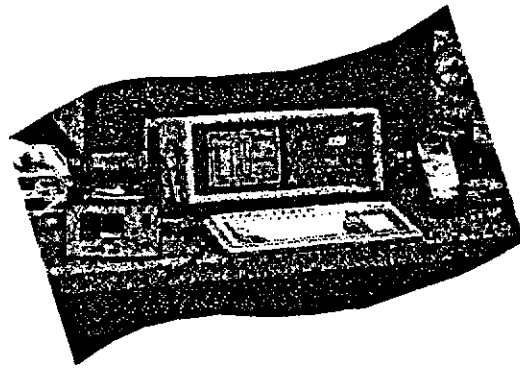


**Évaluation
de pompes personnelles
d'échantillonnage**



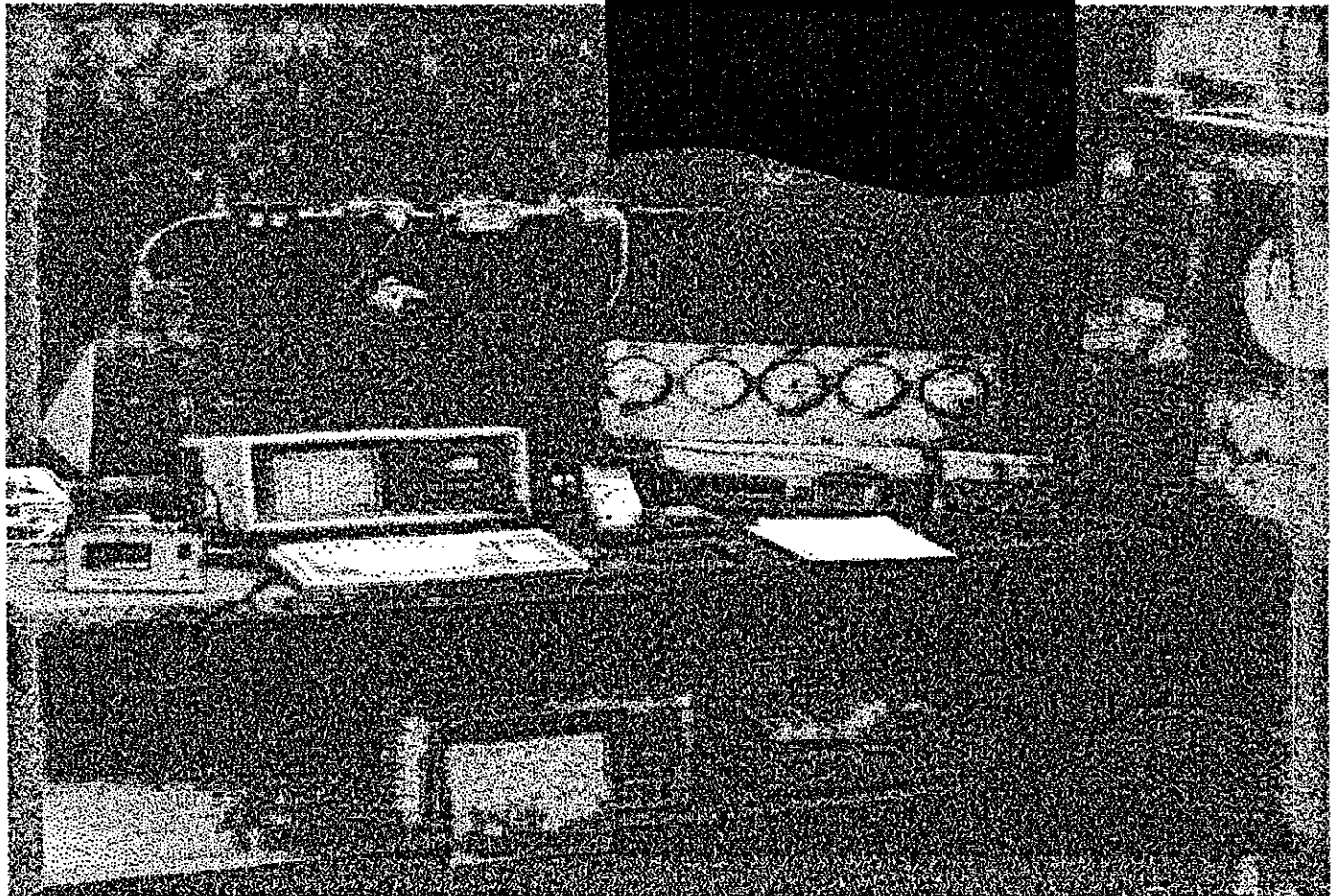
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Rodrique Gravel

Avril 1993

R-066

GUIDE TECHNIQUE



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

Évaluation de pompes personnelles d'échantillonnage

Rodrigue Gravel
Programme soutien analytique, IRSST

RECHERCHES
ET
ÉTUDES

GUIDE TECHNIQUE

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles de l'auteur.

© Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, avril 1993.
2^e trimestre 1993.

Remerciements

Je tiens à remercier les compagnies et leur représentant qui ont fourni gratuitement les pompes soit : instruments de contrôle SSCAN-Grodyne et son représentant, monsieur François Peltier pour les pompes de la compagnie Ametek; Levitt Sécurité Limitée et son représentant, monsieur Normand Martel pour les pompes de la compagnie Gilian; MSA Canada Inc. et Jean Dastous pour les pompes MSA; Dur-Pro Limitée et sa représentante madame Sharon L. Durepos pour les pompes de la compagnie SKC.

À l'IRSST, je tiens à remercier Monsieur Claude Létourneau pour sa participation et son aide pour tous les tests faits en laboratoire; monsieur Lambert Laliberté, ingénieur, pour les renseignements fournis sur les sections électroniques des pompes et instruments, monsieur Bernard Caron pour l'élaboration d'un système d'acquisition de données et monsieur Gilles Paradis pour sa participation aux montages. Je remercie également madame Nicole Goyer et monsieur Louis Lazure pour leur participation au traitement des données et à la rédaction du rapport et madame France Lafontaine pour la mise en page du document.

Résumé

L'apparition sur le marché de plusieurs nouveaux modèles de pompes et les demandes régulières des intervenants du Réseau de la santé du travail nous ont conduits à l'étude de treize modèles différents de pompes à haut et bas débits.

Le document "Procédure d'évaluation de pompes personnelles d'échantillonnage" IRSST, Direction des Laboratoires, juin 1988 a servi de base pour la procédure d'évaluation.

Cinq points principaux ont été étudiés lors de l'évaluation : 1) la description générale de chaque modèle; 2) les critères généraux comprenant les caractères physiques, les composantes essentielles, les approbations sécuritaires et les garanties; 3) les critères mécaniques comprenant les tests de débit en laboratoire, l'autonomie des piles, le niveau sonore et les pulsations; 4) l'étude des composantes et des options et 5) l'évaluation du manuel d'utilisation. Des recommandations ont également été ressorties de cette étude.

Pour les critères généraux, seule la pompe SKC modèle PCXR7 a répondu à tous les critères. En ce qui a trait aux autres modèles, les points faibles étaient les indicateurs de débits, inexistantes ou mal gradués, les trappes à liquides et les chargeurs. À l'examen des critères mécaniques, on constate que les mécanismes de régularisation du débit sont de type volumique. De fait, aucun des modèles étudiés ne possède de système pour mesurer la température ou la pression qui permettrait de contrôler le débit en fonction de la densité (la masse) de l'air. Cependant, certains modèles ont un comportement qui s'apparente davantage à celui associé au débit massique.

Concernant les options et les composantes, seules les pompes MSA ne peuvent répondre à toutes les spécifications. L'évaluation des manuels d'utilisation montre que toutes les compagnies ont plusieurs points à améliorer surtout au niveau des schémas mécaniques, pneumatiques et électroniques.

Lors de la sélection d'une pompe, différents paramètres complémentaires doivent être regardés tels que les gammes de débit, les types et les modes de contrôle de débit, les modèles de chargeurs, les modèles de débitmètres et les lieux d'échantillonnage. Ces considérations devraient permettre aux acheteurs éventuels de choisir des équipements qui répondront de façon efficace à leurs besoins.

Table des Matières

Page

Remerciements	i
Résumé	ii
1.0 Introduction	1
2.0 Description des pompes	1
2.1 AMETEK	1
2.1.1 Mg 4	1
2.1.2 Gn 5 & Gn 5P	2
2.1.3 P-2500	3
2.1.4 Alpha-2	3
2.2 GILIAN	4
2.2.1 Gil-Air	4
2.2.2 GilAir5	4
2.2.3 LFS 113	5
2.3 MSA	6
2.3.1 Flow-lite ET	6
2.3.2 Flow-lite PRO	6
2.4 SKC	7
2.4.1 PCXR7	7
2.4.2 Airchek 50	7
2.4.3 LF-222-3	8
3.0 Résultats	9
3.1 Évaluation des critères d'acceptabilité	9
3.1.1 Critères généraux	9
3.1.2 Critères mécaniques	18
3.2 Validation des spécifications et évaluation des composantes et options	28
3.3 Évaluation du manuel d'utilisation	28
4.0 Conclusions	33
5.0 Recommandations	34
6.0 Références	42

Liste des tableaux

	Page
Tableau 1 : Critères généraux - Dimensions et poids	10
Tableau 2 : Critères généraux - Assemblage	11
Tableau 3 : Critères généraux - Ajustement et alimentation	13
Tableau 4 : Critères généraux - Éléments de protection	15
Tableau 5 : Critères généraux - Approbation et garantie	17
Tableau 6 : Critères mécaniques - Plage de débits	19
Tableau 7 : Critères mécaniques - Stabilité du débit	21
Tableau 8 : Critères mécaniques - Débits en fonction de la température	23
Tableau 8a : Critères mécaniques - Classification selon le mode de débit	24
Tableau 9 : Critères mécaniques - Niveaux de pression sonore	26
Tableau 10 : Critères mécaniques - Sortie d'air externe	27
Tableau 11 : Composantes et options	29
Tableau 12 : Évaluation du manuel d'utilisation	30
Tableau 13 : Résumé des observations	37
Tableau 14 : Compatibilité entre les modèles de pompes et débitmètres	41

1.0 Introduction

L'évolution constante de la technologie a fait apparaître sur le marché des nouveaux types de pompes personnelles d'échantillonnage plus performantes et munies d'un grand nombre de fonctions programmables.

Conscient du besoin d'améliorer sans cesse la qualité du prélèvement, il devient important d'évaluer ces nouveaux produits afin de recommander des achats judicieux.

Le présent document contient les résultats de l'évaluation de treize modèles de pompes fournies par les compagnies Ametek (Mg 4, P-2500B, Gn 5, Gn 5P et Alpha-2), Gilian (Gil-Air, GilAir5 et LFS 113), MSA (Flow Lite et Flow Lite PRO) et SKC (PCXR7, Airchek 50 et LF 222-3). Cette évaluation a été réalisée selon la procédure d'évaluation des pompes personnelles d'échantillonnage de l'IRSST (1).

Suite à une brève description des pompes, sont présentés les résultats de l'évaluation des critères d'acceptabilité, des critères mécaniques et des manuels d'utilisation.

Les corrections et les modifications à apporter à certaines pompes de même que les précautions quant à leur utilisation sont décrites dans les sections conclusions et recommandations.

2.0 Description des pompes

La description des pompes est faite à partir des informations fournies par les manufacturiers et à partir de nos observations (2-13).

2.1 AMETEK

2.1.1 Mg 4

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 5 à 4000 mL/min. Le débit est ajusté à partir de trois pointeaux. Le premier sert principalement à ajuster les hauts débits (1000 à 4000 mL/min), le deuxième les bas débits (5 à 1000 mL/min) et le troisième est un conduit de déviation et sert d'ajustement grossier pour les deux modes.

La pompe est constituée de deux diaphragmes actionnés par un moteur CC (courant continu). Elle est alimentée par une batterie de quatre cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 1,2 ampères-heure.

Le débit constant est assuré par un système pneumatique et électronique permettant de compenser pour une chute de pression jusqu'à 76 cm d'eau à 2000 mL/min.

Le panneau de contrôle est constitué d'un affichage à cristaux liquides qui indique le temps d'opération de la pompe, de deux boutons membranes qui servent à démarrer et arrêter la pompe, d'un rotamètre intégré dans la pompe et gradué à 250 mL/min, de trois vis pour l'ajustement du débit et de deux diodes électroluminescentes (DEL). La première DEL sert à indiquer l'état de la batterie et l'autre le fonctionnement de la pompe. Les températures d'opération de la pompe sont de 0°C à 50°C.

2.1.2 Gn 5 & Gn 5P

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 500 à 5000 mL/min. Elle peut aussi échantillonner à bas débit (1 à 500 mL/min) avec un module additionnel pour bas débits. Elle est constituée de deux pistons actionnés par un moteur CC (courant continu). La pompe est alimentée par une batterie plomb-acide de 6 volts et a une capacité de 1,3 ampères-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur. Si le débit varie de plus ou moins 5 %, la pompe arrête automatiquement lorsque la période de temps pré-programmée pour ce dépassement est terminée.

Le panneau de contrôle est constitué d'un affichage à cristaux liquides et d'un clavier de programmation. Après avoir étalonné le débit avec un débitmètre, cette pompe permet à l'utilisateur de sélectionner différents débits en se servant seulement du clavier de programmation sans avoir à réutiliser le débitmètre. La version GN 5P permet en plus de programmer des périodes d'échantillonnages séparées par des temps d'attente. Les températures d'opération de la pompe sont de 1°C à 50°C.

2.1.3 P-2500

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 300 à 2500 mL/min. La pompe est constituée d'un diaphragme actionné par un moteur CC et alimentée par une batterie de quatre cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 1,2 ampères-heure.

Le débit constant est assuré par un système pneumatique et électronique permettant de compenser pour une chute de pression jusqu'à 38 centimètres d'eau à 2000 mL/min.

Le panneau de contrôle comprend un interrupteur arrêt/départ, un bouton départ rapide, un pointeau pour l'ajustement du débit et deux DEL : une pour indiquer l'état de la batterie et l'autre pour le fonctionnement de la pompe. Les températures d'opération de la pompe sont de 0°C à 50°C.

2.1.4 Alpha-2

Cette pompe à bas débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 5 à 200 mL/min. Le conduit d'évitement lorsqu'il est ouvert permet de contrôler le débit entre 5 et 50 mL/min, lorsqu'il est fermé permet de contrôler le débit entre 50 et 200 mL/min. Cette pompe est constituée d'un diaphragme actionné par un moteur CC et est alimentée par une batterie de quatre cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 0,5 ampère-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 62 centimètres d'eau à 200 mL/min.

Le panneau de contrôle est constitué de deux DEL. La première indique l'état de la batterie et l'autre la stabilité du débit. Lors de l'échantillonnage si la pression interne devient trop grande, la DEL s'éteint pour indiquer qu'il y a eu variation dans le débit. L'ajustement du débit se fait à l'aide du pointeau et du conduit d'évitement. Les températures d'opération de la pompe sont de -7°C à 49°C.

2.2 GILIAN

2.2.1 Gil-Air

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 1 à 3000 mL/min. Elle peut fonctionner sur trois modes : en mode bas débit constant (5 à 300 mL/min), en mode bas débit à pression constante (1 à 500 mL/min) et en mode haut débit à débit constant (500 à 3000 mL/min). Elle est constituée d'un diaphragme et d'un amortisseur de pulsations en silicone actionnés par un moteur CC. La pompe est alimentée par une batterie de quatre cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 1,4 ampères-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 62 centimètres d'eau à 2000 mL/min. En mode bas débit à pression constante, un régulateur de pression maintient une pression de 48 centimètres d'eau.

Le panneau de contrôle est constitué de l'interrupteur arrêt/départ, du potentiomètre d'ajustement du débit et de deux DEL. La première indique l'état de la batterie et la deuxième si elle est allumée signifie qu'il y a eu variation de plus de 5 % dans le débit et que la pompe est arrêtée. Un rotamètre gradué à 500 mL/min et intégré dans la pompe mesure le débit. Une horloge pour mesurer le temps d'échantillonnage est aussi offerte en option. La pompe est aussi offerte avec un boîtier protégeant contre les radio-fréquences. Les températures d'opération de la pompe sont de -20°C à 45°C.

2.2.2 GilAir5

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 1 à 5000 mL/min. Elle peut fonctionner sur trois modes: en mode bas débit constant (5 à 300 mL/min), en mode bas débit à pression contante (1 à 500 mL/min) et en mode haut débit à débit constant (500 à 5000 mL/min). Elle est constituée d'un diaphragme et d'un amortisseur de pulsations en silicone actionnés par un moteur CC. La pompe est alimentée par une batterie de cinq cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 2,0 ampères-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 100

centimètres d'eau à 2000 mL/min. En mode bas débit à pression constante, un régulateur de pression maintient une pression de 46 centimètres d'eau.

Le panneau de contrôle est constitué de l'interrupteur arrêt/départ, du potentiomètre d'ajustement du débit et de deux DEL. La première indique l'état de la batterie et la deuxième si elle est allumée signifie qu'il y a eu variation de plus de 5% dans le débit et que la pompe est arrêtée. Un rotamètre gradué à 500 mL/min et intégré dans la pompe mesure le débit. La pompe est aussi offerte avec un boîtier protégeant contre les radio-fréquences. Les températures d'opération de la pompe sont de -20°C à 45°C.

2.2.3 LFS 113

Cette pompe à bas débit constant a une plage d'utilisation de 1 à 350 mL/min. Elle peut fonctionner sur deux modes. En mode débit constant, elle peut compenser jusqu'à 62 centimètres d'eau et son débit varie de 5 à 200 mL/min. En mode pression constante, le débit peut varier entre 1 et 350 mL/min pour une pression maximale de 51 centimètres d'eau.

Elle est constituée d'un diaphragme actionné par un moteur CC et d'un contrôleur de débit. Le moteur est alimenté par une batterie de quatre cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 0,5 ampère-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage du moteur.

Sur le panneau de contrôle on retrouve deux DEL. La première sert à indiquer l'état de la batterie et l'autre le bon fonctionnement de la pompe. Le pointeau sert à ajuster le débit et l'interrupteur sert au départ et à l'arrêt de la pompe. Selon l'option choisie lors de l'achat, la pompe peut être équipée d'un chronomètre pour le temps d'échantillonnage.

Pour changer le mode d'échantillonnage, il suffit de faire tourner à l'aide d'une clef Allen la position du module de contrôle : noir pour débit constant et blanc pour pression constante.

La pompe est offerte en option dans un boîtier protégé contre les radio-fréquences. Les températures d'opération de la pompe sont de -20°C à 45°C.

2.3 MSA

2.3.1 Flow-lite ET

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 500 à 3500 mL/min. Des débits allant jusqu'à 100mL/min peuvent être obtenus en utilisant la trousse d'accessoires pour bas débits, offerte en option. Elle est constituée d'un diaphragme et d'un amortisseur de pulsations actionnés par un moteur CC. La pompe est alimentée par une batterie de cinq cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 1 ou 2 ampères-heure (selon le modèle).

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 51 centimètres d'eau à 2000 mL/min.

Le potentiomètre pour ajuster le débit et le commutateur arrêt/départ placés sur le coté sont recouverts par une plaque. La DEL placée au-dessus des contrôles indique le fonctionnement de la pompe. Les températures d'opération de la pompe sont de -10°C à 45°C.

2.3.2 Flow-lite PRO

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 500 à 3500 mL/min. Des bas débits allant jusqu'à 100 MI/min en utilisant la trousse d'accessoires à bas débits, offerte en option. Elle est constituée d'un diaphragme et d'un amortisseur de pulsations actionnés par un moteur CC (courant continu). La pompe est alimentée par une batterie de cinq cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 2 ampères-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 51 centimètres d'eau à 2000 MI/min. Cependant la pompe n'arrête pas même si le débit est complètement obstrué.

Le potentiomètre pour ajuster le débit et le commutateur arrêt/départ placés sur le coté ne sont pas protégés. La DEL placée au-dessus des contrôles indique le bon fonctionnement de la pompe. Les températures d'opération de la pompe sont de -10°C à 45°C.

2.4 SKC

2.4.1 PCXR7

Cette pompe à débit constant a une plage d'utilisation qui s'étend de 1 à 5000 MI/min. Elle peut fonctionner sur deux modes : bas débit et pression constante (1 à 750 MI/min) et haut débit à débit constant (750 à 5000 MI/min). Elle est constituée de deux diaphragmes et d'amortisseurs de pulsations en silicone actionnés par un moteur CC. La pompe est alimentée par une batterie de cinq cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 2 ampères-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage au moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 100 centimètres d'eau à 2000 MI/min. En mode "bas débit", un régulateur de pression maintient une pression jusqu'à 51 centimètres d'eau.

Le panneau de contrôle est constitué d'un affichage à cristaux liquides, d'un clavier pour la programmation de la pompe et la vérification de l'état de la batterie. Le débit est visualisé à l'aide du rotamètre intégré dans la pompe et gradué au 250 MI/min. Les températures d'opération de la pompe sont de -20°C à 45°C.

2.4.2 Airchek 50

Cette pompe à débit constant a une plage de lecture qui s'étend 500 à 3500 MI/min. Elle est constituée de 2 diaphragmes et d'amortisseurs de pulsations actionnés par un moteur CC. La pompe est alimentée par une batterie de quatre cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité 1,8 ampères-heure.

Le débit constant est assuré électroniquement par une boucle d'asservissement qui contrôle le voltage du moteur et peut compenser pour une chute de pression jusqu'à 62 centimètres d'eau à 2000 MI/min.

Cette pompe est protégée contre les radio-fréquences. Le débit est ajusté avec un potentiomètre et une DEL clignotante indique que la pompe est en opération et elle s'éteint lorsque le courant de la pile est trop bas. Aucune température d'opération n'est indiquée.

2.4.3 LF-222-3

Cette pompe à voltage constant est constituée d'un diaphragme actionné par un moteur CC. La pompe est alimentée par une batterie de deux cellules Ni-Cd branchées en série fournissant une capacité de 0,5 ampère-heure.

La plage d'utilisation est de 50 à 200 mL/min et le débit est ajusté avec un potentiomètre placé sur le devant de la pompe.

La pompe est munie d'un compteur permettant après étalonnage de déterminer le volume échantillonné.

Une sortie d'air permet de remplir des sacs de gaz. Aucune température d'opération n'est indiquée.

3.0 Résultats

Les résultats sont présentés en fonction des trois ensembles de paramètres retenus soit les critères d'acceptabilité incluant les critères généraux et les critères mécaniques, les performances des composantes et le manuel d'utilisation.

3.1 Évaluation des critères d'acceptabilité

Les critères d'acceptabilité incluent 15 critères généraux et 6 critères mécaniques.

3.1.1 Critères généraux

Pour chacun des 15 critères généraux regardés, on retrouve une description de la recommandation de l'IRSST et les résultats observés pour l'ensemble des pompes. Les résultats spécifiques à chacune des pompes sont présentés aux tableaux 1 à 5.

1) Dimensions

Description : Les dimensions d'ensemble de la pompe recommandées sont :

14 cm en hauteur
14 cm en largeur
7 cm en profondeur

Résultats : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes P-2500 et Gn (5 & 5P) (Tableau 1)

2) Poids

Description : Le poids maximum recommandé de la pompe incluant le bloc d'alimentation est de 1 000 g.

Résultats : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes Gn 5 & 5p (Tableau 1)

Tableau 1 : Critères généraux - Dimensions et poids

	Hauteur maximale cm	Largeur maximale cm	Profondeur maximale cm	Poids gr
AMETEK				
Mg 4	12,0	11,8	6,5	645
GN 5P	19,0	12,8	7,0	1078
GN 5	19,9	12,8	7,0	1050
P-2500	18,3	10,5	5,4	824
Alpha-2	14,1	7,4	4,3	412
GILIAN				
Gil-Air	9,4	10,5	5,8	590
GilAir5	10,9	10,5	5,8	652
LFS 113	14,0	6,4	4,3	400
MSA				
Flow-lite ET	13,3	13,9	6,3	831
Flow-lite Pro	13,3	11,5	6,3	647
SKC				
PCXR7	13,2	13,2	5,9	993
Airchek 50	14,5	7,9	5,8	537
LF 222-3	15,0	6,5	4,2	345
Remarques : Toutes les mesures ont été prises avec les accessoires normalement utilisés ou fixés sur la pompe				

3) Assemblage/Construction

Description : Le boîtier de même que tous les composants de la pompe doivent être faits de matériaux résistants et assemblés de façon étanche afin de minimiser la quantité de poussières pouvant entrer dans le boîtier.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent le critère concernant les matériaux résistants pour le boîtier sauf les pompes Gil-Air, GilAir5, LFS 113, Flow lite PRO et Airchek 50 qui n'ont pas de couvercle ou qui sont fragiles. Les pompes P-2500, LFS 113 et LF-222-3 ont des ouvertures à l'atmosphère (Tableau 2)

Tableau 2 : Critères généraux - Assemblage

Pompe	Matériaux		Étanchéité
	Boîtier	Couvercle	
AMETEK			
Mg 4	✓	✓	✓
Gn 5P	✓	✓	✓
Gn 5	✓	✓	✓
P-2500	✓	✓	**
Alpha-2	✓	✓	✓
GILIAN			
Gil-Air	✓	*	✓
GilAir5	✓	*	✓
LFS-113	✓	○	○○
MSA			
Flow-lite ET	✓	✓	✓
Flow-lite PRO	✓	○	✓
SKC			
PCXR7	✓	✓	✓
Airchek 50	✓	*	✓
LF-222-3	✓	✓	○○
Remarques : ✓ = conforme ○ = aucun couvercle ○○ = ouverture à l'atmosphère * = construction fragile ** = mauvais alignement des pièces d'assemblage			

4) Interrupteur

Description : La pompe doit être munie d'un interrupteur marche/arrêt ou d'un dispositif équivalent à l'extérieur du boîtier. Cet interrupteur sera à l'abri d'une fausse manoeuvre durant l'usage et à l'abri des poussières, pour éviter de contaminer le mécanisme.

Résultat : Toutes les pompes répondent aux critères sauf les pompes LFS 113, Flow-lite Pro et LF 222-3. Ces interrupteurs ne sont pas à l'abri d'une fausse manoeuvre (Tableau 3).

5) Ajustement du débit

Description : La pompe doit être munie d'un dispositif adéquat pour l'ajustement du débit, accessible de l'extérieur du boîtier, mais protégé contre un dérèglement accidentel. Le mécanisme d'ajustement nécessite l'utilisation d'un outil.

Résultat : Toutes les pompes répondent à ces critères sauf la pompe LFS 113 et Flow-lite PRO qui ne sont pas protégées contre le dérèglement accidentel (Tableau 3).

6) Bloc d'alimentation

Description : Le bloc d'alimentation doit être situé dans le boîtier de la pompe ou dans un boîtier séparé, rattaché au boîtier de la pompe via une liaison d'un appareil à un circuit électrique approuvée. Le bloc d'alimentation devra de plus posséder un dispositif de protection contre les courts-circuits et/ou un dispositif automatique d'interruption réutilisable.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère (Tableau 3).

7) Agrafe à ceinture

Description : La pompe doit être munie d'une agrafe à ceinture qui maintiendra la pompe solidement attachée à la ceinture du travailleur.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère (Tableau 3).

Tableau 3 : Critères généraux - Ajustement et alimentation

Pompe	Interrupteur	Ajustement du débit	Bloc alimentation	Agrafe à la ceinture
AMETEK				
Mg 4	✓	✓	✓	✓
GN 5P	✓	✓	✓	✓
GN 5	✓	✓	✓	✓
P-2500	✓	✓	✓	✓
Alpha-2	✓	✓	✓	✓
GILIAN				
Gil-Air	✓	✓	✓	✓
GilAir5	✓	✓	✓	✓
LFS 113	○	○	✓	✓
MSA				
Flow lite ET	✓	✓	✓	✓
Flow lite Pro	○	○	✓	✓
SKC				
PCXR7	✓	✓	✓	✓
Airchek 50	✓	✓	✓	✓
LF 222-3	○	✓	✓	✓
Remarque: ✓ = conforme ○ = non-conforme				

8) Fiche de raccordement du chargeur

Description : Une fiche adéquate doit permettre de recharger le bloc d'alimentation sans le retirer de son boîtier ou du boîtier de la pompe. Il devrait être conçu de façon à faire un bon contact, ne pas se retirer trop facilement et ne pas produire de court-circuit lorsqu'il est inséré ou enlevé.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes Flow-lite ET, Flow-lite PRO, Airchek 50 et LF 222-3 (Tableau 4).

9) Indicateur de débit

Description : Un indicateur visuel de débit doit faire partie intégrante de la pompe indiquant le débit d'air traversant la tête de prélèvement. L'échelle sera indiquée en L/min avec des divisions au 250 Ml. L'exactitude devra être supérieure ou égale à $\pm 10 \%$ jusqu'à un débit de 2 L/min.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes P-2500, Alpha-2, Airchek 50 et LF 222-3. Elles n'ont pas de rotamètre. Les pompes Gil-Air et GilAir5 ont un rotamètre gradé au 500 Ml (Tableau 4).

10) Trappe à liquide

Description : La pompe doit posséder à l'entrée d'air une trappe afin d'empêcher les solutions liquides accidentellement aspirées de contaminer ou endommager le mécanisme de la pompe.

Résultat : Les pompes P-2500, Mg 4, Alpha-2, LFS 113, Flow-lite ET, Flow-lite PRO, Airchek 50 et LF 222-3 ne rencontrent pas ce critère (Tableau 4).

11) Filtre à poussières

Description : La pompe doit posséder à l'entrée d'air un filtre afin d'empêcher les poussières d'endommager le mécanisme de la pompe.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf la pompe LF 222-3 (Tableau 4).

Tableau 4 : Critères généraux - Éléments de protection

Pompe	Fiche de raccordement du chargeur	Indicateur de débit	Trappe à liquide	Filtre à poussière
AMETEK				
Mg 4	✓	✓	○	✓
GN 5P	✓	✓	✓	✓
GN 5	✓	✓	✓	✓
P-2500	✓	○	○	✓
Alpha-2	✓	○	○	✓
GILIAN				
Gil-Air	✓	○	✓	✓
GilAir5	✓	○	✓	✓
LFS 113	✓	○	○	✓
MSA				
Flow lite ET	○	✓	○	✓
Flow lite Pro	○	✓	○	✓
SKC				
PCXR7	✓	✓	✓	✓
Airchek 50	○	○	○	✓
LF 222-3	○	○	○	○
Remarque: ✓ = conforme ○ = non-conforme				

12) Chargeur

Description : Le chargeur du bloc d'alimentation doit posséder deux (2) modes de charge et changer automatiquement de mode (charge à courant d'appoint) lorsque la charge est terminée. Les courants utilisés ne devront en aucun cas causer une augmentation de température excédant 50°C de façon continue. Le courant d'appoint doit se situer entre C/80 et C/100 (C étant la capacité (amp/heure) de la batterie).

Résultat : Les chargeurs des modèles suivant ne rencontrent pas ce critère: P-2500, Mg 4, Alpha-2, Flow-lite ET, Flow-lite PRO, Airchek 50 et LF 222-3 (Tableau 5).

13) Sortie d'air interne

Description : La pompe doit avoir une sortie d'air à l'intérieur du boîtier, afin de maintenir une légère pression positive qui réduira l'entrée des contaminants dans le boîtier de la pompe.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes Gn 5, Gn 5P, Alpha-2, LFS 113 et LF 222-3 (Tableau 5).

14) Approbation sécuritaire

Description : La pompe doit être approuvée par un laboratoire reconnu pour les classes suivantes : classe I (Code T3C) : groupes A, B, C, D, classe II : groupes E, F, G et classe III.

L'indication de cette approbation doit être apposée sur le boîtier de la pompe et le bloc d'alimentation.

Résultat : Toutes les pompes ont l'approbation sur la pompe, certaines ne l'ont pas sur le bloc d'alimentation (Tableau 5).

15) Garantie

Description : La garantie doit être supérieure à une année et couvrir toutes les pièces de la pompe et la main-d'oeuvre.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf la pompe Alpha-2 (Tableau 5).

Tableau 5 : Critères généraux - Approbation et garantie

Pompe	Chargeur	Sortie d'air interne	Approbation sécuritaire (1)	Garantie
AMETEK				
Mg 4	○	✓	✓ P	1 an
GN 5P	✓	○	✓ P	2 ans
GN 5	✓	○	✓ P	2 ans
P-2500	○	✓	✓ P	1 an
Alpha-2	○	○	✓ P	6 mois
GILIAN				
Gil-Air	✓	✓	✓ P&B	1 an
GilAir5	✓	✓	✓ P&B	1 an
LFS 113	✓	○	✓ P&B	1 an
MSA				
Flow lite ET	○	✓	✓ P	1 an
Flow lite Pro	○	✓	✓ P	1 an
SKC				
PCXR7	✓	✓	✓ P&B	1 an
Airchek 50	○	✓	✓ P	1 an
LF 222-3	○	○	✓ P	1 an
(1) : P = UL sur pompe B = UL sur bloc d'alimentation				
Remarque: ✓ = conforme ○ = non-conforme				

3.1.2 Critères mécaniques

Pour les critères mécaniques, on retrouve également une description du critère et les résultats observés pour l'ensemble des pompes. Les résultats individuels sont présentés aux tableaux 6 à 10.

1) Plage d'utilisation du débit

Description : Le débit de la pompe doit s'ajuster entre 25 et 500 mL/min pour une pompe à bas débit, entre 1000 à 2000 mL/min pour une pompe à haut débit et entre 5 et 200 mL/min pour les pompes à bas débit seulement.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère (Tableau 6).

Tableau 6 : Critères mécaniques - Plage de débits

Pompe		Mode bas débit		Mode haut débit	
		min.	max.	min.	max.
Ametek	Mg 4	5	1000	1000	4000
	Gn 5	1	500	500	5000
	Gn 5P	1	500	500	5000
	P-2500	--	--	300	2500
	Alpha	5	50	50	200
Gilian	Gil-Air (1) (2)	5	300	500	3000
		1	500	--	--
	GilAir5 (1) (2)	5	500	500	5000
		1	750	--	--
	LFS 113 (1) (2)	5	200	--	--
		1	350	--	--
MSA	Flow-lite ET	100	500	500	3500
	Flow-lite PRO	100	500	500	3500
SKC	PCXR7	1	750	750	5000
	Airchek 50	--	--	500	3500
	LF 222-3	50	200	--	--
Remarques: (1) pompe avec module à débit constant (2) pompe avec module à pression constante -- = aucun résultat					

2) Uniformité du débit et autonomie de la pompe

Description : Le débit de la pompe ne doit pas varier de plus de $\pm 5\%$ du point d'ajustement pendant au moins huit (8) heures sous les conditions suivantes :

Débit (mL/min)	Température (°C)	Chute de pression (cm H ₂ O)	Durée de l'essai (heures)
200	-15	51	8
	+25	51	8
	+45	51	8
2000	-15	51	8
	+25	51	8
	+45	51	8

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes Mg 4, Gilair, Flow-lite ET et LF 222-3 (Tableau 7).

Fabricant	Modèle	T° d'essai	Test de 8 heures	Chute de pression *	Débit variation ± 5 % (max)	Avec pile			
						T° d'essai	Test de 8 heures	Chute de pression *	Débit variation ± 5 % (max)
Ametek	Mg 4	-15°C	✓	51	✓	-15°C	○	51	○
		+45°C	✓	51	✓	+25°C	○	51	○
	Gn 5	-15°C	--	51	--	-15°C	--	51	--
		+45°C	--	51	--	+25°C	--	51	--
	Gn P5	-15°C	--	51	--	-15°C	--	51	--
		+45°C	--	51	--	+25°C	--	51	--
P-2500	-15°C	✓	51	✓	-15°C	✓	51	✓	
	+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓	
Alpha-2	0°C	✓	10	✓	0°C	✓	51	✓	
	+45°C	✓	10	✓	+25°C	✓	51	✓	
Gil-Air	-15°C	✓	51	✓	-15°C	○	51	✓	
	+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓	
GilAir5	-15°C	✓	51	✓	-15°C	✓	51	✓	
	+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓	
LFS 113	-15°C	--	51	--	-15°C	--	51	--	
	+45°C	--	51	--	+25°C	--	51	--	
MSA	Flow-lite ET	-15°C	✓	51	✓	-15°C	○	51	○
		+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓
MSA	Flow-lite PRO	-15°C	✓	51	✓	-15°C	✓	51	✓
		+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓
SKC	PCXR7	-15°C	✓	51	✓	-15°C	✓	51	✓
		+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓
SKC	Airchek 50	-15°C	✓	51	✓	-15°C	✓	51	✓
		+45°C	✓	51	✓	+25°C	✓	51	✓
SKC	LF 222-3	0°C	✓	10	○	0°C	○	10	○
		+45°C	✓	10	○	+25°C	--	51	--

Remarque: ✓ = conforme ○ = non-conforme -- = aucun résultat * = cm d'eau

Note: pour les modèles où plus d'une pompe a été évaluée, la note ○ a été retenue; si une des pompes était non conforme = (voir T8)

3) Maintien du débit réel en fonction de la température

Description : Le débit de la pompe ne doit pas varier de $\pm 5 \%$ du point d'ajustement à 25°C lorsque la température varie entre -15°C et +45°C avec une chute de pression de 51 centimètres d'eau, à 200 et 2000 mL/min.

Résultat : Les pompes Gn5, Gil-Air et Flow-lite ET rencontrent ce critère (Tableau 8).

Tableau 8 : Critères mécaniques - Débits en fonction de la température

Essais à 2000 cc/min		Maintien du débit réel en fonction de la température							
		S = débit normalisé R = débit réel	-15	-5	5	15	25	35	45
Ametek	Mg 4	S	○	○	○	✓	A	✓	○
		R	○	○	○	○	A	○	○
	Gn 5	S	○	○	✓	✓	A	○	○
		R	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓
	Gn 5P	S	--	--	--	--	--	--	--
R		--	--	--	--	--	--	--	
P-2500	S	✓	○	○	✓	A	○	○	
	R	○	○	○	○	A	✓	✓	
Alpha-2	S	--	--	--	--	--	--	--	
	R	--	--	--	--	--	--	--	
Gilian	Gil-Air	S	○	○	○	✓	A	✓	○
		R	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓
	GilAir5	S	○	○	○	○	A	✓	○
R		○	✓	✓	✓	A	✓	✓	
LFS 113	S	--	--	--	--	--	--	--	
	R	--	--	--	--	--	--	--	
MSA	Flow-lite ET	S	○	○	○	✓	A	✓	✓
		R	✓	✓	✓	✓	A	✓	✓
Flow-lite PRO	S	○	○	○	○	A	○	○	
	R	○	○	✓	✓	A	✓	✓	
SKC	PCXR7	S	○	✓	✓	✓	A	✓	✓
		R	○	○	✓	✓	A	✓	✓
	Airchek 50	S	○	✓	✓	✓	A	✓	✓
R		○	○	○	✓	A	✓	○	
LF 222-3	S	--	--	--	--	--	--	--	
	R	--	--	--	--	--	--	--	

Remarque : ✓ = conforme ○ = non-conforme -- = aucun résultat A = Ajustement
Note : pour les modèles où plus d'une pompe ont été évaluées, la note ○ a été retenue si une des pompes était non conforme.

Tableau 8a : Critères mécaniques - Classification selon le mode de débit.

Pompes type débit volumique		
Pompes Modèles	Étalonnage	
	Hors site	Sur le site
GN5 Gil-Air GilAir5 Flow Lite ET	1,4,5 1,4,6 1,4,7	1,3,5 1,3,6 1,3,7
Pompes type débit massique		
PCXR7 Airchek 50	2,4,5 2,4,6 2,4,7	2,3,5 2,3,6 2,3,7
Pompes type débit non classifié		
Mg 4 P-2500 Flow Lite PRO	Non recommandé	2,3,5 2,3,6 2,3,7
Q = Débit (L/min) P = Pression (mm Hg) T = Température (°K)	m = Conditions de la courbe d'étalonnage du rotamètre n = Conditions à 298°K et 760 mm Hg é = Conditions au site d'échantillonnage	c = Conditions au site d'étalonnage débm = Débit étalon du débitmètre de masse
1 = Pompes type débit volumique 3 = sur le site d'échantillonnage 5 = Débitmètre à bulles 7 = Débitmètre de masse		2 = Pompes type débit massique 4 = hors du site d'échantillonnage 6 = Rotamètre
$Q_n = Q_c (P_c/T_c) (T_n/P_n)$ $Q_n = Q_m ((P_c/T_c) (T_n/P_n))^{1/2}$ $Q_n = Q_c (P_c/T_c) (T_n/P_n)$ $Q_n = Q_m ((T_n/P_n) (T_c/P_c))^{1/2} (P_c/T_c)$ $Q_n = Q_{débm} (P_c/T_c) (T_c/P_c)$ $Q_n = Q_c (P_c/T_c) (T_n/P_n)$ $Q_n = Q_m ((P_c/T_c) (T_n/P_n))^{1/2}$ $Q_n = \text{Aucune correction}$		$= 1,3,5 = 2,3,5$ $= 1,3,6 = 2,3,6$ $= 1,4,5$ $= 1,4,6$ $= 1,4,7$ $= 2,4,5$ $= 2,4,6$ $= 2,4,7 = 2,3,7 = 1,3,7$

4) Pulsations

Description : L'irrégularité du débit due aux pulsations aura une fréquence fondamentale supérieure à 20 Hz.

Résultat : Les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes Gn 5 & Gn 5P.

5) Niveau de pression sonore

Description : Le niveau de pression sonore en dB(A) le plus élevé enregistré à l'une des six (6) faces de la pompe, ne doit pas dépasser 60 dB(A) lorsque le microphone est placé à 61 cm, que la restriction appliquée est de 51 cm d'eau pour la pompe à haut débit et de 3 cm pour celle à bas débit.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère (Tableau 9).

Tableau 9 : Critères mécaniques - Niveaux de pression sonore

Pompe	Débit L/min	Valeur minimale dB(A)	Valeur maximale dB(A)
Ametek			
Mg 4	2,03	56,4	59,7
Gn 5 & 5P	2,01	49,6	53,5
P-2500	2,02	47,0	51,9
Alpha-2	0,208	29,5	38,8
Gilian			
Gil-Air	2,02	52,7	56,2
Gilair5	2,01	52,3	57,7
LFS 113	0,200	47,0	51,0
MSA			
Flow-lite ET	2,03	46,2	49,5
Flow-lite PRO	2,02	52,2	57,6
SKC			
PCXR7	2,03	48,9	54,5
Airchek 50	2,01	54,4	60,0
LF 222-3	0,208	39,5	43,0

6) Sortie d'air externe

Description : La pompe doit être munie d'un raccord de sortie d'air et fournir un débit égal ou supérieur à la moitié du débit à la tête d'échantillonnage.

Résultat : Toutes les pompes rencontrent ce critère sauf les pompes P-2500 et Airchek 50 (Tableau 10).

Tableau 10 : Critères mécaniques - Sortie d'air externe

AMETEK	Mg 4	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
	Gn 5	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
	Gn 5P	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
	P-2500	○	aucune sortie extérieur possible
	Alpha-2	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
GILIAN	Gil-Air	✓	avec l'ajout d'un adaptateur, mode haut débit seulement
	GilAir5	✓	avec l'ajout d'un adaptateur, mode haut débit seulement
	LFS 113	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
MSA	Flow-lite ET	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
	Flow-lite PRO	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
SKC	PCXR7	✓	avec l'ajout d'un adaptateur
	Airchek 50	○	aucune sortie extérieur possible
	LF 222-3	✓	toujours en position
remarque: ✓ = conforme ○ = non-conforme			

3.2 Validation des spécifications et évaluation des composantes et options

Le deuxième ensemble de paramètres regardés concerne les composantes et les différentes options des pompes. Dix critères ont été regardés soit la compensation pour une chute de pression, la minuterie à affichage à cristaux liquides, le détecteur de blocage du débit, l'indicateur de la capacité du bloc d'alimentation, la pause d'échantillonnage, la programmation (temps d'arrêt et échantillonnage intermittent), le chargeur multiple, le collecteur multiple, le support à cassette et la sortie d'air extérieur.

L'évaluation de ces critères est rapportée au tableau 11 pour chacune des pompes.

3.3 Évaluation du manuel d'utilisation

Les manuels d'utilisation des manufacturiers doivent décrire de façon adéquate les fonctions, les options et les avantages de l'instrument en question. Un manuel complet doit inclure des instructions pour la révision, l'utilisation, la réparation et l'entretien de la pompe.

Le manuel est évalué à l'aide d'un examen de trente (30) questions. Chacune des questions est cotée de 0 à 2 points (0 = insatisfaisant, 1 = passable et 2 = satisfaisant), puis le tout cumulé pour un total, lui-même subdivisé en trois (3) catégories : 54 points et plus, excellent; 36 à 53 points, adéquat; et 35 points et moins, pauvre.

Les résultats de l'évaluation du manuel d'utilisation sont rapportés au tableau 12.

Tableau 11 : Composantes et options

Validation des spécifications et évaluation des composantes et options										
Pompe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ametek										
Mg 4	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓
Gn 5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
P-2500	✓	○	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	○
Alpha-2	✓	○	○	○	○	○	✓	✓	--	✓
Gilian										
Gil-Air	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
GilAir5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LFS 113	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	--	✓
MSA										
ET	✓	○	✓	○	○	○	✓	○	✓	✓
PRO	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	○	✓	✓
SKC										
PCXR7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
AC-50	✓	○	○	○	○	○	✓	✓	✓	○
LF 222-3	○	○	○	○	○	○	○	✓	--	✓
Remarque: ✓ = conforme ○ = non-conforme -- = aucun résultat										

- 1 - Compensation pour une chute de pression
- 2 - Minuterie à affichage à cristaux liquides
- 3 - Détecteur de blocage du débit
- 4 - Indicateur de la capacité du bloc d'alimentation
- 5 - Pause d'échantillonnage

- 6 - Programmation (temps d'arrêt et échantillonnage intermittent)
- 7 - Chargeur multiple
- 8 - Collecteur multiple
- 9 - Support à cassette
- 10 - Sortie d'air extérieur

Tableau 12 : Évaluation du manuel d'utilisation

	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5 Identification				
					A	B	C	D	E
Ametek									
Mg 4	0	2	2	1	2	2	0	1	0
Gn 5	0	2	2	1	2	2	0	1	0
Gn 5P	0	2	2	1	2	2	0	1	0
P-2500	0	2	2	1	2	2	0	1	0
Alpha-2	0	1	2	1	2	2	0	1	0
Gilian									
Gil-Air	0	1	2	2	2	2	0	1	0
GilAir5	0	2	2	2	2	2	0	1	0
LFS 113	0	1	2	1	2	2	0	1	0
MSA									
Flow-lite ET	1	2	2	2	2	2	0	1	1
Flow-lite PRO	1	2	2	2	2	2	0	1	1
SKC									
PCXR7	0	2	2	2	2	2	0	1	0
Airchek 50	0	2	2	2	2	2	0	1	0
LF 222-3	0	2	2	2	2	2	0	0	1

#1 - Qualité du français

#2 - Mise à jour du manuel

#3 - Spécificité du manuel

#4 - Sections spécifiques pour révision, utilisation, réparation et entretien

#5 - Identification :

A - Modèle

B - Coordonnées du manufacturier

C - Coordonnées du représentant

D - Coordonnées du centre de réparation

E - Tableau de données

Tableau 12 : Évaluation du manuel d'utilisation (suite)

	# 6 Description										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Ametek											
Mg 4	2	1	2	0	1	2	2	1	1	1	0
Gn 5	2	1	2	1	2	0	2	1	1	1	0
Gn 5P	2	1	2	1	2	0	2	1	1	1	0
P-2500	2	0	2	0	1	2	2	1	1	0	0
Alpha-2	2	1	2	0	1	2	2	1	1	0	0
Gilian											
Gil-Air	2	1	2	2	2	2	2	2	2	0	1
GilAir5	2	1	2	2	2	2	2	2	2	0	1
LFS 113	2	2	2	0	2	2	1	2	2	0	1
MSA											
Flow-lite ET	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2
Flow-lite PRO	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2
SKC											
PCXR7	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
Airchek 50	2	1	1	0	0	2	2	1	0	0	0
LF 222-3	2	0	1	1	0	2	2	1	1	1	0

#6 - Caractéristiques de la pompe :

- A : plage d'utilisation
- B : qualificatif du débit
- C : conditions environnementales d'utilisation
- D : bloc d'alimentation
- E : type de chargeur
- F : approbation sécuritaire
- G : garantie
- H : caractéristiques particulières
- I : système pneumatique
- J : système électrique
- K : schéma pneumatique

Tableau 12 : Évaluation du manuel d'utilisation (suite)

	# 7 Utilisation						# 8 Dépannage				Total	Cote
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D		
Ametek												
Mg 4	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	31	P
Gn 5	1	0	1	1	2	2	1	1	0	1	33	P
Gn 5P	1	0	1	1	2	2	1	1	0	1	33	P
P-2500	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	33	P
Alpha-2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	30	P
Gilian												
Gil-Air	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	38	A
GilAir5	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0	39	A
LFS 113	0	0	2	1	1	1	2	1	0	1	34	P
MSA												
Flow-lite ET	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	50	A
Flow-lite PRO	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	50	A
SKC												
PCXR7	0	2	1	2	2	2	2	2	0	2	46	A
Airchek 50	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	25	P
LF 222-3	1	0	1	1	1	1	2	0	1	2	32	P

#7 - Utilisation et entretien

A : outils nécessaires

B : procédures de révision et schéma de montage

C : procédures d'étalonnage et schéma de montage

D : procédures d'entretien

E : accessoires disponibles

F : procédures d'utilisation des accessoires

#8 - Dépannage

A : procédure

B : schéma physique

C : schéma électrique

D : pièces de rechange

Cote

E = excellent

A = adéquat

P = pauvre

4.0 Conclusions

La première observation qui découle des essais faits sur les différents modèles de pompes concerne la variation du débit en fonction de la température et de la pression.

Toutes les pompes sont conçues pour compenser le volume (lorsque l'on applique une restriction inférieure à 52 cm d'eau) et maintenir celui-ci à l'intérieur de la spécification générale qui est de $\pm 5 \%$ du débit d'ajustement à une température et une pression constante. Cependant lorsque l'on varie soit la température, soit la pression ou soit les deux à la fois et que la restriction approche les limites d'opération de la pompe, il devient impossible de maintenir le débit réel constant. Certaines pompes ont des écarts de plus de 20 % du débit initial.

En utilisant la formule des gaz parfaits, il en découle qu'une variation de température $\pm 15^\circ\text{C}$ de la condition initiale fait varier le débit initial de $\pm 5 \%$.

Dans cette évaluation, lorsqu'on mesure le débit à -15°C , selon la formule des gaz parfaits, le débit a varié de 13,5 % du débit réel ajusté à 25°C . Donc pour maintenir un débit réel constant à $\pm 5 \%$, les pompes devraient être munies d'un système de détection et de compensation pour la température.

Le problème devrait être identique avec les variations de la pression barométrique puisque dans la formule des gaz parfaits on tient compte de la température et de la pression.

Ces résultats montrent donc combien il est important lorsque cela est possible, d'ajuster les pompes sur le site d'échantillonnage plutôt que dans le laboratoire notamment si les écarts de température et de pression barométrique entre les deux sites sont importants.

La deuxième observation concerne l'alimentation de ces pompes. Le coût de remplacement d'une batterie sur une pompe représente souvent plus de 20 % du coût d'achat initial. C'est pourquoi il est important de bien choisir le chargeur. Plusieurs fabricants devraient remplacer leurs chargeurs par les nouveaux modèles automatiques. Ils ont l'avantage de prolonger la vie des batteries en évitant la surcharge et permettent à l'utilisateur d'optimiser le rendement de leur pompe en évitant d'avoir à toujours décharger la batterie avant de la recharger pendant 14 heures.

5.0 Recommandations

De façon générale, les manufacturiers devraient porter une attention particulière lors du contrôle de qualité à l'ajustement des contrôles de compensation. Toutes les pompes reçues pour évaluation avaient besoin d'être ajustées.

Des améliorations spécifiques pourraient être apportées aux différents modèles de pompes. Elles se résument ainsi :

- | | | |
|------------------|---|--|
| Ametek - Mg 4 | - | augmenter la puissance de la batterie. Le courant tiré par la pompe à 51 cm d'eau ne permet pas une autonomie de huit heures |
| | - | remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique ¹ |
| | - | ajouter une trappe à liquide |
| | - | diminuer sa sensibilité aux variations de température |
| | | |
| Ametek - Gn 5(P) | - | rendre la pompe en pression positive |
| | - | très bonne pompe pour poste fixe mais dépasse les critères de poids et dimensions si on l'utilise pour échantillonnage personnel |
| | | |
| Ametek - P-2500 | - | ajouter un rotamètre pour visualiser le débit |
| | - | remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique |
| | - | ajouter une trappe à liquide |
| | - | ajouter une sortie d'air |
| | | |
| Ametek - Alpha-2 | - | remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique |
| | - | ajouter une trappe à liquide |
| | | |
| Gilian - Gil-Air | - | graduer l'échelle du rotamètre au 250 mL/min maximum |
| | | |
| Gilian - GilAir5 | - | graduer l'échelle du rotamètre au 250 mL/min maximum |
| | | |
| Gilian - LFS 113 | - | protéger par un couvercle l'interrupteur et la vis d'ajustement du débit |
| | - | ajouter un indicateur de débit |

¹ Voir texte page 38, 2^e paragraphe

- MSA - Flow lite ET** - rendre la fiche de raccordement du chargeur conforme
- ajouter une trappe à liquide
 - remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique
- MSA - Flow Lite PRO** - protéger par un couvercle l'interrupteur et la vis d'ajustement du débit
- rendre la fiche de raccordement du chargeur conforme
 - ajouter une trappe à liquide
 - remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique
- SKC - PCXR7** - modifier le système de compensation du débit pour que le comportement de la pompe devienne plus volumique
- SKC - Airchek 50** - rendre la fiche de raccordement du chargeur conforme
- ajouter une trappe à liquide
 - remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique
 - ajouter un débitmètre
 - ajouter une sortie d'air
- SKC - LF 222-3** - rendre la fiche de raccordement du chargeur conforme
- remplacer le chargeur actuel par un modèle automatique
 - ajouter une sortie d'air
 - protéger l'interrupteur

Suite à l'évaluation des manuels d'instructions, les points suivants amélioreraient grandement la qualité de ceux-ci :

- Traduction en français (souvent disponible mais que n'offre pas le représentant)
- Nom, adresse et numéro de téléphone du représentant et du centre de réparation le plus proche
- Tableau pour inscrire le numéro de série, modification, date d'achat, etc
- Qualificatif du débit de la pompe (volumique ou massique)
- Description des systèmes pneumatique et électrique et leurs schémas
- Procédure de dépannage et/ou réparation
- Liste complète des pièces de rechange

- Liste des accessoires optionnels et procédures d'utilisations

Le résumé des observations est présenté au tableau 13 et devrait permettre aux acheteurs éventuels d'éclairer leur choix.

Les critères suivants doivent être considérés lors du choix du modèle de base de pompes :

1) La ou les gammes de débits. Les pompes les plus utilisées couvrent deux gammes de débits : les bas débits inférieurs à 500 cc/min et les hauts débits supérieurs à 500 cc/min. Certains modèles peuvent faire les deux gammes.

2) Le ou les modes de contrôle des débits. Il existe deux modes : débit constant ou pression constante. Les pompes à débit constant sont conçues pour compenser les variations de perte de charge dans les limites spécifiées par le fabricant. Ce mode constant est utilisé dans les deux gammes de débits. L'ajustement du débit se fait à l'intérieur de la pompe en utilisant un potentiomètre ou un pointeau. Les pompes à pression constante sont conçues pour maintenir une pression interne constante. Ce mode est utilisé seulement dans la gamme bas débit. L'ajustement du débit se fait à l'extérieur de la pompe avec une valve. Le débit demeurera constant aussi longtemps que la restriction ne sera pas changée.

3) Le mode de débit. Il existe deux modes : volumique ou massique. Avant de pouvoir classer une pompe dans la catégorie pompe volumique ou massique, il faut faire une distinction entre un volume d'air constant (débit volumique) et une masse constante d'air (débit massique).

Prenons le cas où le déplacement du piston d'une pompe entraîne 1 cc d'air. Lorsque le piston aura été déplacé mille fois, le volume réel sera de 1000 cc ou un litre. Lorsqu'on répétera la même expérience à différentes températures et pressions, le volume réel déplacé sera toujours de un litre. Une pompe à débit volumique garde un débit réel constant.

Tableau 13 : Résumé des observations

Modèle	Dimensions	Poids	Interrupteur	Ajustement du débit	Bloc d'alimentation	Agrafe à la ceinture	Fiche de raccordement du chargeur	Indicateur de débit	Trappe à liquide	Filtre à poussière	Chargeur	Sortie d'air interne	Protection contre radio-fréquences	Approbation sécuritaire	Garantie	Mode bas débit	Mode haut débit	Débit constant (source de courant)	Débit constant (batterie)	Variation de la température	Pression sonore	Sortie d'air externe	Evaluation du manuel d'utilisation	
AMETEK																								
Mg 4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	○	✓	○	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	P	
Gn 5 et Gn 5P	○	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	○	✓	○	○	✓	✓	○	P	
P-2500	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	○	✓	○	✓	○	○	○	✓	○	○	✓	○	P	
Alpha-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	○	○	○	✓	○	○	○	○	○	○	✓	○	P	
GILIAN																								
Gil-Air	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	✓	A
GilAir5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	A
LFS 113	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	○	○	○	○	✓	✓	✓	P
MSA																								
Flow lite ET	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	○	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	✓	A
Flow lite PRO	✓	✓	○	○	✓	○	○	✓	○	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	A
SKC																								
PCXR7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	✓	✓	✓	A
Airchek 50	○	✓	✓	✓	✓	✓	○	○	○	✓	○	✓	✓	✓	✓	○	✓	✓	○	○	✓	○	○	P
LF 222-3	○	✓	○	✓	✓	✓	○	○	○	○	○	○	○	✓	✓	✓	○	○	○	○	✓	✓	✓	P
Remarques: ✓ = conforme ○ = non-conforme - = aucun résultat E = Excellent A = Adéquat P = Pauvre																								

Reprenons le même exemple et cette fois gardons la masse constante (densité). Si les conditions de température et de pression demeurent les mêmes, la masse restera stable pour le même déplacement du piston. Si au contraire il y a variation d'un ou des deux paramètres, il faudra augmenter ou diminuer la vitesse de déplacement (varier le débit volumique) pour maintenir une masse constante. Une pompe à débit massique doit nécessairement posséder un ou des senseurs (température et/ou pression) pour maintenir la masse (densité) constante.

Le problème devient plus complexe lorsqu'il faut classer une pompe. Est-elle volumique ou massique? Selon les résultats du tableau 8, tous les modèles utilisés lors des essais à 2000 cc/min ont gardé un volume constant lors de la variation de température donc volumiques. Cependant, certains modèles qui n'ont pas de senseurs de température ou de pression se comportent comme des pompes massiques. Ces modèles devraient être étalonnés sur le site d'échantillonnage. Il ne faut pas oublier de vérifier les spécifications d'opération minimum et maximum (température et pression) données dans le manuel d'instructions.

Dans cette étude, les effets de variation de la température sur le débit des pompes à bas débit utilisées en mode pression constante, n'ont pas été considérés. Puisque le débit est fonction de la perte de charge, lorsqu'on utilise une pompe à bas débit avec le mode pression constante, le débit doit être mesuré sur le site d'échantillonnage au début, pendant et à la fin de tout échantillonnage.

Les fabricants utilisent des composantes électroniques, mécaniques et pneumatiques pour corriger l'effet d'une perte de charge dans le mode pression constante. Lorsque les composantes sont bien ajustées, les pompes répondent selon les valeurs indiquées dans les manuels d'instructions.

4) Le modèle de chargeur. Il existe présentement trois modèles de chargeurs pour les piles Ni-Cd : manuel, manuel avec courant d'appoint et automatique.

Dans le cas de l'utilisation d'un chargeur manuel, il faut premièrement décharger la batterie à sa valeur minimale (la pompe s'arrêtera automatiquement à cette valeur). Après 16 heures de recharge, il faut débrancher le chargeur pour éviter la surcharge de la batterie.

Avec le chargeur manuel avec courant d'appoint, il faut également décharger la batterie à sa valeur minimale. Avant de relier le chargeur à la batterie, il faut d'abord brancher le

chargeur sur le secteur, appuyer sur le bouton pour remettre la minuterie à zéro et finalement le relier à la batterie. Le chargeur rechargera la batterie durant 14 à 16 heures et passera automatiquement après ce délai en courant d'appoint. Il maintiendra la charge au maximum tout en évitant la surcharge même lorsque la batterie demeure branchée. S'il devait y avoir panne de courant, le chargeur recommencerait à l'une ou l'autre des positions (charge ou courant d'appoint) indépendamment de sa position lors de l'interruption de courant. Dans ce cas, il serait préférable de recommencer l'opération.

Avec le chargeur automatique, peu importe l'état initial de la batterie, il la rechargera jusqu'à sa valeur maximale et la maintiendra dans cet état tant qu'il est en fonction. Le temps de recharge peut varier entre 5 minutes et environ 4,5 heures selon l'état initial de la batterie. Son fonctionnement n'est pas affecté par une panne de courant.

5) Le modèle de débitmètre. Il existe principalement quatre modèles de débitmètres portatifs : burette, bullomètre, rotamètre et à fils chauds.

Dans le cas de la burette, il faut mesurer à l'aide d'un chronomètre le temps en minutes que prend une bulle pour se déplacer dans un volume connu. Le débit mesuré est aux conditions actuelles de pression et de température. Pour corriger aux conditions normales, il faut utiliser les formules rapportées dans le Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail (9).

Dans le cas du bullomètre, une bulle passe entre deux détecteurs placés à l'extérieur d'un tube et le temps de passage est calculé par un système électronique. Un affichage numérique indique le débit. Le débit est mesuré aux conditions actuelles de pression et de température. Il faut également corriger pour les conditions normales (9).

Pour le rotamètre, une bille de verre ou de métal se déplace librement dans un tube conique. L'air en se déplaçant du bas vers le haut entraîne la bille et la supporte dans le tube. Le débit est mesuré à partir de la position de la bille par rapport à l'échelle graduée. L'échelle du rotamètre doit être étalonnée avec un débit standard de référence. Les mêmes corrections de volume s'appliquent (9).

Pour le débitmètre à fil chaud, l'air en passant dans un conduit absorbe la chaleur d'un élément. Un circuit électronique convertit cette perte de chaleur en débit. La plupart de ces

débitmètres corrigent en fonction de la température normale 21 ou 25°C et de la pression barométrique normale 760 mm de Hg. Pour connaître le débit actuel, les formules du Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail doivent être utilisées (9).

Avant de choisir un modèle de pompe il faut connaître le modèle de débitmètre qui sera utilisé. Quelques modèles de pompes ne sont pas compatibles avec certains modèles de débitmètres. Le tableau 14 renseigne sur les compatibilités pompes-débitmètres, et les restrictions d'utilisations de certains modèles de débitmètres.

6) Le lieu d'échantillonnage. La connaissance des lieux d'échantillonnage permettra de vérifier s'il y a des interférences de fréquences radio, des risques d'explosions et autres. Plusieurs pompes sont offertes avec un boîtier protégeant contre les interférences de fréquences radio. Concernant les risques d'explosion, il faut s'assurer que les approbations UL soient sur la pompe et sur la batterie.

Ces considérations devraient permettre aux acheteurs éventuels de choisir des équipements qui répondent de façon efficace à leurs besoins.

Tableau 14 : Compatibilité entre les modèles de pompes et débitmètres

Débits cc/min	Pompe à bas débit		Pompe à haut débit		Légende
	Débit constant	Pression constante	Débit constant	Pression constante	
0 - 200	✓	✓		✓*	1- Vérifier les valeurs obtenues. Certains modèles ne sont pas compatibles
500				✓*	
1000			✓	✓	2- Plusieurs sont affectés par les rayons du soleil
1500			✓		3- Le volume à mesurer ne doit pas dépasser 2 fois le volume de la burette
1700			✓		
2000			✓		
2500			✓		4- Les pulsations d'une pompe à bas débit affectent la réponse
DÉBITMÈTRE					
Bullomètre	(1 - 2)	(1 - 2)	(2)	(2)	5- Pour mesurer le débit on doit choisir le rotamètre dont la réponse est la plus près possible du centre de la plage de lecture
Burette	(3)	(3)	(3)	(3)	
à fils chaud	(4)	(4)	✓	✓	
Rotamètre	(5)	(5)	(5)	(5)	
* Certains modèles de pompes à haut débit offrent la possibilité de faire bas et haut débits					

6.0 Références

1. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec. Procédure d'évaluation de pompes personnelles d'échantillonnage, P. Larivière et L. Laliberté. Juin 1988.
2. Ametek. MG-4 air sampler, Operator's Manual, July 1991.
3. Ametek. gn air sampler, Operator's Reference Guide, June 1989.
4. Ametek. 2500 air sampler, Operating Manual, 1979.
5. Ametek. Alpha-2 air sampler, Operating Manual, 1984.
6. Gilian, Manuel de fonctionnement du système Gil-Air à échantillonnage de l'air en débit constant, 1989.
7. Gilian, GilAir5 1cc-5 LPM tri-mode air sampler, operation manual, 1992.
8. Gilian, Manuel d'utilisation de l'échantillonneur d'air à bas débit Gilian LOFS 113D et LFS 113DC, 1990.
9. IRSST Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, août 1992
10. MSA, Flow-Lite sampling pumps, Instruction Manual, 1987.
11. MSA, Flow-Lite ET sampling pumps, Instruction Manual, 1990.
12. SKC, Pompe d'échantillonnage modèle 224-PCXR7, livre d'instructions, août 1992.
13. SKC, Airchek 50, Personal Sample Pumps Models 224-50 and 224-51, operating instructions, août 1991.
14. SKC, Low flow sample pumps 222-series, operating instructions, janvier 1990.