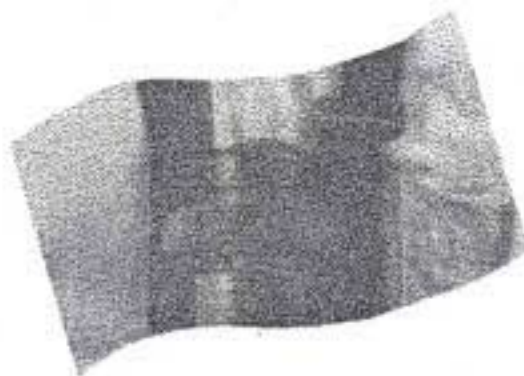


**Évaluation comparative
en milieu de travail
du capteur CIP-10**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Yves Cloutier

Juin 1988

RA-021

RAPPORT



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,

**Détermination
des caractéristiques
acoustiques optimales
des alarmes de recul**

Yves Cloutier
Programme soutien analytique, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Remerciements.....	i
Préface.....	ii
Liste des abréviations.....	iii
1.- Introduction.....	1
2.- Description des systèmes d'échantillonnage.....	3
2.1 CIP 10.....	3
2.2 Systèmes traditionnels avec cyclone 10 mm en nylon....	5
3.- Procédures expérimentales.....	7
3.1 Méthode de pesée et recyclage des mousses.....	7
3.2 Protocole d'évaluation en usine.....	8
4.- Résultats.....	11
4.1 L'alumine.....	17
4.2 Le ciment.....	20
4.3 Le quartz.....	20
4.4 Le bois.....	20
5.- Discussion.....	25
6.- Conclusion.....	31
7.- Prolongements de la recherche.....	31
8.- Références.....	33

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau A : Concentrations respirables et totales pour l'alumine.....	12
Tableau B : Concentrations respirables et totales pour le ciment.....	13
Tableau C : Concentrations respirables et totales pour le quartz.....	14
Tableau D : Concentrations totales pour le bois.....	15
Tableau E : Tableau-synthèse des facteurs comparatifs moyens....	16

LISTE DES FIGURES

Figure I : Schéma du CIP 10 et circuit d'air.....	4
Figure II : Système d'échantillonnage avec cassette.....	6
Figure III : Disposition typique des capteurs en usine.....	9
Figure IV : Concentrations respirables pour l'alumine.....	18
Figure V : Concentrations totales pour l'alumine.....	19
Figure VI : Concentrations respirables pour le ciment.....	21
Figure VII : Concentrations totales pour le ciment.....	22
Figure VIII: Courbe de partage du CIP 10 (Comparaison avec les standard internationaux).....	27
Figure IX : Courbe de partage du cyclone 10 mm américain (Comparaison avec les standard internationaux).....	28
Figure X : Efficacité de la tête d'aspiration du CIP-10 (Comparaison avec les standard internationaux pour les poussières inspirables).....	29

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, nous ont assisté lors de la réalisation de ce projet.

Nous remercions tout particulièrement les entreprises et leurs représentants qui nous ont accueillis et sans l'aide desquels ce projet n'aurait pu être rendu possible.

Nous remercions également les hygiénistes et les techniciens en hygiène industrielle des DSC et CLSC visités, pour avoir facilité nos contacts avec les entreprises et pour l'aide technique qu'ils nous ont apportée lors des échantillonnages.

Nous désirons en particulier remercier, pour leur patience, les différentes secrétaires qui ont participé à la rédaction de ce rapport et M. Guy Perrault pour la qualité de ses conseils et pour l'aide inestimable qu'il nous a fournies lors de la composition de ce rapport.

PRÉFACE

Le capteur CIP-10, qui fait l'objet de la présente étude, est en quelque sorte une version miniaturisée du capteur français de poussières respirables le CPM-3. Il s'impose par ses qualités physiques comme une sérieuse alternative aux techniques de prélèvements des poussières à l'aide des cassettes.

Les solutions qu'il offre à certains problèmes rencontrés lors de l'échantillonnage de poussières, notamment celui de la mauvaise adhésion des particules sur les membranes filtrantes et celui des phénomènes de dépôts sur les parois des cassettes ont rapidement suscité le besoin de le confronter à nos techniques habituelles de prélèvements.

L'évaluation que nous avons faite du nouveau capteur a été orientée vers une optique de développement plutôt que vers une consécration d'un système au profit d'un autre. En effet, il était clair à nos esprits, que cette évaluation à travers laquelle nous devons nous familiariser avec le nouveau capteur et mieux juger de ses différentes possibilités n'avait pas le but de remplacer une technique de prélèvements mais plutôt d'en posséder une autre permettant l'échantillonnage personnel.

Ce rapport présente les résultats de l'évaluation comparative, faite en industrie, entre le capteur CIP-10 et les techniques traditionnelles de prélèvements des poussières totales et respirables avec cassettes et cyclones.

De plus, il contient une série de recommandations sur les diverses possibilités du capteur, qu'il aurait été impossible de faire ou de dégager sans les connaissances sur le nouveau capteur que nous avons acquises au cours de ce projet. Nous espérons qu'elles donneront suite à de futures investigations puisqu'elles constituent en fait les vraies retombées de la présente étude.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CIP	: Capteur individuel de poussières
ACGIH	: American Conference of Government Industrial Hygienist
AEC	: Atomic Energy Commission
HTMI	: Haute technologie mine et industrie
CERCHAR	: Centre d'études et recherche sur les charbonnages de France
INRS	: Institut national de recherche et de sécurité
ISO	: International Standard Organization
BMRC	: British Medical Research Council
MSA	: Mine Safety Appliances
C	: Concentration
M	: Masse
S	: Écart-type
P	: Précision
FC	: Facteur comparatif

1.- INTRODUCTION

Afin d'évaluer le plus précisément possible l'exposition d'un travailleur à un contaminant, il est nécessaire de prélever un échantillon d'air dans sa zone respiratoire (1) à l'aide d'un dispositif de prélèvement. Idéalement, ce dispositif de prélèvement devrait être le plus petit possible et ne pas gêner le travailleur dans l'accomplissement de sa tâche.

Le système d'échantillonnage, utilisé le plus fréquemment pour l'évaluation de la fraction respirable d'un aérosol, consiste en une pompe, assez volumineuse, fixée à la ceinture du travailleur et reliée par un tube flexible à une cassette munie d'un cyclone de 10 mm en nylon du type Dorr-Oliver. Dans ce montage, le cyclone élimine les plus grosses particules ($> 10 \mu\text{m}$) et permet de recueillir sur le filtre de la cassette, placée en aval du cyclone, la fraction respirable des poussières, c'est-à-dire celles qui se seraient déposées au niveau alvéolaire des poumons du travailleur. Rappelons ici que la masse des poussières recueillies, à l'aide d'un cyclone 10 mm en nylon opéré à 1,7 l/min, se rapproche de la fraction respirable calculée d'après la courbe de déposition pulmonaire de l'ACGIH et de l'AEC (2).

Une alternative à cette façon de procéder nous est fournie par un appareil d'échantillonnage français, le CIP-10, mis au point par le CERCHAR (Centre d'études et de recherches de charbonnages de France)

Cet appareil compact et léger apparaît, à prime abord, mieux adapté que le système traditionnel à l'échantillonnage personnel. En effet, ses dimensions restreintes et son poids minimal, permettent de le localiser facilement dans la zone respiratoire d'un travailleur, sans que cela ne nuise apparemment à ses activités.

Des chercheurs du CERCHAR et de l'INRS ont montré que la fraction de l'aérosol retenue au niveau de la mousse rotative de cet appareil, se rapproche de la fraction respirable des poussières calculée selon la courbe d'inspirabilité ISO-B.M.R.C. (3).

L'objectif principal de ce projet est de comparer directement en industrie l'échantillonneur CIP-10 à la technique de prélèvement des poussières respirables utilisant un cyclone et une cassette.

Le deuxième objectif est de vérifier la possibilité d'utiliser en plus le CIP-10 en tant qu'échantillonneur de poussières totales.

Ce deuxième objectif fixé par les apparentes possibilités du nouvel échantillonneur à pouvoir résoudre les problèmes reliés à l'échantillonnage de poussières tel que le bois a été réalisé en le comparant au système pompe cassette.

Les essais qui font l'objet du présent rapport ont porté sur le prélèvement de quatre types de poussières, c'est-à-dire le quartz, le bois, le ciment et l'alumine. Ces essais ont eu lieu dans plusieurs industries afin de mettre en évidence les différents problèmes qui pourraient être reliés à l'utilisation du capteur dans différentes ambiances et pour différentes activités.

Dans chacun des cas, une évaluation systématique de la fraction totale et de la fraction respirable de l'aérosol a été pratiquée, même si en pratique il est d'usage de ne prélever qu'une de ces fractions. Cette façon de procéder a permis de comparer les masses recueillies par les CIP-10 et par les systèmes avec cassettes et ainsi de confronter pondéralement ces deux méthodes de prélèvement des poussières.

2.- DESCRIPTION DES SYSTÈMES D'ÉCHANTILLONNAGE

2.1 CIP-10

L'échantillonneur personnel de poussières CIP-10 est manufacturé actuellement par HTMI en France. Les modèles utilisés dans ce projet pour faire les prélèvements ont été fabriqués par MSA (France). Depuis, certaines modifications ont été apportées au CIP-10 afin d'éviter le colmatage et les pertes de poussières au niveau du sélecteur. Elles consistent essentiellement en une modification de la géométrie du jeu de mousse à ce niveau.

Le CIP-10 (Figure I) consiste en un bloc hexaédrique, contenant un moteur (I-7), un système de régulation (I-9) et deux groupes de trois piles (I-8) disposés de part et d'autre du moteur (4). Ce bloc est surmonté d'une coiffe à géométrie cylindrique qui comporte deux parties détachables.

La première partie, communément appelée sélecteur (I-1), contient une coupelle en plastique servant de gaine à un petit tore en mousse de polyuréthane (I-3), et un bloc cylindrique (I-4) de la même mousse. Ce bloc maintient en place, sur un axe statique, la petite coupelle qui est située à l'entrée du capteur et qui y agit comme impacteur en retenant les plus grosses particules.

La deuxième partie est formée d'un carter cylindrique (I-10), sur lequel vient se visser le sélecteur, et que l'on fixe au bloc-moteur du capteur. Le carter sert de protecteur à une coupelle similaire à celle du sélecteur. Cette coupelle, contenant aussi un tore en mousse (I-5), est fixée directement sur l'axe du moteur (I-7) qui est situé dans la partie hexaédrique de l'appareil. C'est la giration de cette mousse qui génère, par son effet centrifuge, le débit de 10 L/min. caractérisant l'appareil.

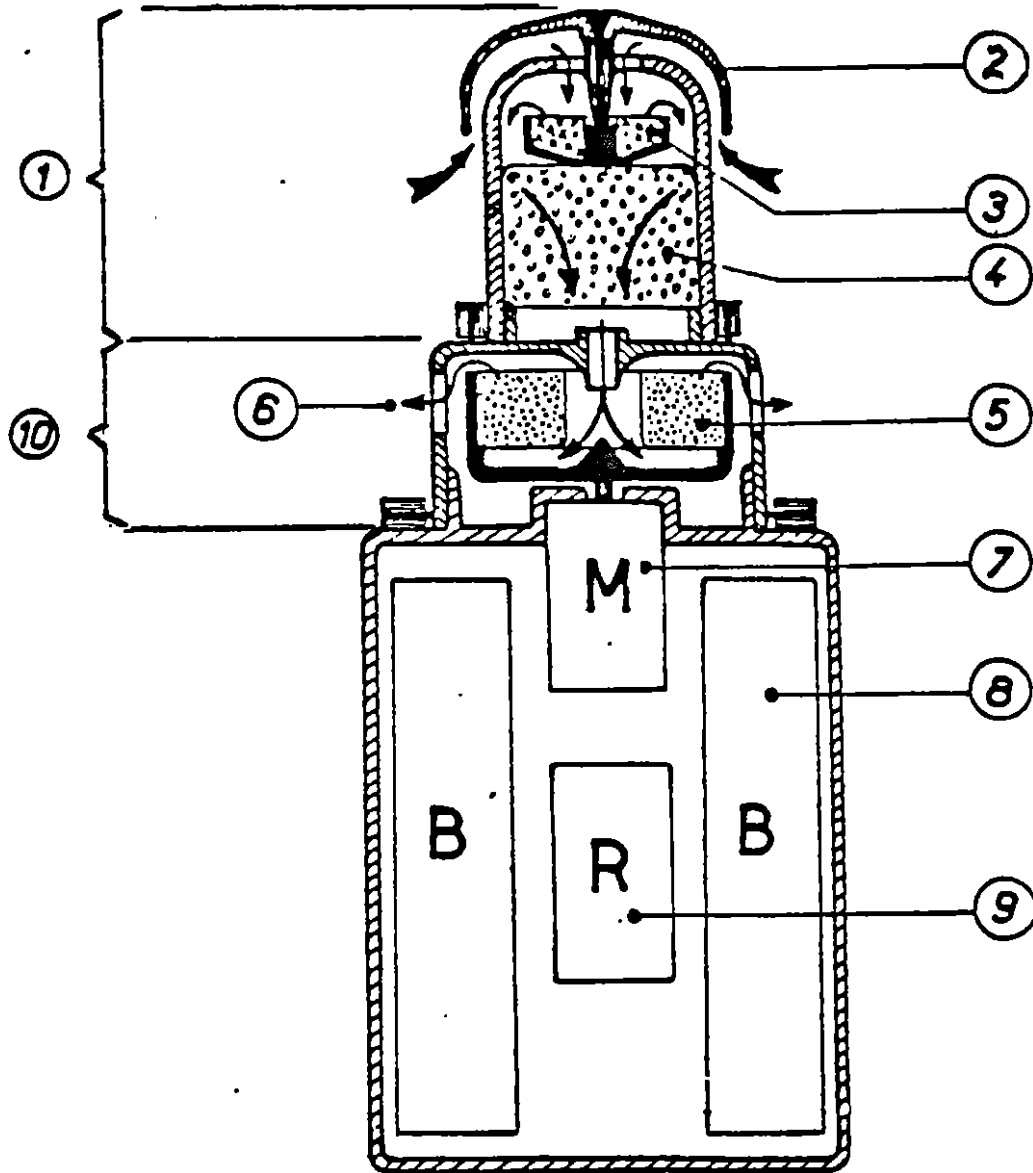


SCHÉMA DU CIP-10 ET CIRCUIT D'AIR

Figure I

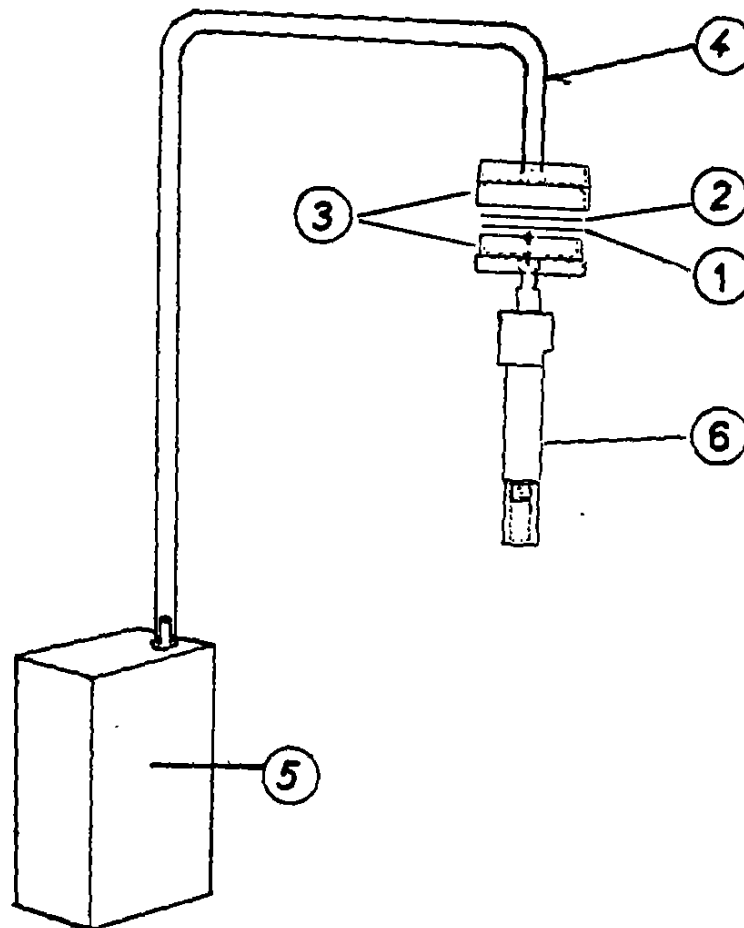
L'aérosol pénètre dans le CIP-10 par des orifices que protège le chapeau (I-2) de l'appareil. Les plus grosses particules de l'aérosol sont éliminées dès leur entrée par impaction en traversant la première coupelle. L'aérosol traverse ensuite le bloc de mousse statique du sélecteur. La fraction restante de l'aérosol traverse alors l'orifice du carter cylindrique, et est entraîné par centrifugation à travers la mousse de la coupelle rotative qui le débarrasse en quasi-totalité de ses particules. L'aérosol résiduel est expulsé de l'appareil par deux fentes (I-6) situées de part et d'autre du carter. La rotation à haute vitesse de la mousse de la coupelle rotative multiplie son pouvoir de filtration et permet ainsi de recueillir la fraction respirable de l'aérosol.

Le CIP-10 recueille les poussières sur des mousses de polyuréthane, plutôt que sur des filtres ou membranes comme dans le cas des échantillonnages avec cassettes.

Il offre de plus la possibilité de laver et recycler les mousses à l'aide d'agents mouillants, et de soumettre la matière recueillie, à partir des eaux de lavage, à une analyse granulométrique comme celle que peut fournir un compteur "Coulter" (4) ou tout autre analyse physico-chimique.

2.2 Systèmes traditionnels avec cyclone 10 mm en nylon

Les systèmes (Figure II) que nous utilisons au Québec (5) pour l'évaluation des différentes fractions d'un aérosol ont comme élément de base une membrane filtrante (II-1). Cette membrane est déposée sur un support (II-2) dans une cassette en plastique (II-3). On relie à l'aide d'un tube (II-4) flexible l'orifice de sortie de cette cassette à une pompe (II-5) qui aspire un débit de 1,0 à 4 litres à la minute. L'autre extrémité de la cassette sert alors d'entrée à l'aérosol dans le cas de l'échantillonnage des poussières totales, ou de point d'attache à un cyclone 10 mm en nylon (II-6) lors du prélèvement de la fraction respirable de l'aérosol. Dans ce dernier cas, le débit de la pompe doit être ajusté à 1,7 L/min.



SYSTÈME D'ÉCHANTILLONNAGE AVEC CASSETTE

Figure II

3.- PROCÉDURES EXPÉRIMENTALES:

3.1 Méthode de pesée et recyclage des mousses

Les systèmes coupelle/mousse et sélecteur/mousses ont été pesés avant et après chaque utilisation selon la procédure décrite dans le manuel d'utilisation du CIP-10.

Afin de minimiser l'effet des variations du poids dues à l'humidité, les ensembles coupelle/mousse et sélecteur/mousse ont été pesés à l'aide d'une balance Sartorius 2001-MP2 précise à 0,1 mg située dans une enceinte close où régnait un taux d'humidité de $10\% \pm 2\%$. Tous les ensembles ont été pesés après avoir séjourné dans cette enceinte durant une période d'au moins 12 heures.

Le poids de l'ensemble coupelle/mousse avant l'utilisation était enregistré sous le nom de pré-pesée. Cette valeur, une fois soustraite du poids après l'utilisation, servait à établir la concentration en poussières respirables en tenant compte de la mesure du volume d'air échantillonné (4). Cette concentration était par la suite comparée à la concentration respirable déterminée à l'aide de la cassette avec cyclone.

De la même façon, le sélecteur était pesé avant et après utilisation, afin de pouvoir déterminer la concentration de poussière recueillie à ce niveau. Cette concentration additionnée à celle du système coupelle/mousse donnait une approximation de la concentration en poussière totale qui était par la suite comparée à la concentration recueillie par cassette fermée sans cyclone.

Un témoin sélecteur et un témoin coupelle ont été associés à chacune des séries de prélèvements. Tel que suggéré dans le manuel de l'utilisateur du CIP-10 (4), les variations pondérales des témoins ont été utilisées pour corriger les résultats des échantillons.

Les filtres utilisés lors de l'échantillonnage à l'aide des cassettes étaient des membranes de chlorure de polyvinyle d'une porosité de 0,8 micron. Ces filtres ont été pesés avant et après échantillonnage selon la méthode appliquée à l'IRSST (5).

Les mousses du CIP-10 ont été recyclées à plusieurs reprises de la façon suivante. Après leur utilisation, les mousses étaient mises à tremper quelques minutes dans un bain aux ultrasons et rincer soigneusement à l'eau courante. Elles étaient par la suite mises à sécher quelques minutes dans un four dont la température était fixée à une valeur entre 50 et 80 degrés centigrade.

Pour chaque prélèvement d'une série d'échantillonnage, les rapports entre les concentrations respirables et totales mesurées

par le CIP-10 et par les cassettes correspondantes ont été calculés et appelés facteurs comparatifs.

Ensuite, pour chaque série d'échantillonnage contenant en moyenne cinq prélèvements, la concentration moyenne et son écart-type ont été calculées de façon à pouvoir évaluer, à partir du nombre de prélèvements, la précision sur la concentration moyenne, et ce pour la fraction respirable et totale de l'aérosol en question.

La précision (P) sur la concentration moyenne a été évaluée à partir de l'écart-type sur la moyenne à l'aide de la relation suivante (6):

$$P(\%) = \frac{\frac{(Se)}{Vn}}{C} \times 100 \%$$

où n : nombre d'échantillons

Se: écart-type

C : concentration moyenne

De plus, lorsque la dispersion des résultats le permettait, nous avons procédé à une analyse de régression linéaire.

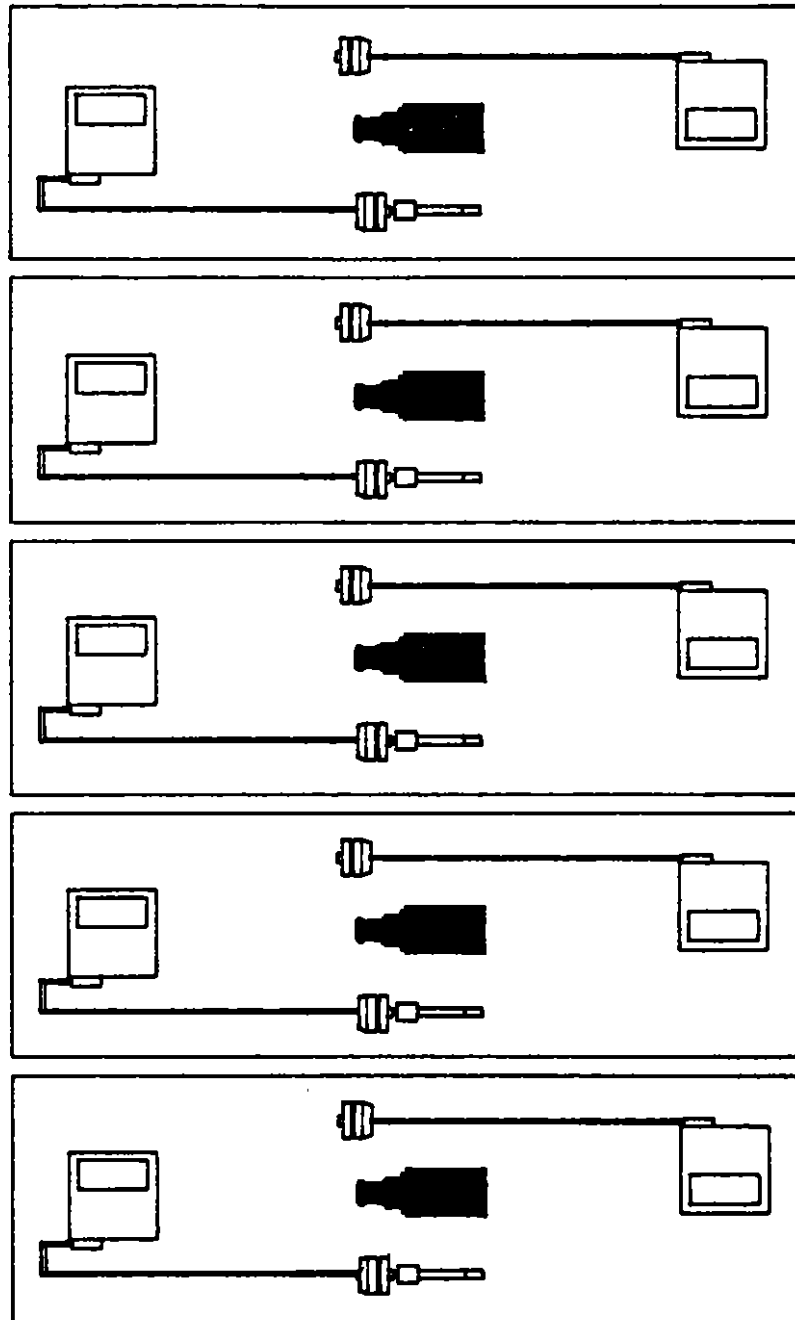
3.2 Protocole d'évaluation en usine

Lors des essais en industrie, cinq CIP-10 et dix pompes ont été utilisés. Chaque journée d'échantillonnage était divisée en deux séances de prélèvement. Durant les prélèvements, chaque CIP-10 était placé en poste fixe, à proximité des systèmes pompe-cassette et pompe-cassette-cyclone correspondants.

Tous les systèmes d'échantillonnage étaient installés en ligne (Figure III) sur une distance approximative de deux mètres. Les cassettes échantillonnant la poussière totale et la poussière respirable étaient disposées de part et d'autre de chacun des CIP-10. Les cassettes qui recueillaient la fraction totale de l'aérosol étaient fermées.

Le débit des pompes et des capteurs CIP-10 a été ajusté en laboratoire avant chaque visite en usine selon les méthodes standard (5).

Six usines ont été visitées lors de la prise des échantillons: trois l'ont été pour le bois, une pour le ciment, une pour l'alumine et une autre pour le quartz.



DISPOSITION TYPIQUE DES CAPTEURS EN USINE

Figure III

4.- RÉSULTATS

La précision des déterminations pondérales effectuées selon le mode indiquée dans le manuel d'opération du CIP-10 est de $\pm 0,2$ mg (4). Il est donc nécessaire, afin d'obtenir une précision de l'ordre de 10% de disposer de prélèvement d'au moins 2 mg. En considérant ce critère de précision, toutes les séries de prélèvements en poussières respirables pour le bois ainsi qu'une des séries de prélèvement de l'alumine ont dû être éliminées parce qu'elles ont recueilli moins de 2,0 mg de poussières. Par conséquent, les résultats en poussières respirables et totales pour l'alumine, le ciment et le quartz sont résumé respectivement aux tableaux A, B et C. Les concentrations en poussières totales de bois apparaissent au tableau D, tandis que le tableau E fait la synthèse des facteurs comparatifs.

TABLEAU A : CONCENTRATIONS RESPIRABLES ET TOTALES POUR L'ALUMINE

POUSSIÈRE RESPIRABLE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	2,9	1,0	20,7	2,9	0,6	12,0	1,0	0,1	7,0
1c	8,1	1,5	8,1	12,9	1,3	4,3	1,6	0,3	9,1
1d	1,2	0,4	16,3	2,0	0,2	4,2	1,8	0,5	12,0

POUSSIÈRE TOTALE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	25,0	8,7	15,4	34,4	3,9	5,1	1,6	0,9	24,7
1b	2,1	0,9	18,9	7,1	1,0	6,5	3,8	1,3	15,6
1c	81,9	14,7	8,0	116,5	7,7	2,9	1,4	0,2	7,0
1d	11,2	4,1	16,2	20,1	1,2	2,6	2,0	0,7	15,1

FC : Facteur comparatif

C : Concentration

Se : Écart-type estimé

P : Précision

TABLEAU B : CONCENTRATIONS RESPIRABLES ET TOTALES POUR LE CIMENT

POUSSIÈRE RESPIRABLE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	11,8	0,5	2,1	18,0	0,7	1,8	1,5	0,1	4,1
1b	13,0	1,1	4,2	19,5	1,0	2,6	1,6	0,1	4,0
2a	5,5	0,3	2,7	6,8	0,3	2,0	1,2	0,1	3,1
2b	1,7	0,1	2,9	1,8	0,03	1,4	1,1	0,1	4,3

POUSSIÈRE TOTALE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	39,1	1,1	1,4	61,2	4,6	3,7	1,6	0,1	1,9
1b	43,9	2,4	2,7	64,6	2,8	2,2	1,5	0,2	5,1
2a	28,3	5,7	10,2	31,9	3,0	4,7	1,2	0,3	11,2
2b	9,6	1,9	10,1	12,4	1,4	5,5	1,4	0,4	13,7

FC : Facteur comparatif
 C : Concentration
 Se : Écart-type estimé
 P : Précision

TABLEAU C : CONCENTRATIONS RESPIRABLES ET TOTALES POUR LE QUARTZ

POUSSIÈRE RESPIRABLE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	2,0	0,2	5,4	2,5	0,2	4,1	1,3	0,1	4,6
1b	2,1	0,3	5,4	2,7	0,2	2,5	1,3	0,1	3,2
1c	2,0	0,3	7,1	2,6	0,1	1,6	1,3	0,2	7,7

POUSSIÈRE TOTALE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	4,7	0,4	3,7	6,4	0,7	4,6	1,4	0,2	7,4
1b	4,9	0,3	2,7	7,2	0,5	2,9	1,5	0,2	6,2
1c	4,9	0,8	7,4	10,0	1,7	7,5	2,1	0,4	8,5

FC : Facteur comparatif
 C : Concentration
 Se : Écart-type estimé
 P : Précision

TABLEAU D : CONCENTRATIONS TOTALES POUR LE BOIS

POUSSIÈRE TOTALE									
SÉRIE	CASSETTE			CIP-10			CIP-10/CASSETTE		
	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	C mg/m ³	Se mg/m ³	P (%)	FC	Se	P (%)
1a	4,0	0,7	11,7	6,1	0,4	3,9	1,5	0,3	12,1
1b	3,4	0,5	6,2	4,7	0,6	5,5	1,4	0,3	8,2
2a	2,6	0,6	10,0	7,9	0,6	3,1	3,2	0,8	10,7
2b	4,2	0,7	6,9	15,2	1,7	5,0	3,7	0,8	9,8
3a	10,6	15,7	73,6	17,2	20,5	65,6	2,1	0,7	17,5
3b	6,4	4,0	28,0	10,4	5,7	24,6	1,7	0,4	11,4

FC : Facteur comparatif
 C : Concentration
 Se : Écart-type estimé
 P : Précision

TABLEAU E: TABLEAU SYNTHÈSE DES FACTEURS COMPARATIFS MOYENS

TYPE DE POUSSIÈRE	FACTEUR COMPARATIF MOYEN			
	POUSSIÈRE TOTALE FC (P)		POUSSIÈRE RESPIRABLE FC (P)	
ALUMINE	2,2	(12,6 %)	1,6	(8,7 %)
CIMENT	1,4	(4,7 %)	1,4	(3,9 %)
QUARTZ	1,6	(6,4 %)	1,3	(3,1 %)
BOIS	2,3	(8,7 %)	---	---

FC : Facteur comparatif

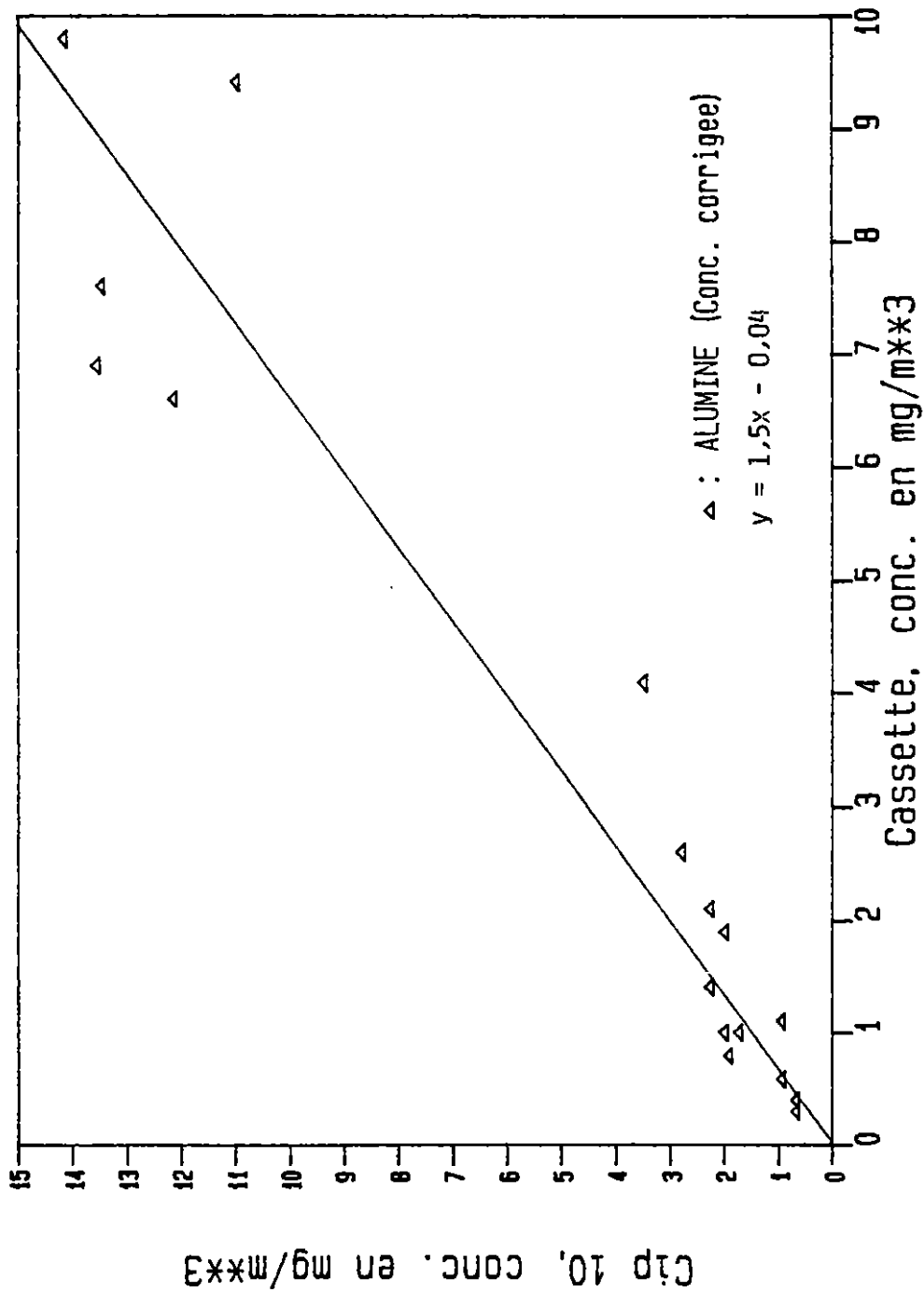
P : Précision

4.1 L'alumine:

Les concentrations en poussières respirables évaluées à l'aide des CIP-10 présentent une précision supérieure aux résultats de concentrations prélevées à l'aide des cassettes comme le démontre le tableau A. Le rapport moyen des concentrations CIP-10/cassette, ou facteur comparatif moyen, est de 1,6 (Tableau E).

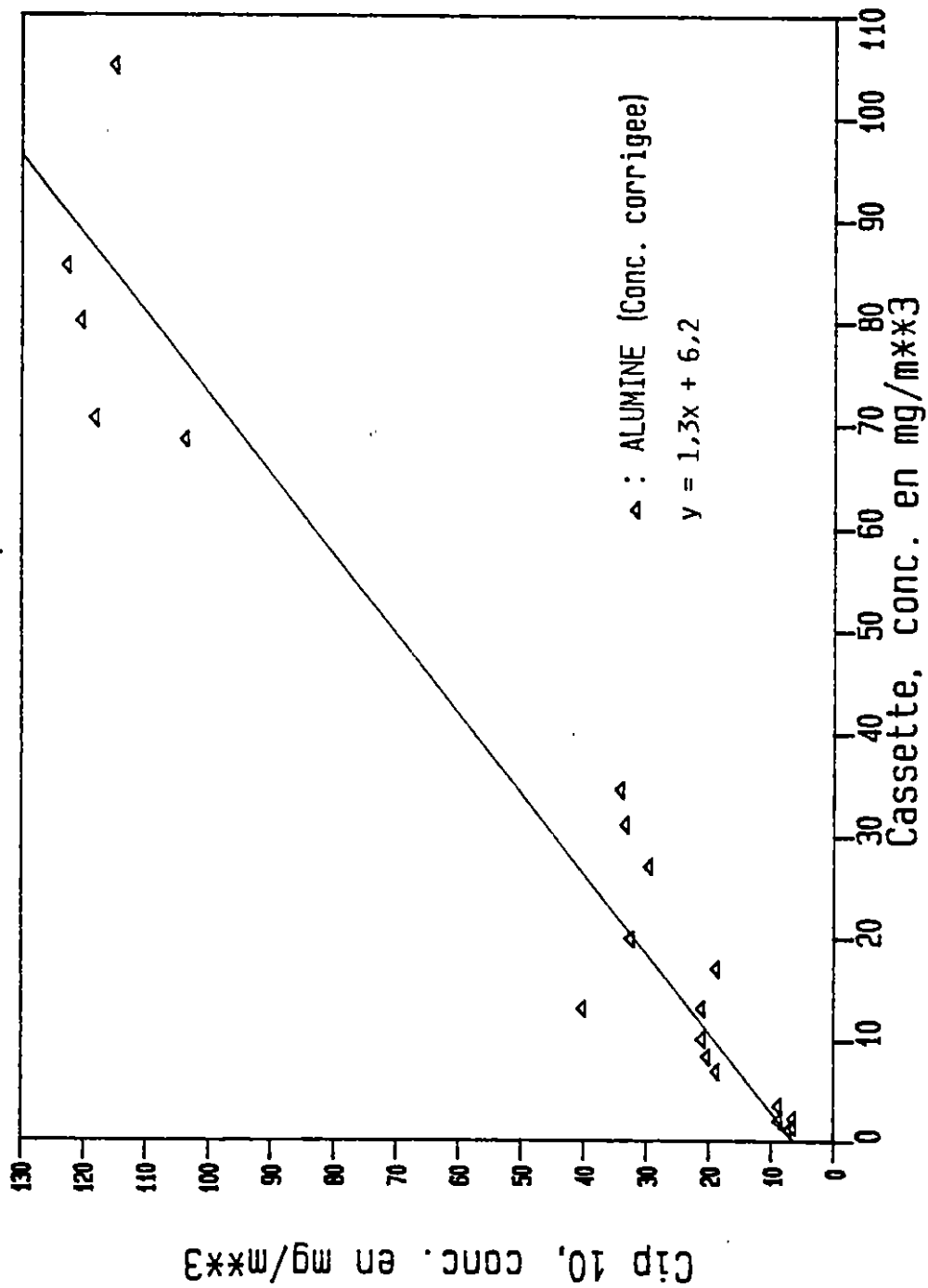
Une analyse de régression linéaire sur les résultats donne la courbe de la figure IV. Les coefficients a et b de la droite de régression sont respectivement égaux à 1,5 et -0,04. Ce facteur de 1,5 entre le prélèvement du CIP-10 et celui de la cassette se rapproche du facteur comparatif de 1,6.

L'échantillonnage des poussières totales, démontre également que les concentrations obtenues à l'aide du CIP-10 sont plus précises (Tableau A). Cependant, la moyenne des facteurs comparatifs est de 2,2 (Tableau E) et la pente de la droite obtenue à l'aide d'une régression linéaire est de 1,3 ce qui représente un écart significatif avec la moyenne des facteurs comparatifs. Cette droite apparaît à la figure V.



CONCENTRATIONS RESPIRABLES POUR L'ALUMINE

Figure IV



CONCENTRATIONS TOTALES POUR L'ALUMINE

Figure V

4.2 Le ciment:

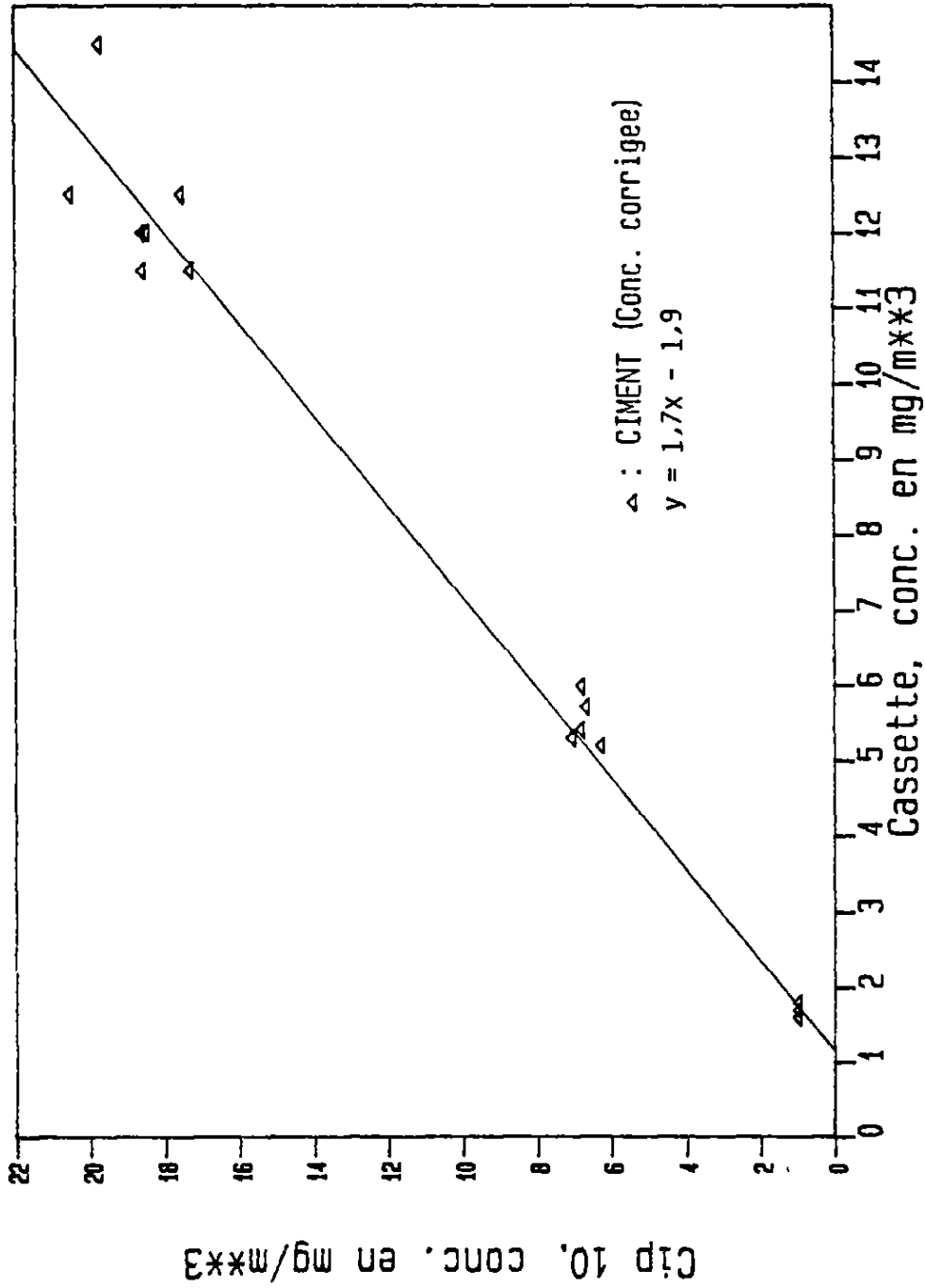
La moyenne des facteurs comparatifs (Tableau E) pour la poussière respirable de ciment donne 1,4 tandis que l'analyse de régression donne une valeur de 1,7 (Figure VI). Les concentrations en poussières respirables mesurées à l'aide du CIP-10 sont plus précises (Tableau B) que les évaluations faites par le cyclone.

La moyenne des facteurs comparatifs pour la poussière totale (Tableau E) donne le même facteur que celui que fournit la régression linéaire (Figure VII), c'est-à-dire 1,4. La précision obtenue pour les prélèvements en poussière totale est supérieure à celle du cyclone sauf dans le cas de la première série d'échantillonnage (Tableau B).

4.3 Le quartz:

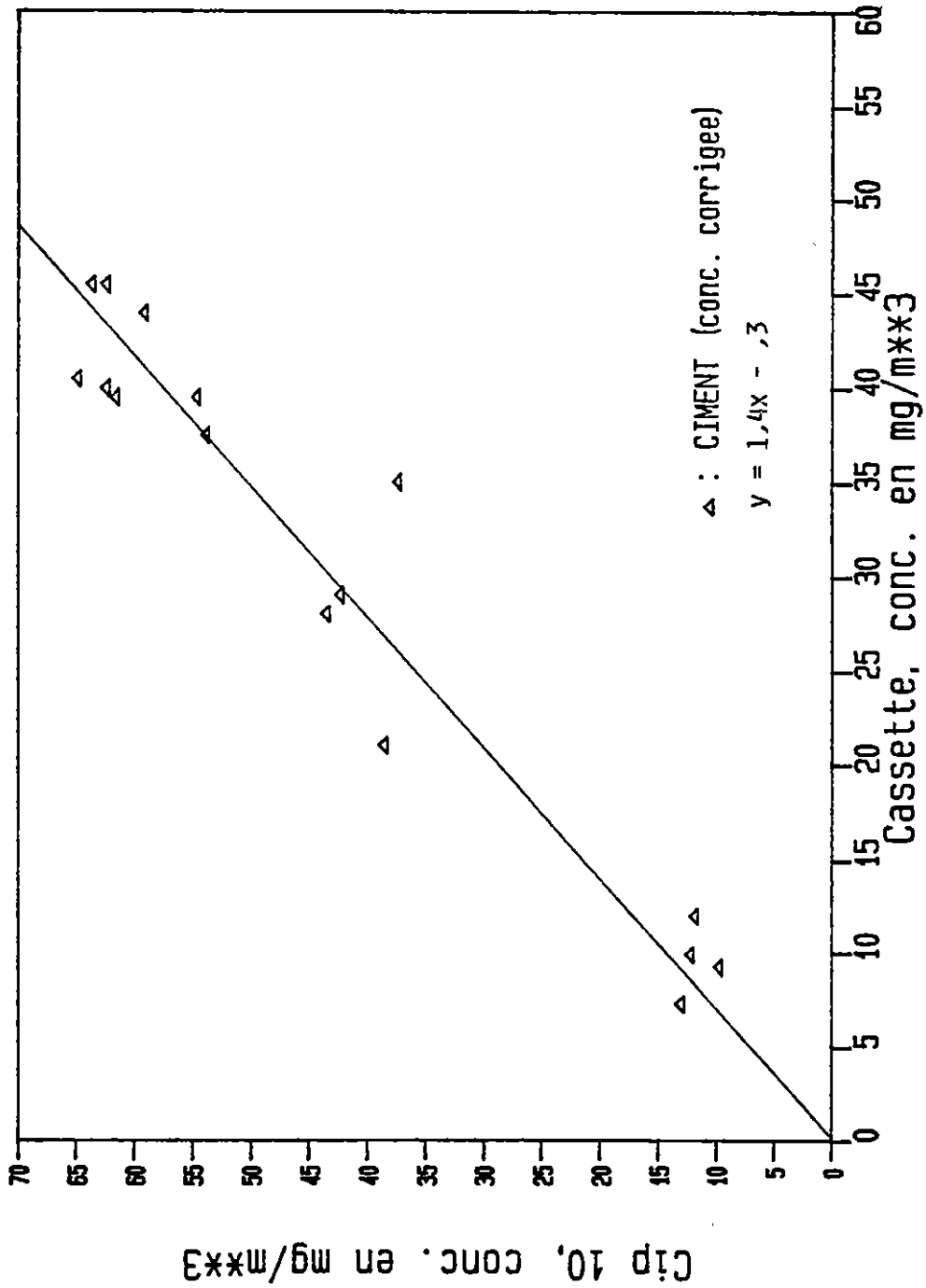
La moyenne des facteurs comparatifs pour le quartz, est de 1,3 pour les poussières respirables (Tableau E). Les concentrations respirables évaluées par les capteurs CIP-10 ont présenté une précision supérieure aux valeurs obtenues à l'aide des cyclones (Tableau C).

La moyenne des facteurs comparatifs pour la poussière totale est de 1,6 (Tableau E). La précision montrée par l'échantillonnage à l'aide des cassettes, cette fois-ci, a été supérieure à celle du CIP-10 (Tableau C). La régression linéaire sur les résultats n'a pu être faite puisque les concentrations mesurées sont toutes regroupées autour d'une même concentration.



CONCENTRATIONS RESPIRABLES POUR LE CIMENT

Figure VI



CONCENTRATIONS TOTALES POUR LE CIMENT

Figure VII

4.4 Le bois:

Seuls les séries de prélèvements servant à déterminer la fraction totale de l'aérosol (Tableau D) ont été utilisées afin d'établir et de déterminer le facteur comparatif pour les poussières totales.

Le facteur comparatif moyen pour la fraction totale de l'aérosol correspond à 2,3 (Tableau E). C'est ce facteur qui nous intéresse plus particulièrement puisque dans le cas du bois c'est la fraction totale de l'aérosol qui est importante (7).

Pour les quatre premières séries de prélèvements, la précision sur les concentrations mesurées à l'aide des CIP-10 a été supérieure à celle des cassettes. Les précisions pour les deux dernières séries sont plus faibles, parce que les cinq groupes d'échantillonnage de ces deux dernières séries ont dû être dispersés à travers l'usine au lieu d'être regroupés à l'intérieur d'une zone de quelques pieds pour des raisons d'encombrement du milieu. Les faibles précisions sont dues au fait qu'aucun des groupes d'échantillonnage n'a été exposé aux mêmes concentrations aérosolaires.

Le CIP-10 permet de recueillir et de peser facilement les poussières de bois contrairement aux cassettes pour lesquelles des pertes de poids sont occasionnées par des dépôts sur les parois et par la mauvaise adhésion des particules sur les filtres.

*
* *

Pour l'ensemble des échantillons, le CIP-10 a prélevé une concentration plus importante de poussières respirables que les systèmes avec cassette. D'après les résultats, le facteur établi en effectuant une moyenne arithmétique de tous les facteurs comparatifs est de 1,4 pour les poussières respirables et de 1,9 pour les poussières totales (Tableau E). Si on prend en considération leur précision, tous les facteurs comparatifs moyens pour la fraction respirable (Tableau E) se rapproche de la moyenne arithmétique de 1,4 indiquant bien que le CIP-10 mesure des concentration en poussière respirable 40 % plus élevées que le cyclone/cassette. Toutefois, les résultats des facteurs comparatifs pour les poussières totales ne pourraient pas être regroupés. En effet, un facteur de 2,3 semble s'appliquer pour l'alumine et le bois et un facteur de 1,5 pour le ciment et le quartz.

5.- DISCUSSION

Afin de juger de l'importance et de la signification du facteur comparatif, les paramètres susceptibles de le faire varier doivent faire l'objet de diverses considérations. Ce facteur correspond au rapport entre les concentrations mesurées par l'échantillonnage à l'aide du CIP-10 et l'échantillonnage avec cassette. Le facteur moyen de 1,4 pour les poussières respirables et de 1,9 pour les poussières totales, établi par les mesures sur le terrain, représente à prime abord une sur-évaluation du CIP-10 par rapport aux cassettes. Par contre, la valeur absolue de ce facteur est discutable puisque d'une part, aucunes méthodes n'échantillonnent de façon exacte la concentration et que d'autre part, l'échantillonnage vise à prélever les contaminants dont l'absorption par le travailleur provoque des effets spécifiques sur la santé. Idéalement, le système d'échantillonnage devrait donc reproduire le mode d'absorption du contaminant.

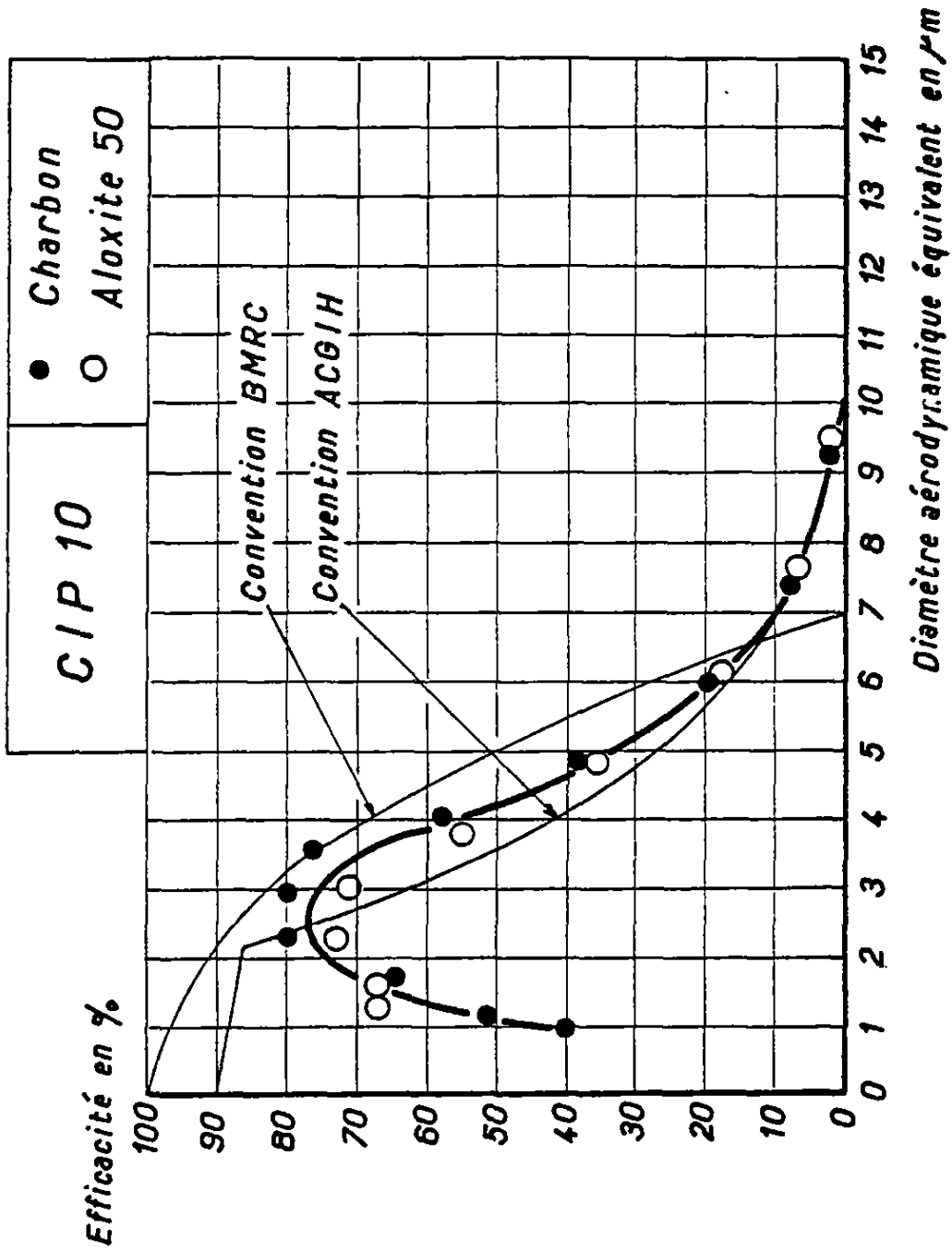
Dans le cas des poussières respirables, deux organismes internationaux, l'ACGIH et le BMRC, définissent les diamètres aérodynamiques des particules susceptibles d'atteindre la région alvéolaire du poumon (8). Ces courbes s'appliquent à l'évaluation de l'exposition des travailleurs aux poussières fibrosantes. Les deux courbes ne sont pas identiques, il s'ensuit que mathématiquement, la concentration déterminée par un appareil recueillant la fraction respirable définie par la courbe de l'ACGIH serait de $0,8 \pm 0,1$ fois plus faible que celle d'un appareil recueillant la fraction définie par la courbe du BMRC (7,10,11,12).

Les figures VIII (13) et IX (14), publiées par le CERCHAR, montrent les courbes de partage du cyclone et du CIP-10 par rapport aux standard internationaux de l'ACGIH et du BMRC.

Aucun des capteurs ne simule parfaitement l'une des courbes de partage d'où l'impossibilité de choisir objectivement le meilleur capteur. Qualitativement, la figure IX indiquent clairement que le modèle de CIP-10 utilisé sous-évalue les particules plus petites que 2 μ m tandis que le cyclone sous-évalue les particules plus grosses que 5 μ m. Étant donné l'importance des grosses particules en mesures pondérales, il est normal dans cette situation d'obtenir une sur-évaluation du CIP-10 par rapport au cyclone.

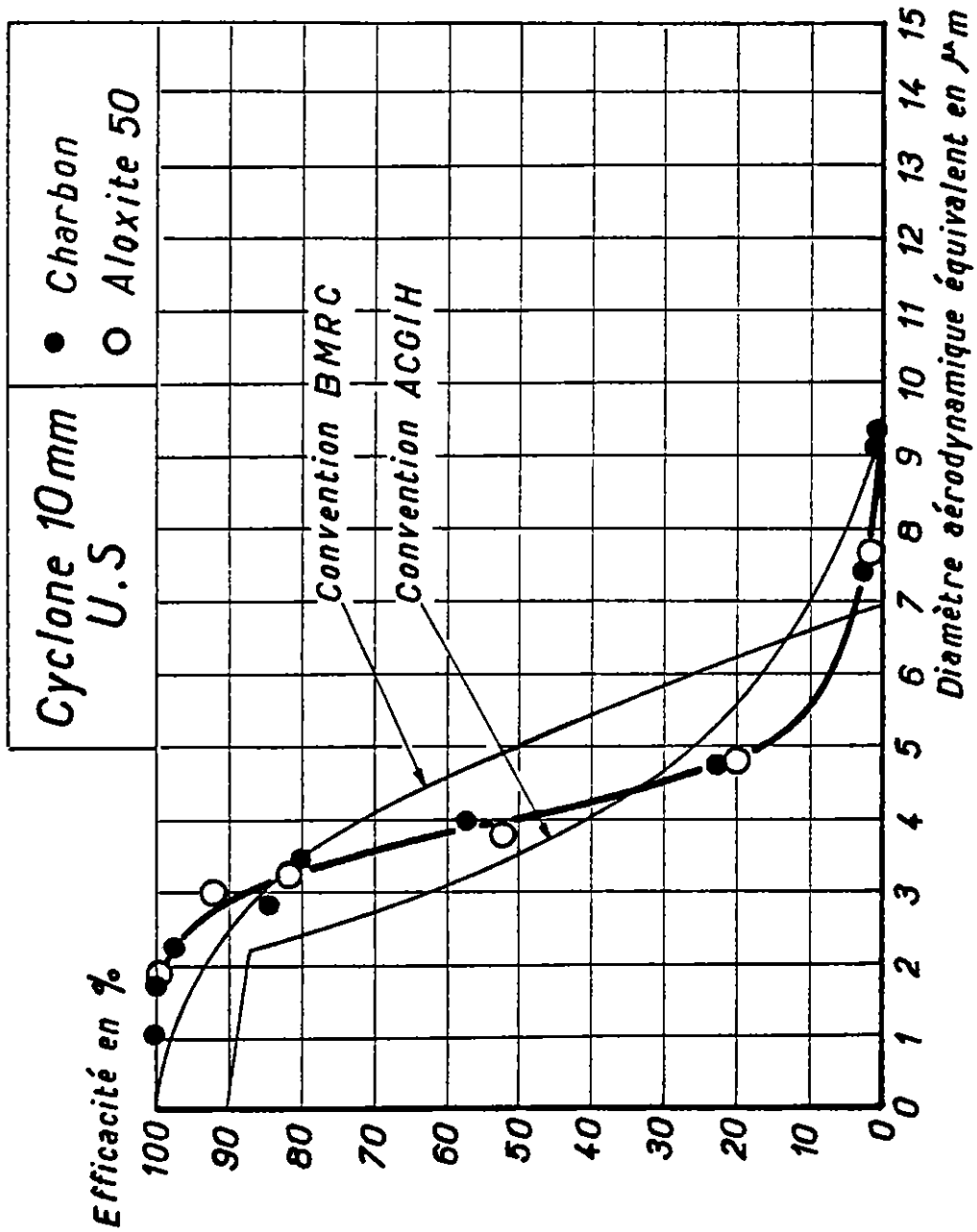
Dans le cas des poussières totales, maintenant définies poussières inspirables, les organismes internationaux ACGIH et ISO (15) ont adopté encore une fois deux courbes différentes pour représenter la capacité d'inspiration en fonction du diamètre aérodynamique des particules. Le capteur CIP-10 reproduit assez bien la courbe ISO pour des particules $< 40-50 \mu$ m au delà duquel l'exposition est de plus en plus surévaluée selon la vitesse du vent (16) comme le montre la figure X qui est tirée d'un document du CERCHAR où la courbe ISO 1981 a été ajoutée.

Par contre, la cassette fermée sous-évalue systématiquement la concentration pour les particules $> 6 \mu\text{m}$ à cause des pertes par déposition sur les parois (17). De plus, l'efficacité de la cassette reproduit assez bien la fraction inspirable de la courbe ISO pour des vitesses de vent variant de 0,6 et 1,5 m/sec lors de l'échantillonnage mais la sous-évalue passablement pour des vitesses $> 3,5 \text{ m/sec}$ et pour les particules $> 8 \mu\text{m}$ (18). Il n'est donc pas surprenant qu'un facteur comparatif de 1,9 ait été obtenu en moyenne entre le CIP-10 et la cassette fermée pour les poussières totales.



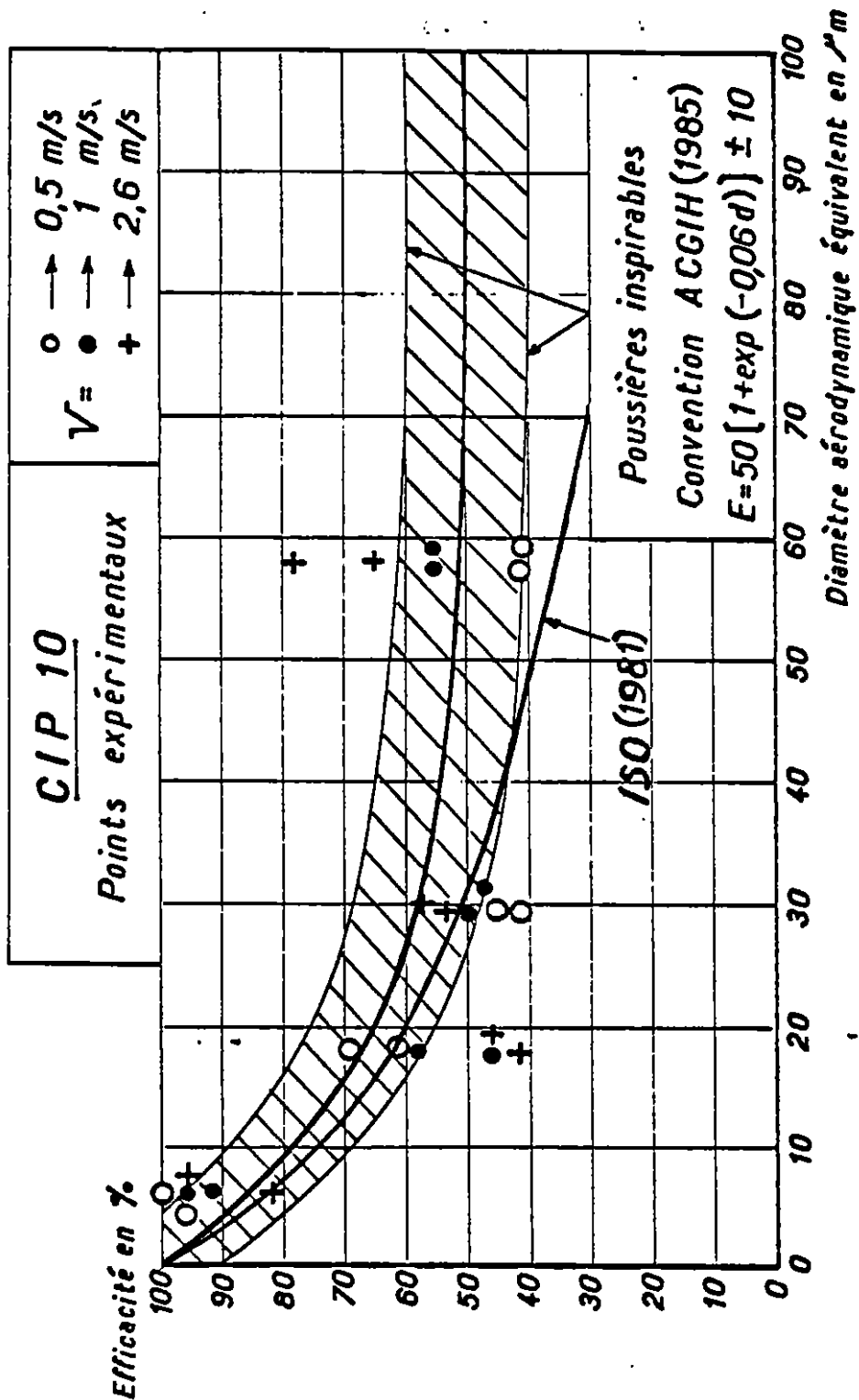
COURBE DE PARTAGE DU CIP-10 (COMPARAISON AVEC LES STANDARD INTERNATIONAUX)

Figure VIII



COURBE DE PARTAGE DU CYCLONE 10 MM AMÉRICAIN (COMPARAISON AVEC LES STANDARD INTERNATIONAUX)

Figure IX



EFFICACITÉ DE LA TÊTE D'ASPIRATION DU CIP-10
 (COMPARAISON AVEC LES STANDARD INTERNATIONAUX POUR LES POUSSIÈRES INSPIRABLES)

Figure X

Pour le ciment et le quartz, les facteurs comparatifs pour les poussières totales se rapprochent du facteur moyen observé pour les poussières respirables tandis que pour le bois et l'alumine ils s'en éloignent considérablement. Cette divergence pour le bois s'explique par les importantes pertes de poussières lors des processus de la pesée à cause de la mauvaise adhésion des particules sur le filtre et des pertes observées sur les parois des cassettes, et par une diminution de l'efficacité de captation des cassettes pour l'alumine à cause des conditions éoliennes présentes au quai de déchargement lors de l'échantillonnage de cette poussière. Pour expliquer systématiquement les variations du facteur comparatif, il faudrait recueillir des données sur la granulométrie des aérosols, sur la vitesse du vent et de l'orientation de la cassette par rapport à la direction du vent, ce qui n'avait pas été prévu dans le cadre de ce projet.

Le CIP-10 permet des échantillonnages plus précis que les cassettes. En effet, pour la majeure partie des séries d'échantillonnage, les facteurs de précision (P) pour le CIP-10 ont varié entre des valeurs légèrement inférieures aux valeurs obtenues pour les cassettes jusqu'à des valeurs pouvant en égaler le sixième.

Cette amélioration de la précision s'explique principalement par le débit important du CIP-10 (10 l/min) qui permet de recueillir des quantités de poussières plus importantes: ce qui le rend moins sensible à l'effet des grosses particules.

La souplesse des systèmes respectifs peut jouer un rôle déterminant dans le choix d'une de ces méthodes de prélèvement. Le CIP-10 constitue, à ce niveau, un outil d'échantillonnage beaucoup plus souple que les techniques de prélèvements par cassette. Le poids et le volume restreint du CIP-10 représente des atouts majeurs en sa faveur. Son débit de 10 L/min. ainsi que sa capacité de saturation permettent de recueillir des masses plus importantes de poussières. De plus, le CIP-10 permet de soumettre facilement la poussière recueillie à une analyse granulométrique ultérieure.

Un désavantage inhérent à la nature du CIP-10 est directement relié à l'utilisation des mousses de polyuréthane à titre d'éléments filtrants. En effet, les propriétés hygroscopiques, la stabilité chimique, les propriétés électrostatiques ainsi que l'effet de la porosité sur l'efficacité de filtration de ces mousses sont mal connus et peuvent donc interférer avec l'utilisation et la maximisation des propriétés du CIP-10.

6.- CONCLUSION

En résumé, la concentration en poussière respirable que prélève le CIP-10 est supérieure à celle que prélève le cyclone par un facteur moyen de 1,4. De la même façon, la concentration en poussière totale que prélève le CIP-10 est supérieure à celle que prélève une cassette par un facteur moyen de 1,9, lequel facteur varie selon le type de poussière.

Le CIP-10 a permis d'obtenir en général des prélèvements de la poussière respirable plus précis que le cyclone. Par contre, l'évaluation de l'exactitude du prélèvement dépend de la courbe de partage qui représente l'absorption du contaminant par le travailleur.

7.- PROLONGEMENTS DE LA RECHERCHE

Le CIP-10 est un appareil dont le domaine d'utilisation semble plus étendu que celui de d'autres capteurs. En effet, celui-ci peut être modifié de façon à permettre l'échantillonnage des agresseurs biologiques, des aérosols liquides comme les pesticides et de substances tel que le bois et la mousse de tourbe qui ne bénéficient pas encore de techniques adéquates et simples de prélèvement.

La géométrie de la coupelle rotative peut être modifiée de façon à permettre l'échantillonnage des aérosols liquides et pourrait, dans le cas de l'échantillonnage des agresseurs biologiques, contenir des milieux de cultures au lieu d'une mousse. L'efficacité de captation du CIP-10 peut être améliorée de deux façons: par une modification du jeu des mousses au niveau du sélecteur et de la coupelle et par la modification de l'orifice d'entrée du carter. La géométrie d'entrée du capteur doit être conservée puisque, comme mentionné plus haut la courbe d'efficacité de captation de la tête d'aspiration du CIP-10, approche la courbe conventionnelle d'inspirabilité des poussières de l'ACGIH-1985.

D'après les essais, il est certain que le CIP-10 puisse permettre l'échantillonnage efficace du bois et d'autres poussières tel que la mousse de tourbe. L'utilisation routinière du capteur lors de ces échantillonnages spécifiques permettrait de mieux établir les performances et de vérifier l'incidence des récentes modifications apportées au CIP-10 notamment celui de l'ajout du cône pour les poussières inspirables (4).

8.- RÉFÉRENCES

- 1 : NATIONAL SAFETY COUNCIL, Fundamentals of Industrial Hygiene (2nd edition), Chicago, U.S.A. 1979, p. 174.
- 2 : ACGIH, Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants (5th edition), U.S.A. 1978, p. G. 16.
- 3 : LUI, PUI and FISSAN, Aerosols: Science, Technology and Industrial Applications of Airborne Particles, Elsevier, New-York, U.S.A. 1984, p. 521.
- 4 : CERCHAR, Manuel d'utilisation du CIP 10, Verneuil-en-Halatte, France, [s.d.], p. 22.
- 5 : IRSST, Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail, Montréal, Canada, 1986.
- 6 : TREMBLAY, L.M, CHASSÉ, Y., Introduction à la méthode expérimentale, Centre éducatif et culturel, Montréal, Canada, [s.d.].
- 7 : WORKERS COMPENSATION BOARD OF BRITISH COLUMBIA, Laboratory analytical methods, Richmond, B.C., Canada, 1984.
- 8 : HINDS, W.C., Aerosol Technology, Wiley Interscience Publication, New-York, U.S.A. 1982.
- 9 : BEECKMANS, J.M., "Correction factor for size-selective sampling results based on a new computed alveolar curve" dans Annals of Occupational Hygiene, 1965, V8, p. 22.
- 10: MERCER, J.J., "Air sampling problems associated with the proposed lung model". Presented at the 12th Annual Bioassay and analytical chemistry meeting, Gatlinburg, Tennessee, U.S.A., 13 octobre 1966.
- 11: WATSON, H.H., "Dust sampling to simulate the human lung." dans British Journal of Industrial Medicine, 1953, Vol. 10, p. 53.
- 12: LYNCH, J.R., "Evaluation of size-selective presamplers: 1. Theoretical cyclone and elutriator relationships". American Industrial Hygiene Association Journal, 1970, v. 31, #5. p.p. 548-551.
- 13: CERCHAR, Document CERCHAR P.C.87223, Verneuil-en-Halatte, France, [s.d.]

- 14: CERCHAR, Document CERCHAR P.C.87224, Verneuil-en-Halatte, France, [s.d.].
- 15: VINCENT and al, "A new static Sampler for Airborne Total Dust in Workplaces", American Industrial Hygiene Association Journal, 1985, Vol. 46 , #3, p.p. 127-133.
- 16: CERCHAR, Document CERCHAR P.C.87211, Verneuil-en-Halatte, France, [s.d.].
- 17: FAIRCHILD, C.I., TILLERY, M.I., SMITH, J.P., VALDY, F.O., "Collection efficiency of field sampling cassettes", Los Alamos scientific laboratory, Los Alamos, New Mexico, 1980.
- 18: CHUNG, K.Y.K., OGDEN, T.L., VAUGHAN, N.P., "Wind effects on personal Dust samplers" dans Journal of Aerosol Science, 1987, Vol. 18, #2, p.p. 159-174.