvac, le concepteur doit s'en remettre aux critères de conception dictés par cette firme. La firme Airvac possède un manuel de conception qui est disponible sur demande. Les principaux éléments de ce manuel sont repris dans le présent chapitre en y apportant des précisions lorsque jugé nécessaire.

4.1

Les vannes d'interface

Les vannes d'interface sont un élément clé du réseau d'égouts sous vide. Elles permettent aux eaux usées de passer de la pression atmosphérique à la pression négative (vide) à l'intérieur du réseau de collecte; elles permettent au réseau de demeurer en pression négative. Les vannes d'interface fonctionnent comme suit:

- les eaux usées entrent gravitairement dans un réservoir localisé sous la vanne;
- à mesure que le niveau des eaux usées monte dans le réservoir, de l'air est comprimé dans un conduit de détection vertical relié à une sonde;
- la pression d'air est transmise à travers un tube vers l'unité de contrôle montée sur le dessus de la vanne d'interface;

- la pression d'air admise à l'intérieur de l'unité de contrôle provoque l'ouverture d'un conduit reliant la conduite sous vide à la vanne; la succion exercée ouvre la vanne;
- la vanne d'interface se referme lorsque la pression diminue à l'entrée de l'unité de contrôle; la durée du processus est ajustée par une petite vanne à pointeau.

Une description détaillée du fonctionnement de la vanne d'interface est donnée à l'annexe I.

Les vannes d'interface ont un diamètre de 75 millimètres (3 po) et sont spécialement conçues pour les eaux usées domestiques. Il existe aussi des vannes d'interface de 50 millimètres de diamètre (2 po), réservées à des applications industrielles, aux marinas et aux systèmes d'égout des navires.

Telle qu'illustrée à l'annexe II, la vanne d'interface est faite principalement de plastique ABS, cédule 80. L'arbre du piston est fait d'acier inoxydable alors que les joints d'étanchéité sont de caoutchouc élastomère.

La capacité d'une vanne d'interface est de 1,9 litre par seconde (30 gal US/min). Lorsque le débit de pointe des eaux usées excède cette valeur, il faut utiliser plus d'une vanne.

4.2 *Les postes de vanne d'interface*

4.2.1 *LES POSTES DE VANNE D'INTERFACE RÉSIDENTIELS*

Les postes de vanne d'interface résidentiels représentent une part importante du coût d'un RSV; le concepteur doit donc les localiser judicieusement afin de limiter leur nombre. Les postes doivent être avant tout facilement accessibles pour l'entretien. Ils sont généralement localisés hors rue sur les terrains publics ou privés. La profondeur prédéterminée des postes, généralement 2,4 mètres (8 pi), ainsi que la longueur des entrées de service (pente minimale de 2%) peuvent limiter, dans certains cas, le choix d'emplacements ainsi que le nombre de résidences pouvant s'y raccorder. De plus, seules les résidences localisées approximativement à la même élévation (plus ou moins un mètre de différence) peuvent être raccordées au même poste; cette pratique permet de prévenir tout refoulement dans la résidence la plus basse en cas de mauvais fonctionnement prolongé. Les résidences ayant des élévations différentes doivent être raccordées à des postes distincts tel qu'illustré à la figure 4.

Le modèle de poste de vanne d'interface utilisé par Airvac pour desservir les résidences est illustré à la figure 5. Ce poste est préfabriqué en fibre de verre et comporte deux compartiments superposés. Le compartiment inférieur fait office de réservoir de collecte des eaux usées provenant des résidences alors que le compartiment supérieur abrite la vanne d'interface. Le poste peut desservir 4 résidences jusqu'à concurrence de 1,9 litre par seconde (30 gal US/min).

La vanne d'interface est raccordée à l'aide de collets d'étanchéité de 100 millimètres de largeur, du côté amont, à la conduite de succion qui descend dans le réservoir et, du côté aval, à la conduite de service sous vide. Des tubes relient la vanne d'interface à une sonde et à un évent localisé à l'extérieur du poste. Le compartiment de la vanne est boulonné au réservoir de collecte; une garniture de caoutchouc assure l'étanchéité entre les deux éléments.

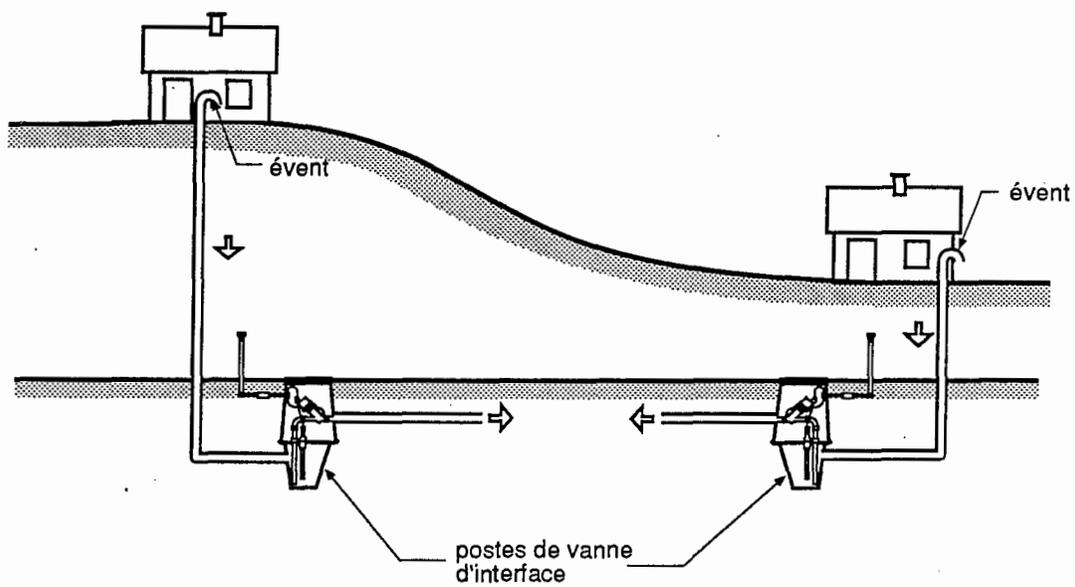


Figure 4 Le raccordement de résidences situées à des niveaux différents

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

Le réservoir de collecte a généralement une profondeur de 1370 millimètres (54 po). Pour les résidences n'ayant pas de sous-sol, un réservoir de 760 millimètres (30 po) de profondeur est aussi disponible. Le réservoir peut recevoir un maximum de 4 entrées de service. Leur emplacement est prédéterminé et les ouvertures sont pratiquées en chantier.

La profondeur totale du poste est de 2,44 mètres (8 pi) ou de 1,83 mètre (6 pi) dans le cas du réservoir moins profond. Dans les secteurs où la nappe phréatique est élevée, un lest de béton est fixé au poste pour éviter qu'il flotte.

L'accès au poste est assuré par un couvercle en fibre de verre ou en fonte, selon la localisation du poste. Nous recommandons d'utiliser des couvercles étanches (garniture de caoutchouc) afin de prévenir toute accumulation d'eau dans le compartiment supérieur; en plus, des trous peuvent être pratiqués dans le plancher de la chambre de la vanne. Ces précautions permettront d'éviter que les pièces reliées à la vanne soient soulevées et brisées lors de cycles de gel et de dégel. On doit par ailleurs noter que la vanne d'interface fonctionne même si elle est submergée.

Un évent est placé à l'extérieur du poste pour assurer une prise d'air à l'unité de contrôle. Du fait qu'il est soumis aux cycles de gel et de dégel et qu'il peut être soulevé, l'évent doit être pourvu de raccords flexibles et étanches et fabriqué d'un matériel plastique pouvant supporter de très basses températures (HDPE par exemple). La prise d'air doit se situer au-dessus des hautes eaux et du couvert de neige.

Après leur installation, il faut éviter toute excavation à proximité des postes de vanne d'interface. Il est donc recommandé d'installer immédiatement à la pose, une section de conduite d'amenée d'au moins 1,0 mètre pour toutes les entrées de service (incluant les entrées futures prévues); un bouchon soudé temporairement à l'extrémité de ces sections de conduites en assure l'étanchéité.

Il est aussi possible d'utiliser des regards d'égout préfabriqués comme postes de vanne d'interface résidentiels, tel qu'illustré à la figure 6. L'utilisation de regards préfabriqués présente, dans le contexte québécois, de nombreux avantages: d'abord, ils sont fabriqués régionalement; ensuite, l'eau ne peut s'accumuler dans la partie supérieure et ainsi subir l'action des cycles de gel et de dégel; l'évent du poste peut être monté verticalement sur le

regard, éliminant les possibilités de soulèvement lors des cycles de gel et de dégel; toutes les entrées de service sont accessibles du regard pour fins d'inspection et de nettoyage, éliminant par le fait même la nécessité d'un puits d'observation situé à l'amont du poste (voir figure 10); finalement, le regard fait office de réservoir tampon en cas de mauvais fonctionnement du réseau. Cependant, le personnel d'entretien du poste de vanne est en contact avec les eaux usées ce qui n'est pas le cas avec les postes de fibre de verre; il faut donc deux personnes pour procéder à l'inspection d'un poste fait d'un regard d'égout préfabriqué.

Ce type de regard a 1200 millimètres de diamètre (48 po) avec une profondeur de 2,4 mètres (8 pi). Un puits circulaire fait d'une section de 300 millimètres (12 po), à partir d'une conduite en CPV de 450 millimètres de diamètre (18 po), est aménagé au fond du regard. Ce puits a une capacité d'environ 40 litres (10 gal US). Des pentes sont pratiquées à partir du puits vers les parois du regard. Cette portion agit comme réservoir d'urgence. Une vanne d'interface est fixée au-dessus de cette réserve. Les entrées de service des bâtiments sont localisées entre la conduite de service sous vide et le début des pentes vers le puits. Le conduit de détection et la conduite de succion sont fixés à la paroi du regard. Un évent extérieur tel que décrit précédemment est relié à la vanne d'interface. La hauteur (maximale) entre le centre de la conduite de service sous vide et l'entrée de la conduite de succion est fixée à 1,8 mètre (6 pi). Un tampon de fonte étanche de 760 millimètres de diamètre (30 po) assure l'accès à ce poste. Tous les joints et les ouvertures doivent être munis de garnitures de caoutchouc afin d'en garantir l'étanchéité.

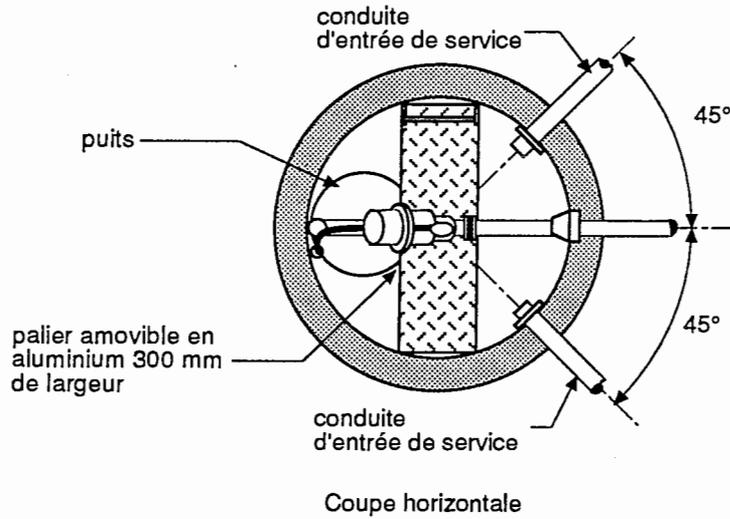
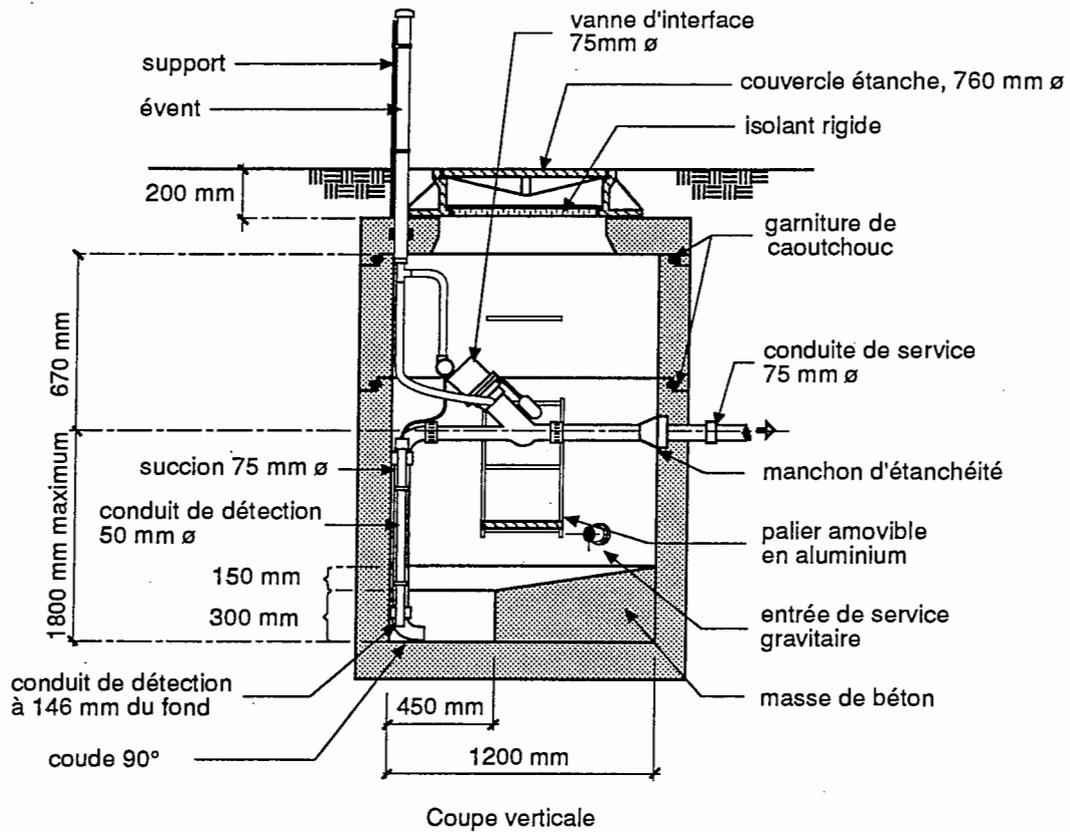


Figure 6 Regard d'égout standard utilisé comme poste de vanne d'interface résidentiel ou comme réservoir tampon

4.2.2

LES POSTES DE VANNE D'INTERFACE POUR IMMEUBLES D'HABITATION, COMMERCES ET INSTITUTIONS

Pour les immeubles d'habitation de plusieurs étages, la plomberie de chaque étage doit être raccordée à son propre poste tel qu'illustré à la figure 7. Les eaux usées de tout l'immeuble peuvent aussi être emmagasinées dans un réservoir tampon fait d'un regard d'égout préfabriqué de 1200 millimètres de diamètre, tel qu'illustré à la figure 6. Ce type de réservoir tampon est aussi utilisé pour les écoles, les commerces et les immeubles dont le débit de pointe est inférieur à 1,9 litre par seconde (30 gal US/min),

Pour les bâtiments dont le débit de pointe se situe entre 1,9 litre par seconde (30 gal US/min) et 3,8 litres par seconde (60 gal US/min), il faut utiliser un réservoir tampon fait d'un regard d'égout préfabriqué de 1600 millimètres de diamètre et muni de deux vannes d'interface (figure 8). On y retrouve deux puits d'une capacité de 40 litres (10 gal US) chacun. La hauteur maximale entre le centre de la conduite de service sous vide et l'entrée de la conduite de succion est fixée à 2,4 mètres (8 pi). Ce poste peut aussi recevoir le débit provenant d'un petit secteur pompé.

Lorsque le débit de pointe d'un bâtiment ou d'un secteur pompé est supérieur à 3,8 litres par seconde (60 gal US/min), les eaux usées doivent être dirigées vers un regard de répartition qui partagera également les eaux usées entre deux réservoirs tampons équipés de deux vannes d'interface chacun. Ce type d'arrangement est illustré à la figure 9.

4.2.3

LE COMPTEUR DE CYCLES DE FONCTIONNEMENT DES VANNES D'INTERFACE

Un compteur de cycles de fonctionnement peut être installé sur chaque vanne d'interface; le compteur enregistre le nombre de cycles d'ouverture de la vanne. Sachant qu'à chaque cycle d'ouverture, environ 38 litres (10 gal US) d'eaux usées sont aspirées dans le réseau, le compteur de cycles permet d'évaluer journalièrement ou mensuellement le débit entrant au poste. Le débit provenant des établissements commerciaux, par exemple, pourra être validé et les débits d'eaux parasites provenant de raccords illégaux (drains de toit, de fondation, pompes d'assèchement, etc.) pourront être détectés.

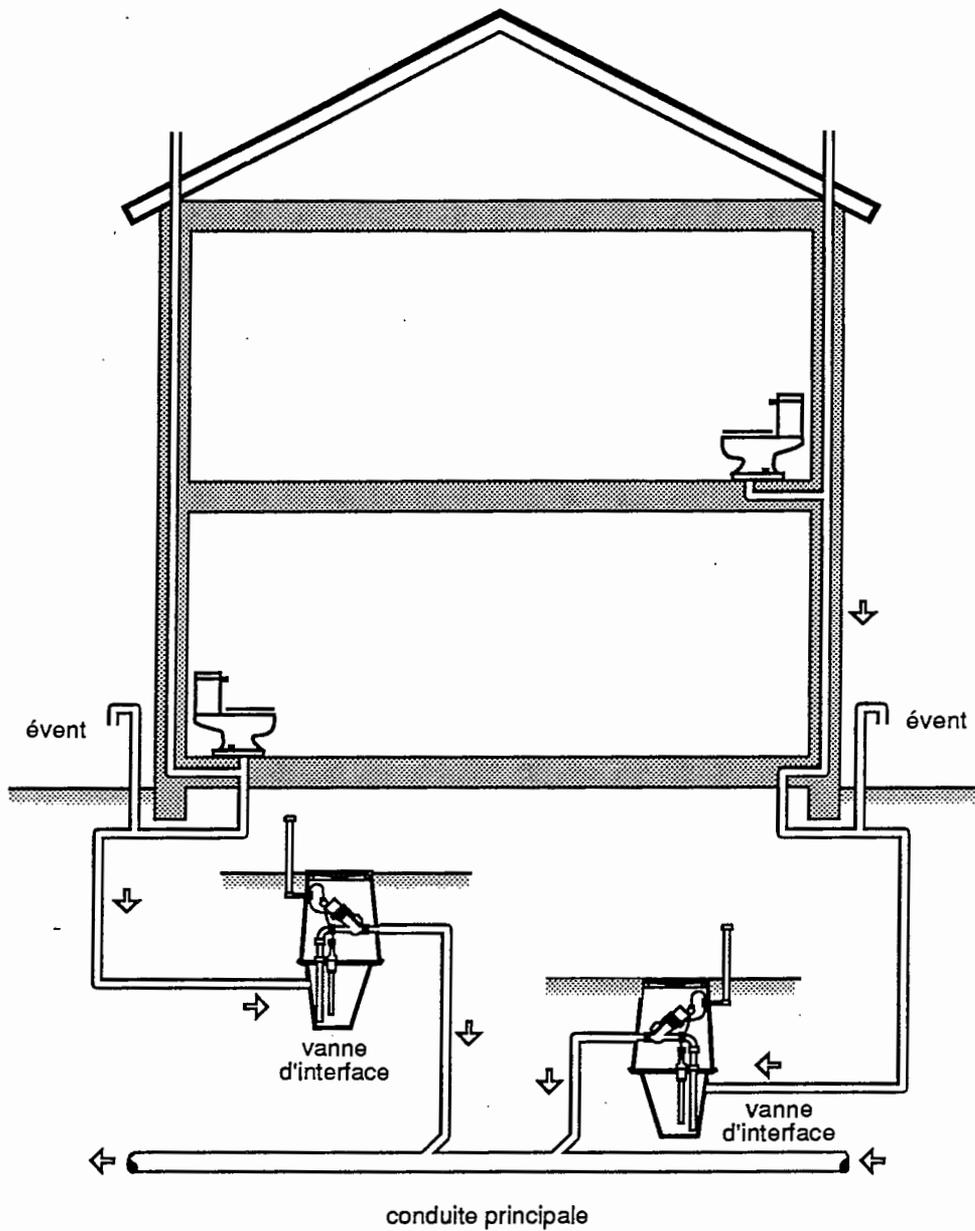


Figure 7 Le raccordement d'un immeuble d'habitation de deux étages

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

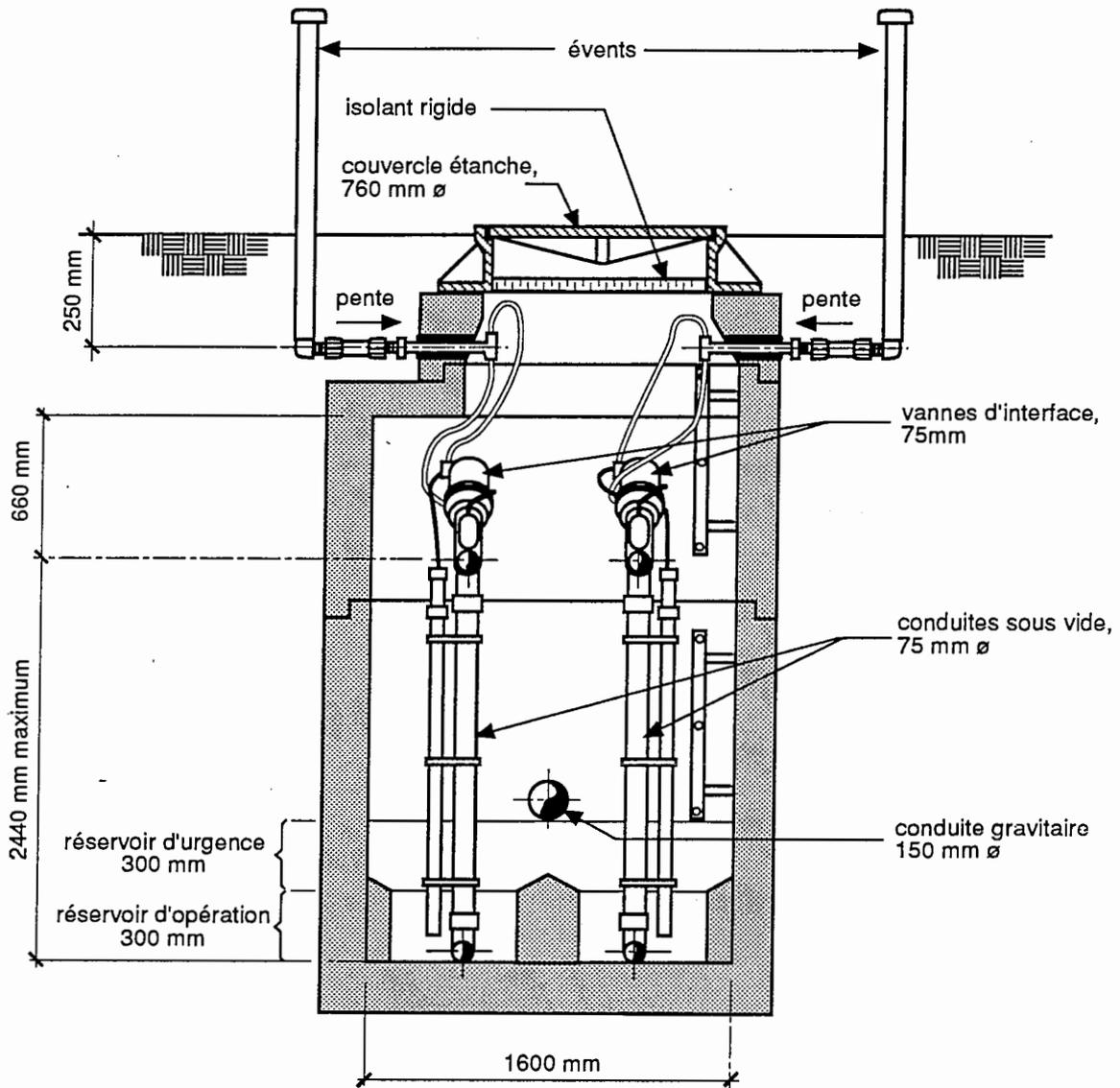


Figure 8 Le réservoir tampon à deux vannes d'interface pour des débits situés entre 1,9 L/s et 3,8 L/s

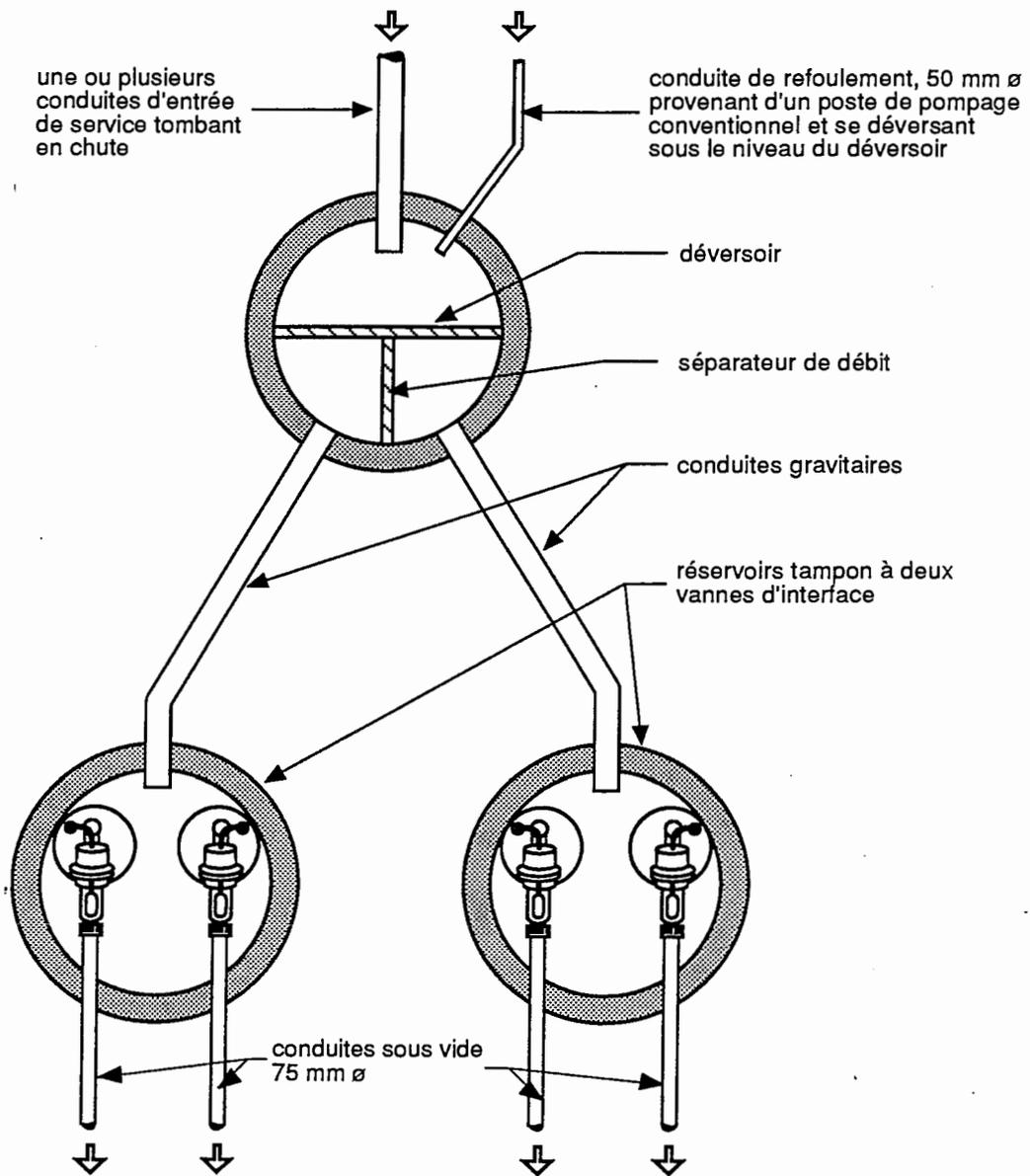


Figure 9 L'arrangement des postes de vannes d'interface pour des débits supérieurs à 3,8 litres par seconde (60 gal US/min)

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

4.3 ***Le réseau de collecte***

4.3.1 ***LES ENTRÉES DE SERVICE GRAVITAIRES***

Des conduites de 100 millimètres de diamètre (4 po) sont utilisées pour les entrées de service gravitaires des résidences alors que pour les autres types de bâtiments des conduites de 135 millimètres (5 po) et de 150 millimètres (6 po) sont généralement utilisées, selon le débit à véhiculer.

La pente minimale généralement admise pour les entrées de service gravitaires est de 2%. Cette pente minimale et la profondeur prédéterminée des postes de vanne d'interface résidentiels limite le choix de l'emplacement du poste de vanne et le nombre de résidences pouvant s'y raccorder. Les pentes trop fortes doivent être évitées car elles provoquent des éclaboussures dans le puits pouvant fausser les signaux à la sonde d'ouverture. La vanne d'interface risque alors d'avoir des cycles d'ouverture et de fermeture beaucoup trop fréquents.

Les conduites courbes sont à éviter: des coudes 45° sont utilisés pour les changements de direction. Les conduites utilisées pour les entrées de service gravitaires entre le bâtiment et le poste de vanne sont des conduites de CPV-SDR-21 - classe 200, avec garnitures de caoutchouc pouvant supporter les pressions négatives. Ces conduites permettent d'assurer l'intégrité (écrasement et infiltration) et le bon fonctionnement du réseau; en effet, lorsque la vanne d'interface s'ouvre pour permettre l'aspiration des eaux usées contenues dans le réservoir, un vide partiel peut se produire à l'intérieur de l'entrée de service provenant du bâtiment. Toutes les conduites d'entrée de service doivent donc être remplacées lorsqu'un réseau sous vide est implanté.

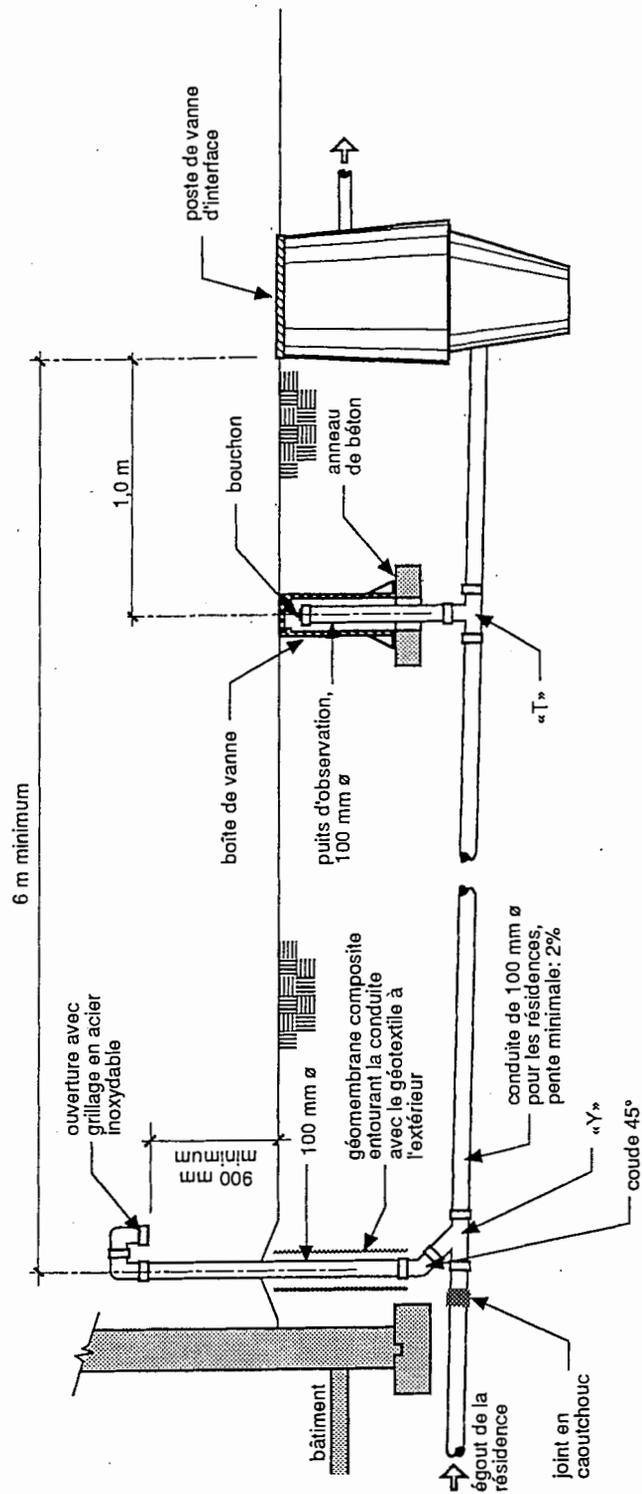
La pose de nouvelles conduites permet d'éliminer toute infiltration. Par ailleurs, on portera une attention particulière à la présence de drains de toit, drains de fondation ou autres raccordements qui pourraient se retrouver sur la plomberie domestique du bâtiment. Ces sources de captage ne doivent en aucun temps être raccordées à la nouvelle entrée de service. Le réseau sous vide n'est pas conçu pour véhiculer ces eaux parasites.

Un évent de 100 millimètres (4 po) doit être prévu sur la conduite d'entrée de service, le long du mur extérieur du bâtiment, à l'aval de tout équipement de plomberie. Cet évent doit fournir une quantité suffisante d'air dans le puits du poste de vanne lors de l'ouverture de la vanne d'interface; il prévient aussi l'assèchement des équipements de plomberie à l'intérieur du bâtiment. Le poste de vanne d'interface doit être localisé à au moins 6 mètres (20 pi) de l'évent pour prévenir le gel de la vanne. En hiver, l'air entrant par l'évent sera réchauffé par les eaux usées avant d'arriver au poste de vanne, prévenant le gel de certaines composantes de la vanne et du réseau. On doit aussi porter une attention particulière à l'installation de cet évent afin de prévenir le soulèvement dû aux cycles de gel et de dégel.

Chaque entrée de service devrait également comporter un puits d'observation à environ 1,0 mètre à l'amont du poste de vanne d'interface si ce dernier est de fibre de verre. Ce puits permet d'observer, au besoin, le débit d'eaux usées provenant de chacun des bâtiments et de faire respecter ainsi en tout temps le règlement sur les branchements à l'égout. Le puits d'observation donne accès pour le nettoyage éventuel de l'entrée de service et pour une caméra d'inspection.

Toutes les pièces utilisées pour la fabrication de l'évent et du puits d'observation devraient être de CPV - SDR-21 - classe 200, avec garnitures de caoutchouc.

Un agencement type d'une entrée de service avec un poste de vanne d'interface en fibre de verre est montré à la figure 10.



Note: toutes les conduites et pièces sont en CPV de type SDR-21, classe 200, avec garnitures en caoutchouc

Figure 10 L'agencement type d'une entrée de service gravitaire avec poste de vanne d'interface en fibre de verre

4.3.2 LES CONDUITES SOUS VIDE

4.3.2.1 Le type de conduite

Le type de conduite le plus communément utilisé dans le réseau sous vide est le CPV-SDR 21 - classe 200 avec garnitures de caoutchouc. Dans le passé, des conduites de CPV - cédule 40 avec joints soudés au solvant ont aussi été utilisées mais de nombreux problèmes sont survenus au niveau des joints, principalement à cause des différences de température. En raison d'un coefficient d'expansion thermique élevé, le CPV prend de l'expansion ou se contracte selon les températures. Les joints au solvant doivent donc être soudés dans des conditions thermiques contrôlées ce qui est rarement possible en chantier. Les garnitures de caoutchouc permettent l'expansion et la contraction des joints, garantissant ainsi l'intégrité du réseau.

Plusieurs types de raccords sont nécessaires dans un réseau sous vide. Auparavant, ces pièces étaient de type CPV-DWV - cédule 40 avec joints soudés au solvant. Présentement, il y a une tendance à éliminer toutes les soudures au solvant. Tous les raccords doivent donc être de type CPV-SDR 21 - classe 200, avec garnitures de caoutchouc. À noter, par ailleurs, que les garnitures de caoutchouc doivent être certifiées par le fabricant pour supporter des pressions négatives.

Les conduites du réseau sous vide peuvent être de 75 millimètres de diamètre (3 po), 100 millimètres (4 po), 150 millimètres (6 po), 200 millimètres (8 po) ou 250 millimètres de diamètre (10 po).

4.3.2.2

Les conduites de service sous vide

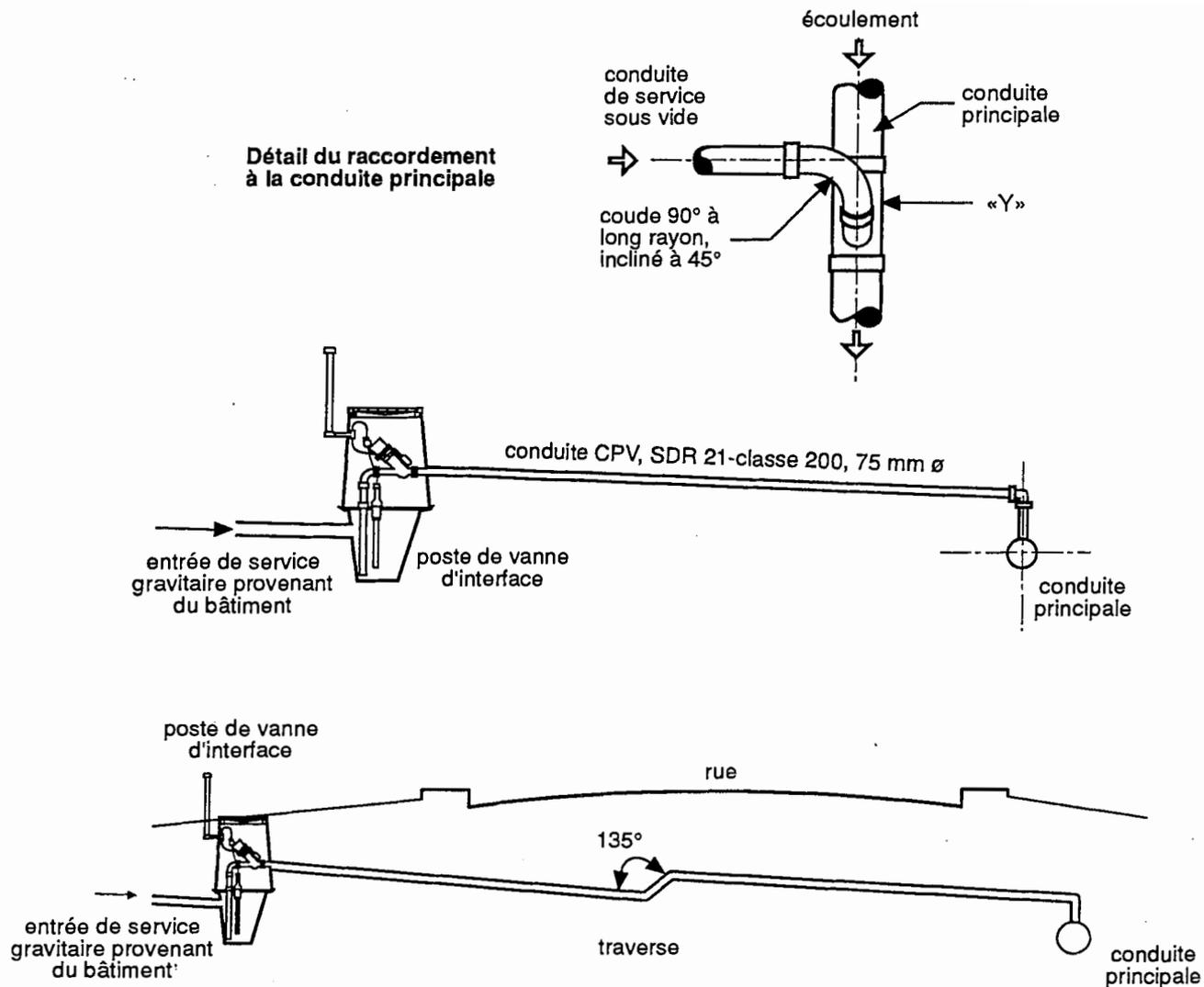
Les conduites de service sous vide sont les conduites situées entre les postes de vanne d'interface (résidentiels ou autres) et les conduites principales; ces conduites ont 75 millimètres de diamètre (3 po) et leur longueur maximale est fixée à 91 mètres (300 pi). Les principaux paramètres de conception sont montrés à la figure 11.

Le raccordement avec la conduite principale se fait par le haut, à l'aide d'une pièce en «Y»-45° dans le sens de l'écoulement des eaux. Cette façon de faire minimise le reflux temporaire à environ 20% du débit et favorise un meilleur mélange air/liquide. C'est pour cette raison que les pièces en «T» sont proscrites pour les raccords avec la conduite principale des RSV.

Lorsqu'un poste de vanne d'interface (résidentiel ou autre) n'est pas sur le même côté de rue que la conduite principale (traverse) ou à une élévation ne permettant pas une pente de 0,2% jusqu'à la conduite principale, un ou plusieurs relèvements sont nécessaires. Les paramètres de conception de ces relèvements sur les conduites de service sont aussi montrés à la figure 11. Il est à noter que plus les relèvements sont distancés, meilleur est le profil. Le nombre maximal de relèvements est de cinq.

Le concepteur doit porter une attention particulière à la protection des conduites de service (charges et gel) dans le cas des traverses puisqu'elles peuvent être à faible profondeur à certains endroits pour se raccorder sur le dessus de la conduite principale.

Lorsqu'il y a des relèvements sur la conduite de service ou lorsque la hauteur de succion dans le poste de vanne est supérieure à 1,68 mètre (5,5 pi) (2,4 mètres (8 pi) maximum, voir article 4.2), ces pertes de charge statiques doivent être comptabilisées dans le calcul de la perte de charge totale sur la conduite principale.



- Longueur maximale de la conduite de service sous vide: 91 m
- Distance minimale entre le poste de vanne d'interface et la conduite principale: 1,5 m
- Distance minimale entre deux raccordements sur la conduite principale: 1,5 m
- Distance minimale entre le poste de vanne d'interface et un relèvement: 1,5 m
- La pente de la conduite est de 0,2% ou suit la pente du terrain si celle-ci est supérieure à 0,2% (dénivellation minimale: 50 mm)
- Si la distance entre deux relèvements est:
 - > 30,5 m la pente de la conduite est de 0,2%
 - < 30,5 m l'abaissement est équivalent à 80% du diamètre ou de 60 mm

Figure 11 Les conduites de service sous vide

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

4.3.2.3

Les conduites principales

La géométrie d'un réseau d'égouts sous vide est semblable à celle d'un réseau d'aqueduc. Toutefois, le réseau sous vide ne doit pas être bouclé.

Il est souhaitable que la station de collecte sous vide soit localisée au point le plus central possible du secteur à desservir de façon à répartir le débit le plus également possible entre les conduites principales.

Le concepteur, lorsqu'il planifie la mise en place des conduites sous vide, doit choisir le parcours des conduites en:

- minimisant les relèvements;
- minimisant la longueur totale de conduites;
- répartissant le débit, lorsque possible, entre les conduites principales.

La longueur des conduites est limitée par les pertes de charge dues à la friction et aux relèvements. La perte de charge totale par conduite principale ne peut excéder quatre mètres (13 pi) (article 4.3.2.5).

D'autre part, le débit maximum, donc le nombre de résidences, par conduite est limité en fonction du taux de perte de charge due à la friction associé au débit et au diamètre de conduite selon l'équation de Hazen-Williams (article 4.3.2.5). Les conduites principales ont un diamètre variant de 100 millimètres (4 po) à 250 millimètres (10 po). Le tableau 3 présente ces données.

Les conduites principales sont placées sous la ligne de gel et généralement hors rue; noter que la ligne de gel est moins profonde en dehors des voies de circulation. Si la ligne de gel ne peut être respectée, les conduites doivent être isolées.

Le profil des conduites, tel qu'illustré schématiquement à la figure 12, est adapté à la topographie du terrain.

TABLEAU 3

**LE DÉBIT MAXIMUM SELON LE DIAMÈTRE DES CONDUITES PRINCIPALES
CPV, SDR-21, C = 150, Rapport air/lquide = 2/1**

| Diamètre nominal des conduites | Diamètre intérieur | Débit maximum recommandé ^b | | | Débit maximum absolu ^c | | |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-------|--|-----------------------------------|-------|--|
| | | gal US/min | L/s | Nombre de résidences équivalentes ^d | gal US/min | L/s | Nombre de résidences équivalentes ^d |
| 100 mm (4 po) ^a | 10,3 cm (4,05 po) | 37,84 | 2,39 | 35 | 55,04 | 3,47 | 70 |
| 150 mm (6 po) | 15,1 cm (5,96 po) | 104,57 | 6,60 | 170 | 152,10 | 9,59 | 260 |
| 200 mm (8 po) | 19,7 cm (7,75 po) | 209,37 | 13,21 | 380 | 304,53 | 19,21 | 570 |
| 250 mm (10 po) | 24,6 cm (9,67 po) | 373,72 | 23,58 | 710 | 543,58 | 34,29 | 1 050 |

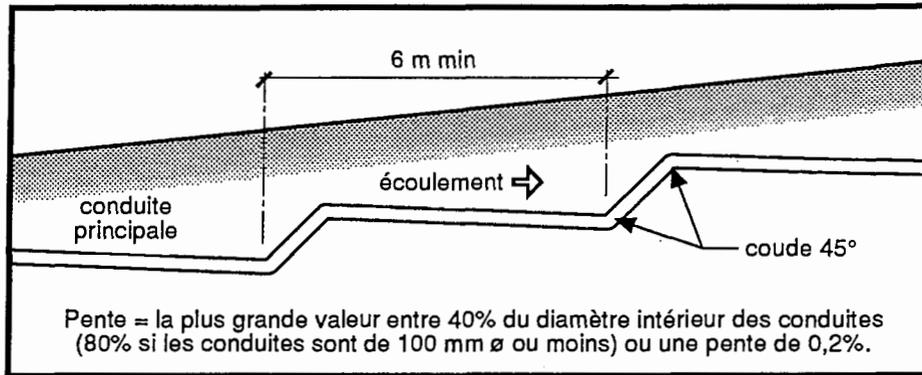
^a La longueur maximale recommandée pour une conduite de 100 millimètres (4 po) est de 610 mètres (2 000 pi)

^b Le débit maximum recommandé est le débit qui entraîne une perte de charge due à la friction de 0,0025 m/m, calculée selon l'équation de Hazen-Williams, modifiée (article 4.3.2.5)

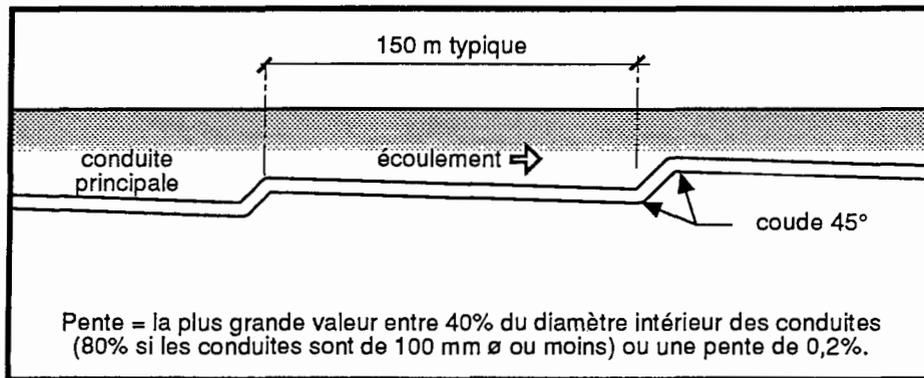
^c Le débit maximum absolu est le débit qui entraîne une perte de charge due à la friction de 0,0050 m/m, calculée selon l'équation de Hazen-Williams, modifiée (article 4.3.2.5)

^d Le nombre de résidences équivalentes est calculé avec l'équation $Q = (0,5 N + 20) \times 0,063$ (article 4.3.2.5)

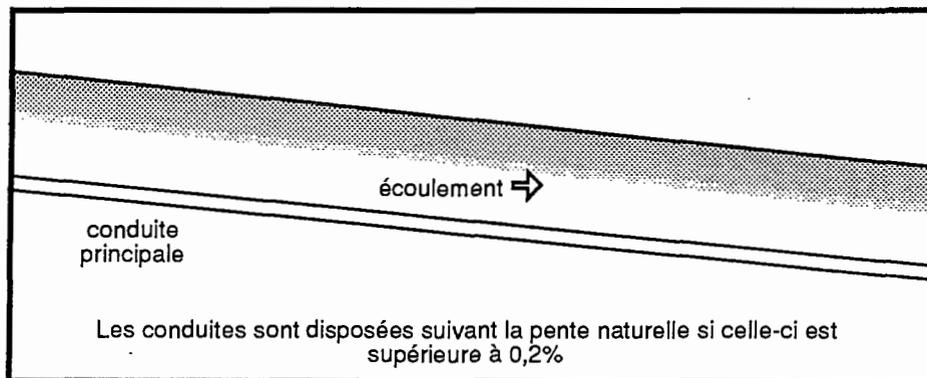
Source: Airvac (1989). Manuel de conception
EPA (1991). Alternative Wastewater Collection Systems



transport dans une pente ascendante



transport dans une pente nulle



transport dans une pente descendante

Figure 12 Les profils de transport dans un RSV

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

Ainsi, lorsque la pente du terrain est ascendante, un ou plusieurs relèvements assurent le transport. Lorsque plusieurs relèvements consécutifs sont nécessaires (maximum 5), ils doivent être séparés d'au moins 6 mètres (20 pi); la dénivellation minimale entre deux relèvements est alors de 80% du diamètre de la conduite (conduites de 75 millimètres et de 100 millimètres de diamètre). Pour les conduites de 150 millimètres de diamètre ou plus, la dénivellation entre deux relèvements consécutifs doit être de 40% du diamètre de la conduite au moins. Autrement, la pente est de 0,2%.

Pour un terrain parfaitement plat, l'excavation sera minimale si l'on prévoit un relèvement de 0,30 mètre (1 pi) à tous les 150 mètres (500 pi) avec une pente de 0,2% entre les relèvements. À noter que la distance maximale entre les relèvements de profil n'est pas importante.

Lorsque le terrain présente une pente descendante de plus de 0,2%, la conduite suit la pente moyenne du terrain.

La firme Airvac a développé diverses règles pour la conception des réseaux sous vide. Certains paramètres sont présentés au tableau 4. Un exemple-type de profil est montré à la figure 13.

Tous les raccordements sur les conduites principales se font par le haut avec une pièce en «Y»-45° installée dans le sens de l'écoulement. Lorsque deux conduites de débit similaire se raccordent, le tronçon avec le moins de perte de charge accumulée se raccorde par le dessus. Si les tronçons présentent des pertes de charge similaires, ce sont les contraintes topographiques qui dicteront quel tronçon se raccordera par le dessus.

Les changements de direction dans le plan horizontal, pour éviter les obstacles par exemple, sont possibles à condition d'utiliser des coudes de 45° et de respecter le profil vertical.

Comme dans un réseau d'égouts conventionnel, les conduites doivent toujours être localisées à au moins 300 millimètres d'une conduite d'aqueduc.

Finalement, il est généralement recommandé de mettre en place un ruban métallique sur le dessus des conduites afin de pouvoir ultérieurement les localiser facilement.

TABEAU 4

LES PARAMÈTRES DE CONCEPTION DES CONDUITES PRINCIPALES

Pente des conduites entre deux relèvements

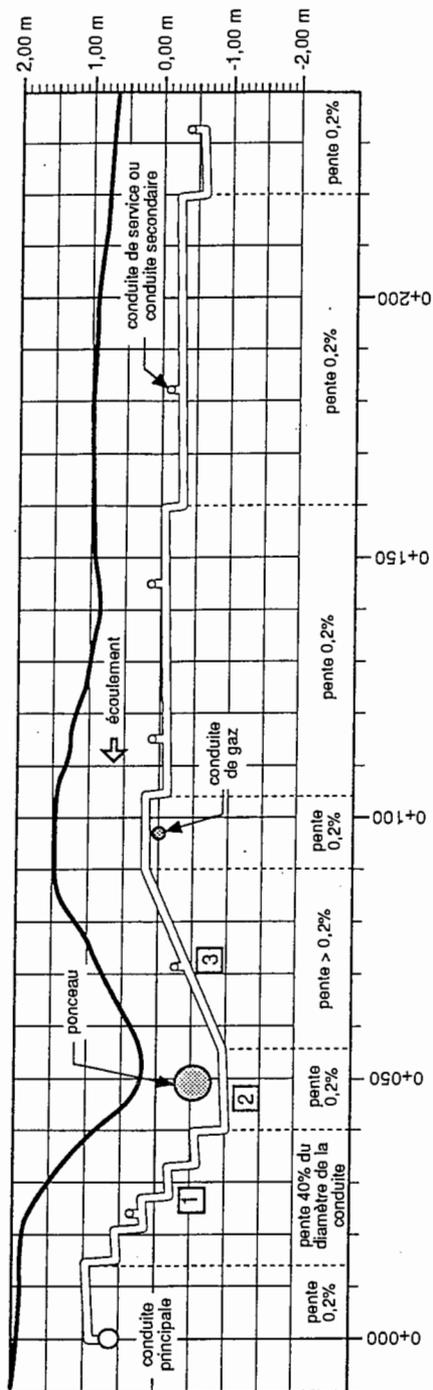
| Diamètre des conduites | Distance entre les relèvements | Pente ou dénivellation |
|-------------------------------|---------------------------------------|--|
| 100 mm (4 po) | < 39,6 m (130 pi) | 80% du diamètre intérieur, i.e. 8,2 cm (0,27 pi) |
| 100 mm (4 po) | > 39,6 m (130 pi) | pente de 0,2% |
| 150 mm (6 po) | < 30,5 m (100 pi) | 40% du diamètre intérieur, i.e. 6,1 cm (0,20 pi) |
| 150 mm (6 po) | > 30,5 m (100 pi) | pente de 0,2% |
| 200 mm (8 po) | < 40,2 m (132 pi) | 40% du diamètre intérieur, i.e. 7,9 cm (0,26 pi) |
| 200 mm (8 po) | > 40,2 m (132 pi) | pente de 0,2% |
| 250 mm (10 po) | < 48,8 m (160 pi) | 40% du diamètre intérieur, i.e. 9,75 cm (0,32 pi) |
| 250 mm (10 po) | > 48,8 m (160 pi) | pente de 0,2% |

Note: Lorsque le terrain est plat ou descendant, la pente de la conduite est le plus élevé de 0,2% ou la pente du terrain.

Critères de distance

| | |
|--|---------------------|
| Distance minimale entre les relèvements | 6,1 mètres (20 pi) |
| Longueur minimale d'une conduite avec une pente de 0,2% qui précède une série de relèvements | 15,2 mètres (50 pi) |
| Distance minimale entre le dessus d'un relèvement et un raccordement | 1,8 mètre (6 pi) |

Source: Airvac (1989). Manuel de conception



- 1 Cinq relèvements de 450 mm maximum, distancés d'au moins 6,1 m, avec un abaissement entre les relèvements de 40% du diamètre de la conduite.
- 2 Distance minimale de 15,2 m avec pente de 0,2% précédant une série de relèvements.
- 3 Pente du terrain supérieure à 0,2%; la conduite suit cette pente.

Figure 13 Profil type d'une conduite de 150 millimètres de diamètre

Source: EPA (1991). Alternative Wastewater Collection Systems

4.3.2.4

Les vannes d'isolement et les bouches d'accès

Les vannes d'isolement permettent d'isoler les différents tronçons du réseau pour effectuer les réparations et l'entretien sur un tronçon tout en minimisant le temps d'interruption du service.

Ces vannes sont placées à l'intersection de deux branches (une en amont de l'intersection sur la conduite principale et une sur l'embranchement), de chaque côté d'une traverse de cours d'eau, de chaque côté de zones de sols instables et, de façon générale, à intervalles réguliers le long des conduites; typiquement, cet intervalle varie de 450 mètres (1 500 pi) à 600 mètres (2000 pi).

Les vannes d'isolement peuvent être du type robinet à boisseau ou robinet-vanne. Elles doivent être capables de supporter des pressions négatives de 60 centimètres (24 po) de mercure. Les vannes de 100 millimètres (4 po) peuvent être opérées directement alors que les vannes de 150 millimètres (6 po) et plus doivent être munies d'un actuateur.

Des jauges à pression, placées immédiatement à l'aval des vannes, permettent à l'opérateur de lire sur place la pression dans les conduites; les défauts peuvent ainsi être localisés sans avoir nécessairement à se rendre à la station.

Les vannes et les jauges doivent être placées dans des chambres étanches (cadre et couvercle aussi); ces chambres doivent être facilement accessibles.

Il n'est pas strictement nécessaire de prévoir des bouches d'accès dans les réseaux à forte densité puisque chaque poste de vanne d'interface donne accès à la conduite principale. Par ailleurs, des pièces en «Y»-45° avec bouchon peuvent être placées à l'aval des jauges dans les chambres de vanne d'isolement, permettant un accès direct à la conduite principale. Quoiqu'il en soit, une bouche d'accès devrait être prévue à l'extrémité de chaque conduite pour pouvoir la lessiver; ces bouches d'accès doivent être protégées par une chambre. Les figures 14 et 15 illustrent les deux types de chambres.

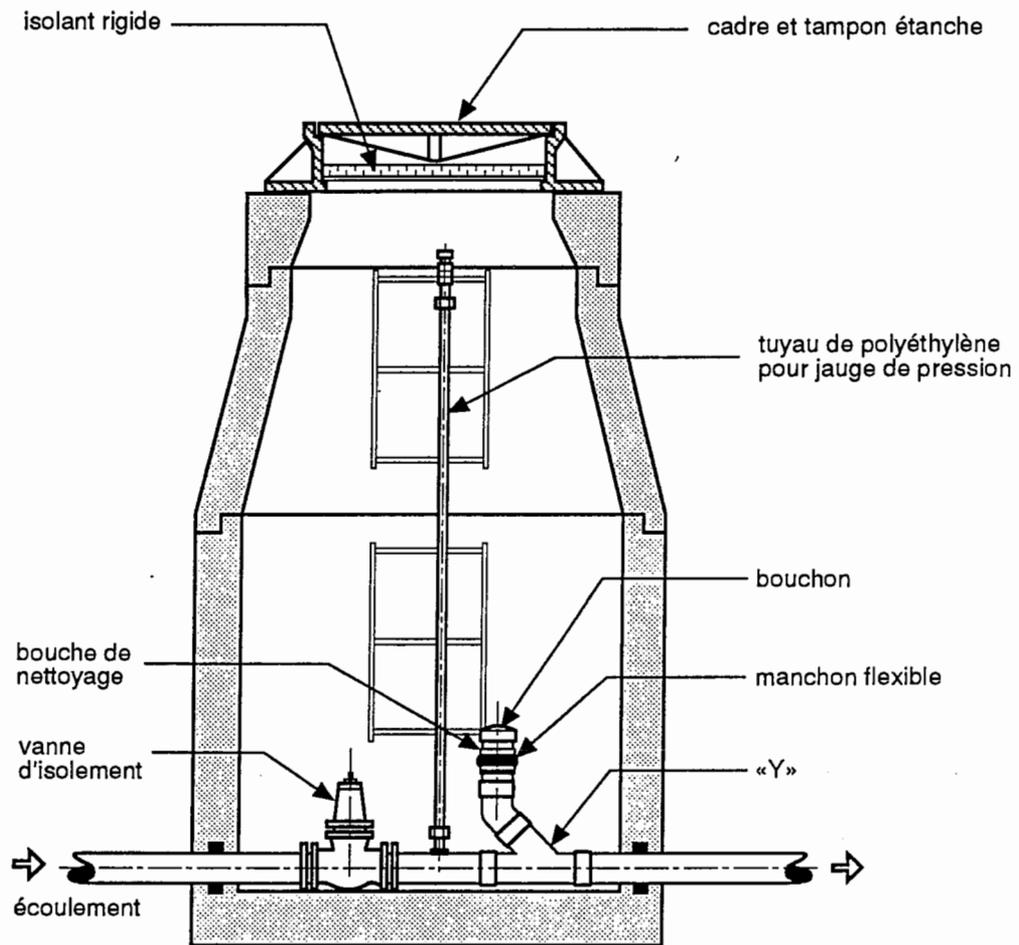


Figure 14 La chambre de vanne avec jauge et bouche d'accès

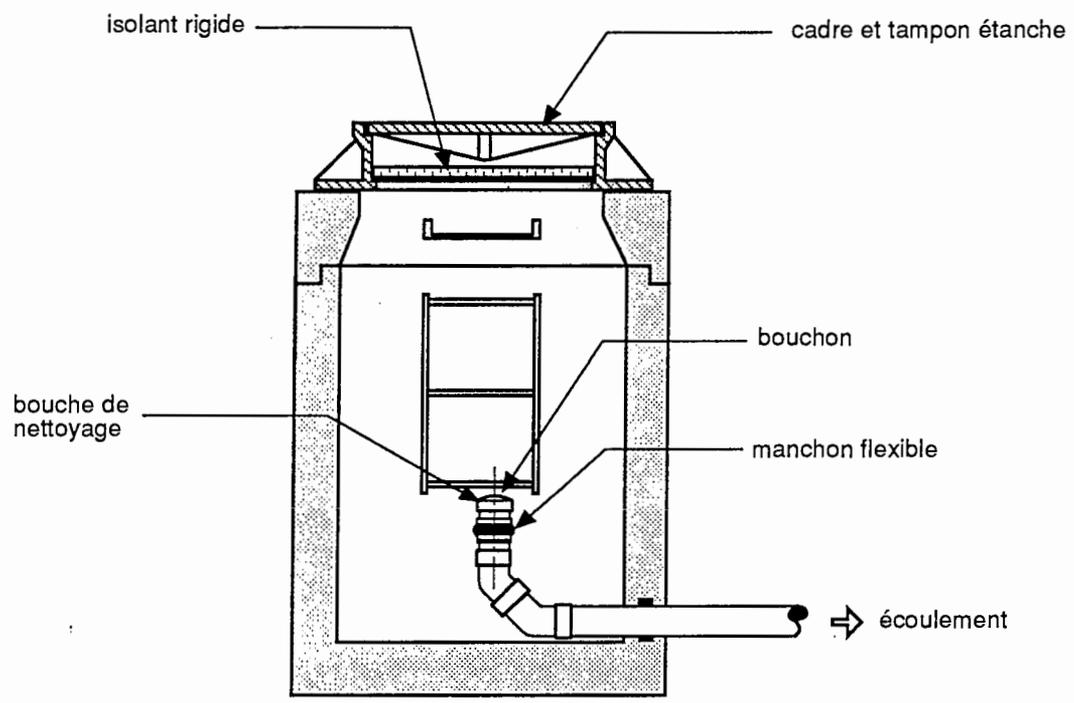


Figure 15 La chambre pour bouche d'accès à l'extrémité des conduites

4.3.2.5 *L'hydraulique*

L'écoulement des eaux usées dans les conduites d'un RSV se fait sous pression négative, générée à la station centrale de collecte qui reçoit les eaux usées des conduites principales.

Un débit de pointe par résidence de 0,04 litre par seconde (0,64 gal US/min) est souvent utilisé comme valeur de base de conception.

L'équation suivante, basée sur le nombre de résidences à desservir est aussi utilisée dans la conception des réseaux sous vide:

$$Q_{\max} = 0,03N + 1,26$$

où Q_{\max} : débit de pointe de conception (L/s)
N : nombre de résidences à desservir

ou

$$Q_{\max} = 0,5N + 20$$

où Q_{\max} : débit de pointe de conception (gal US/min)

L'annexe III présente l'estimation du débit moyen journalier d'eaux usées d'une très grande variété d'établissements publics et de logements auquel un facteur de pointe doit être appliqué. Le concepteur peut de plus s'en remettre à des données locales lorsqu'il y a des compteurs d'eau individuels. Il est à noter qu'aucune allocation d'eaux parasites n'est considérée dans la conception d'un réseau sous vide.

Les vitesses tangentielles atteintes dans un réseau sous vide varient entre 4,6 mètres par seconde et 5,5 mètres par seconde (15 à 18 pi/s), ce qui est bien au-dessus de la vitesse minimum requise de 0,6 à 0,9 mètre par seconde (2 à 3 pi/s) pour l'auto-nettoyage des conduites. Les probabilités de blocage dans les conduites sous vide sont donc minimales.

Normalement, les pompes à vide de la station centrale sont réglées pour fonctionner entre 40 et 50 centimètres (16-20 po) de mercure de pression négative. La pression négative minimale de 40 centimètres (16 po) résulte en une perte de charge hydraulique disponible de 5,5 mètres (18 pi) pour chaque conduite principale. De cette perte de charge disponible, environ 1,5 mètre (5 pi) est requis pour actionner les vannes d'interface; il reste donc 4,0 mètres (13 pi) pour le transport des eaux usées. Ainsi, la somme de toutes les pertes de charge dues à la friction et de toutes les pertes de charge statiques dues aux relèvements dans le profil des conduites entre l'extrémité amont d'une branche principale et son arrivée au réservoir de collecte sous vide à la station centrale ne peut être supérieure à 4,0 mètres (13 pi).

La perte de charge due à la friction doit être calculée pour chaque conduite principale (100 mm et plus) dont la pente varie entre 0,2% et 2%. Elle est considérée comme négligeable lorsque la pente est supérieure à 2% et pour les conduites de service (75 mm de diamètre).

Un mélange air/liquide caractérise l'écoulement d'un réseau sous vide, appelé communément écoulement en deux phases. Pour tenir compte de ce type de mélange dans le calcul des pertes de charges dues à la friction dans les conduites, la firme Airvac utilise l'équation de Hazen-Williams multipliée par un facteur de correction. Pour un rapport air/liquide de 2/1, le facteur de correction est de 2,75. En effet, le liquide s'écoule alors à une vitesse trois fois supérieure dans le cas d'une conduite coulant pleine et pour un même débit d'eau. La formule de Hazen-Williams élève la vitesse à la puissance 1,85 alors que la formule de Darcy-Weisbach l'élève à la puissance 2. La moyenne des vitesses à leur puissance respective est de:

$$(3^{1,85} + 3^2)/2 = (7,5 + 9)/2 = 8,25$$

Puisque seulement un tiers du diamètre de la conduite est «mouillé» alors: $8,25/3 = 2,75$ qui est le facteur de friction moyen pour un écoulement en deux phases dans un rapport de 2/1 appliqué à la perte de charge due à la friction pour une conduite coulant pleine.

Ainsi:

$$f = 2,75 \times 10,64 \times (Q/C)^{1,85}/d^{4,8655}$$

- où f : pertes de charge dues à la friction (m/m)
- Q : débit (m³/s)
- d : diamètre intérieur de la conduite (m)
- C : coefficient de Hazen-Williams (150 pour le CPV)

ou

$$f = 2,75 \times 0,2083 \times (100Q/C)^{1,85}/d^{4,8655}$$

- où f : pertes de charge dues à la friction (pi/100pi)
- Q : débit (gal US/min)
- d : diamètre intérieur de la conduite (po)
- C : coefficient de Hazen-Williams (150 pour le CPV)

Les tables présentées à l'annexe IV donnent la perte de charge due à la friction selon la formule de Airvac pour différents débits et diamètres de conduite en CPV - SDR-21, et un rapport air/liquide de 2/1.

Les pertes de charge statiques se produisent lors de relèvements ou de changements verticaux de profil. Les relèvements sont exécutés avec des coudes de 45°. Pour une utilisation efficace de l'énergie limitée disponible, les relèvements devraient s'apparenter aux valeurs du tableau 5.

TABLEAU 5

HAUTEUR DE RELÈVEMENT SELON LE DIAMÈTRE DE LA CONDUITE

| Diamètre de conduite | Hauteur de relèvement |
|----------------------|-----------------------|
| 75 mm (3 po) | 0,30 m (1 pi) |
| 100 mm (4 po) | 0,30 m (1 pi) |
| 150 mm (6 po) | 0,46 m (1,5 pi) |
| 200 mm (8 po) | 0,46 m (1,5 pi) |
| 250 mm (10 po) | 0,70 m (2,3 pi) |

Source: EPA (1991). Alternative Wastewater Collection Systems

Le nombre maximum de relèvements consécutifs est fixé à cinq. La figure 16 montre le relèvement type du profil d'une conduite.

La perte de charge statique due à chaque relèvement est calculée en soustrayant le diamètre intérieur de la conduite de la hauteur de relèvement. Par exemple:

- Pour un relèvement de 0,46 mètre (1,5 pi) avec une conduite de 150 millimètres (6 po), la perte de charge statique est de:
 $0,46 \text{ mètre} - 0,15 \text{ mètre} = 0,31 \text{ mètre (1 pi)}$.
- Pour un relèvement de 0,30 mètre (1 pi) avec une conduite de 100 millimètres (4 po), la perte de charge statique est de:
 $0,30 \text{ mètre} - 0,10 \text{ mètre} = 0,20 \text{ mètre (8 po)}$.

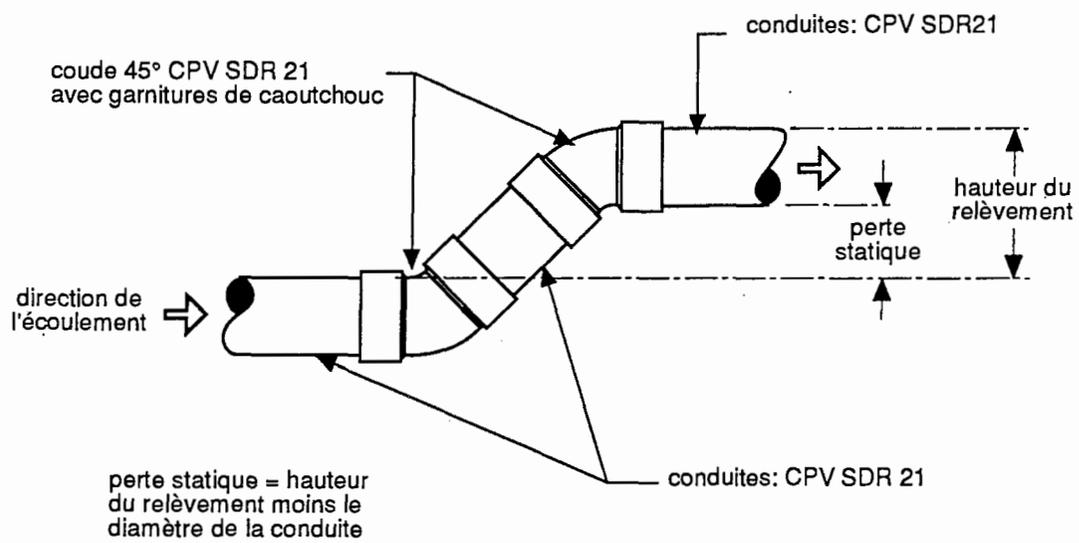


Figure 16 Le relèvement du profil d'une conduite

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

4.4

La station centrale de collecte sous vide

La station centrale de collecte sous vide est le coeur d'un réseau d'égouts sous vide. Elle maintient le vide dans les conduites, agit comme point central de collecte des eaux usées et sert de poste de pompage de refoulement des eaux vers une station d'épuration ou vers une conduite gravitaire conventionnelle.

Les principaux équipements d'une station centrale de collecte sous vide sont les pompes à vide, les pompes de refoulement, une génératrice, un réservoir de collecte et un réservoir sous vide, les contrôles, les alarmes et les jauges. La figure 17 illustre une station centrale de collecte sous vide type. Pour les petits systèmes, les différentes composantes peuvent être montées en usine sur une structure et transportées sur le site. Le tout est installé dans un bâtiment.

4.4.1

LES POMPES À VIDE

Les pompes à vide produisent la pression négative nécessaire au transport des eaux usées dans les conduites sous vide. La plage optimale de pression négative pour opérer un réseau sous vide se situe entre 40 et 50 centimètres (16 à 20 po) de mercure. Les pompes doivent être capables de fournir une pression négative ultime de 74,4 centimètres (29,3 po) de mercure au niveau de la mer et d'opérer de façon continue; cette capacité supérieure devient utile lors des interventions sur le réseau. Deux pompes sont nécessaires pour assurer un fonctionnement en alternance. Des vannes d'arrêt permettent l'entretien de l'une ou l'autre des pompes.

À ce jour, deux types de pompe à vide ont été utilisés: les pompes à anneau liquide et les pompes de type vanne coulissante («sliding-vane»). Ce dernier type, recommandé par la firme Airvac, consomme moins d'énergie pour une capacité donnée. Par ailleurs, il faut un filtre à air entre le réservoir sous vide et ce type de pompe pour les protéger des particules qui pourraient provoquer une usure prématurée des composantes de la pompe. De plus, une vanne à contrôle électrique de type robinet à boisseau, installée entre le réservoir sous vide et le réservoir de collecte, permet d'éviter tout retour d'eau pouvant endommager la pompe.

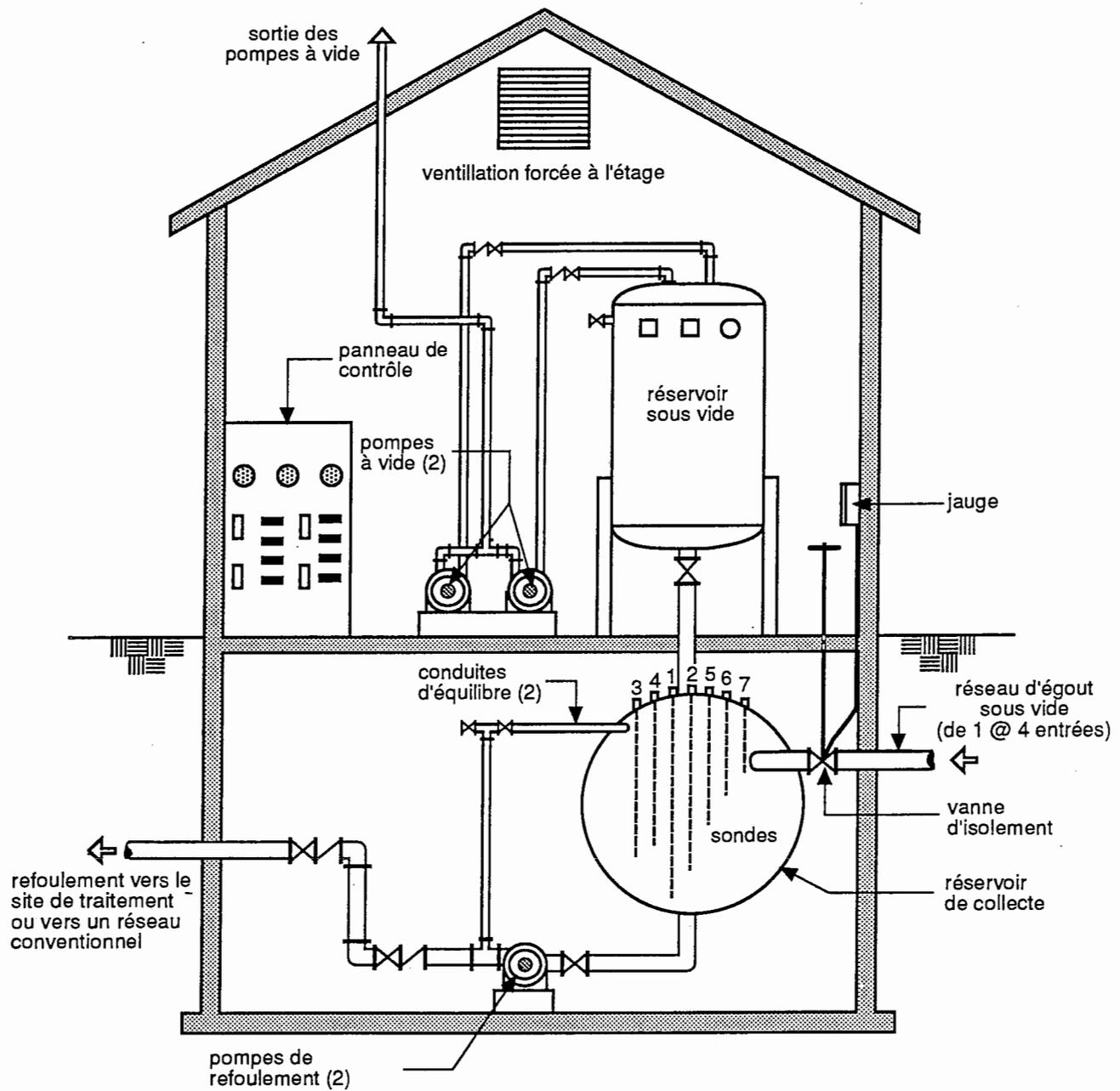


Figure 17 La station centrale de collecte sous vide de Airvac

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

L'équation empirique suivante est utilisée pour dimensionner les pompes à vide:

$$Q_{pv} = A Q_{max}$$

où Q_{pv} : capacité de la pompe à vide (L/s)

Q_{max} : débit de pointe à la station (L/s)

A : coefficient variant avec la longueur des conduites principales (tableau 6)

ou

$$Q_{pv} = A Q_{max}^{7,5}$$

où Q_{pv} : capacité de la pompe à vide (pi³/min)

Q_{max} : débit de pointe à la station (gal US/min)

A : coefficient (tableau 6)

La capacité minimale recommandée pour les pompes à vide est de 70 L/s (150 pi³/min).

TABLEAU 6

LES VALEURS DE «A» SELON LES CONDUITES PRINCIPALES

| Longueur de la conduite principale la plus longue | | Valeur de «A» |
|--|-----------------|---------------|
| en mètres | en pieds | |
| 0 - 914 | 0 - 3 000 | 5 |
| 915 - 1 524 | 3 001 - 5 000 | 6 |
| 1 525 - 2 134 | 5 001 - 7 000 | 7 |
| 2 135 - 3 048 | 7 001 - 10 000 | 8 |
| 3 049 - 3 657 | 10 001 - 12 000 | 9 |
| > 3 658 | > 12 000 | 11 |

4.4.2 LES POMPES DE REFOULEMENT

Ces pompes sont nécessaires pour refouler, vers le site de traitement ou vers un autre ouvrage de transfert, les eaux usées qui sont aspirées dans le réservoir de collecte par les pompes à vide.

Deux pompes sont nécessaires pour assurer un fonctionnement en alternance. Les pompes utilisées sont des pompes d'eaux usées horizontales (en puits sec) capables de faire passer des solides de 75 millimètres (3 po). Les pompes doivent être certifiées par le manufacturier pour une utilisation en réseau sous vide. Un temps de marche minimum de deux minutes est fixé de façon à minimiser le nombre de départs et ainsi diminuer l'usure des pompes.

Des vannes d'arrêt sont prévues sur les conduites de succion (2) et de décharge (2) pour permettre l'entretien de l'une ou l'autre des pompes sans affecter le niveau dans le réservoir. De façon à réduire les risques de vortex dans le réservoir de collecte, le diamètre des conduites de succion doit être de 50 millimètres (2 po) supérieur au diamètre des conduites de décharge des pompes. Des clapets sont localisés sur chaque conduite de décharge et sur la conduite commune de refoulement.

Des lignes d'équilibre, reliant la conduite de décharge de chaque pompe au réservoir de collecte, permettent d'éliminer l'air de la pompe et d'équilibrer le vide sur l'impulseur. Les lignes d'équilibre sont fabriquées de conduites de CPV transparent de 25 millimètres (1 po) de diamètre. Le CPV transparent permet à l'opérateur de repérer rapidement tout blocage ou fuite d'air. Des vannes motorisées peuvent aussi être montées sur les lignes d'équilibre; elles se ferment lorsque les pompes sont en opération. Le raccordement des lignes au réservoir de collecte doit être éloigné des différents contrôles. Puisqu'une faible portion du débit des pompes est recirculée dans le réservoir de collecte, la capacité nette des pompes s'en trouve quelque peu diminuée.

L'équation suivante est utilisée pour déterminer la capacité des pompes de refoulement.

$$Q_{pr} = Q_{moyen} \times F.P. = Q_{max}$$

- où Q_{pr} : capacité des pompes de refoulement (L/s)
 Q_{moyen} : débit moyen des eaux usées (L/s)
F.P. : facteur de pointe

La tête dynamique totale (TDH) est calculée selon les procédures normales en ajoutant la tête nécessaire pour vaincre le vide du réservoir de collecte. Ainsi:

$$TDH = h_s + h_f + h_v$$

- où TDH : tête dynamique totale (m)
 h_s : tête statique (m)
 h_f : perte de charge due à la friction dans la conduite de refoulement (m)
 h_v : tête due au vide (m)

La valeur de h_v est généralement de 7 mètres (23 pi) ce qui équivaut à 50 centimètres (20 po) de mercure. Puisque h_v varie selon la pression négative du réservoir, soit normalement entre 40 et 50 centimètres (16 à 20 po) de mercure, et parfois à des niveaux beaucoup plus bas ou plus élevés lorsque des problèmes surviennent, il est recommandé d'éviter les pompes dont la courbe de capacité en fonction de la tête présente une pente faible.

Le calcul de la tête positive nette de succion (NPSH) est important dans le processus de sélection d'une pompe de refoulement. Les équations suivantes sont utilisées pour calculer le NPSH disponible:

$$NPSH_d = h_{dvr} + h_s - h_{pva} + h_{éq} - h_f$$

$$h_{dvr} = h_d - V_{max}$$

La signification des termes de ces équations est donnée au tableau 7 ainsi que leur valeur type. On retrouve à la figure 18 un diagramme illustrant le concept du calcul. Le NPSH disponible doit être plus grand que le NPSH requis par la pompe.

Les valeurs du NPSH disponible et du TDH doivent être calculées pour le haut et le bas niveau de vide et les résultats comparés au NPSH requis par la pompe.

4.4.3 LA GÉNÉRATRICE

Une génératrice est une nécessité dans une station centrale de collecte. Elle assure une opération continue du système lors des pannes électriques. Les génératrices sont du même type que celles utilisées dans les réseaux conventionnels. Elles doivent générer 100 % de la puissance requise pour toute l'opération de la station.

TABLEAU 7

**LA SIGNIFICATION DES TERMES POUR LE CALCUL
DU NPSH DISPONIBLE ET LEUR VALEUR TYPE**

| Terme | Définition | Valeur type |
|-------------------------|---|---|
| NPSH_d | tête positive nette de succion disponible, en mètres | — |
| h_d | tête disponible due à la pression atmosphérique | 10,33 m (33,9 pi) au niveau de la mer 10,12 m (33,2 pi) à 152 m (500 pi) 10,00 m (32,8 pi) à 305 m (1000 pi) 8,96 m (29,4 pi) à 1219 m (4000 pi) |
| h_{dvr} | tête disponible due à la pression atmosphérique au niveau des eaux usées, moins le vide dans le réservoir de collecte | — |
| V_{max} | vide maximum dans le réservoir de collecte | 5,52 m (18,1 pi) à 40 cm (16 po) de Hg 6,89 m (22,6 pi) à 50 cm (20 po) de Hg |
| h_s | hauteur des eaux usées au-dessus du centre des pompes | 0,30 m (1 pi) minimum |
| h_{pva} | tête due à la pression de vapeur absolue de l'eau usée à la température de pompage | 0,24 m (0,8 pi) |
| h_f | perte de charge due à la friction dans les conduites de succion | 0 m (0 pi) si pompes horizontales 0,61 m (2 pi) si pompes verticales |
| h_{éq} | tête d'équilibre du vide fournie par les lignes d'équilibre de 25 mm (1 po) | 0,91 m (3 pi) minimum |
| NPSH_r | tête positive nette de succion requise pour la pompe sélectionnée | — |

Source: EPA (1991). Alternative Wastewater Collection Systems

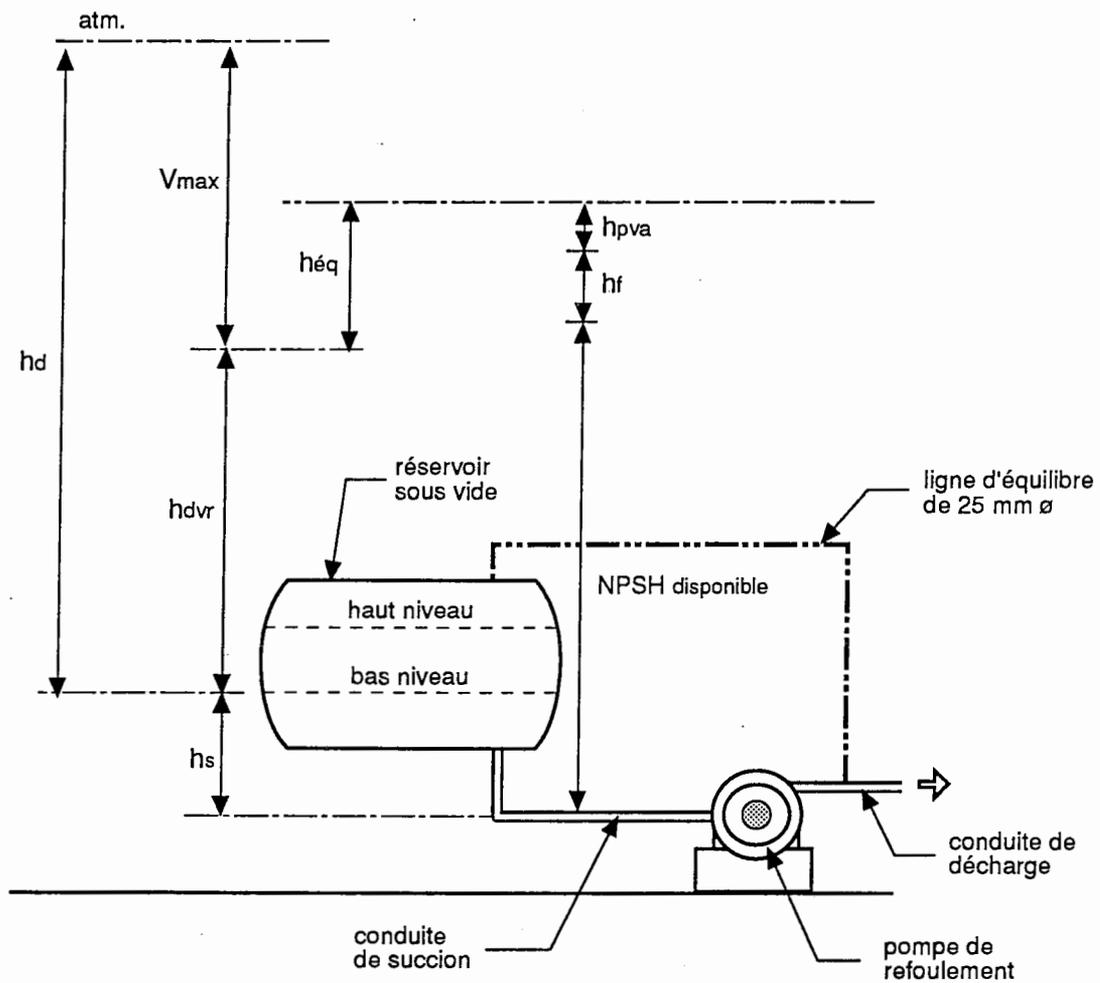


Figure 18 Le diagramme illustrant la NPSH disponible

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

4.4.4

LES RÉSERVOIRS DE COLLECTE ET SOUS VIDE

Une station centrale sous vide comprend deux réservoirs: le réservoir de collecte et le réservoir sous vide. Ces réservoirs sont fermés et fabriqués pour tolérer des pressions négatives allant jusqu'à 71 centimètres (28 po) de mercure. Ils peuvent être faits d'acier ou de fibre de verre; le réservoir en acier, un peu moins coûteux, doit être peinturé à tous les 5 ou 6 ans, contrairement au réservoir de fibre de verre.

Le réservoir de collecte est localisé dans la partie inférieure de la station centrale. Les eaux usées se déversent dans ce réservoir jusqu'à ce qu'un volume d'eau suffisant s'accumule et soit évacué par les pompes de refoulement. Le vide produit par les pompes à vide est transféré au système de collecte dans la partie supérieure de ce réservoir. La partie du réservoir située sous le radier des conduites principales entrant dans le réservoir agit comme puits mouillé. Une écoutille transparente et boulonnée permet d'accéder au réservoir.

Le volume d'opération du réservoir de collecte est le volume d'eaux usées évacué à chaque départ de la pompe de refoulement. Il est généralement fixé de façon telle, qu'au débit minimum de conception, la pompe aura un démarrage à toutes les quinze minutes. Ceci est représenté par l'équation suivante:

$$V_o = 15 (Q_{\min}/Q_{pr}) (Q_{pr}-Q_{\min})$$

- où V_o : volume d'opération du réservoir de collecte (L)
 Q_{\min} : débit minimum entrant à la station centrale (L/s)
 Q_{\min} : $Q_{\text{moyen}}/2$
 Q_{moyen} : débit moyen entrant à la station centrale (L/s)
 Q_{moyen} : $Q_{\text{max}}/\text{facteur de pointe}$
 Q_{pr} : capacité des pompes de refoulement (L/s)

Le tableau 8 donne différentes valeurs de V_o pour un cycle de pompage de quinze minutes au Q_{\min} pour différents facteurs de pointe.

TABLEAU 8**LES VALEURS DE V_o POUR DIFFÉRENTS FACTEURS DE POINTE**

| Facteur de pointe | V_o (gal US) |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 3,0 | $2,08 \times Q_{\max}$ (gal US/min) |
| 3,5 | $1,84 \times Q_{\max}$ (gal US/min) |
| 4,0 | $1,64 \times Q_{\max}$ (gal US/min) |

Le volume total du réservoir de collecte doit être trois fois le volume d'opération ($V_{rc} = 3V_o$), avec un volume total minimum recommandé de 1 500 litres (400 gallons U.S.).

Après avoir déterminé le volume d'opération du réservoir de collecte, le concepteur doit vérifier que le nombre de départs horaires de la pompe ne sera pas excessif. Cette vérification doit se faire en prenant un débit d'eaux usées entrant, égal à la mi-capacité de la pompe de refoulement.

Lors de la conception du réservoir, les conduites de succion des pompes de refoulement doivent être placées au point le plus bas et aussi éloignées que possible des points d'arrivée des conduites principales. Les coudes prévus sur les entrées des conduites principales doivent être orientés du côté opposé aux ouvertures de succion.

Le réservoir de collecte reçoit aussi les eaux de lavage du plancher du sous-sol de la station centrale de collecte. Un puits est aménagé (38 cm x 38 cm x 30 cm) duquel les eaux sont aspirées par une vanne d'interface vers le réservoir de collecte. Un clapet et un robinet à tournant excentrique sont placés entre la vanne d'interface et le réservoir de collecte.

Le réservoir sous vide est localisé entre les pompes à vide et le réservoir de collecte. Il a trois fonctions: 1) il réduit l'humidité dans les pompes à vide; 2) il agit comme un réservoir d'urgence; et 3) il réduit la fréquence de départs des pompes à vide. Le volume recommandé dans la majorité des cas pour le réservoir sous vide est de 1 500 litres (400 gallons U.S.).

Une fois les pompes à vide, le réservoir de collecte et le réservoir sous vide dimensionnés, le temps d'évacuation total est vérifié pour des pressions se situant entre 40 et 50 centimètres (16 à 20 po) de mercure et pour une proportion air/liquide de 2/1. Ce calcul indique le temps que les pompes à vide sélectionnées prendront pour évacuer les eaux usées de tout le réseau de collecte. L'équation utilisée est la suivante:

$$t = 0,3366 [(2/3) (V_{sc}) + (V_{rc} - V_o) + V_{rv}]/Q_{pv}$$

- où t : temps d'évacuation (s)
 V_{sc} : volume du système de collecte sous vide (L)
 V_{rc} : volume du réservoir de collecte (L)
 V_o : volume d'opération du réservoir de collecte (L)
 V_{rv} : volume du réservoir sous vide (L)
 Q_{pv} : capacité des pompes à vide (L/s)

ou

$$t = 0,045 [(2/3) (V_{sc}) + (V_{rc} - V_o) + V_{rv}]/Q_{pv}$$

- où t : temps d'évacuation (min)
 V_{sc} : volume du système de collecte sous vide (gal US)
 V_{rc} : volume du réservoir de collecte (gal US)
 V_o : volume d'opération du réservoir de collecte (gal US)
 V_{rv} : volume du réservoir sous vide (gal US)
 Q_{pv} : capacité des pompes à vide (pi³/min)

Dans tous les cas, la valeur de t ne doit pas être supérieure à 180 secondes ou inférieure à 60 secondes. Si elle est plus grande que 180 secondes, la capacité des pompes à vide doit être augmentée et si elle est plus faible que 60 secondes, la capacité du réservoir sous vide doit être augmentée.

4.4.5

LES CONTRÔLES, LES ALARMES ET LES JAUGES

Les pompes à vide sont contrôlées par des interrupteurs localisés à l'intérieur du réservoir sous vide. Le niveau d'opération se situe entre 40 et 50 centimètres (16 à 20 po) de mercure avec une alarme de bas niveau à 35 centimètres (14 po) de mercure. Les pompes de refoulement sont contrôlées par des sondes localisées à l'intérieur du réservoir de collecte. Ces sondes, au nombre de sept, sont réparties transversalement dans le réservoir de la façon suivante:

- sonde no. 1: fond du réservoir de collecte;
- sonde no. 2: arrêt des pompes de refoulement;
- sonde no. 3: départ des pompes de refoulement;
- sonde no. 4: décalage du départ des pompes de refoulement;
- sonde no. 5: alarme de haut niveau;
- sonde no. 6: remise en marche du système reliée à la sonde no. 7;
- sonde no. 7: arrêt du système pour haut niveau, mise en marche des pompes de refoulement avec opération manuelle seulement.

Le panneau de contrôle, situé au rez-de-chaussée de la station, abrite tous les démarreurs, les interrupteurs, les circuits de contrôle et les compteurs de temps de marche des pompes à vide et de refoulement. On doit aussi y retrouver les relais de contrôle de niveau du réservoir de collecte et un enregistreur de vide. Cet enregistreur à charte circulaire de sept jours, doit pouvoir enregistrer le vide entre 0 et 75 centimètres (0 à 30 po) de mercure.

On doit aussi retrouver un enregistreur à charte pour les pompes de refoulement.

Pour fins d'entretien et d'opération, on doit retrouver des jauges pour le vide aux endroits suivants de la station de collecte:

- sur le côté du réservoir sous vide dans une position pouvant facilement être vue de la porte d'entrée;

- sur le réservoir de collecte dans une position pouvant facilement être vue de l'escalier menant au sous-sol;
- sur chaque conduite principale entrant dans le réservoir de collecte, immédiatement à l'amont de la vanne d'isolement installée sur chaque conduite. Ces jauges doivent être positionnées au-dessus des conduites principales de manière à ce qu'elles soient facilement visibles de la position d'opération des vannes d'isolement.

Ces différentes jauges et enregistreurs sont vitaux lors du processus d'intervention sur le système.

Un système d'alarme par télémétrie est nécessaire pour avertir l'opérateur de tout mauvais fonctionnement, tel qu'un bas niveau de vide. Le système doit être du type à composition téléphonique automatique avec communication à voix et doit être capable de prendre jusqu'à quatre conditions d'alarme indépendantes. Le système est localisé près du centre de contrôle des moteurs.

4.5 *L'isolation des ouvrages*

Les eaux usées sont véhiculées à des vitesses très élevées dans un réseau sous vide. Elles ne s'accumulent que dans les points bas du réseau. Pour éviter les tassements différentiels dus aux cycles de gel et de dégel ainsi que le gel possible des eaux usées dans les points bas, les conduites principales dans un RSV doivent être enfouies sous la ligne de gel. Il est à noter que les conduites d'un RSV peuvent être enfouies hors des voies de circulation, là où il n'y a pas de déneigement. Le couvert de neige fait donc office d'isolant et la profondeur de gel est moins importante à ces endroits. Par ailleurs, les premiers mètres des conduites de service partant des postes de vanne d'interface se situent au-dessus de la ligne de gel. Pour éviter les tassements différentiels, ces endroits spécifiques doivent être isolés. Au lieu d'approfondir les conduites principales pour permettre le raccordement des traverses avec rehaussement (conduite qui joint un poste de vanne d'interface à la conduite principale localisée de l'autre côté d'une rue), ces dernières devraient être isolées.

Finalement, si le recouvrement des conduites est insuffisant à des endroits spécifiques, il est préférable d'isoler localement plutôt que d'approfondir tout le profil du réseau.

Trois méthodes d'isolation des conduites sont généralement utilisées. Elles sont présentées à la figure 19.

À partir de l'indice de gel de l'air du site à l'étude (figure 20) et du type de sol choisi pour le remblai (figure 21), le concepteur devra calculer la profondeur du gel ou l'épaisseur de sol nécessaire au-dessus des conduites ou des ouvrages connexes; puis, il devra évaluer les coûts engendrés par ces excavations et juger si l'isolation des conduites est préférable. À titre d'exemple, dans la première méthode d'isolation présentée à la figure 19, le panneau de polystyrène isole la conduite du froid provenant du haut et capte la chaleur provenant des eaux souterraines. On peut quantifier la largeur d'isolant requise au-dessus de la conduite de la façon suivante:

$$L = D + 2(G - X) - 0,3$$

- où L : la largeur de l'isolation (m)
D : le diamètre de la conduite à protéger (m)
G : l'estimation de la profondeur du gel (m) (selon les figures 20 et 21)
X : la profondeur de l'emplacement de l'isolant (m)

Le tableau 9 présente l'épaisseur d'isolation requise selon l'indice de gel et l'épaisseur du remblai. Ce tableau s'applique aux deux méthodes d'isolation qui utilisent du polystyrène rigide.

Dans le deuxième dispositif, le polystyrène est placé «en boîte» sur les côtés et le dessus de la conduite permettant la formation d'une bulle de chaleur à l'intérieur de la surface d'isolation. Ce dispositif possède des dimensions pré-établies (voir figure 19). Contrairement à la première installation, la boîte d'isolation ne tient pas compte de la profondeur de gel pour fixer la largeur de l'isolant.

Le dernier dispositif d'isolation consiste en une conduite isolée à la mousse de polyuréthane, avec ou sans câble chauffant. Ce type d'isolation est très efficace pour des conditions de gel extrême ainsi que pour des conditions de sol difficiles (roc affleurant). Le câble chauffant permet de limiter les pertes de chaleur pouvant se produire à l'intérieur de la conduite isolée, assurant ainsi une protection additionnelle contre les effets du gel.

En présence de sols gélifs et de pergélisols, il devient important de protéger l'ensemble des structures d'un RSV contre les effets du gel. Par exemple, les postes de vanne d'interface, les réservoirs tampons, les chambres de vanne d'isolement et de bouche de nettoyage demandent une attention particulière. Pour les isoler, de la mousse de polyuréthane (50 mm d'épaisseur minimum) peut être giclée sur ces structures. Du polystyrène placé entre deux contreplaqués permet d'isoler l'accès des chambres.

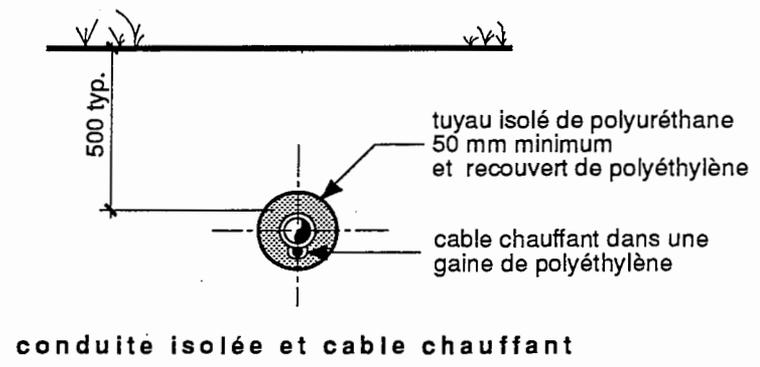
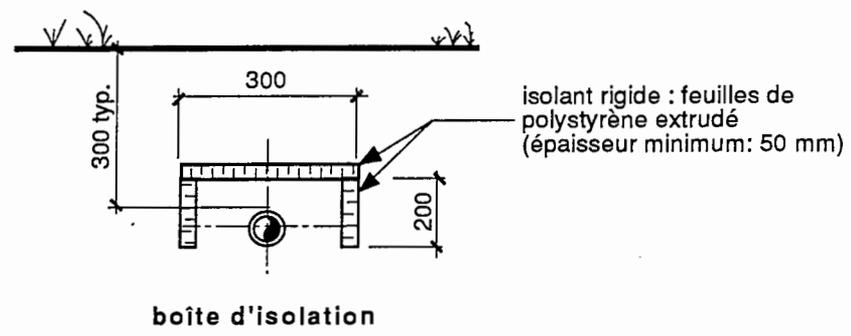
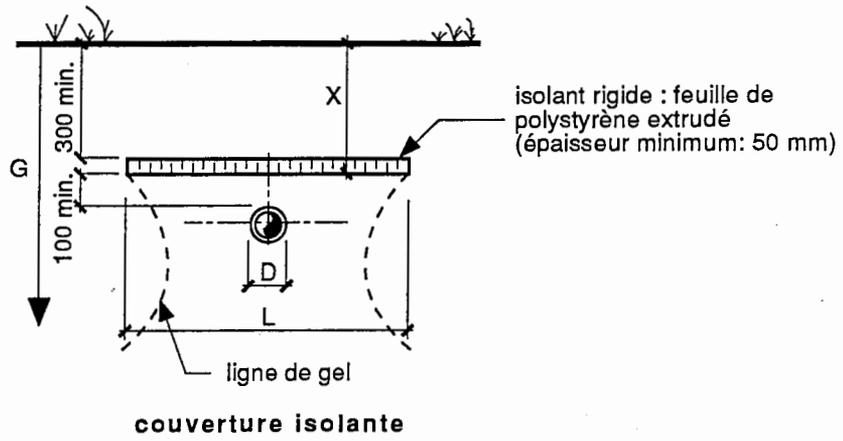


Figure 19 Les dispositifs d'isolation des conduites

TABLEAU 9

ÉPAISSEUR DE L'ISOLANT RIGIDE (mm)

| Épaisseur du remblayage au-dessus de l'isolation (m) | Indice de gel | | | | | | |
|--|---------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 850 | 1125 | 1400 | 1675 | 1950 | 2225 | 2500 |
| 0,6 | 50,0 | 65,0 | 75,0 | 90,0 | 100,0 | 115,0 | 125,0 |
| 0,9 | 40,0 | 50,0 | 65,0 | 75,0 | 90,0 | 100,0 | 115,0 |
| 1,2 | 25,0 | 40,0 | 50,0 | 65,0 | 75,0 | 90,0 | 100,0 |
| 1,5 | 25,0 | 25,0 | 40,0 | 50,0 | 65,0 | 75,0 | 90,0 |
| 1,8 | 25,0 | 25,0 | 25,0 | 40,0 | 50,0 | 65,0 | 75,0 |
| 2,1 | | | 25,0 | 25,0 | 40,0 | 50,0 | 65,0 |
| 2,4 | | | | 25,0 | 25,0 | 40,0 | 50,0 |
| 2,7 | | | | | 25,0 | 25,0 | 40,0 |
| 3,0 | | | | | | 25,0 | 25,0 |

Source: Dow Chemical Canada Inc. - Matériaux de construction, Catalogue de vente (1990)

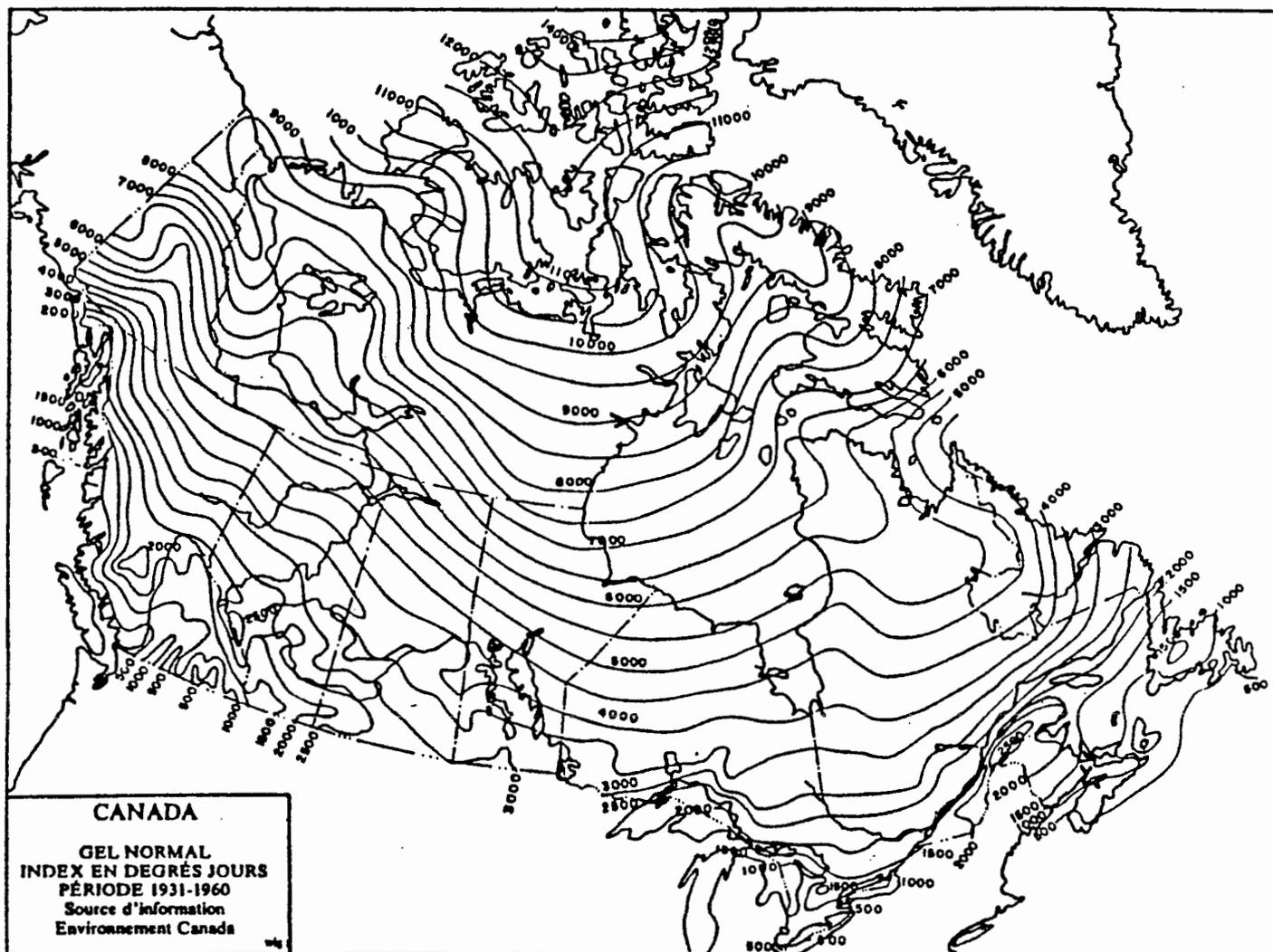


Figure 20 Les indices de gel au Canada

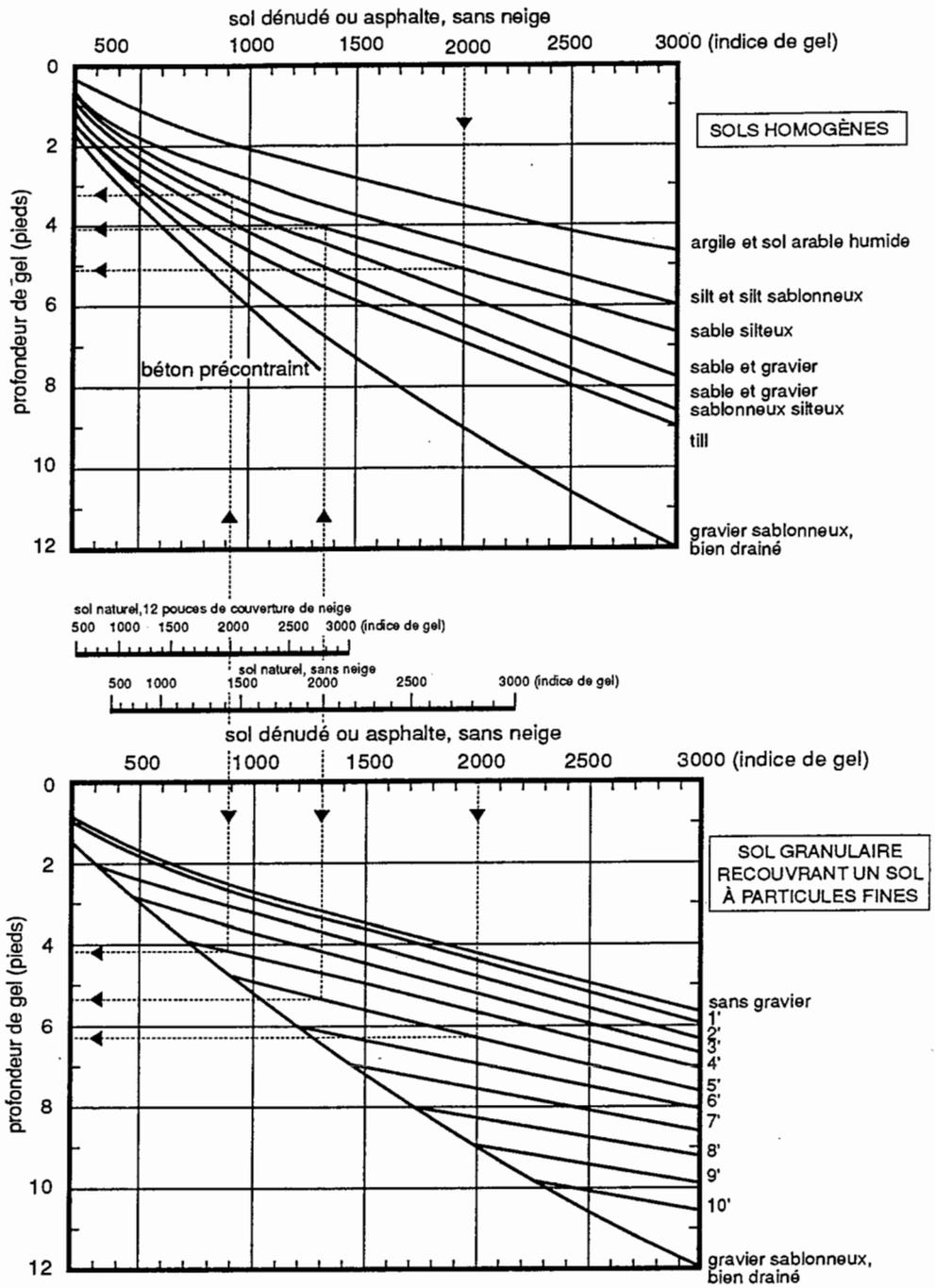


Figure 21 Le rapport entre l'indice de gel, la couverture de sol et la profondeur du gel dans le sol

Source: Société québécoise d'assainissement des eaux (1991). *Guide technique sur la conception des installations septiques communautaires (petites agglomérations).*

4,6 ***Éléments hydrauliques de conception d'un RSV et exemple concret***

4.6.1 ***ÉLÉMENTS DE CONCEPTION***

La première étape dans la conception d'un réseau sous vide consiste à préparer un tracé des conduites principales et secondaires et à localiser la station centrale de collecte sous vide. Le tracé est établi en considérant la topographie du terrain de même que l'emplacement des résidences à desservir. Les conduites sont communément implantées sur le côté des rues, alors que la station de collecte est située à un point bas et à un endroit le plus central possible.

Le tracé des conduites doit être établi selon les principes suivants:

- minimiser les relèvements;
- minimiser la longueur des conduites;
- répartir le débit entre les conduites principales.

Les deux premiers éléments sont importants pour minimiser les pertes de charge.

Les postes de vanne d'interface et les vannes d'isolement sont ensuite localisés aux endroits appropriés (articles 4.2 et 4.3.2.4). Le profil des conduites est établi suivant les critères indiqués à l'article 4.3.2.3. Chaque conduite principale est ensuite divisée en tronçons selon les embranchements; le nombre de postes de vanne d'interface et de résidences par poste est calculé pour chaque tronçon. Le débit de chaque tronçon peut ainsi être calculé pour déterminer le diamètre de la conduite (voir articles 4.3.2.3 et 4.3.2.5).

Une fois ces informations connues, il devient possible de calculer les pertes de charge sur chaque tronçon afin de vérifier que la perte de charge totale sur chaque conduite principale du réseau ne dépasse pas 4,0 mètres (article 4.3.2.5).

Les calculs se font de l'amont vers l'aval pour tous les tronçons de chaque conduite principale (tableau 10). Pour les besoins du calcul, chaque tronçon est encore subdivisé en sections de pente uniforme, chacune faisant l'objet d'une ligne du tableau; les entrées de ce tableau sont les suivantes:

Colonne 1 Chaînage des stations amont-aval (mètres ou pieds):

le chaînage des stations amont et aval de la section du tronçon étudié.

Colonne 2 Longueur de la section (mètres ou pieds):

différence entre les chaînages amont et aval (colonne 1).

Colonne 3 Q de pointe moyen (L/s ou gal US/min):

le débit de pointe de la section étudiée divisé par 2 plus le débit de pointe cumulé de la section précédente (colonne 4_{n-1}). Le débit de pointe de la section étudiée est obtenu en multipliant le nombre de postes de vanne d'interface sur la section par le nombre de résidences par poste et par le débit de pointe par résidence (généralement 0,04 L/s ou 0,64 gal US/min) et en ajoutant tout débit de pointe provenant d'institutions ou de commerces.

Colonne 4 Q de pointe cumulé (L/s ou gal US/min):

le débit de pointe de toutes les sections amont de la section étudiée (colonne 4_{n-1}) additionné au débit de pointe de la section étudiée.

Colonne 5 Taux de perte de charge H_f (m/m ou pi/100 pi):

la perte de charge due à la friction (f) obtenue de l'équation de Hazen-Williams modifiée (article 4.3.2.5) ou directement des tables de l'annexe IV à partir du Q de pointe moyen de la colonne 3.

Colonne 6 Perte de charge sur la section (L/s ou pieds):

la perte de charge due à la friction sur la section étudiée obtenue en multipliant la longueur de la section (colonne 2) par le taux de perte de charge H_f de la section (colonne 5). Avec les unités anglaises, la longueur de la section est préalablement divisée par 100. On ne calcule pas la perte de charge de la section si la section possède une pente supérieure à 2%.

Colonne 7 Perte statique (mètres ou pieds):

la perte de charge statique sur la section est la hauteur du relèvement moins le diamètre intérieur de la conduite, comme indiqué à la section 4.3.2.5. Si la section étudiée comprend plusieurs relèvements, alors les pertes de charge statiques sont additionnées.

Colonne 8 Perte de charge totale (mètres ou pieds):

la perte de charge due à la friction sur la section (colonne 6) additionnée à la perte de charge statique sur la section étudiée (colonne 7).

Colonne 9 Perte de charge totale accumulée (mètres ou pieds):

la perte de charge totale de toutes les sections amont additionnée à la perte de charge totale de la section étudiée (colonne 9_{n-1} + colonne 8).

Colonne 10 Longueur de la section (mètres ou pieds) selon le diamètre (mm ou po):

la longueur de la section au diamètre de conduite correspondant.

Colonne 11 Nombre de vannes d'interface:

le nombre de vannes d'interface sur la section étudiée.

Une fois les calculs complétés pour un tronçon complet, il faut choisir le tronçon suivant: soit un embranchement, soit le tronçon aval. Le calcul des pertes de charge sur les différentes branches s'effectue de façon indépendante; par contre, le calcul d'un tronçon aval s'effectue de façon cumulative relativement aux tronçons qui le précèdent: ainsi les valeurs de débit de pointe cumulatif (colonne 4) et de perte de charge totale accumulée (colonne 9) du tronçon amont servent de point de départ aux calculs.

Il est important de souligner qu'au point d'intersection de deux tronçons de conduites, on doit comparer les résultats de perte de charge totale accumulée des deux branches: la perte de charge totale accumulée la plus élevée des deux est conservée pour le calcul de la perte de charge des tronçons situés en aval du point d'intersection; par ailleurs, le débit de pointe cumulatif des deux branches est additionné avant de poursuivre le calcul des tronçons aval.

La perte de charge totale est ainsi cumulée pour chaque conduite principale entrant à la station centrale de collecte. Tel que mentionné précédemment, le résultat doit être inférieur à 4 mètres (13 pi).

Lorsque cette première partie des calculs est achevée, il est possible de calculer la longueur totale et le volume des conduites. Le tableau 11 permet de résumer ce calcul. La signification des entrées de ce tableau est la suivante:

Colonne 1 Conduite principale no.:

le numéro de la conduite principale.

Colonnes 2, 3, 4 et 5

Longueur des conduites de 100 m ou 4 po, 150 mm ou 6 po, 200 mm ou 8 po et 250 mm ou 10 po:

la longueur des conduites de 100, 150, 200 et 250 millimètres sur chaque conduite principale entrant à la station centrale de collecte.

Colonne 6 Débit de pointe de la conduite principale (L/s ou gal US/min):

le débit de pointe cumulatif de chacune des conduites principales entrant à la station centrale de collecte. Ce débit s'obtient en multipliant le débit de pointe par résidence par le nombre de résidences sur la conduite principale concernée.

Colonne 7 Nombre de conduites de service (75 mm ou 3 po):

le nombre de conduites de service (conduites de 75 millimètres ou 3 pouces qui raccordent un poste de vanne d'interface à la conduite principale) sur la conduite principale concernée. Les conduites de service très courtes sont généralement négligées.

Colonne 8 Nombre de vannes d'interface:

le nombre total de vannes d'interface sur la conduite principale concernée.

Colonne 9 Nombre de résidences:

le nombre de résidences raccordées sur la conduite principale concernée.

Colonne 10 Longueur moyenne des conduites de service (mètres ou pieds):

la longueur des conduites de service très courtes sont généralement négligées.

Colonne 11 Longueur totale des conduites de service (mètres ou pieds):

la longueur totale des conduites de service de 75 millimètres ou 3 pouces entrant à la station centrale de collecte (colonne 7 x colonne 10).

Ces résultats nous permettent de calculer le volume total des conduites (V_{sc} , en litres ou gallons US), en employant l'équation indiquée au bas du tableau 11.

L'étape suivante consiste à déterminer les capacités des pompes à vide (article 4.4.1) et des pompes de refoulement (article 4.4.2), le volume des réservoirs de collecte et sous vide (article 4.4.4) et le temps d'opération des pompes à vide (article 4.4.4). Le tableau 12 permet de calculer ces différentes valeurs et de compléter la conception hydraulique d'un RSV.

4.6.2

EXEMPLE CONCRET DE CONCEPTION HYDRAULIQUE D'UN RSV

L'exemple qui suit est basé sur celui décrit dans le manuel de conception de la compagnie Airvac; c'est pourquoi les données et les résultats sont exprimés en unités américaines. Les calculs pourraient tout aussi bien se faire en unités métriques avec les équations présentées au chapitre de la conception.

La localisation de la station centrale de collecte sous vide, des conduites, des postes de vanne d'interface et des vannes d'isolement est effectuée selon les indications citées plus haut. Tel qu'illustré à la figure 22, la station centrale de collecte sous vide dessert trois conduites principales. La partie amont de la conduite no 3 est localisée en arrière-lots; chaque poste de vanne d'interface dessert donc quatre résidences. Les autres conduites principales sont localisées sur le côté des rues et chaque poste dessert deux résidences. Un réservoir tampon sur la conduite no 2 dessert une école.

Le débit de pointe des résidences est évalué à 0,64 gallons US/min (0,04 L/s) alors que le débit de pointe de l'école est évalué à 10 gallons US/min (0,63 L/s).

La conduite principale no 2 sera analysée plus en détails; l'analyse des conduites principales no 1 et no 3 serait semblable.

La conduite principale no 2 est divisée en six tronçons; le profil des tronçons est présenté aux figures 23 à 28. Ces profils respectent les principes directeurs émis à la section 4.3.2 concernant la longueur des conduites de 4 pouces (100 mm) po) et les pentes à donner aux conduites.

Le calcul des pertes de charge débute au point F (le plus éloigné) et on calcule la perte totale pour chaque section de pente uniforme du tronçon F-D (voir tableau 10). Puis, on calcule la perte de charge dans le tronçon E-D. Il ressort que la perte de charge totale accumulée dans le tronçon F-D est plus élevée que celle dans le tronçon E-D. Ainsi, seule la perte de charge totale du tronçon F-D est conservée; le débit des tronçons E-D et F-D est par ailleurs cumulé.

Le calcul se poursuit pour le tronçon D-C où se trouve le réservoir tampon. À ce point, il faut calculer la perte de charge totale du tronçon G-C; la perte de charge totale de ce tronçon étant inférieure à celle des tronçons F-D-C, seule la perte de charge accumulée des tronçons F-D-C est conservée pour le calcul des pertes de charge des tronçons aval. Les pertes de charge sont calculées pour les tronçons C-B et B-A. Au point B, la perte de charge de l'embranchement est négligée puisqu'il est évident qu'elle est inférieure à celle des tronçons F-D-C-B; cependant, il faut ajouter au point B le débit provenant de cet embranchement pour calculer la perte de charge du tronçon aval B-A.

La perte de charge totale accumulée sur la conduite no 2 est inférieure à 13 pieds (4 m). À noter que la perte de charge due à la friction a été ignorée pour les sections à pente supérieure à 2% et que les pertes de charge statiques ont été calculées en soustrayant le diamètre de la conduite de la hauteur du relèvement du profil.

Au point de jonction C, le concepteur a choisi de relever le tronçon D-C pour qu'il se jette dans la conduite G-C-B-A, à cause de contraintes de terrain. Faisant abstraction de ces contraintes, le tronçon G-C aurait pu se jeter dans le tronçon D-C puisqu'ils ont un débit et une perte de charge accumulée similaires.

En utilisant la même méthode de calcul, la perte de charge totale, le débit et le diamètre des conduites principales no 1 et no 3 peuvent être déterminés. Les données obtenues permettent de calculer le volume des trois conduites principales qui sera nécessaire aux calculs des équipements de la station de collecte (tableau 11). À noter que le nombre de 83 conduites de service versus 197 vannes d'interface s'explique par le fait que l'on a considéré négligeable les conduites de service localisées à proximité de la conduite principale (111 conduites de service ont aussi été négligées).

La dernière étape consiste à calculer la capacité des pompes de refoulement, le volume des réservoirs et le temps d'évacuation du réseau. Ces calculs sont présentés au tableau 12.

Dans cet exemple, aucun débit futur n'a été alloué. Par ailleurs, le concepteur doit établir l'augmentation de population prévisible pour chacune des conduites principales de façon à concevoir le RSV pour les besoins futurs.

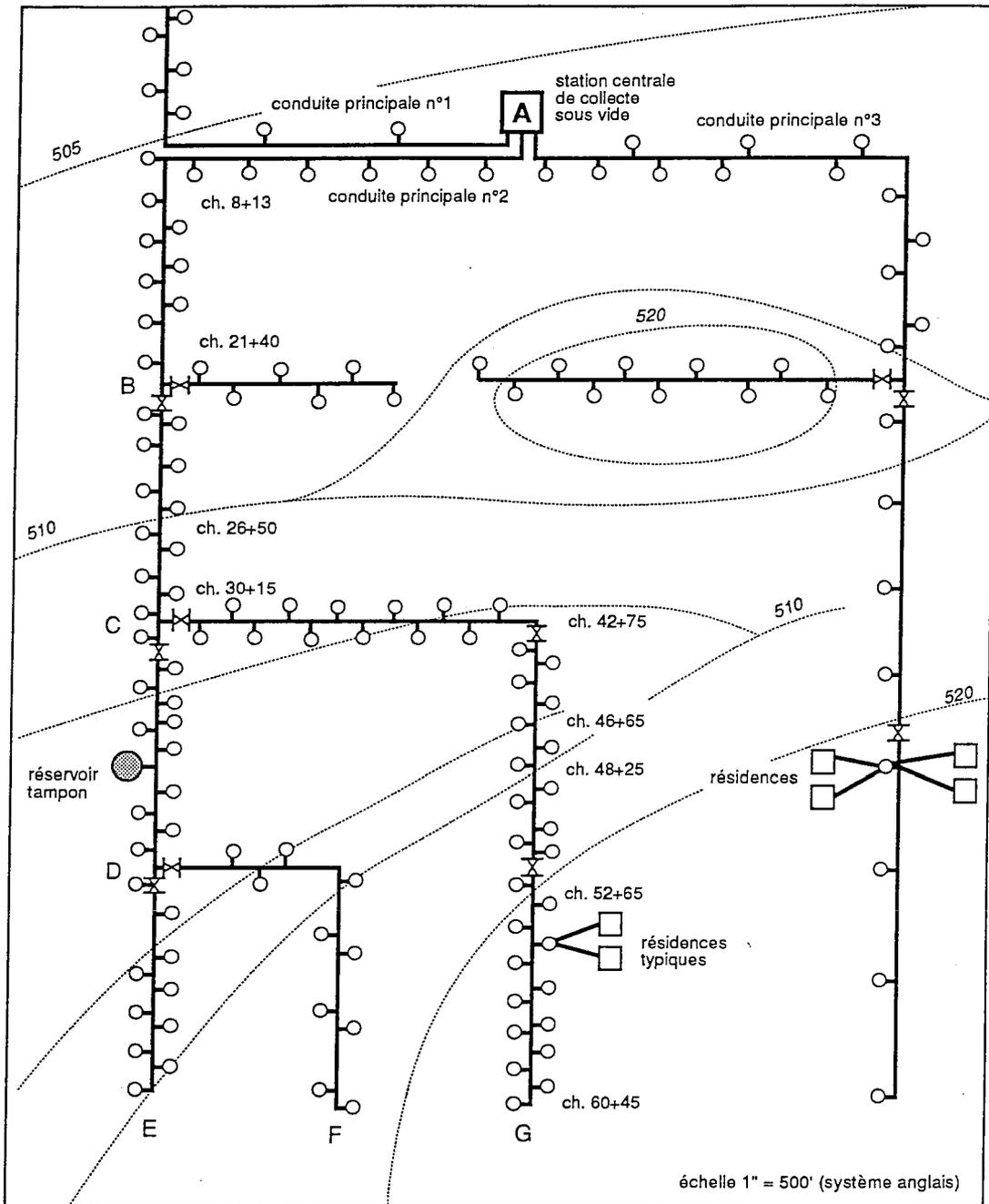


Figure 22 Le plan du réseau à concevoir

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

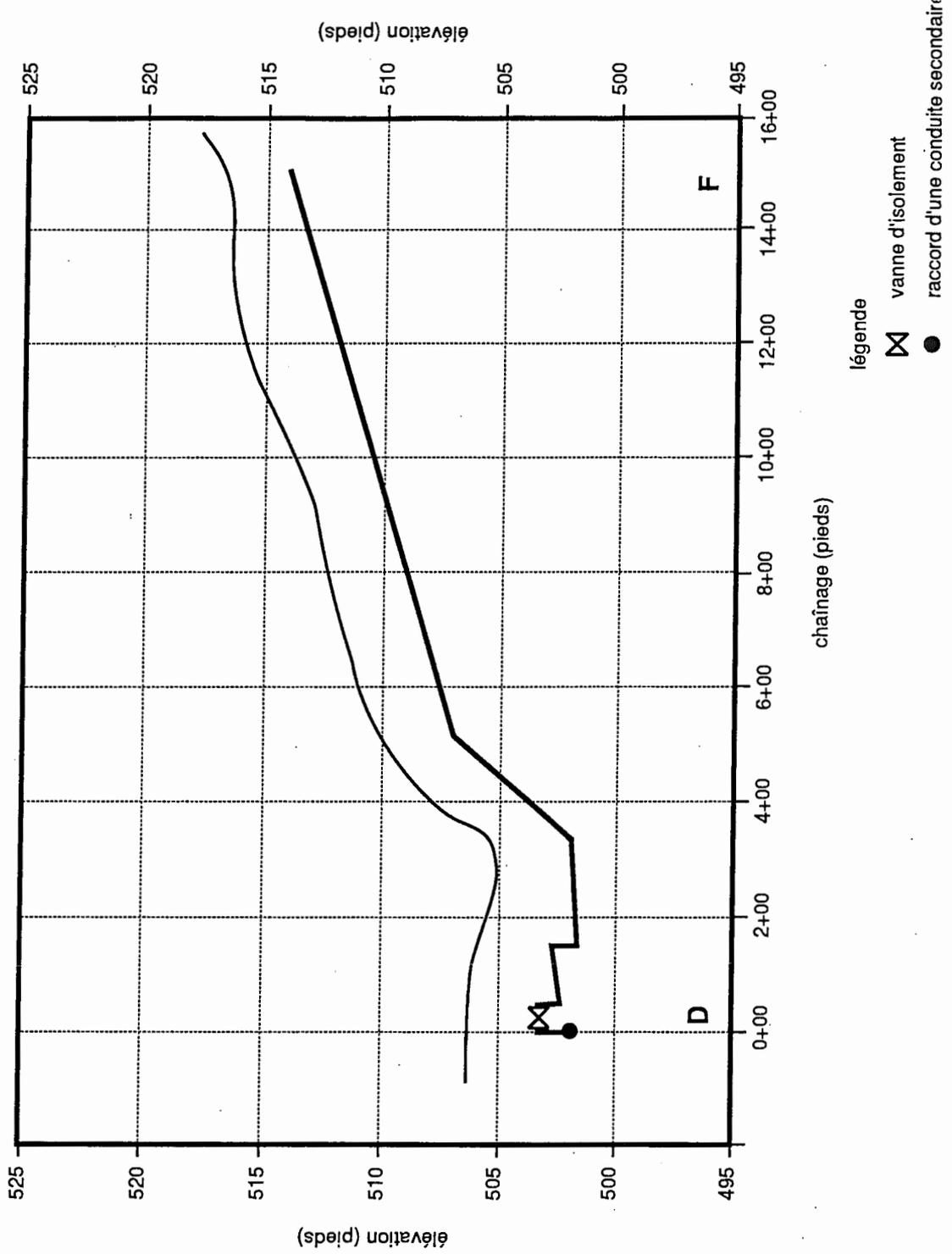


Figure 23 Le profil du tronçon F-D

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

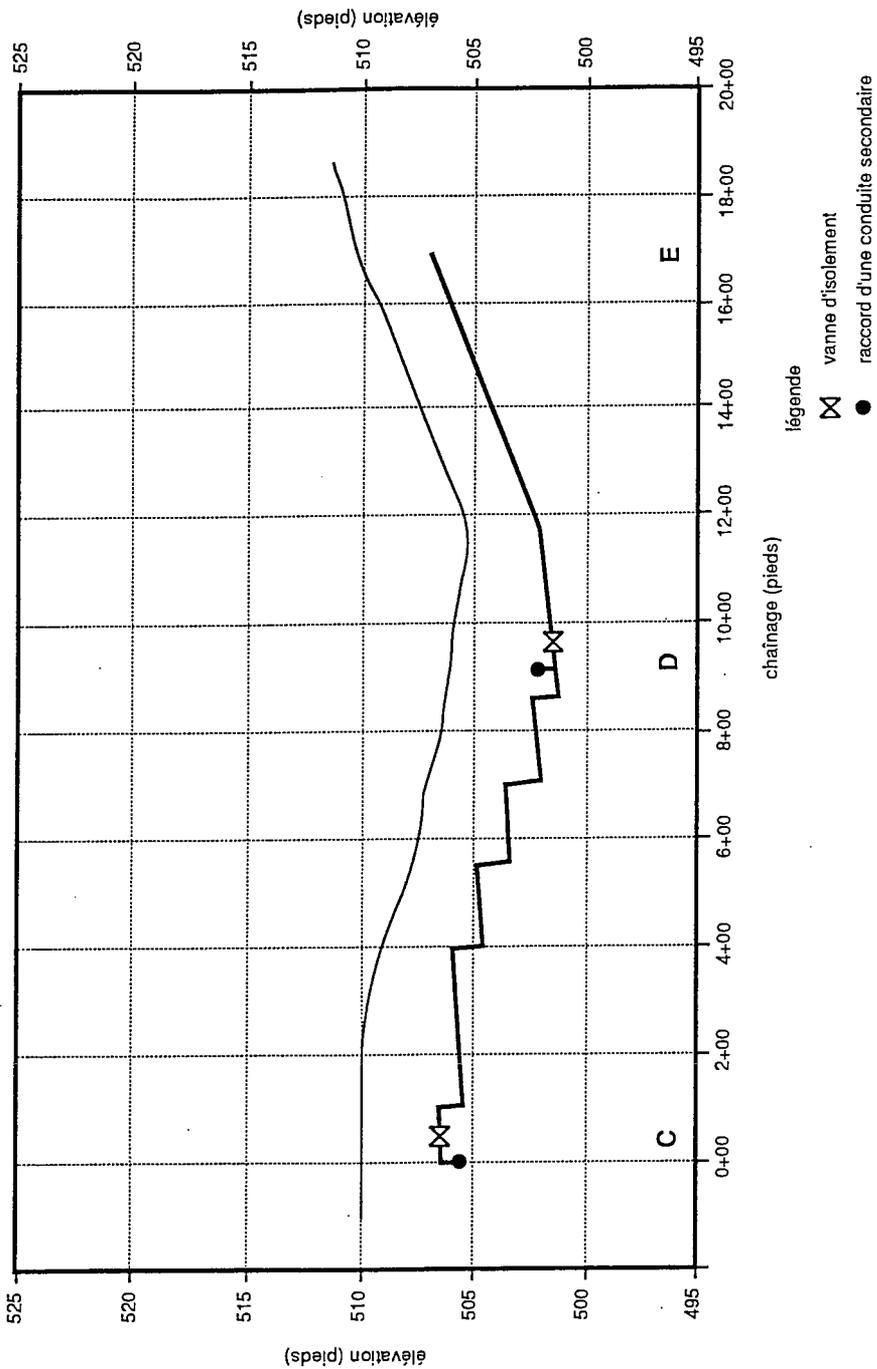


Figure 24 Le profil des tronçons E-D-C

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

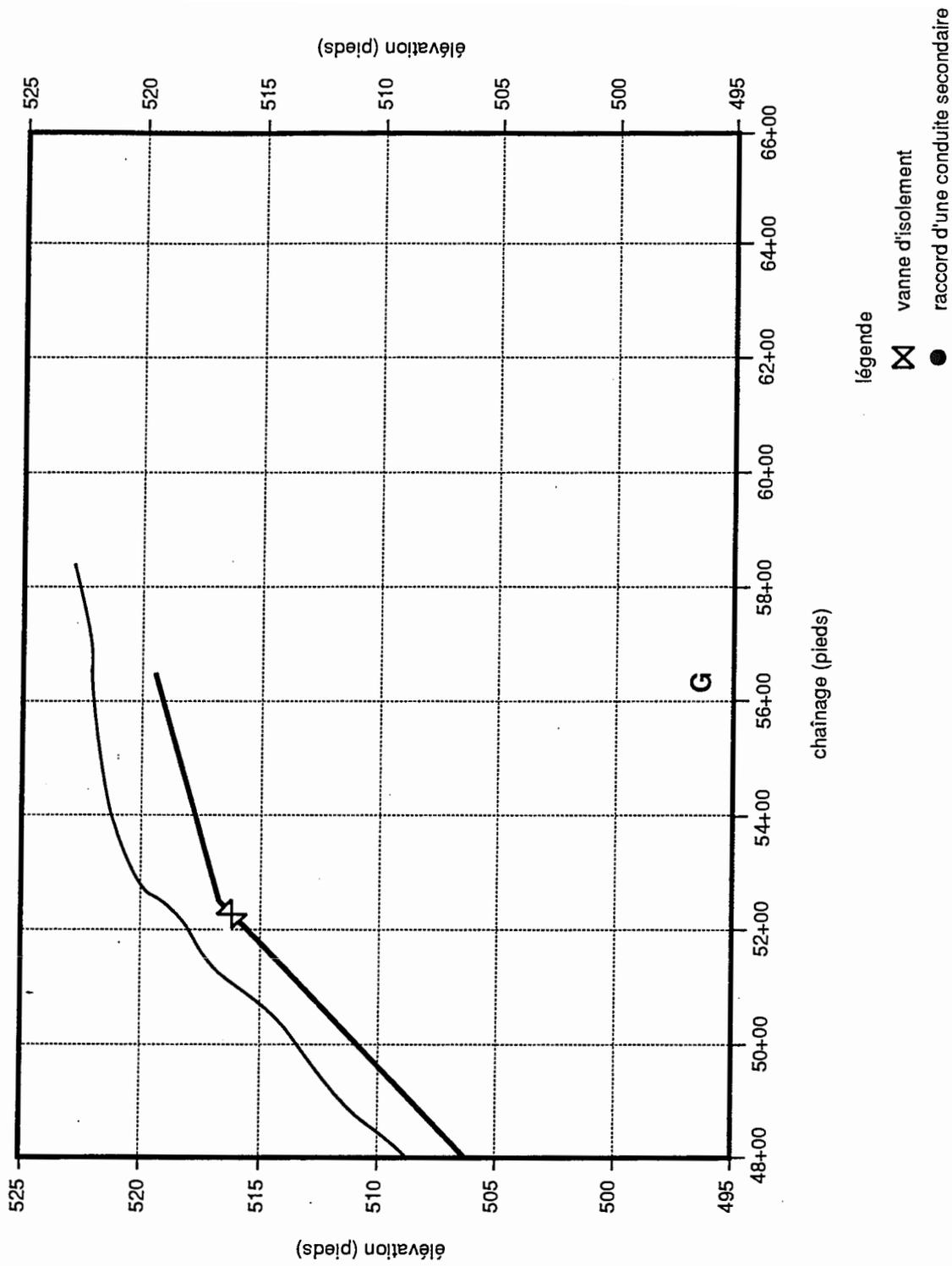


Figure 25 Le profil du tronçon G-C

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

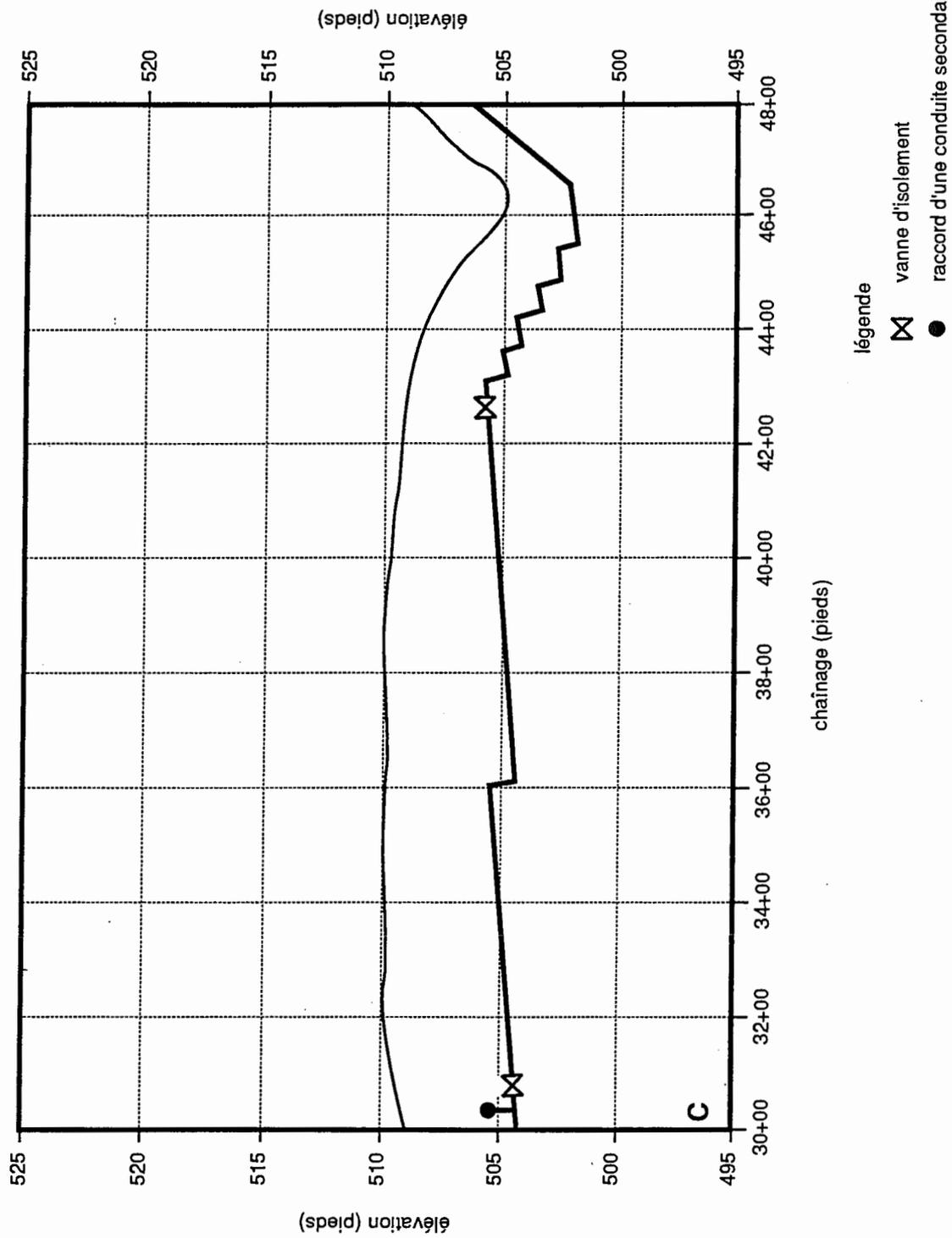


Figure 26 Le profil du tronçon G-C (2^e partie).

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

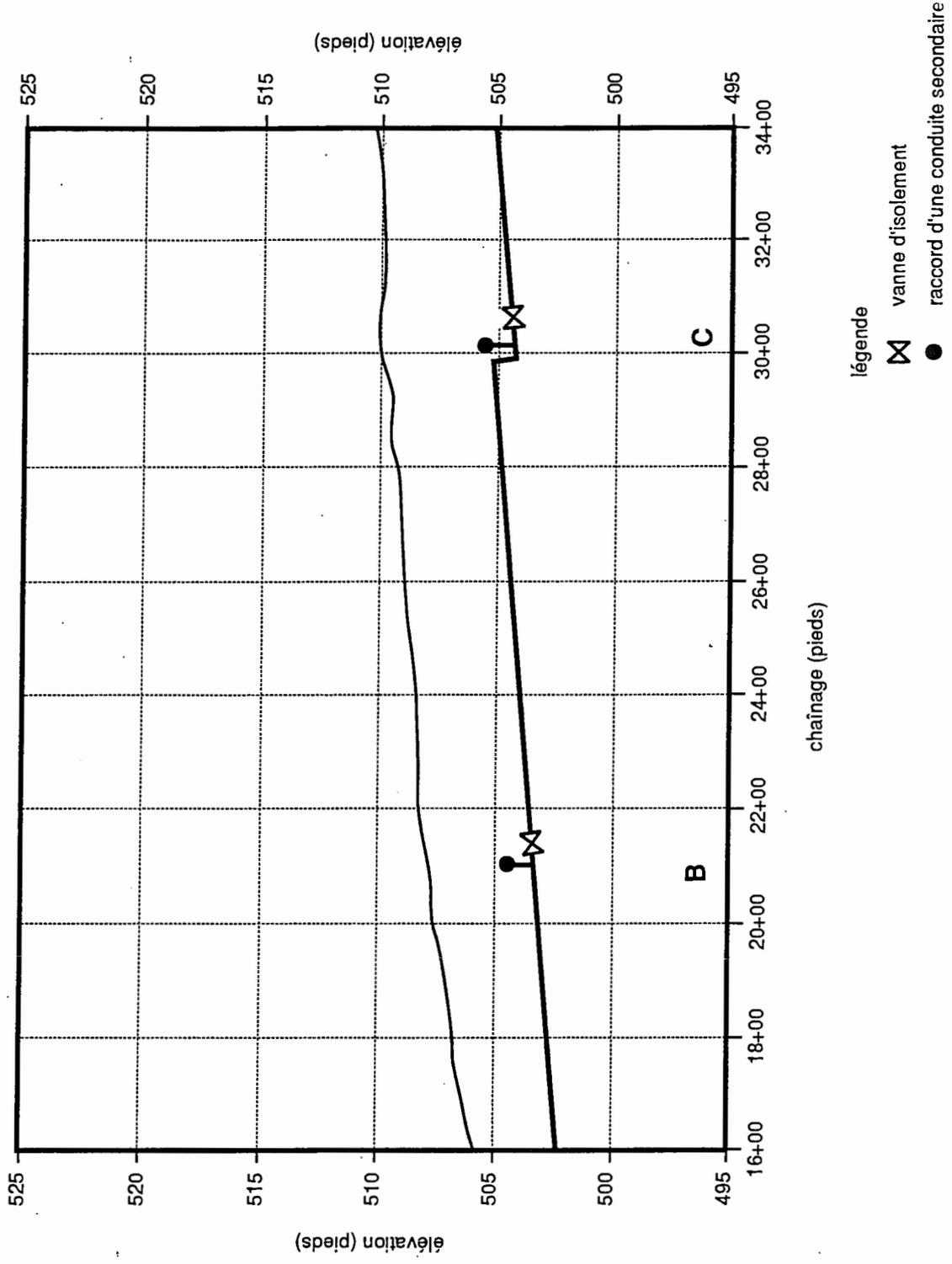


Figure 27 Le profil des tronçons B-C-A

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

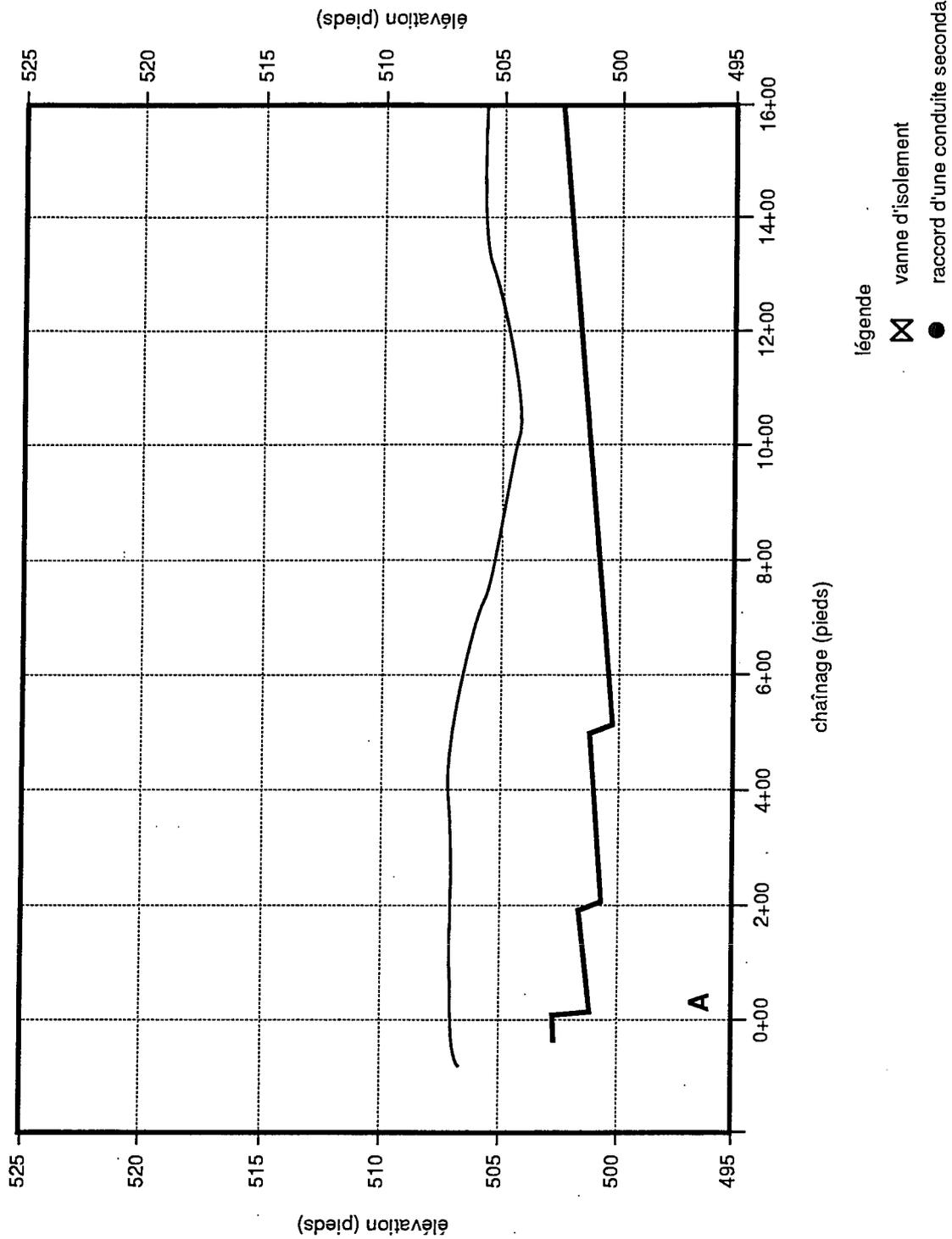


Figure 28 Le profil des tronçons B-C-A (2^e partie)

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

TABLEAU 10
CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE
Tronçons F-D et E-D de la conduite principale no 2

(1 de 4)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | 11 | | |
|--|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|--|------------------------|--------------------------------|--|---|----|----|----|-----|------------------------------|
| | | | | | | | | | 4" | 6" | 8" | | 10" | |
| Chainage des stations amont - aval (pieds) | Longueur de la section (pieds) | Q de pointe moyen (gal US/min) | Q de pointe cumulatif (gal US/min) | Taux de perte de charge H_L (pl/100 pl) | Perte de charge sur la section (pieds) | Perte statique (pieds) | Perte de charge totale (pieds) | Perte de charge totale accumulée (pieds) | Longueur de la section selon le diamètre (po) | 4" | 6" | 8" | 10" | Nombre de vannes d'interface |
| Tronçon F-D | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 500 - 510 | 990 | 4,5 | 9 | 0,0048 | 0,0475 | 0 | 0,0475 | 0,0475 | 990 | | | | | 7 |
| 510 - 350 | 160 | 10,3 | 11,6 | 0,0224 | penne > 2% | 0 | 0 | 0,0475 | 160 | | | | | 2 |
| 350 - 150 | 200 | 12,2 | 12,9 | 0,0307 | 0,0614 | 0,67 | 0,7314 | 0,7789 | 200 | | | | | 1 |
| 150 - 20 | 130 | 12,9 | 12,9 | 0,0340 | 0,0442 | 0,67 | 0,7142 | 1,4931 | 130 | | | | | 0 |
| 20 - 0 | 20 | 12,9 | 12,9 | 0,0340 | 0,0068 | 0 | 0,0068 | 1,4999 | 20 | | | | | 0 |
| Tronçon E-D | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 710 - 1 160 | 550 | 5,1 | 10,2 | 0,0061 | 0,0336 | 0 | 0,0336 | 0,0336 | 550 | | | | | 8 |
| 1 160 - 880 | 280 | 11,5 | 12,8 | 0,0275 | 0,0770 | 0 | 0,0770 | 0,1106 | 280 | | | | | 2 |

Les tronçons F-D et E-D se raccordent au point D; la perte de charge totale accumulée la plus élevée des deux (tronçon F-D) sert à la suite du calcul (tronçon D-C); le débit de pointe cumulatif des deux tronçons est additionné.

• Calculé à partir de la formule modifiée de Hazen-Williams

Tableau 10 Le calcul de la perte de charge

TABLEAU 10
CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE
Tronçon D-C de la conduite principale no 2

(2 de 4)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | 11 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---|--|------------------------|--------------------------------|--|--|----|----|-----|
| | | | | | | | | | Longueur de la section (pieds) selon le diamètre | | | |
| Chainage des stations amont - aval (pieds) | Longueur de la section (pieds) | Q de pointe moyen (gal US/min) | Q de pointe cumulatif (gal US/min) | Taux de perte de charge H_L (pi/100 pi) | Perte de charge sur la section (pieds) | Perte statique (pieds) | Perte de charge totale (pieds) | Perte de charge totale accumulée (pieds) | 4" | 6" | 8" | 10" |
| Tronçon D-C Commencer avec le débit de pointe cumulatif des tronçons F-D et E-D et la perte de charge accumulée sur le tronçon F-D | | | | | | | | | | | | |
| | | | 25,7 | | | | | 1,4999 | | | | |
| 880 - 860 | 20 | 25,7 | 25,7 | 0,0186 | 0,0037 | 0,00 | 0,0037 | 1,5036 | 20 | | | 0 |
| 860 - 700 | 160 | 27,0 | 28,3 | 0,0203 | 0,0325 | 0,50 | 0,5325 | 2,0361 | 160 | | | 2 |
| 700 - 550 | 150 | 29,6 | 30,9 | 0,0241 | 0,0362 | 1,00 | 1,0362 | 3,0723 | 150 | | | 2 |
| 550 - 400 | 150 | 37,2 | 43,5 | 0,0368 | 0,0552 | 1,00 | 1,0552 | 4,1275 | 150 | | | 3** |
| 400 - 100 | 300 | 46,1 | 48,6 | 0,0547 | 0,1642 | 1,00 | 1,1642 | 5,2916 | 300 | | | 4 |
| 100 - 0 | 100 | 49,2 | 49,9 | 0,0617 | 0,0617 | 1,00 | 1,0617 | 6,3533 | 100 | | | 1 |

Le tronçon G-C se raccorde à ce point-ci. Calculez les pertes sur le tronçon G-C avant de poursuivre

* Calculé à partir de la formule modifiée de Hazen-Williams

**Note: La section 550-400 comporte 3 vannes dont 2 pour 2 résidences et une autre qui dessert une école dont le débit de pointe est de 10 gal US/min.

TABEAU 10
CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE
Tronçon G-C de la conduite principale no 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|--|------------------------|--------------------------------|--|---|------------------------------|
| Chainage des stations amont - aval (pieds) | Longueur de la section (pieds) | Q de pointe moyen (gal US/min) | Q de pointe cumulatiff (gal US/min) | Taux de perte de charge H _L (pl/100 pl) | Perte de charge sur la section (pieds) | Perte statique (pieds) | Perte de charge totale (pieds) | Perte de charge totale accumulée (pieds) | Longueur de la section (pieds) selon le diamètre (po) | Nombre de vannes d'interface |
| | | | | | | | | | 4" 6" 8" 10" | |
| Tronçon G-C | | | | | | | | | | |
| 6 045 - 5 265 | 780 | 7,7 | 15,4 | 0,0131 | 0,1021 | 0,00 | 0,1021 | 0,1021 | 780 | 12 |
| 5 265 - 4 825 | 440 | 19,2 | 23,1 | 0,0710 | perte >2% | 0 | 0 | 0,1021 | 440 | 6 |
| 4 825 - 4 665 | 160 | 24,4 | 25,7 | 0,1106 | perte >2% | 0 | 0 | 0,1021 | 160 | 2 |
| 4 665 - 4 600 | 65 | 26,3 | 27 | 0,1271 | 0,0826 | 0 | 0,0826 | 0,1847 | 65 | 1 |
| 4 600 - 4 550 | 50 | 27,6 | 28,3 | 0,1389 | 0,0695 | 0,67 | 0,7395 | 0,9242 | 50 | 1 |
| 4 550 - 4 490 | 60 | 28,9 | 29,6 | 0,1513 | 0,0908 | 0,67 | 0,7608 | 1,6850 | 60 | 1 |
| 4 490 - 4 430 | 60 | 30,2 | 30,9 | 0,1641 | 0,0965 | 0,67 | 0,7685 | 2,4534 | 60 | 1 |
| 4 430 - 4 370 | 60 | 30,9 | 30,9 | 0,1712 | 0,1027 | 0,67 | 0,7727 | 3,2262 | 60 | 0 |
| 4 370 - 4 310 | 60 | 31,5 | 32,2 | 0,1774 | 0,1065 | 0,67 | 0,7765 | 4,0026 | 60 | 1 |
| 4 310 - 3 600 | 710 | 36,7 | 41,2 | 0,0359 | 0,2548 | 0,50 | 0,7548 | 4,7574 | 710 | 7 |
| 3 600 - 3 015 | 585 | 44,4 | 47,6 | 0,0510 | 0,2986 | 0 | 0,2986 | 5,0560 | 585 | 5 |

La perte de charge totale sur le tronçon G-C est moins élevée que celle des tronçons F-D-C; la perte de charge du tronçon F-D-C servira donc au calcul du tronçon aval C-B.

* Calculé à partir de la formule modifiée de Hazen-William

TABEAU 10
CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE
Tronçon C-B-A de la conduite principale no 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5* | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--|--|----------------------------------|--------------------------------|--|---|------------------------------|
| Chaînage des stations amont - aval (pleds) | Longueur de la section (pleds) | Q de pointe moyen (gal US/min) | Q de pointe cumulatit (gal US/min) | Taux de perte de charge H _L (pi/100 pi) | Perte de charge sur la section (pleds) | Perte de charge statique (pleds) | Perte de charge totale (pleds) | Perte de charge totale accumulée (pleds) | Longueur de la section (pleds) selon le diamètre (po) | Nombre de vannes d'interface |
| | | | | | | | | | 4" 6" 8" 10" | |
| <u>Tronçon C-B</u> Commencer avec le débit de pointe cumulatit des tronçons D-C et G-C et la perte de charge accumulée sur le tronçon F-D-C | | | | | | | | | | |
| | | | 97,5 | | | | | 6,3533 | | |
| 3 015 - 2 995 | 20 | 97,5 | 97,5 | 0,2188 | 0,0438 | 0,50 | 0,5438 | 6,8971 | 20 | 0 |
| 2 995 - 2 650 | 345 | 100,7 | 103,9 | 0,2322 | 0,8012 | 0,00 | 0,8012 | 7,6982 | 345 | 5 |
| 2 650 - 2 140 | 510 | 107,7 | 111,6 | 0,0733 | 0,3738 | 0,00 | 0,3738 | 8,0720 | 510 | 6 |
| <u>Tronçon B-A</u> Inclure le débit de l'embranchement | | | | | | | | | | |
| | | | 119,3 | | | | | | 750 | 6 |
| 2 140 - 813 | 1327 | 125,1 | 130,8 | 0,0967 | 1,2832 | 0,00 | 1,2832 | 9,3552 | 1 327 | 9 |
| 813 - 500 | 313 | 131,4 | 132,1 | 0,1059 | 0,3315 | 0,38 | 0,7115 | 10,0667 | 313 | 1 |
| 500 - 200 | 300 | 133,4 | 134,7 | 0,1089 | 0,3267 | 0,38 | 0,7067 | 10,7734 | 300 | 2 |
| 200 - 0 | 200 | 136,6 | 136,5 | 0,1138 | 0,2276 | 0,88 | 1,1076 | 11,8810 | 200 | 3 |
| TOTAL | | | 136,5 | | | | | 11,8810 | 4 815 2 540 2 650 | 101 |

La perte de charge totale accumulée sur la conduite principale no 2 est inférieure à 13 peds (4 mètres).

* Calculé à partir de la formule modifiée de Hazen-Williams

TABLEAU 11
LA LONGUEUR ET LE VOLUME DES CONDUITES

| Longueur des conduites | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------------------------|--|--|--|---|--|---------------------------------------|------------------------------|----------------------|---|--|----|----|
| Conduite principale no | Longueur des conduites de 4 po (pieds) | Longueur des conduites de 6 po (pieds) | Longueur des conduites de 8 po (pieds) | Longueur des conduites de 10 po (pieds) | Débit de pointe de la conduite principale (gal US/min) | Nombre de conduites de service (3 po) | Nombre de vannes d'interface | Nombre de résidences | Longueur* moyenne des conduites de service (3 po) (pieds) | Longueur* totale des conduites de service (3 po) (pieds) | | |
| 1 | 2 400 | 1 400 | 2 650 | 0 | 79,4 | 31 | 62 | 124 | | | | |
| 2 | 4 815 | 2 540 | 2 650 | 0 | 138,5 | 42 | 101 | 200 | | | | |
| 3 | 3 700 | 2 200 | | 0 | 49,9 | 10 | 31 | 78 | | | | |
| TOTAL | 10 915 | 6 140 | 2 650 | 0 | 267,8 | 83 | 194 | 402 | 40 | 3 320 | | |

* Les conduites de service courtes sont ignorées

Volume des conduites (SDR-21) (V_{sc})

$$V_{sc} = 7,5 BL \quad \text{ou} \quad V_{sc} : \text{volume de la conduite (gal US)}$$

$$B : \text{section transversale (pi}^2\text{)}$$

$$L : \text{longueur de la conduite (pi)}$$

$$V_{sc} = 7,5 (182 + 987 + 1\,203 + 860) \text{ gal US}$$

$$= 24\,390 \text{ gal US}$$

$$2/3 V_{sc} = 16\,260 \text{ gal US}$$

| Diamètre (po) | B* |
|---------------|--------|
| 3 | 0,0547 |
| 4 | 0,0904 |
| 6 | 0,1959 |
| 8 | 0,3321 |
| 10 | 0,5100 |

* calculé avec le D.I.

Source: Alvec (1989). Manuel de conception.

Tableau 11 La longueur et le volume des conduites

TABLEAU 12

TABLEAU DES CALCULS POUR LA STATION CENTRALE DE COLLECTE

| | | | |
|--|---|---|---|
| 1.0 Les débits (Q) (article 4.3.2.5) | | | |
| 1.1 | Le débit maximum | Q_{max} | = 268 gal US/min |
| 1.2 | Le débit moyen | $Q_{moyen} = Q_{max}/f.poincte$ | = 76 gal US/min |
| 1.3 | Le débit minimum | $Q_{min} = Q_{moyen}/2$ | = 38 gal US/min |
| 2.0 Les pompes de refoulement (pr) (article 4.4.2) | | | |
| 2.1 | La capacité des pompes | $Q_{pr} = Q_{max}$ | = 268 gal US/min |
| 2.2 | La tête dynamique totale | $TDH = H_s + H_f + H_v$ | = ___ pi |
| 2.3 | La tête de succion disponible | $NPSH_d = h_d - V_{max} + h_s - h_{pva} + h_{éq} - h_f$ | = ___ pi |
| 2.4 | La capacité des pompes choisies | $Q_{pr} \text{ choisi}$ | = ___ gal US/min |
| 3.0 Les pompes à vide (pv) (article 4.4.1) | | | |
| 3.1 | La capacité des pompes à vide | $Q_{pv} = A Q_{max}/7,5 \text{ gal US}/\pi^3$ | = 250 π^3 /min |
| | Longueur du trajet de conduite le plus long (pieds) | A | $Q_{pv} \text{ choisi} = 300 \pi^3/\text{min}$ |
| | 0 - 3 000 | 5 | Note: $Q_{pv} \text{ minimum: } 150 \pi^3/\text{min}$ |
| | 3 001 - 5 000 | 6 | |
| | 5 001 - 7 000 | 7 | |
| | 7 001 - 10 000 | 8 | |
| | 10 001 - 12 000 | 9 | |
| | 12 001 - 15 000 | 11 | |
| 4.0 Le réservoir de collecte (rc) (article 4.4.4) | | | |
| 4.1 | Le volume d'opération | $V_o = 15 (Q_{min}/Q_{pr}) (Q_{pr} - Q_{min})$ | = 493 gal US |
| | Facteur de pointe | V_o | $V_o \text{ arrondi} = 500 \text{ gal US}$ |
| | 3,0 | 2,08 Q_{max} | |
| | 3,5 | 1,84 Q_{max} | |
| | 4,0 | 1,64 Q_{max} | |
| 4.2 | Le volume total | $V_{rc} = 3 V_o$ | = 1 479 gal US |
| | | $V_{rc} \text{ arrondi}$ | = 1 500 gal US |
| | | Note: $V_{rc} \text{ minimum: } 400 \text{ gal US}$ | |
| 5.0 Le réservoir sous vide (rv) (article 4.4.4) | | | |
| 5.1 | Le volume total | $V_{rv} \text{ recommandé: } 400 \text{ gal US}$ | = 400 gal US |
| 6.0 Le temps d'évacuation du réseau (t) (article 4.4.4 et tableau 11) | | | |
| 6.1 | Pour une plage d'opération se situant entre 40 et 50 cm de mercure (16 à 20 po) | $t = 0,045 (2/3 V_{sc} + (V_{rc} - V_o) + V_{rv})/Q_{pv}$ t doit être compris entre 1 et 3 minutes: ajuster Q_{pv} ou V_{rv} au besoin. | = 2,6 min |

Source: Airvac (1989). Manuel de conception.

5.0

LA CONSTRUCTION D'UN RSV

L'efficacité d'un RSV dépend de la qualité de sa conception et de sa construction. Il est donc important de porter une attention particulière à la préparation des plans et devis et à la surveillance des travaux afin d'assurer une construction adéquate. Bien qu'un RSV ressemble sous plusieurs aspects à un réseau d'aqueduc, certaines particularités touchant toutes les étapes d'un projet de RSV sont à souligner.

5.1

Les plans et devis

Comme une partie des travaux reliés à un RSV se situe sur des propriétés privées, le concepteur doit détailler les ouvrages prévus sur ces propriétés et limiter au strict minimum l'emprise des travaux. Ainsi, après entente avec chacun des propriétaires sur l'emplacement de l'évent, généralement accolé à un des murs de la résidence, sur le parcours de l'entrée de service et sur l'emplacement du poste de vanne d'interface et de son évent, un croquis individuel de chaque propriété concernée doit être préparé. Ce croquis montre les particularités du terrain (arbres, arbustes, trottoir, entrée de garage, puits d'eau potable, conduite d'aqueduc, sortie d'égout du bâtiment, etc.), l'emplacement des ouvrages et l'emprise des travaux; il doit indiquer les distances, les élévations ainsi que les servitudes permanentes. Inclus aux plans, ces croquis permettent de bien localiser les conduites de service sous vide et leur raccordement avec la conduite principale et de garantir le respect des différents paramètres de conception du RSV. Ils permettent aussi aux entrepreneurs de bien saisir l'ampleur des travaux sur les propriétés privées.

Sur les plans, on doit retrouver entre autres les détails des postes de vanne d'interface, des événements, des raccordements, des relèvements, des chambres de vanne d'isolement, de la station centrale de collecte sous vide et l'emplacement des conduites.

Il est important que le concepteur décrive brièvement le fonctionnement d'un RSV dans le devis et qu'il indique clairement l'importance de respecter la pente des conduites, le degré de compaction du sol et les différents paramètres d'installation.

Pour préparer le devis, le concepteur pourra se référer à des clauses techniques types, prévues à cet effet, qu'il pourra préciser et améliorer au besoin. Le concepteur doit apporter une attention particulière aux différentes marques des produits qu'il spécifie dans le devis afin de conserver l'intégrité du système. La fourniture de pièces de remplacement, d'outils spéciaux et d'équipement pour le RSV doit être prévue dans les documents d'appels d'offres. Leur nombre et leur spécification devraient être discutés avec la firme Airvac.

Étant donné la nouveauté de ce système de collecte des eaux usées, une réunion avec les entrepreneurs en cours d'appel d'offres s'avère très utile pour les informer des particularités du RSV et des différentes règles d'installation.

5.2

La construction et la surveillance

Une bonne coordination entre tous les intervenants (concepteur, entrepreneur, municipalité et propriétaires) est essentielle à la bonne marche du projet. Immédiatement avant le début des travaux, il est recommandé au concepteur de filmer ou de photographier chacune des propriétés où des travaux sont prévus; cette précaution évitera bien des discussions sur l'état original des lieux. De plus, il est recommandé de baliser sur le terrain l'emplacement exact des entrées de service, des postes de vanne d'interface et des conduites de service de façon à rappeler aux propriétaires la localisation des ouvrages. Il est recommandé d'informer les propriétaires 48 heures à l'avance de la date du début des travaux sur leur propriété et de leur durée.

Les entrepreneurs doivent utiliser des équipements appropriés lorsqu'ils travaillent sur les propriétés privées et respecter l'emprise prévue des travaux. Ils doivent remettre chaque terrain dans son état initial au fur et à mesure de l'avancement du projet.

L'expérience a démontré que les travaux se déroulent mieux lorsque l'entrepreneur commence par l'installation des postes de vanne d'interface (avec une section de conduite pour chacune des entrées de prévues) et la construction de la station centrale de collecte; ensuite, les conduites de service et principales peuvent être mises en places. Lorsque tout le RSV peut être mis en fonction, les évènements et les entrées de service des bâtiments peuvent être installés. De cette façon, on évite d'utiliser inutilement des pièces de raccord supplémentaires sur les conduites de service et les bâtiments sont raccordés sur un réseau fonctionnel.

Il est essentiel que le surveillant de chantier maîtrise les différents critères de conception d'un RSV et ses limites hydrauliques. Pour l'aider dans sa tâche, la firme Airvac désigne un assistant technique pour toute la durée des travaux. Le surveillant doit s'assurer que les travaux sont conformes aux plans et devis. Il doit, entre autres, porter une attention particulière au respect des degrés de compaction exigés sous les ouvrages et autour des ouvrages, principalement au niveau des différents coudes, des relèvements et des postes de vanne d'interface. Des pièces de béton sont parfois exigées au niveau des coudes afin d'éviter tout tassement à ces endroits. Le surveillant doit s'assurer que les pentes sont respectées et bien uniformes. Il doit vérifier l'intégrité et la qualité des matériaux utilisés; il doit aussi s'assurer qu'aucun débris n'est laissé dans les conduites d'entrée de service et sous vide.

Il est possible que des changements dans le parcours des conduites soient envisagés en cours de chantier pour contourner par exemple des obstacles imprévus; avant que ces changements ne soient autorisés, le surveillant doit bien évaluer leur effet sur la performance du système. Par exemple, est-ce que le changement proposé modifiera le nombre de relèvements dans le système, est-ce qu'il résultera en une condition hydraulique inacceptable à un endroit spécifique du système, ou encore est-ce que l'entretien du système en sera affecté.

Des essais d'étanchéité spécifiques doivent être effectués dans un RSV. Ainsi, à la fin de chaque journée de travail, toutes les conduites sous vide installées sont nettoyées puis bouchées et soumises à une pression négative de 60 centimètres (24 po) de mercure: elles ne doivent pas perdre plus de 1% de pression à l'heure. Durant cet essai, tous les joints doivent être exposés; si une section du RSV ne passe pas l'essai, la réparation doit être effectuée avant la reprise de tous autres travaux. De plus, lorsque tout le RSV est en place, il doit être soumis à une pression négative de 60 centimètres (24 po) de mercure pendant quatre heures.: le réseau ne doit pas perdre plus de 1% de la pression négative par heure. Toutes les conduites et tous les équipements connexes dans la station centrale de collecte doivent être soumis au même essai. Des essais sur tous les contrôles et les alarmes dans la station sont aussi effectués avant la mise en marche du système.

Tout le système devra opérer en continu pendant quinze jours consécutifs en vue de la réception provisoire des travaux.

5.3 *Les plans «tel que construit»*

Les plans «tel que construit» sont un outil essentiel pour fins d'entretien, d'intervention lorsqu'il y a un problème et pour des améliorations futures ou des extensions au système.

Ces plans doivent inclure un plan d'ensemble montrant tout le système. Le diamètre des conduites, leur identification, le numéro des postes de vanne d'interface et leur localisation ainsi que la localisation des vannes d'isolement doivent être indiqués sur ce plan. Sur les plans de détails, on doit indiquer toutes les dimensions nécessaires pour que l'opérateur puisse localiser facilement les conduites et les ouvrages connexes. Les plans «tel que construit» de la station centrale de collecte sont aussi très importants. Un plan tel que construit de l'emplacement de chacun des postes de vanne d'interface s'avère aussi très utile à l'opérateur. On indique sur ce plan la position relative du poste par rapport à des références permanentes (résidence, poteau électrique, etc.), l'orientation dans le poste des entrées de service actuelles et futures, leur profondeur et toute information pertinente spécifique au site.

Un second plan d'ensemble «tel que construit» s'avère nécessaire pour fournir des données sur l'hydraulique du RSV implanté telles que:

- la localisation de chaque relèvement;
- la perte de charge accumulée (ou pression d'opération) à des endroits clés, tels qu'à l'extrémité d'une conduite ou à l'intersection d'une conduite principale et d'une branche du réseau;
- le nombre de conduites principales, le nombre de vannes sur chaque conduite principale et la longueur totale (ou le volume) de conduite pour chaque conduite principale.

Ce type d'information s'avère essentiel lors de la mise en opération du système ou lors d'interventions sur le réseau.

6.0

L'EXPLOITATION D'UN RSV

L'opération d'un RSV requiert une formation adéquate. Le manuel d'opération et d'entretien est un outil essentiel dans le processus de formation. Un bon manuel d'opération et d'entretien doit être en mesure de:

- fournir à l'opérateur un document de référence qui lui permet de développer un programme et des procédures standards pour opérer et entretenir un RSV;
- fournir une source de données facilement accessible incluant les données de conception du système et les dessins d'atelier pertinents;
- fournir à l'opérateur du système une assistance et un guide pour fins d'analyse et de prévision de l'efficacité du système;
- fournir à l'opérateur du système une assistance et un guide lors d'interventions d'urgence sur le système.

Le manuel d'opération et d'entretien doit contenir, au minimum, les informations suivantes:

- les données de conception telles que le nombre de vannes, la longueur et le diamètre des conduites, les informations sur les composantes du système, la plage d'opération anticipée et autres considérations importantes, le tout accompagné des plans tels que construit montrant toutes les composantes du système;
- les manuels des équipements comprenant les manuels d'installation et d'entretien des principaux équipements ainsi qu'une liste des manufacturiers et des fournisseurs, en indiquant les personnes à contacter, leur adresse et leur numéro de téléphone;

- les informations sur les garanties de tous les équipements incluant les dates d'échéance;
- les dessins d'atelier approuvés des équipements, où sont indiqués le manufacturier, le numéro du modèle et une description générale de l'équipement;
- les informations sur l'opération et le contrôle du système comprenant la description du système et l'identification des principales composantes; pour chaque composante principale du système, on doit retrouver les informations suivantes:
 - . l'interaction avec les éléments adjacents,
 - . l'opération,
 - . les contrôles,
 - . un guide pour les problèmes et les interventions d'urgence,
 - . l'entretien,
 - . le programme d'entretien préventif,
 - . la fiche technique de l'équipement;
- un résumé du type de données à cumuler sur l'entretien régulier, l'entretien préventif et d'urgence et sur les coûts d'opération;
- une liste de tous les équipements et leurs cédules d'entretien;
- un programme d'opération d'urgence comprenant une description des actions et des réponses durant des situations d'urgence; une liste des personnes à contacter doit être jointe;
- les informations sur la sécurité comprenant les pratiques, les précautions et des ouvrages de référence.

Un RSV est un système mécanisé qui requiert normalement plus d'opération et d'entretien qu'un réseau d'égouts conventionnel. Le degré d'efficacité du système dépend de l'initiative, de l'ingéniosité et du sens des responsabilités, de l'opérateur.

Afin que le futur opérateur se familiarise très tôt avec le système, il y a avantage à ce qu'il soit embauché durant la construction. De plus, la firme Airvac offre un entraînement d'une semaine à son usine. La période de rodage d'un RSV est très importante. Ainsi, afin que l'opérateur atteigne rapidement un certain degré de confiance envers son système, il est fortement recommandé qu'un représentant du manufacturier du système soit retenu pour une période de trois à six mois lors de la mise en route du RSV. Ce représentant initiera l'opérateur dans ses tâches quotidiennes; ils feront ensemble les ajustements nécessaires et répondront ensemble à certaines situations d'urgence.

6.1

L'entretien régulier

Une station centrale de collecte sous vide est équipée d'un système d'alarme relié par ligne téléphonique. Le système enregistre l'opération de la station et du réseau et signale automatiquement à l'opérateur une faible pression négative, les hauts niveaux d'eaux usées dans le réservoir et les pannes électriques.

Par ailleurs, un entretien régulier doit être assuré sur un RSV.

Une visite quotidienne à la station doit être effectuée. Lors de cette visite, on doit noter le temps de marche des pompes, la température des moteurs, la pression des différentes jauges et vérifier l'enregistrement des chartes. Cette opération prend généralement environ 30 minutes.

Hebdomadairement, l'opérateur doit vérifier les pôles et la condition des batteries, mettre en marche la génératrice et changer les chartes.

Mensuellement, il doit nettoyer le hublot du réservoir de collecte, vérifier les pompes de refoulement et faire un essai sur le système d'alarme.

Dépendant de l'historique des problèmes survenus sur un système, certaines inspections périodiques peuvent être requises comme l'inspection et l'ouverture manuelle des vannes d'interface ainsi qu'une vérification de l'accumulation d'humidité dans la conduite transparente menant à l'évent. Un opérateur expérimenté décèlera immédiatement au son si une vanne fonctionne mal.

6.2

L'entretien préventif

Un programme d'entretien préventif de tous les principaux éléments d'un RSV doit être mis au point afin de minimiser les interventions d'urgence.

Au moins deux fois par année, toutes les vannes d'isolement doivent être actionnées pour les garder toujours en état de marche.

Toutes les vannes d'interface doivent être inspectées une fois par année. Chaque vanne doit être opérée manuellement pour voir si elle fonctionne correctement. Le temps de cycle de l'unité de contrôle doit être comparé à l'ajustement initial et, si nécessaire, la période est réajustée. Cette inspection requiert de dix à quinze minutes par vanne d'interface. À tous les cinq à six ans, chaque vanne d'interface doit être enlevée et apportée à l'atelier. L'usure des pièces de la vanne est vérifiée; les bagues d'étanchéité et les diaphragmes de l'unité de contrôle sont remplacés. Le démontage et le montage de l'unité de contrôle se font en une heure environ. À tous les dix ans, chaque vanne d'interface doit être démontée et les pièces d'étanchéité et d'actionnement doivent être remplacées. Cette opération prend généralement environ 45 minutes.

Un entretien préventif doit aussi être assuré sur les principaux équipements retrouvés à la station centrale de collecte. Cet entretien doit se faire selon les recommandations des différents manufacturiers. Ainsi, annuellement, on doit inspecter les clapets, les vannes d'arrêt, les pompes à vide, les pompes de refoulement, la génératrice et le système d'alarme téléphonique.

En période de nappe phréatique élevée, l'opérateur devrait relever pendant deux ou trois jours les compteurs de cycles placés sur les vannes d'interface. Il pourra ainsi déceler les entrées de service qui apportent des quantités importantes d'eaux parasites et faire corriger cette situation.

6.3

L'entretien d'urgence

Ce type d'intervention peut survenir sur le réseau comme tel, à la station centrale de collecte ou sur une vanne d'interface.

Si la conception et la construction ont été adéquates, il est rare que des problèmes surviennent sur les conduites. Occasionnellement, un bris de conduite, occasionné par des excavations pour d'autres infrastructures, cause une perte de vide dans le système. En utilisant les vannes d'isolement, l'opérateur peut facilement isoler la section défectueuse et faire effectuer les réparations.

Les mauvais fonctionnements à la station centrale de collecte sous vide sont généralement causés par une pompe, un moteur ou un contrôle électrique. Lorsque cela se produit, le dédoublement des principales composantes permet une opération continue parallèlement aux réparations.

La plupart des interventions d'urgence dans un RSV sont reliées à un mauvais fonctionnement d'une vanne d'interface. Généralement, lorsqu'il y a un problème, la vanne d'interface reste en position ouverte. Lorsque cela se produit, une perte de pression négative est enregistrée puisque le système est temporairement ouvert à l'atmosphère; le système d'alarme informe l'opérateur de cette condition. Une des principales causes de mauvais fonctionnement d'une vanne d'interface est l'entrée d'eaux parasites dans l'unité de contrôle.

La procédure suivante a été développée par la firme Airvac pour localiser une vanne d'interface défectueuse:

- lorsqu'une condition de faible pression négative survient dans le système, isoler chaque conduite principale à l'aide des vannes dans la station pour identifier la conduite qui a un problème;

- fermer la ligne défectueuse; ouvrir les autres lignes pour vidanger les eaux usées qui se sont accumulées;
- augmenter la pression dans ces lignes jusqu'au plus haut niveau possible, puis les fermer;
- ouvrir la ligne défectueuse;
- en commençant par le réservoir de collecte, aller à la première vanne d'isolement sur la ligne défectueuse; fermer la vanne et observer sur la jauge placée dans la chambre si la pression négative augmente; si elle n'augmente pas, le problème se situe entre la station centrale et la vanne d'isolement; si le vide augmente, répéter le processus à la prochaine vanne d'isolement. Avant de réouvrir chaque vanne d'isolement, permettre au vide d'augmenter dans les tronçons où il n'y a pas de problème de manière à libérer les conduites des eaux usées;
- après avoir isolé le tronçon problème, vérifier chacun des postes de vannes d'interface sur ce tronçon. Très souvent, cela peut être fait en circulant le long de chaque poste et en écoutant le bruit d'air entrant dans l'évent de la vanne défectueuse;
- après avoir localisé la vanne défectueuse, suivre les procédures établies par le manufacturier;
- si aucune vanne n'est défectueuse, vérifier si des excavations récentes n'ont pas pu causer un bris sur la conduite; aussi, marcher le long du parcours de la section problème pour voir s'il n'y a pas d'évidence de bris.

La procédure indiquée ci-haut est une approche systématique pour localiser une source de perte de vide. Le temps pris pour accomplir les quatre premières tâches est d'environ deux à trois minutes alors que toute la procédure prend généralement environ 30 minutes.

Parfois, cette procédure peut être allégée. Ainsi, il peut arriver qu'une même vanne soit défectueuse en raison de conditions hydrauliques particulières. Dans ce cas, l'opérateur vérifie ces vannes avant d'isoler toute autre section. Dans d'autres cas, un opérateur expérimenté peut généralement dire à quelle distance approximative de la station se trouve le problème en analysant les chartes d'enregistrement du vide puisque le degré de perte de vide est inversement proportionnel à la distance de la station.

Des vannes défectueuses, si elles ne sont pas localisées et corrigées dans une période de deux heures environ, peuvent causer d'autres problèmes dans d'autres parties du système. Une vanne qui reste ouverte ou qui s'ouvre et se ferme continuellement, causera une baisse de vide. Si les pompes à vide ne peuvent maintenir une pression minimale, les autres vannes d'interface ne peuvent s'ouvrir pouvant résulter en des refoulements. Lorsque la pression négative est finalement réinstaurée, une grande quantité d'eaux usées par rapport à l'air est introduite dans le système pouvant résulter en un «bouchonnement». Lorsque cela se produit, le système doit être opéré manuellement. Le fonctionnement manuel répétitif des pompes à vide puis des pompes de refoulement accroît en fait la capacité de la station centrale. Ce processus est répété jusqu'à ce que le système récupère. Le mode automatique est alors remis.

6.4

Les données d'opération du RSV

Il est essentiel pour le bon fonctionnement à court, moyen et long terme d'un RSV que des données soient cumulées par l'opérateur. Une des premières étapes lors d'une intervention d'urgence est l'analyse des données antérieures.

L'opérateur doit donc cumuler des données sur l'entretien régulier, sur l'entretien préventif, sur l'entretien d'urgence et sur les coûts d'opération.

7.0

L'EXUTOIRE D'UN RSV ET LE TRAITEMENT

L'exutoire d'un RSV peut se déverser sans attention particulière dans un réseau d'égouts conventionnel. En raison de l'aération donnée aux eaux usées, aucun problème d'odeur ni de corrosion n'est généralement rencontré à l'exutoire d'un RSV.

Les eaux usées provenant d'un RSV se prêtent à tous les types de traitement. Les eaux parasites étant minimisées dans un RSV, l'efficacité du traitement est augmentée. On recommande par ailleurs de prévoir, dans la conception de la station d'épuration, une allocation d'infiltration d'environ 225 litres par centimètre par kilomètre de conduites de RSV, afin de conserver une marge de sécurité.

BIBLIOGRAPHIE

- Airvac (1989). *The Viable Alternative Design Manual*. Airvac Vacuum Sewerage System, Rochester, Indiana.
- Airvac (1990). *Operation, Installation and Maintenance Manual*. Airvac Vacuum Sewerage Systems, Rochester, Indiana.
- Averill D.W. et G.W. Heinke (1974). *Vacuum Sewer Systems and their Possible Canadian Applications*. Project planning association ltd, Toronto, Ontario, Canadian Journal of Civil Engineering.
- Averill D.W. et G.W. Heinke (1974). *North of 60, Vacuum Sewer Systems*. Northern Science Research Group, Department of Indian Affairs and Northern Development.
- Foreman, B.E. (1978). *The Airvac Vacuum Sewerage System*. Airvac Div. of Burton Mechanical Contractors Inc., Rochester, Indiana.
- Foreman, B.E. (1990). *Flow Regimes in Vacuum Sewerage Systems*. East Midlands Branch of the Institution of Water and Environmental Management.
- Gidley, J.M. et D.D. Gray (1987). *Final Report - A Comparison of Conventional Sewers Using Clay Pipe with Alternative Sewers*. National Clay Pipe Institute.
- Gray D.D., (1988). *Vacuum Sewers Fundamentals West Virginia University, Morgantown*.
- Hasset, A.F. et J.C. Starnes (1981). *Vacuum Wastewater Collection : The Alternative Selected in Queen Anne's County, Maryland*. Water Pollution Control Federation 53 (1) : 59-65.
- Kreissl, J.S., et al (1985). *Alternative Sewer Studies*. United States Environmental Protection Agency. Water Engineering Research Laboratory. Office of Research and Development. EPA/600/2-85-133.

- Montgomery, B. *Vacuum Sewers : A Viable Alternative?* - Case Study: Alton, DY Sewer System, GRW Engineers Inc.
- Naret, R. (1990). *Vacuum Sewers : An Update Based on Operating Systems*. Water Pollution Control Federation 63 rd Annual Conference, Washington, D.C.
- Pearson, J.T. (1991). *One Hundred Thousand Cycle Endurance Test of a 3-Inch Airvac Vacuum Sewage Valve*. Airvac Vacuum Sewer Systems, Rochester, Indiana.
- Ross, S.A., et al (1980). *Conception et sélection des petits systèmes d'épuration des eaux usées*. Environnement Canada, Direction générale de la pollution des eaux, Service de la protection de l'environnement, Rapport EPS-3-WP-80-3F.
- USEPA. *Collection Systems*. United States Environmental Protection Agency, Innovative and Alternative Technology Assessment.
- USEPA (1977). *Alternatives for Small Wastewater Treatment Systems - Pressure Sewers/Vacuum Sewers*. United States Environmental Protection Agency, Technology transfer seminar publication.
- USEPA (1980). *Planning Wastewater Management Facilities for Small Communities*. United States Environmental Protection Agency, Municipal Environmental Research Laboratory, EPA-600 / 8-80-030.
- USEPA (1983). *Alternative Wastewater Collection Systems*. United States Environmental Protection Agency.
- Walter D.H. (1986). *Case Study Number 2-Cedar Rocks, Vacuum Collection System*. EPA National Small Flows Clearinghouse, Case Study Series, West Virginia University.
- WPCF (1986). *Alternative Sewer Systems*. MOP No. FD-12.

ANNEXE I

Le fonctionnement de l'unité de contrôle de la vanne d'interface Alrvac

Première étape:

Les eaux usées d'au plus quatre résidences coulent dans le réservoir du poste de vanne d'interface par des conduites gravitaires de 100 m \emptyset . Chaque résidence possède sa propre conduite gravitaire.

Deuxième étape:

Les eaux usées s'accumulent dans le réservoir jusqu'à environ 12,5 cm au-dessus de la base du conduit de détection. La pression d'air ainsi créée dans le conduit de détection se transmet dans un tube flexible de 3 mm à l'unité de contrôle de la vanne d'interface. La pression d'air pénètre à l'intérieur de l'unité dans la première cavité C par l'ouverture 1 (croquis A, à droite); à l'intérieur de la cavité, la pression agit sur un diaphragme de caoutchouc qui sépare la cavité C de la cavité de détection voisine D qui est à la pression atmosphérique.

Troisième étape:

Le diaphragme de caoutchouc, sous l'effet de la pression de la cavité C, appuie contre un levier dans la cavité D et le soulève; ce faisant, le levier dégage une ouverture entre la cavité de détection D et la cavité adjacente A. Cette troisième cavité A est sous pression négative et reçoit à ce moment de l'air en provenance de la cavité de détection D. Également sous pression négative, la cavité B est séparée de la cavité A par un deuxième diaphragme de caoutchouc. Celui-ci se déplace d'environ 3 mm vers l'intérieur de la cavité B lorsque la pression augmente dans la cavité A. En se déplaçant, le diaphragme pousse l'arbre de l'unité de contrôle de 3 mm, dans le plan horizontal.

Quatrième étape:

En se déplaçant, l'arbre de l'unité de contrôle ouvre un passage entre les ouvertures 2 et 3 (croquis B). L'ouverture 2 est relié par un tube flexible de 3 mm \emptyset à la conduite sous vide à l'aval de la vanne d'interface et exerce donc une succion sur l'ouverture 3 lequel est rempli d'air et relié au-dessus de la vanne d'interface. Cette succion ouvre la vanne d'interface. Le déplacement de l'arbre de l'unité de contrôle a comme deuxième effet de fermer l'ouverture 4 d'où venait l'air atmosphérique de la vanne d'interface (ouverture 4 vers ouverture 3 vers vanne). L'air de l'ouverture 4 continue toutefois de circuler dans la partie supérieure de l'unité vers la cavité de détection D.

Cinquième étape:

Pour ouvrir la vanne d'interface, la succion exercée par l'ouverture 2 de l'unité de contrôle aspire l'air du bonnet de la vanne d'interface et tire l'arbre de la vanne en position ouverte. Une pression négative de 16,9 kPa (12,7 cm Hg) est nécessaire pour actionner la vanne d'interface (annexe II).

Sixième étape:

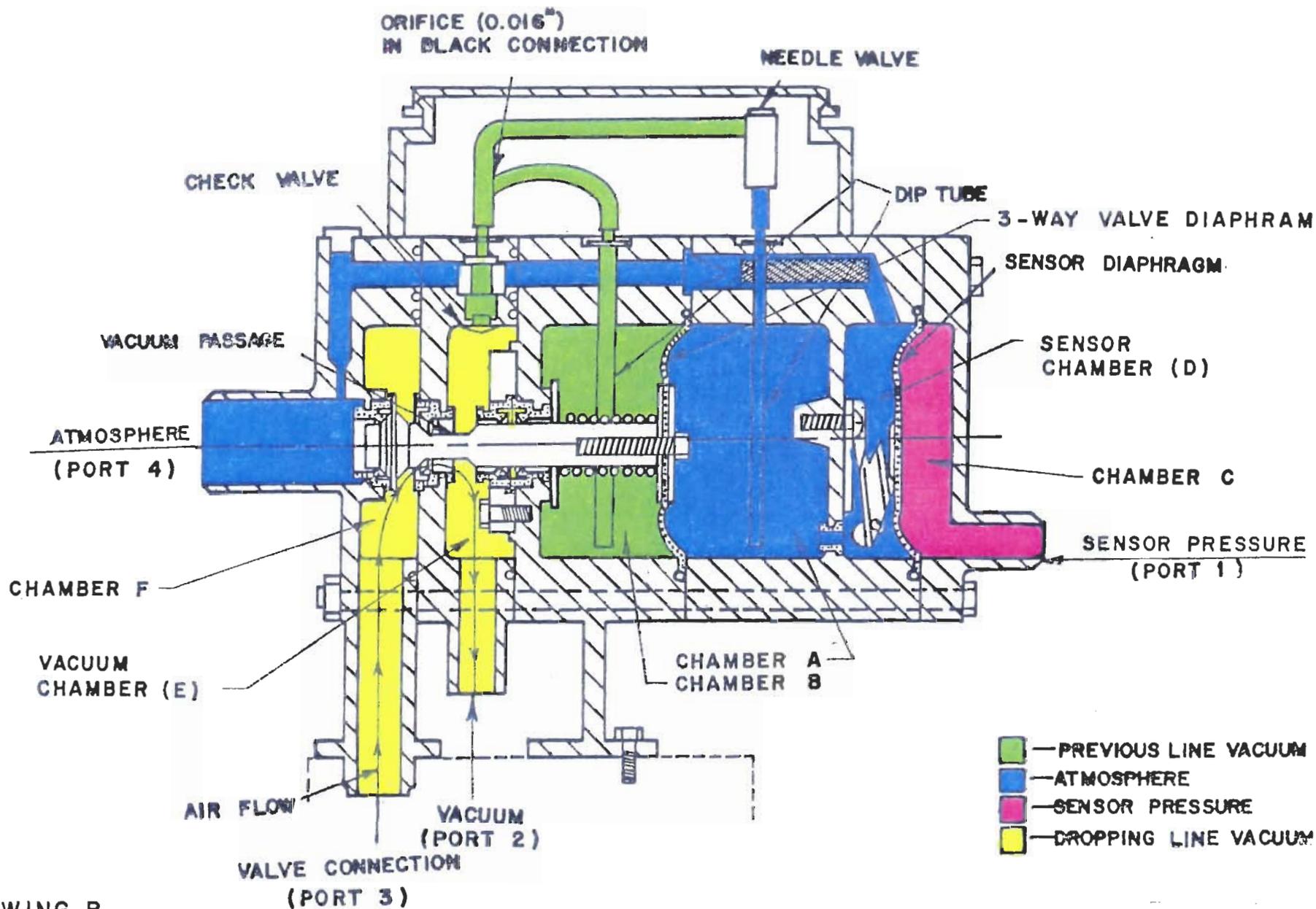
Lorsque les eaux usées sont évacuées dans la conduite sous vide à travers la vanne d'interface ouverte, le niveau d'eau s'abaisse dans le réservoir du poste de vanne. Lorsque le niveau passe sous la base du conduit de détection de 50 mm Ø, le diaphragme entre les cavités C et D se rétracte et libère le levier qui retourne sceller l'ouverture entre la cavité de détection D et la cavité A.

Septième étape:

L'air précédemment admis dans la cavité A est évacué par un tube à dépression relié à la conduite sous vide via l'ouverture 2. Lorsque la pression (négative) des cavités A et B redevient égale, le diaphragme qui les sépare et l'arbre de l'unité de contrôle reprennent leur position initiale et la vanne d'interface se referme. Le temps requis pour égaliser les pressions, donc la durée d'ouverture de la vanne d'interface, est ajusté par une vanne à pointeau.

Huitième étape:

Pour fermer la vanne d'interface, l'arbre de l'unité de contrôle revient en position initiale et isole les ouvertures 3 et 2; ainsi, la succion exercée sur la vanne d'interface est interrompue. Du même coup, l'ouverture 3 est reliée à l'air atmosphérique de l'ouverture 4 qui peut donc aller remplir le bonnet de la vanne d'interface; le ressort d'acier inoxydable qui s'y trouve repousse l'arbre de la vanne en place.



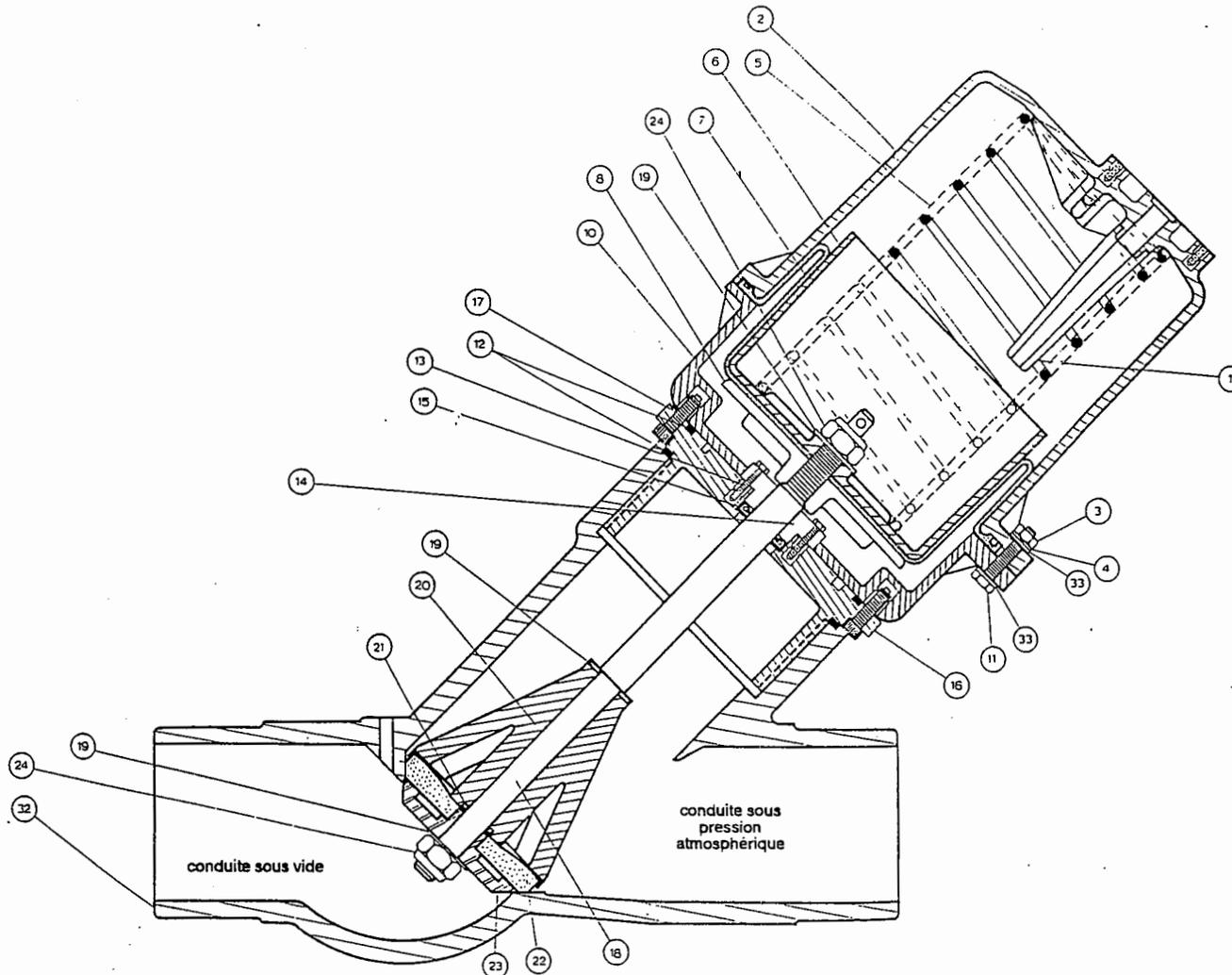
DRAWING B

SWITCHED POSITION

AIR/VAC CONTROLLER / SENSOR UNIT

U.S. PATENT # 4,373,838

ANNEXE II



IN CONSIDERATION OF THE RECEIPT OF THIS DOCUMENT, THE RECIPIENT AGREES NOT TO REPRODUCE, COPY, USE OR TRANSMIT THIS DOCUMENT AND/OR THE INFORMATION THEREIN CONTAINED IN WHOLE OR IN PART, OR TO SUFFER SUCH ACTION BY OTHER, FOR ANY PURPOSE EXCEPT WITH THE WRITTEN PERMISSION OF AIRVAC DIV. BURTON MECHANICAL CONTRACTORS, INC. AND FURTHER AGREES TO SURRENDER SAME TO AIRVAC DIV. BURTON MECHANICAL CONTRACTORS, INC. UPON DEMAND.

reproduit avec l'autorisation de la compagnie «Airvac»

| QTY | DESCRIPTION | MATERIAL | QTY | PART NO. |
|------|---------------------------------|----------|-----|-----------|
| 33 | 1/4" FLAT WASHER | SS | 8 | AVD-W-0 |
| 32 | WYE BODY | ABS | 1 | AVD-3-11 |
| 24 | 1/2"-13 LOCKNUT W/ NYLON INSERT | SS | 2 | AVD-LN-1 |
| 23 | RETAINING WASHER | ABS | 1 | AVD-3-7E |
| 22 | RUBBER VALVE SEAT | EPDM | 1 | AVD-R-0E |
| 21 | O-RING | BUNA-N | 1 | AVD-S-O14 |
| 20 | TAPERED PLUNGER | POLYP | 1 | AVD-3-5E |
| 19 | 1/2"x 1 1/4" FLAT WASHER | SS | 3 | AVD-W-1 |
| 18 | SHAFT | SS | 1 | AVD-3-5S |
| 17 | 1/4"-20x1" SOC. HO CAP SC. | SS | 6 | AVD-B-0 |
| 16 | SCREW PLUG | ABS | 1 | AVD-3-10B |
| 15 | WIPER SHAFT SEAL | BUNA-N | 1 | AVD-S-33 |
| 14 | BEARING-BLUE | DEL-RIN | 1 | AVD-3-05 |
| 13 | * 5-32x5/16" HEX HD SCREW | SS | 3 | AVD-SC-7E |
| 12 | O-RING | BUNA-N | 2 | AVD-S-02 |
| 11 | 1/4"-20x 1 1/4" BOLT | SS | 4 | AVD-B-01 |
| 10 | LOWER PISTON HOUSING | ABS | 1 | AVD-3-2B |
| 8 | PISTON PLATE | ABS | 1 | AVD-3-4 |
| 7 | DIAPHRAGM | EPDM | 1 | AVD-D-0 |
| 6 | PISTON CUP | ABS | 1 | AVD-3 |
| 5 | SPRING | SS | 1 | AVD-SP-0 |
| 4 | 1/4" LOCK WASHER | SS | 4 | AVD-LW-0 |
| 3 | 1/4" HEX NUT | SS | 4 | AVD-HN-0 |
| 2 | UPPER PISTON HOUSING | ABS | 1 | AVD-3-2E |
| 1 | DIP TUBE | ABS | 1 | AVD-3-10E |
| ITEM | NAME | MAT'L | QTY | PART NO. |

AIRVAC VACUUM SEWERAGE SYSTEM

P.O. BOX 506, ROCHESTER, INDIANA 46875 U.S.A.
A DIVISION OF BURTON MECHANICAL CONTRACTORS INC.

TELEPHONE 219 223 3980
TELEX 276412



| REVISIONS | | DATE | BY | CHK'D BY | REVISED NUMBER | ISSUED NUMBER | DATE |
|-----------|--------------------------------|-------|----|----------|----------------|---------------|------|
| 3 | REVISED PLUNGER & DIAPHRAGM | 12-87 | | | | | |
| 2 | CHANGED TO TAPERED PLUNGER | 5-85 | | | | | |
| 1 | ADDED INSERTS TO LOWER HOUSING | 6-83 | | | | | |
| # | | | | | | | |

**Vanne d'interface de la compagnie «Airvac»
Modèle AVD-3-83**

| | | | |
|-------------|------------|---------|---------------|
| DESIGNED BY | CHECKED BY | DATE | ISSUED NUMBER |
| | | 5-12-82 | AVD-3-18 |

ANNEXE III

ESTIMATION DU DÉBIT JOURNALIER DES EAUX USÉES

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|---|-----------------------------|----------------------------------|
| <u>AÉROPORT</u> | | |
| - Sans nourriture | par passager | 20 |
| - Avec nourriture | par repas servi | 12 |
| - Employés | par personne | 40 |
| <u>BAR</u> | | |
| - Etablissement autonome avec nourriture minimum | par siège | 125 |
| - Faisant partie d'un hôtel ou motel | par siège | 70 |
| - Clientèle | par client | 8 |
| - Employés | par employé | 50 |
| <u>BRASSERIE</u> | par siège | 130 |
| <u>BUANDERIE</u> | | |
| - Machine à laver - maison privée | sans repassage permanent | 120 |
| - Machine à laver - maison privée | avec repassage permanent | 170 |
| - Machine à laver publique | par lavage | 180 |
| - Machine à laver publique | par machine/jour | 2 000 |
| - Machine à laver bloc à app. | par machine/jour | 1 200 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|--|--------------------|----------------------------------|
| <u>CABANE A SUCRE</u> | | |
| - Avec repas | par siège | 130 |
| - Sans repas | par personne | 60 |
| <u>CAMPS DIVERS</u> | | |
| - Camp de chantier avec toilettes à chasse d'eau | par personne | 200 |
| - Camp de chantier sans toilette à chasse d'eau | par personne | 125 |
| - Camp de jeunes | par personne | 200 |
| - Camp de jour - sans repas | par personne | 50 |
| - Camp de jour et nuit | par personne | 150 |
| - Camp d'été avec douches, toilettes, lavabos et cuisine | par personne | 150 |
| - Camp d'été comme ci-dessus mais sans toilette à chasse d'eau | par personne | 75 |
| - Camp de travailleurs saisonniers avec centre de service central | par personne | 125 |
| - Camp primitif | par personne | 40 |
| - Station balnéaire, climatique, hivernale... Consommation d'eau limitée | par personne | 200 |
| - Comme ci-dessus mais pour établissements luxueux | par personne | 400 |
| - Station balnéaire, climatique, hivernale - Employés non résidents | par personne | 50 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

CAMPING (TERRAIN DE)

Voir normes du MENVIQ

| | | |
|--|--------------|----|
| <u>CENTRE D'ACCUEIL POUR VISITEURS</u> | par visiteur | 20 |
|--|--------------|----|

CENTRE D'ACHAT

| | | |
|---|--|----|
| - Magasin au détail - chambre de toilettes seulement | par mètre carré de surface du magasin | 5 |
| - Magasin au détail | par stationnement | 6 |
| - Magasin au détail | par employé | 40 |

| | | |
|---------------------------|------------|----|
| <u>CHENIL POUR CHIENS</u> | par enclos | 75 |
|---------------------------|------------|----|

CINÉMA

| | | |
|--|-------------------|----|
| - Cinéma extérieur sans nourriture | par stationnement | 20 |
| - Cinéma extérieur avec nourriture | par stationnement | 40 |
| - Auditorium ou théâtre sans nourriture | par siège | 20 |
| - Cinéma intérieur | par siège | 15 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

CLUBS SPORTIFS

| | | |
|----------------------------------|--------------|-----|
| - Membre résident | par personne | 375 |
| - Membre non résident sans repas | par personne | 100 |
| - Employés de jour | par employé | 50 |

ÉCOLES

| | | |
|--|--------------|-----|
| - Ecole de jour avec douches, gymnase et cafétéria | par personne | 90 |
| - Ecole de jour avec cafétéria sans douche ou gymnase | par personne | 60 |
| - Ecole de jour sans douche, gymnase ou cafétéria | par personne | 30 |
| - Ecole avec pensionnaires | par résident | 300 |
| - Ecole avec pensionnaires, personnel non résident | par employé | 50 |

ÉGLISES

| | | |
|--|-----------|----|
| - Avec facilités de cuisine | par siège | 30 |
| - Sans facilités de cuisine | par siège | 15 |
| - Déchets de cuisine - service papier | par repas | 5 |
| - Déchets de cuisine - service régulier | par repas | 15 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

EMPLOYÉS - LOCALISATIONS VARIÉES

| | | |
|---|--------------|-------|
| - Travailleurs d'usine de manufacture par jour ou par période de relève incluant douches, excluant utilisation industrielle | par personne | 125 |
| - Travailleurs d'usine, de manufacture comme ci-dessus sans douche | par personne | 75 |
| - Edifices et lieux d'emploi variés - Employés de magasin, de bureau - Dépendant des facilités | par personne | 50-75 |
| - Centres médicaux, cliniques médicales et dentaires | | |
| . Docteurs, infirmières et personnel médical | par personne | 275 |
| . Personnel de bureau | par personne | 75 |
| . Patients | par personne | 25 |

GARAGE / STATION DE SERVICES

| | | |
|---|----------------|-----|
| - Réparations d'automobiles (une allée de service) | par automobile | 40 |
| - Bassins collecteurs pour le nettoyage du plancher | par bassin | 375 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

GARDERIE (DE JOUR)

| | | |
|------------------------|--------------|----|
| - Personnel et enfants | par personne | 75 |
|------------------------|--------------|----|

HABITATIONS

| | | |
|---|---------------|-------|
| - Maisons unifamiliales, appartements, condominiums, chalets | par personne | 275 |
| - Chaque habitation de - | 1 chambre | 750 |
| - Chaque habitation de - | 2 chambres | 1 100 |
| - Chaque habitation de - | 3 chambres | 1 600 |
| - Chaque habitation de - | 4 chambres | 2 000 |
| - Additionner pour chaque chambre au-dessus de 4 | par chambre | 300 |
| - Maison de chambres ou de pension | par personne | 200 |
| - Maison de chambres ou de pension sans repas ni buanderie | par personne | 150 |
| - Personnel non résident | par personne | 40 |
| - Résidence luxueuse - 4 chambres | par résidence | 3 000 |
| - Résidence luxueuse - 5 chambres | par résidence | 3 500 |
| - Résidence luxueuse - additionner pour chaque chambre au-dessus de 5 | | 500 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

HOTELS ET MOTELS

| | | |
|--|--------------|-----|
| - Partie résidentielle: | | |
| . Avec toutes les facilités incluant la cuisine | par personne | 225 |
| . Avec chambre de bains privée | par personne | 180 |
| . Avec chambre de bains centrale | par personne | 150 |
| - Partie non résidentielle: | | |
| . Avec salle à dîner, additionner | par siège | 125 |
| . Avec bar salon, additionner | par siège | 70 |
| . Personnel non résident | par personne | 40 |

INSTITUTIONS

| | | |
|---|--------------|-----|
| - Hôpitaux - avec buanderie | par lit | 750 |
| - sans buanderie | par lit | 550 |
| - Maisons de convalescence et de repos | par lit | 450 |
| - Autres institutions | par personne | 400 |

LAVE AUTO

| | | |
|--------------------|----------------|-----|
| - A la main | par automobile | 200 |
| - Lavage de camion | par camion | 400 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

MAISONS MOBILES (PARC DE...)

| | | |
|--|-----------|-------|
| - Maison mobile - une chambre à coucher | par unité | 750 |
| - Maison mobile - 2 chambres à coucher | par unité | 1 000 |
| - Maison mobile - 3 chambres à coucher | par unité | 1 200 |

PARCS DE PIQUE-NIQUE, PARCS
PLAGES, PISCINES PUBLIQUES*

| | | |
|---|--------------|----|
| - Parcs, parcs de pique-nique avec centre de service, douches et toilettes à chasse d'eau | par personne | 50 |
| - Parcs et parcs de pique-nique avec toilettes à chasse d'eau seulement | par personne | 20 |
| - Piscines publiques et plages avec chambre de toilettes et douches | par personne | 40 |

* Variable d'après les facilités
fournies. Basée sur des parcs
et parcs de pique-nique avec
une occupation d'environ 30 per-
sonnes par hectare.

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOURNALIER EN LITRES |
|--|---------------------|-----------------------------|
| <u>RESTAURANTS ET SALLES A DINER</u> | | |
| - Restaurant ordinaire (pas 24 heures) | par siège | 125 |
| - Restaurant ouvert 24 heures | par siège | 200 |
| - Restaurant sur autoroute ouvert durant 24 heures | par siège | 375 |
| - Restaurant sur autoroute ouvert durant 24 heures avec douches | par siège | 400 |
| - Laveuse à vaisselle mécanique et/ou broyeur à déchets: | | |
| . Restaurant ordinaire | par siège | 12 |
| . Restaurant ouvert 24 heures | par siège | 24 |
| - Déchets de cuisine et chambre de toilette seulement | par siège | 115 |
| - Déchets de cuisine et chambre de toilette | par client | 30-40 |
| - Déchets de cuisine seulement | par repas | 12 |
| - Salle pour banquets - chaque banquet | par siège | 30 |
| - Restaurant avec service à l'auto | par siège | 125 |
| - Restaurant avec service à l'auto - service tout papier | par stationnement | 60 |
| - Restaurant avec service à l'auto - service tout papier | par siège intérieur | 60 |
| - Tavernes, bars, bars-salon avec nourriture minimum | par siège | 125 |
| - Restaurant-bar avec spectacle | par siège | 175 |

| GENRE D'ÉTABLISSEMENT | UNITÉ DE MESURE | VOLUME JOUR- NALIER EN LITRES |
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|
|-----------------------|--------------------|----------------------------------|

SALLE DE DANSE ET RÉUNION

| | | |
|--|-----------------|-----|
| - Salle de réunion avec chambre de toilettes seulement | par personne | 8 |
| - Salle - Chambre de toilette seulement - par jour d'utilisation | par mètre carré | 15 |
| - Restaurant de salle de danse | par siège | 125 |
| - Bar de salle de danse | par siège | 20 |
| - Salle de danse plus restaurant et plus bar | par client | 150 |

SALLE DE QUILLES

| | | |
|-----------------------------|-----------|-----|
| - Sans bar sans restaurant | par allée | 400 |
| - Avec bar et/ou restaurant | par allée | 800 |

SALON DE COIFFURE

| | |
|--------------------|-----|
| par siège de coupe | 650 |
| par personne | 130 |

ANNEXE IV



FRICTION LOSS TABLES FOR 4.0 INCH PIPE

PVC SDR 21

C = 150

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 2 | .0011 |
| 3 | .0022 |
| 4 | .0039 |
| 5 | .0058 |
| 6 | .0080 |
| 7 | .0107 |
| 8 | .0137 |
| 9 | .0170 |
| 10 | .0207 |
| 11 | .0246 |
| 12 | .0289 |
| 13 | .0336 |
| 14 | .0385 |
| 15 | .0438 |
| 16 | .0493 |
| 17 | .0551 |
| 18 | .0612 |
| 19 | .0677 |
| 20 | .0745 |
| 21 | .0815 |
| 22 | .0888 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 23 | .0965 |
| 24 | .1042 |
| 25 | .1126 |
| 26 | .1210 |
| 27 | .1298 |
| 28 | .1386 |
| 29 | .1480 |
| 30 | .1577 |
| 31 | .1677 |
| 32 | .1792 |
| 33 | .1881 |
| 34 | .1987 |
| 35 | .2097 |
| 36 | .2208 |
| 37 | .2324 |
| 38 | .2441 |
| 39 | .2561 |
| 40 | .2684 |
| 41 | .2810 |
| 42 | .2937 |
| 43 | .3069 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 44 | .3201 |
| 45 | .3338 |
| 46 | .3476 |
| 47 | .3617 |
| 48 | .3761 |
| 49 | .3907 |
| 50 | .4056 |
| 51 | .4207 |
| 52 | .4361 |
| 53 | .4517 |
| 54 | .4676 |
| 55 | .4838 |

* SHADED AREAS NOT RECOMMENDED

FIGURE 28 - FRICTION LOSS TABLES FOR 4.0 INCH PIPE



FRICION LOSS TABLES FOR 6.0 INCH PIPE

PVC SDR 21 C = 150

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 3 | .0003 |
| 4 | .0006 |
| 5 | .0008 |
| 6 | .0014 |
| 7 | .0017 |
| 8 | .0022 |
| 9 | .0025 |
| 10 | .0030 |
| 11 | .0039 |
| 12 | .0044 |
| 13 | .0052 |
| 14 | .0058 |
| 15 | .0066 |
| 16 | .0074 |
| 17 | .0085 |
| 18 | .0094 |
| 19 | .0102 |
| 20 | .0113 |
| 21 | .0124 |
| 22 | .0135 |
| 23 | .0146 |
| 24 | .0159 |
| 25 | .0170 |
| 26 | .0184 |
| 27 | .0198 |
| 28 | .0212 |
| 29 | .0225 |
| 30 | .0239 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 31 | .0253 |
| 32 | .0269 |
| 33 | .0286 |
| 34 | .0302 |
| 35 | .0319 |
| 36 | .0335 |
| 37 | .0352 |
| 38 | .0371 |
| 39 | .0388 |
| 40 | .0407 |
| 41 | .0426 |
| 42 | .0445 |
| 43 | .0465 |
| 44 | .0487 |
| 45 | .0506 |
| 46 | .0528 |
| 47 | .0550 |
| 48 | .0572 |
| 49 | .0594 |
| 50 | .0616 |
| 51 | .0638 |
| 52 | .0662 |
| 53 | .0685 |
| 54 | .0709 |
| 55 | .0734 |
| 56 | .0759 |
| 57 | .0784 |
| 58 | .0810 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 59 | .0836 |
| 60 | .0862 |
| 61 | .0889 |
| 62 | .0916 |
| 63 | .0944 |
| 64 | .0972 |
| 65 | .0999 |
| 66 | .1029 |
| 67 | .1058 |
| 68 | .1087 |
| 69 | .1117 |
| 70 | .1147 |
| 71 | .1177 |
| 72 | .1208 |
| 73 | .1239 |
| 74 | .1271 |
| 75 | .1303 |
| 76 | .1335 |
| 77 | .1368 |
| 78 | .1401 |
| 79 | .1435 |
| 80 | .1468 |
| 81 | .1502 |
| 82 | .1537 |
| 83 | .1572 |
| 84 | .1607 |
| 85 | .1643 |
| 86 | .1678 |

FIGURE 29 - FRICTION LOSS TABLES FOR 6.0 INCH PIPE



FRICITION LOSS TABLES FOR 6.0 INCH PIPE

PVC SDR 21 C = 150

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|----------|---------------------|
| 87 | .1715 |
| 88 | .1752 |
| 89 | .1788 |
| 90 | .1826 |
| 91 | .1863 |
| 92 | .1901 |
| 93 | .1940 |
| 94 | .1978 |
| 95 | .2018 |
| 96 | .2057 |
| 97 | .2097 |
| 98 | .2137 |
| 99 | .2178 |
| 100 | .2219 |
| 101 | .2260 |
| 102 | .2301 |
| 103 | .2343 |
| 104 | .2386 |
| 105 | .2428 |
| 106 | .2471 |
| 107 | .2515 |
| 108 | .2558 |
| 109 | .2602 |
| 110 | .2646 |
| 111 | .2691 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|----------|---------------------|
| 112 | .2736 |
| 113 | .2781 |
| 114 | .2827 |
| 115 | .2874 |
| 116 | .2920 |
| 117 | .2966 |
| 118 | .3013 |
| 119 | .3061 |
| 120 | .3109 |
| 121 | .3156 |
| 122 | .3205 |
| 123 | .3253 |
| 124 | .3303 |
| 125 | .3353 |
| 126 | .3402 |
| 127 | .3452 |
| 128 | .3503 |
| 129 | .3554 |
| 130 | .3605 |
| 131 | .3656 |
| 132 | .3708 |
| 133 | .3760 |
| 134 | .3813 |
| 135 | .3866 |
| 136 | .3919 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|----------|---------------------|
| 137 | .3972 |
| 138 | .4026 |
| 139 | .4080 |
| 140 | .4133 |
| 141 | .4189 |
| 142 | .4245 |
| 143 | .4300 |
| 144 | .4356 |
| 145 | .4412 |
| 146 | .4469 |
| 147 | .4525 |
| 148 | .4582 |
| 149 | .4639 |
| 150 | .4697 |
| 151 | .4755 |
| 152 | .4813 |
| 153 | .4873 |
| 154 | .4932 |

• SHADED AREAS NOT RECOMMENDED

FIGURE 30 - FRICTION LOSS TABLES FOR 6.0 INCH PIPE



FRICION LOSS TABLES FOR 8.0 INCH PIPE

PVC SDR 21 C = 150

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 85 | .0494 |
| 86 | .0505 |
| 87 | .0516 |
| 88 | .0527 |
| 89 | .0538 |
| 90 | .0549 |
| 91 | .0561 |
| 92 | .0572 |
| 93 | .0584 |
| 94 | .0595 |
| 95 | .0607 |
| 96 | .0619 |
| 97 | .0631 |
| 98 | .0643 |
| 99 | .0655 |
| 100 | .0668 |
| 101 | .0680 |
| 102 | .0693 |
| 103 | .0705 |
| 104 | .0718 |
| 105 | .0731 |
| 106 | .0744 |
| 107 | .0757 |
| 108 | .0770 |
| 109 | .0783 |
| 110 | .0797 |
| 111 | .0810 |
| 112 | .0824 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 113 | .0837 |
| 114 | .0851 |
| 115 | .0865 |
| 116 | .0879 |
| 117 | .0893 |
| 118 | .0907 |
| 119 | .0921 |
| 120 | .0936 |
| 121 | .0950 |
| 122 | .0965 |
| 123 | .0980 |
| 124 | .0994 |
| 125 | .1009 |
| 126 | .1024 |
| 127 | .1039 |
| 128 | .1055 |
| 129 | .1070 |
| 130 | .1085 |
| 131 | .1101 |
| 132 | .1117 |
| 133 | .1132 |
| 134 | .1148 |
| 135 | .1164 |
| 136 | .1180 |
| 137 | .1196 |
| 138 | .1212 |
| 139 | .1229 |
| 140 | .1245 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|-------------|------------------------|
| 141 | .1262 |
| 142 | .1278 |
| 143 | .1295 |
| 144 | .1312 |
| 145 | .1329 |
| 146 | .1346 |
| 147 | .1363 |
| 148 | .1380 |
| 149 | .1397 |
| 150 | .1415 |
| 151 | .1432 |
| 152 | .1450 |
| 153 | .1468 |
| 154 | .1485 |
| 155 | .1503 |
| 156 | .1521 |
| 157 | .1540 |
| 158 | .1558 |
| 159 | .1576 |
| 160 | .1594 |
| 161 | .1613 |
| 162 | .1632 |
| 163 | .1650 |
| 164 | .1669 |
| 165 | .1688 |
| 166 | .1707 |
| 167 | .1726 |
| 168 | .1745 |

FIGURE 31 - FRICTION LOSS TABLES FOR 8.0 INCH PIPE



FRICITION LOSS TABLES FOR 8.0 INCH PIPE

PVC SDR 21 C = 150

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|----------|---------------------|
| 169 | .1764 |
| 170 | .1784 |
| 171 | .1803 |
| 172 | .1823 |
| 173 | .1843 |
| 174 | .1862 |
| 175 | .1882 |
| 176 | .1902 |
| 177 | .1922 |
| 178 | .1942 |
| 179 | .1963 |
| 180 | .1983 |
| 181 | .2004 |
| 182 | .2024 |
| 183 | .2045 |
| 184 | .2065 |
| 185 | .2086 |
| 186 | .2107 |
| 187 | .2128 |
| 188 | .2149 |
| 189 | .2171 |
| 190 | .2192 |
| 191 | .2213 |
| 192 | .2235 |
| 193 | .2256 |
| 194 | .2278 |
| 195 | .2300 |
| 196 | .2322 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|----------|---------------------|
| 197 | .2344 |
| 198 | .2366 |
| 199 | .2388 |
| 200 | .2410 |
| 201 | .2433 |
| 202 | .2455 |
| 203 | .2478 |
| 204 | .2500 |
| 205 | .2523 |
| 206 | .2546 |
| 207 | .2569 |
| 208 | .2592 |
| 209 | .2615 |
| 210 | .2638 |
| 211 | .2662 |
| 212 | .2685 |
| 213 | .2709 |
| 214 | .2732 |
| 215 | .2756 |
| 216 | .2780 |
| 217 | .2803 |
| 218 | .2827 |
| 219 | .2852 |
| 220 | .2876 |
| 221 | .2900 |
| 222 | .2924 |
| 223 | .2949 |
| 224 | .2973 |

| FLOW GPM | HEAD LOSS FT/100 FT |
|----------|---------------------|
| 225 | .2998 |
| 226 | .3023 |
| 227 | .3047 |
| 228 | .3072 |
| 229 | .3097 |
| 230 | .3122 |
| 231 | .3148 |
| 232 | .3173 |
| 233 | .3198 |
| 234 | .3224 |
| 235 | .3249 |
| 236 | .3275 |
| 237 | .3301 |
| 238 | .3327 |
| 239 | .3352 |
| 240 | .3379 |
| 241 | .3405 |
| 242 | .3431 |
| 243 | .3457 |
| 244 | .3484 |
| 245 | .3510 |
| 246 | .3537 |
| 247 | .3563 |
| 248 | .3590 |
| 249 | .3617 |
| 250 | .3644 |
| 251 | .3671 |
| 252 | .3698 |

• SHADED AREAS NOT RECOMMENDED

FIGURE 32 - FRICTION LOSS TABLES FOR 8.0 INCH PIPE