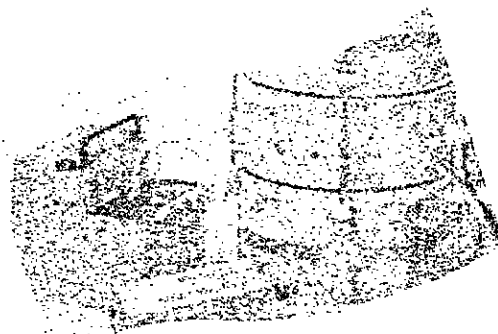


**Performance d'un instrument
à lecture directe
de la concentration d'aérosols**
Essais en laboratoire



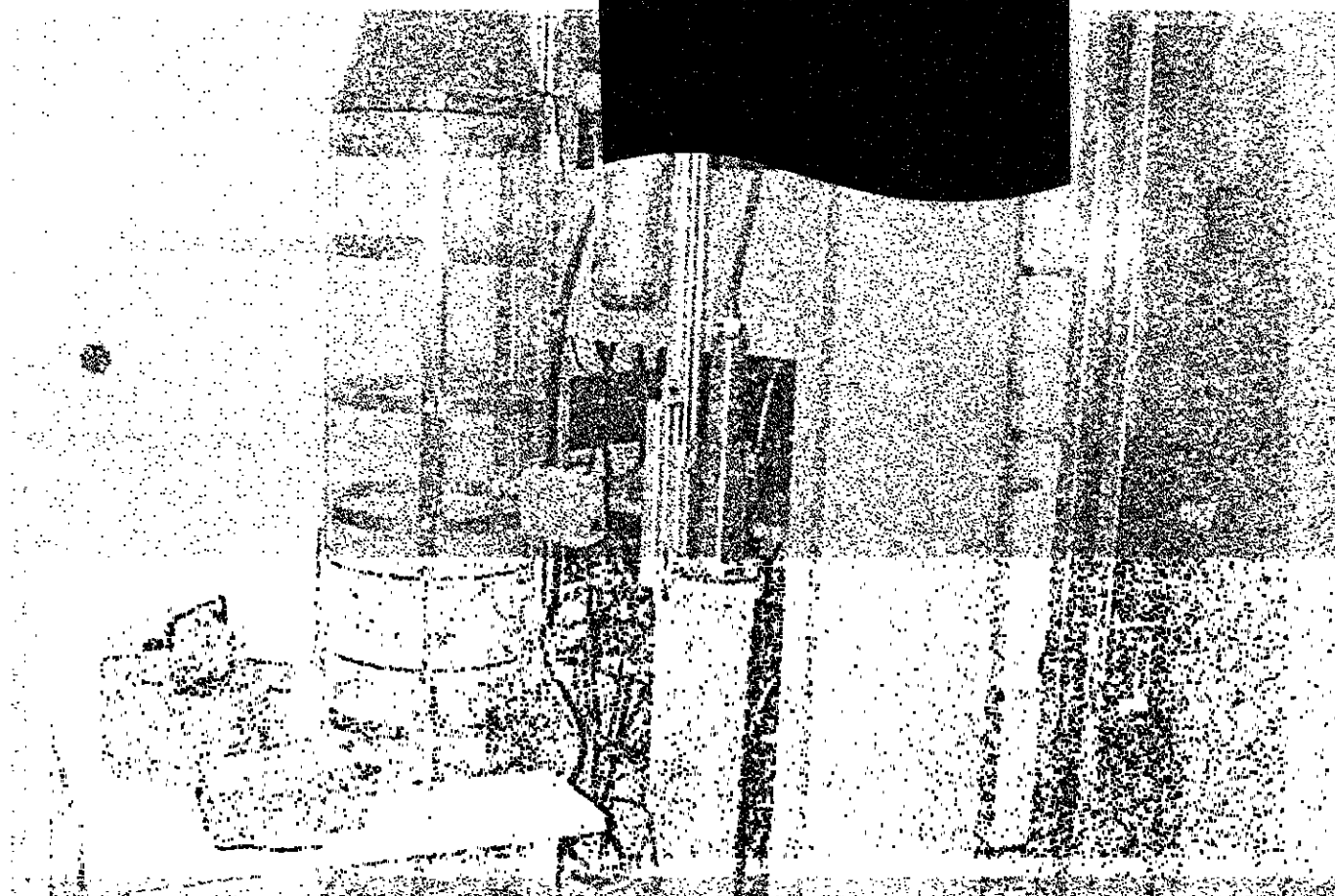
**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Yves Cloutier
Rodrigue Gravel
Bernard Caron

Mai 1999

R-219

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,

**Performance d'un instrument
à lecture directe
de la concentration d'aérosols**
Essais en laboratoire

Yves Cloutier, Rodrigue Gravel et Bernard Caron.
Programme soutien analytique, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Table des matières

Introduction	1
Théorie en bref	1
Méthodologie:	3
Résultats	9
Réponse à l'humidité.....	9
Validation de la méthodologie d'exposition à l'aide d'un T.....	11
Réponse des instruments et des filtres pour différentes poussières	12
Quartz.....	13
Farine.....	15
Bois.....	17
Discussion	18
Effet de l'humidité	18
Validation de la méthodologie d'exposition à l'aide d'un T.....	19
Quartz.....	19
Farine.....	20
Bois.....	20
Incidences en hygiène industrielle	21
Conclusions	23
Références bibliographiques.	24
Annexe A.....	25
Annexe B.....	32

Liste des figures

Figure 1 :Schéma du système de génération	4
Figure 2 : Schéma du système d'humidification	5
Figure 3 : Système de prélèvement pour les poussières totales	7
Figure 4 : Système de prélèvement pour les poussières respirables	8
Figure 5 : Effet de l'humidité sur le zéro de l'instrument	10
Figure 6 : Effet de l'humidité sur la concentration pour la farine	10
Figure 7 : Effet de l'humidité sur la concentration pour le bois	11
Figure 8 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales »	13
Figure 9 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables	14
Figure 10 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales ».....	15
Figure 11 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables.....	16
Figure 12 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales »	17
Figure 13 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables.....	18
Figure 14 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales » et limitées à 10 mg/m ³	33
Figure 15 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables et limitées à 5mg/m ³	33
Figure 16 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales » et limitées à 10mg/m ³	34

Figure 17 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables et limitées à 5mg/m ³	34
Figure 18 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites "totales" et limitées à 10mg/m ³	35
Figure 19 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables et limitées à 5mg/m ³	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau des concentrations pour l'échantillonnage en T	12
Tableau 2 : Résultats pour le quartz (fraction totale)	26
Tableau 3 : Résultats pour le quartz (fraction respirable)	27
Tableau 4 : Résultats pour la farine (fraction totale)	28
Tableau 5 : Résultats pour la farine (fraction respirable)	29
Tableau 6 : Résultats pour le bois (fraction totale)	30
Tableau 7 : Résultats pour le bois (fraction respirable)	31

INTRODUCTION

Plusieurs instruments disponibles sur le marché permettent d'obtenir des lectures directes et instantanées de la concentration d'aérosols dans l'air ambiant. Ces instruments comme les «DustTrak» récemment achetés par la CSST pour les intervenants, permettent en théorie de suivre l'évolution de la concentration en aérosol dans le temps, d'identifier les temps où se produisent les minima et maxima de la concentration, d'effectuer une cartographie de la pollution dans un milieu, d'identifier et de rechercher les sources principales d'émission de particules telles que les fuites d'un système, d'isoler les manipulations et/ou opérations occasionnant des concentrations élevées de poussières, de juger de l'efficacité de moyens de contrôle, d'estimer rapidement des temps ou taux d'empoussièrement, etc.

Le "DustTrak" est manufacturé par TSI incorporated. C'est un instrument à lecture directe de la concentration qui détecte la lumière diffusée à 90 degrés par les particules situées dans un certain volume de détection. Il est étalonné par le manufacturier avec des particules répondant à la norme ISO 12103-1, A1 (anciennement Arizona Road Dust). Cette poussière est utilisée en raison de son étendue granulométrique. D'après le manufacturier, l'étalonnage avec ce produit est représentatif de la plupart des aérosols ambiants rencontrés.

Le but de la présente étude est d'évaluer la réponse du « DustTrak » lorsqu'utilisé avec des poussières différentes de celles avec lequel il a été calibré, de vérifier les effets de l'humidité sur la lecture de l'instrument et finalement de comparer sa réponse avec les critères de poussières respirables et totales. L'évaluation a été effectuée dans des conditions contrôlées en maintenant une concentration donnée dans une enceinte et en comparant la réponse intégrée de l'instrument avec les résultats obtenus par déposition de poussières sur filtres.

THÉORIE EN BREF

Un faisceau de lumière incidente sur une particule est redistribué sous plusieurs directions dans l'espace et ce, en fonction de la prévalence de plusieurs phénomènes spécifiques tels, la diffraction, la réflexion, la réfraction et l'absorption de lumière (1). Communément appelé diffusion ce processus fait qu'une particule puisse être en quelques sortes considérée comme une source de lumière diffusée dont l'intensité varie selon les directions (2). Selon différentes théories de diffusion de la lumière comme celle de Rayleigh ou de Mie, l'intensité dépend du faisceau initial et de sa longueur d'onde et des paramètres physiques de la particule tels, sa grosseur, sa forme, son indice de réfraction, sa surface et son homogénéité (3). Plus les particules

sont grosses, plus la proportion de lumière diffusée vers l'avant est importante (3). L'intensité de la lumière diffusée peut changer par un facteur important lorsque l'angle de détection ou la taille des particules est changée (3).

Les instruments qui utilisent comme principe de détection la lumière diffusée non pas par une particule mais par un ensemble de particules situées dans un volume de mesure sont appelés photomètres (4). L'intensité de la lumière diffusée par les particules dans le volume de mesure est en général proportionnelle à leur nombre (5). Le choix de l'angle de détection joue un rôle primordial sur l'efficacité d'un photomètre devant être utilisé dans un contexte d'hygiène industrielle puisque dans ces situations, aucun contrôle sur la nature, la taille ou les propriétés optiques des particules présentes dans l'air sous la forme d'aérosol n'est possible. Lorsque les photomètres utilisent de faibles angles de détection par rapport au rayon incident, l'intensité de la lumière détectée est moins sensible à des changements d'indice de réfraction des particules (2)(5) tandis que ceux utilisant des grands angles de détection ont une meilleure gamme de résolution (4). La configuration interne d'un instrument résulte d'un compromis sur l'influence désirée des différents paramètres tels que la taille ou l'indice de réfraction des particules sur l'intensité de lumière diffusée.

Les photomètres mesurent des propriétés optiques et fournissent des informations sur la concentration massique à l'aide d'un étalonnage (3). Ils sont en général étalonnés en mg/m^3 avec une poussière ayant des propriétés précises et à l'aide d'échantillonnages en parallèle sur des filtres. La réponse de ces instruments demeure toutefois sensible au matériau constituant l'aérosol et à sa distribution granulométrique. Une fois étalonné avec un aérosol, un photomètre permettra des mesures précises de la concentration à condition que la distribution granulométrique de l'aérosol (4) soit fixe dans le temps et identique à celle de l'aérosol d'étalonnage (2) (4). Des erreurs lors de l'estimation de la concentration par un facteur de deux ou plus sont possibles si ces paramètres changent (2). Une revue sur les instruments à lecture directe rapporte même que si la distribution granulométrique ou la composition chimique de l'aérosol change, le signal détecté par l'instrument peut changer par un facteur de 50% ou plus et ce pour une même masse aérosolaire (6). L'utilisation d'un photomètre avec une poussière de nature ou de granulométrie différente nécessite donc un ré-étalonnage (7)(8)(9). Une étude sur quelques instruments à lecture directe différents de ceux étudiés ici, a conclu que certains des photomètres étudiés peuvent lorsqu'ils sont étalonnés, atteindre une précision meilleure que 25%. Selon cette même étude, l'étalonnage des instruments contre des prélèvements sur filtres est de la plus haute importance lorsque le but est d'utiliser ces instruments pour l'évaluation des concentrations absolues (10).

L'instrument évalué dans la présente étude, le «DustTrak», utilise la lumière diffusée à un angle de 90 degrés. En théorie, un instrument de ce genre permet de bien détecter les particules comprises entre 0,1 et 1 μ m si la lumière est monochromatique. Par contre, comme la détection se fait à 90 degrés avec le faisceau incident, la lumière diffusée est sensible aux variations d'indices de réfraction et aux coefficients d'absorption des particules (2). En résumé cet instrument comme tout autre photomètre, doit être utilisé avec circonspection lors d'une utilisation en hygiène industrielle puisque les aérosols y sont inconnus, hétérogènes, souvent de compositions variables et en dehors de la gamme granulométrique d'opération optimale (5).

MÉTHODOLOGIE:

L'évaluation des instruments «DustTrak» a été effectuée à l'aide d'un système développé à l'Institut pour les besoins du laboratoire de métrologie des aérosols. Ce système dont le schéma est présenté à la figure 1 remet en suspension les poussières à l'aide de la succion créée par un venturi. Ce venturi est alimenté en poussières par la rotation d'une brosse qui traverse un réservoir de poussières ou selon le choix de l'utilisateur, par un système différent qui permet à une brosse en rotation d'être en contact à travers une plaque orifice avec la poussière située dans le réservoir. Seul le premier système d'alimentation est représenté sur le schéma de la figure 1. La concentration souhaitée dans la chambre d'exposition est obtenue en variant la vitesse de rotation de la brosse, en ajustant le débit d'élimination (Q_{as}) à la sortie du générateur ou selon le cas en utilisant un plus petit conduit pour la brosse ou une plaque de contact d'ouverture différente.

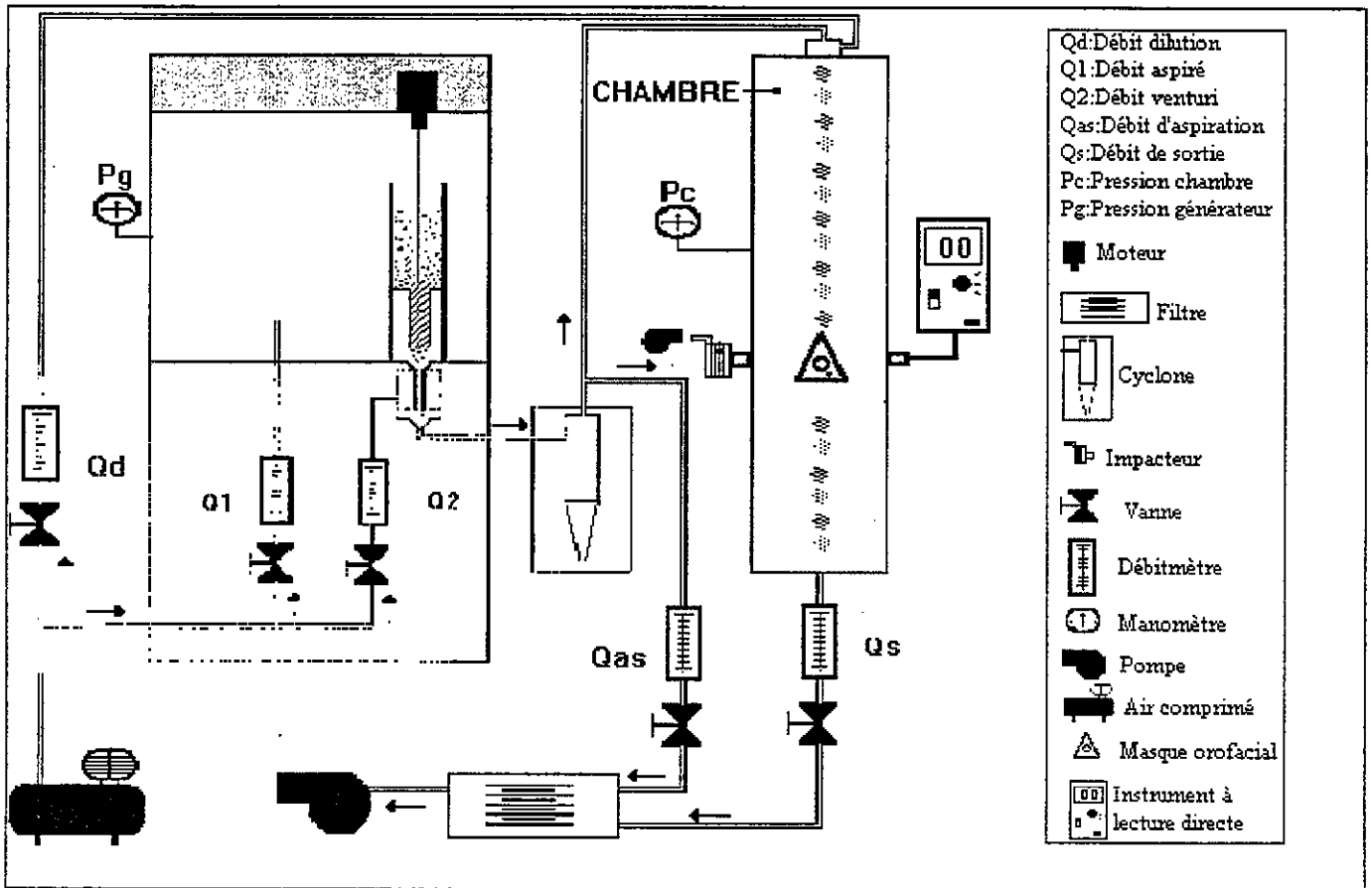


Figure 1 : Schéma du système de génération

La présente évaluation des instruments «DustTrak» comporte essentiellement deux volets : l'un sur la sensibilité relative de ces instruments à l'humidité et l'autre sur l'effet de leur utilisation avec des poussières différentes de celles utilisées pour leur étalonnage.

L'effet de l'humidité a d'abord été étudié en exposant un instrument à différents taux d'humidité, dans un environnement sans poussières et en observant la dérive ou la réponse de l'instrument. L'effet de l'humidité sur le détecteur a ainsi pu être qualifié. Ces essais ont été effectués en générant des taux d'humidité connus et stables à l'aide du système de génération de poussières mais sans démarrage du générateur de façon à ce qu'aucun aérosol ne soit présent dans l'enceinte. L'entrée de l'instrument fut ensuite branchée directement sur l'enceinte à mi-hauteur à l'aide d'un des ports d'analyses prévus à cet effet. Pour chacun des essais, la réponse affichée par l'instrument «DustTrak» et le taux d'humidité furent enregistrés et tracés sur un graphique.

D'autres tests visant cette fois à observer l'effet de l'humidité en présence d'un aérosol et par conséquent, sur la lecture de l'instrument ont aussi été effectués. Ils ont servi à qualifier plutôt qu'à quantifier la réponse de l'instrument et ont été effectués à l'aide du système de génération en y établissant une concentration connue d'un aérosol pour deux types de poussière : la farine et le bois. Afin de s'assurer que la concentration de l'aérosol ne varie pas durant les changements du taux d'humidité, la méthodologie d'exposition a été modifiée en mélangeant directement l'aérosol provenant de l'enceinte avec de l'air humidifié par un bain chauffant de façon à en augmenter très rapidement le taux d'humidité. Le montage utilisé pour ces essais apparaît à la figure 2.

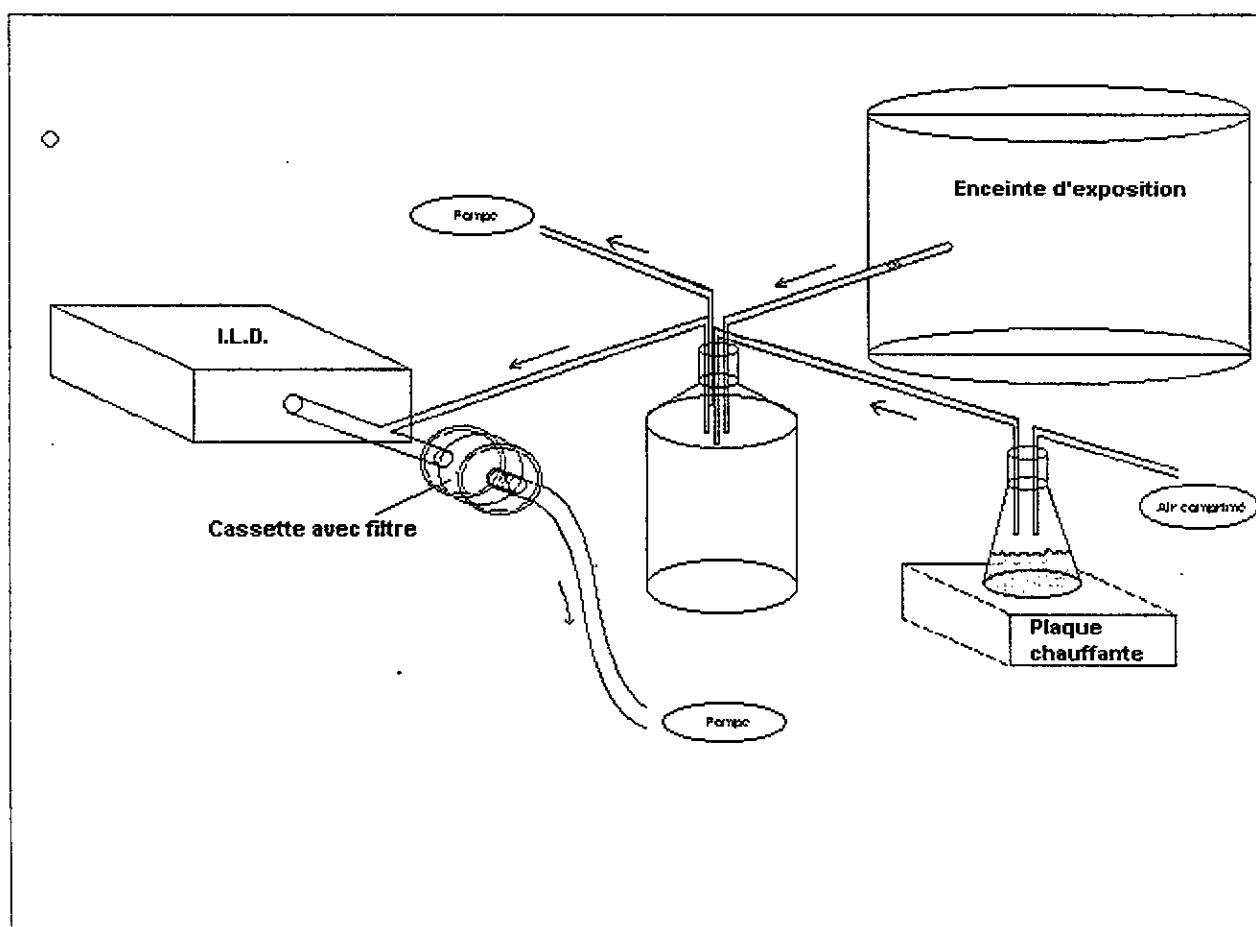


Figure 2 : Schéma du système d'humidification

Pour tous les essais, les concentrations lues par l'instrument «DustTrak» et les taux d'humidité furent enregistrés et tracés directement sur un graphique et ce pour les deux types de poussière : la farine et le bois.

Les derniers essais visaient à qualifier les effets du type de poussière sur la lecture de l'instrument à humidité constante. Des concentrations connues d'un aérosol donné avec un taux d'humidité fixe furent établies dans l'enceinte du système de génération décrit précédemment. L'entrée respective de chacun des instruments fut ensuite reliée aux ports d'analyses prévus à cet effet et situés à la mi-hauteur de l'enceinte. Les poussières faisant l'objet de la présente étude sont le bois, le quartz et la farine. Ces poussières ont été choisies parce qu'elles semblent posséder des caractéristiques physiques et granulométriques différentes et sont facilement disponibles en grande quantité. Le débit d'air dans l'enceinte est maintenu en permanence à 60 L/min et les concentrations ajustées en variant la vitesse de rotation de la brosse et le débit d'élimination du système. Pour chacune des poussières, des prises d'échantillons sur filtres et l'enregistrement simultané des concentrations lues par les instruments à lecture directe, tel qu'étalonné par le fabricant, ont été effectués pour des concentrations moyennes en poussières respirables et totales variant principalement entre 0 et 15 mg/m³. Les prélèvements sur filtres ont été effectués en utilisant des T dont la branche principale était reliée à l'enceinte par un des ports d'analyse, une des branches symétriques reliée à l'instrument à lecture directe et l'autre à la cassette avec filtre. Afin d'évaluer l'écart imputable à cette méthodologie d'exposition entre les concentrations des deux branches du T, des échantillons sur filtres ont été prélevés à la sortie de ces deux branches et un test bilatéral de Student pairé a été effectué sur la différence entre les deux concentrations obtenues. La figure 3 montre le montage expérimental utilisé pour les prises d'échantillons en poussière totale et pour les tests d'écart de concentrations. Lors de ces derniers tests, l'instrument à lecture directe a été remplacé par une cassette contenant un filtre.

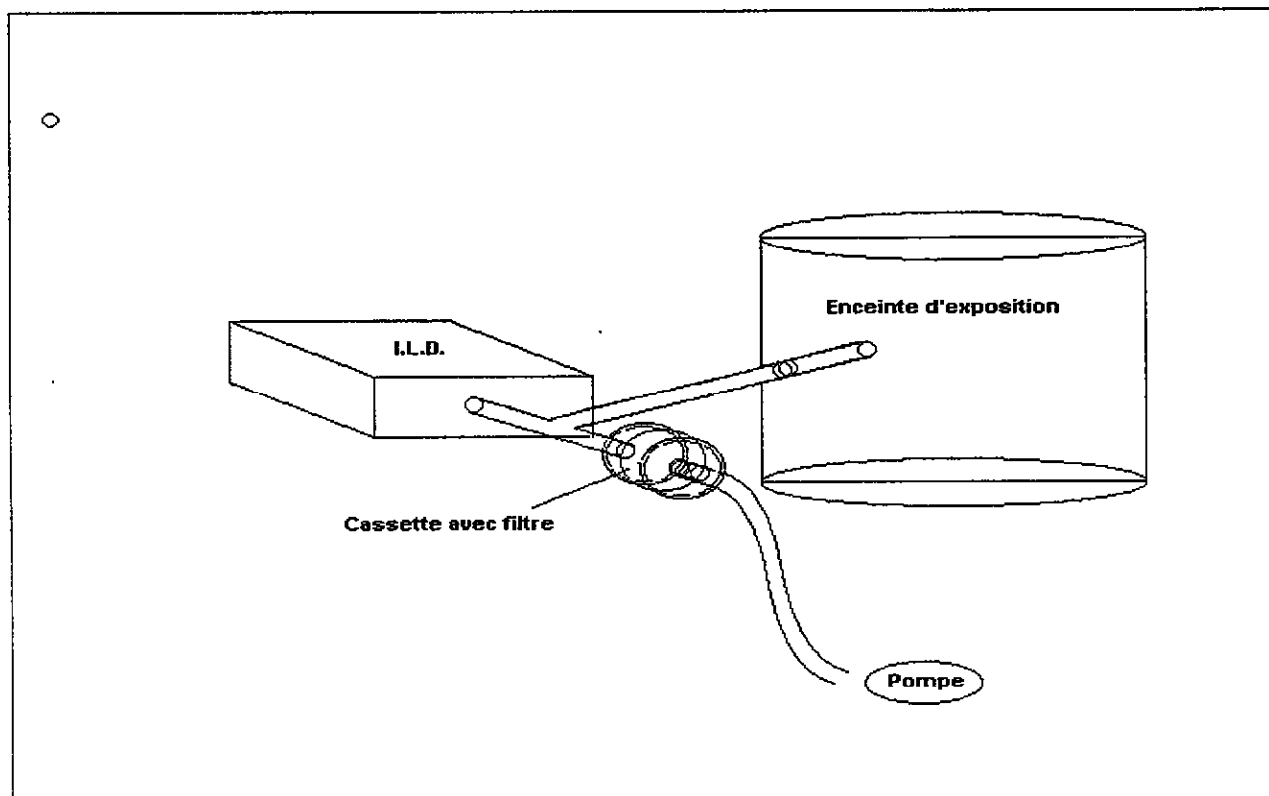


Figure 3 : Système de prélèvement pour les poussières totales

Pour les essais relatifs aux poussières respirables, deux cyclones Dorr-Oliver en nylon ont été fixés en parallèle dans la chambre à l'entrée d'un T dont une des deux autres branches était reliée à une cassette avec filtre et l'autre à l'instrument à lecture directe. Le débit du «DustTrak» était ajusté à 1,7 L/min, celui de la cassette de prélèvement à 1,7 L/min et le débit à travers chacun des cyclones à 1,7 L/min, équilibrant ainsi les débits d'entrée et de sortie. La figure 4 montre le montage utilisé pour les prises d'échantillons en poussières respirables.

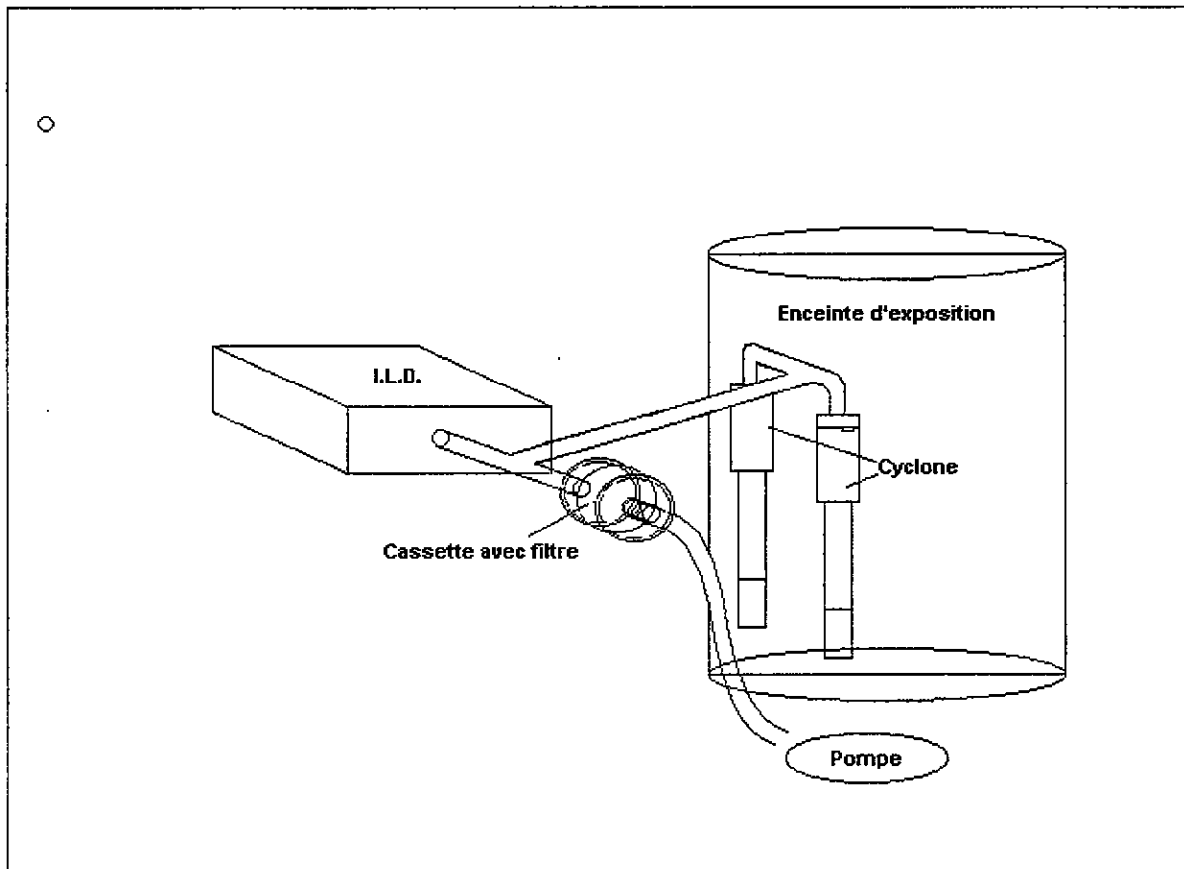


Figure 4 : Système de prélèvement pour les poussières respirables

L'instrument «DustTrak» # 15042 a été relié à l'enceinte par le port de sortie # 2 de la chambre tandis que l'autre instrument «DustTrak» # 15043 y a été relié par le port de sortie # 8. Le taux d'humidité durant les empoussièrtements est demeuré stable à environ 20%. Les filtres ont été pesés et prépesés à l'aide de la méthode IRSST 47-1. Le facteur de réponse de l'instrument à lecture directe donne le rapport entre la concentration pondérale prélevée sur un filtre et la concentration moyenne calculée à partir des concentrations lues par l'instrument à lecture directe lors du prélèvement.

Lors de l'analyse, les concentrations pondérales et celles évaluées par les instruments à lecture directe ont été portées sur un graphique afin de pouvoir y tracer une droite de régression forcée par zéro qui correspond à la réalité physique de ces instruments en passant par le point de

coordonnées (0,0). Cette procédure a été répétée pour la fraction totale et la fraction respirable de chacune des poussières.

La poussière de quartz utilisée et identifiée comme de la silice en poudre de qualité industrielle, transformée par Unimin est vendue sous le nom de Silex (09703 S200). D'après le manufacturier, 98% de la masse provient des particules plus petites que $75\ \mu\text{m}$ (200 mesh). La farine de blé utilisée est moulue par la compagnie Robin Hood et vendue sous la dénomination de farine instantanée. La poussière de bois a été obtenue par broyage de bran de scie provenant principalement de bois d'épinette. Le broyage a été effectué à l'aide d'un broyeur cyclonique vendu sous la dénomination de « cyclone sample mill » par la compagnie « U/D Corporation ».

RÉSULTATS

Réponse à l'humidité

Les figures 5, 6, et 7 montrent deux courbes: l'une indiquant la concentration lue par l'instrument «DustTrak» et l'autre le taux d'humidité lors de l'exposition. La figure 5 montre le résultat des essais faits sans poussières avec différents taux d'humidité. Cette approche explique que les concentrations lues par l'instrument soient très faibles ou nulles jusqu'à environ 90% d'humidité où la réponse commence à être erratique. Les figures 6 et 7 montrent respectivement les résultats pour les essais faits en présence de poussières de bois et de farine pour différents taux d'humidité et pour des concentrations entre 5 et $10\ \text{mg}/\text{m}^3$.

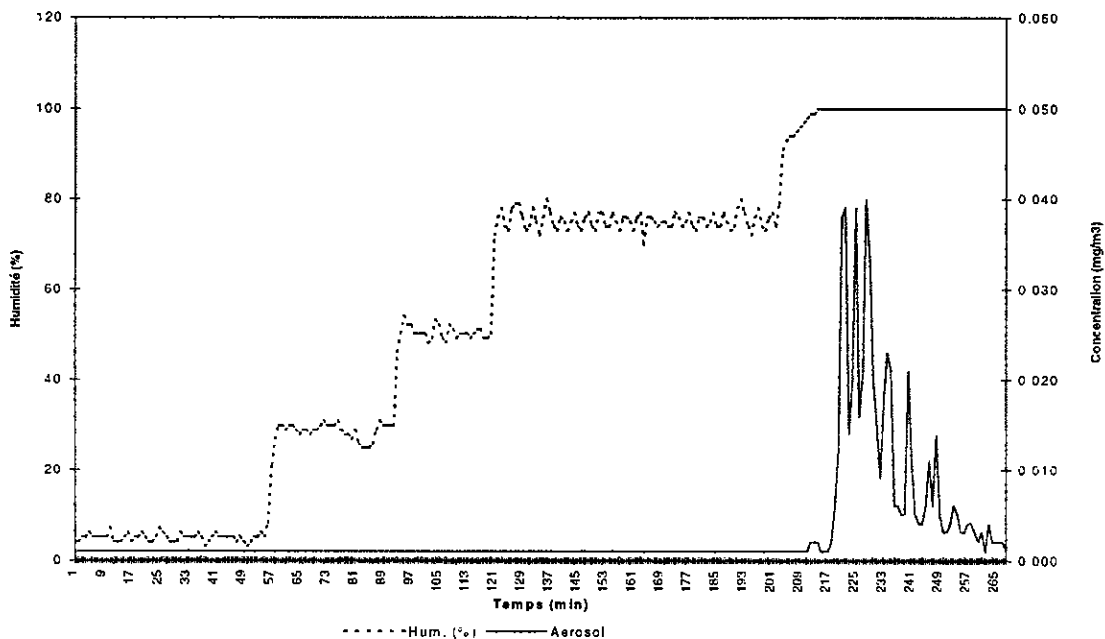


Figure 5 : Effet de l'humidité sur le zéro de l'instrument

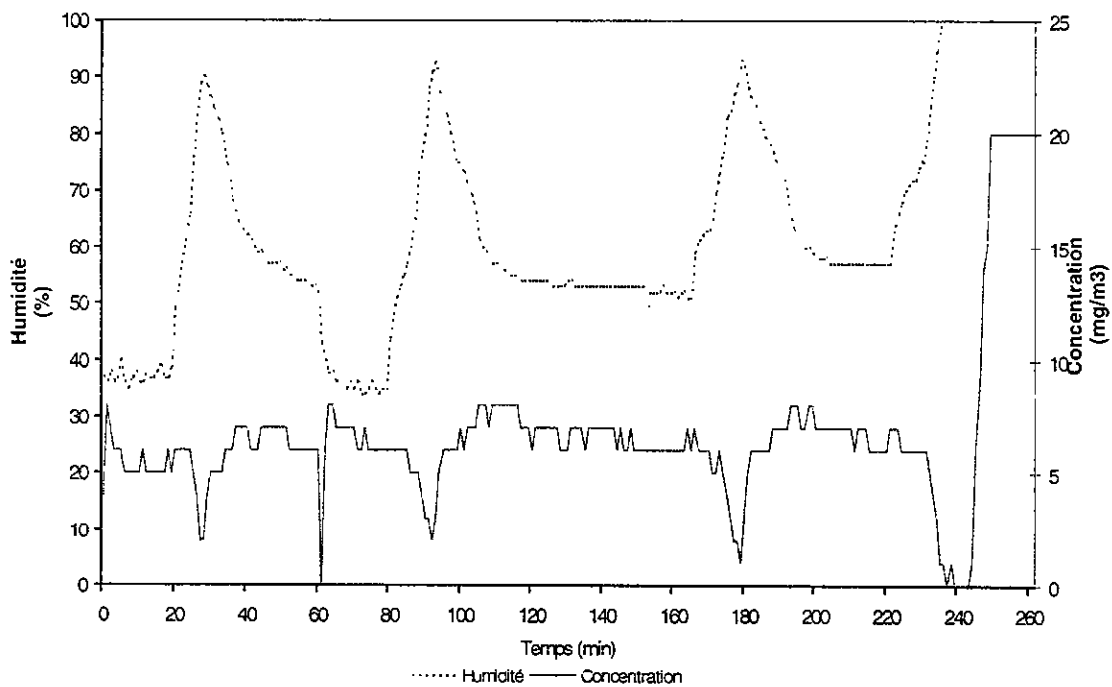


Figure 6 : Effet de l'humidité sur la concentration pour la farine

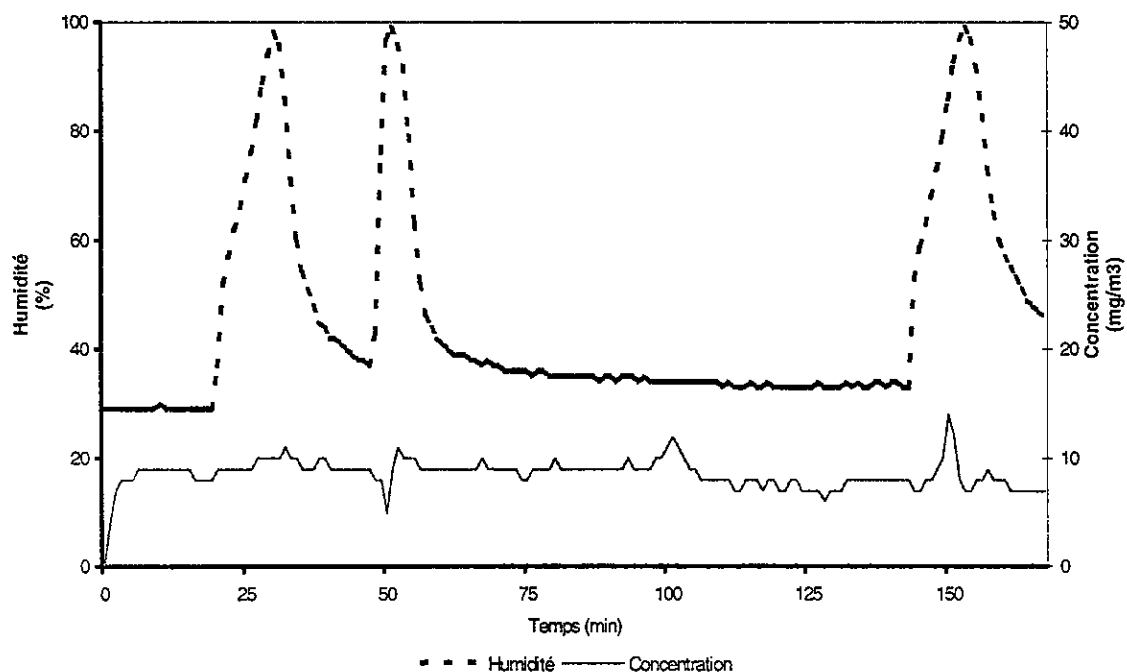


Figure 7 : Effet de l'humidité sur la concentration pour le bois

Validation de la méthodologie d'exposition à l'aide d'un T

Les résultats des tests faits afin de s'assurer que les concentrations obtenues pour chacune des branches symétriques d'un T soient les mêmes apparaissant au tableau suivant. Ces essais avaient pour but de vérifier que la quantité de poussière recueillie par une cassette reliée à une des branches symétriques d'un T de la façon indiquée à la figure 3, et par conséquent sa concentration pondérale calculée, permette de connaître la concentration à laquelle a été exposé un instrument à lecture directe relié à l'autre branche symétrique du T.

C1 (mg/m ³)	C2 (mg/m ³)
6,4	5,6
5,9	6,9
6,5	5
6,3	6,1
5,8	6,5
4,7	4,9
6,4	6,8
9,6	10
8,5	7,8

Tableau 1 : Tableau des concentrations pour l'échantillonnage en T

Réponse des instruments et des filtres pour différentes poussières

Les résultats de tous les prélèvements effectués pour les poussières de quartz, de farine et de bois sont fournis à l'annexe A. Pour chacune de ces poussières, on y retrouve deux tableaux. Le premier donne les résultats pour une fraction dite « totale » où l'on présente les résultats de plusieurs échantillonnages sur filtres et la valeur moyenne correspondante en mg/m³ du signal de sortie d'un instrument à lecture directe selon le montage de la figure 3. Le deuxième donne les résultats équivalents pour les poussières respirables obtenus à l'aide du montage de la figure 4.

Les figures suivantes montrent les droites de régression forcée par zéro propres à chaque poussière. Pour chacune des poussières étudiées soit le quartz, la farine et le bois, on retrouve deux graphiques portant en ordonnée les concentrations pondérales en fonction des concentrations lues par le «DustTrak» en abscisse: le premier regroupe les résultats spécifiques aux données dites « totales » et le deuxième ceux spécifiques à la fraction respirable

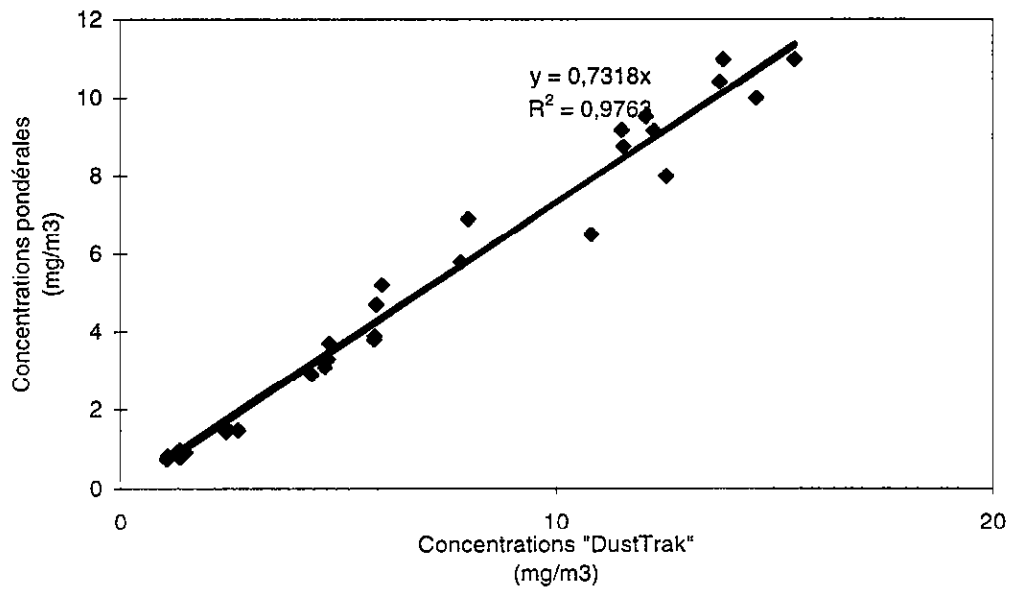
Quartz

Figure 8 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales »

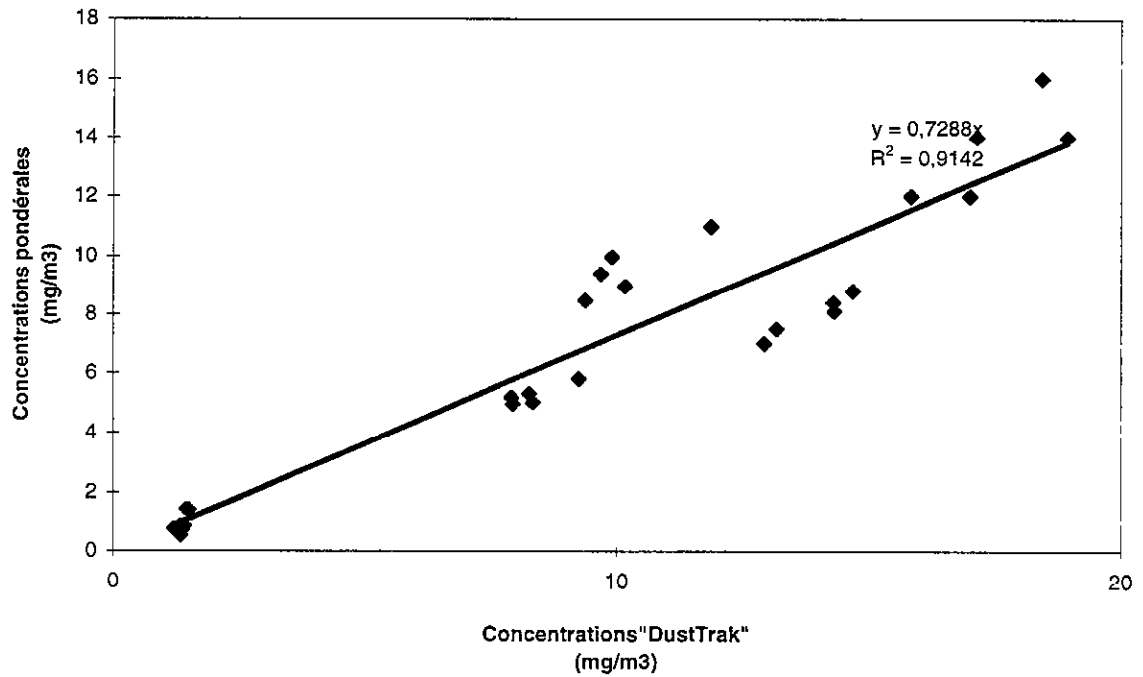


Figure 9 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables

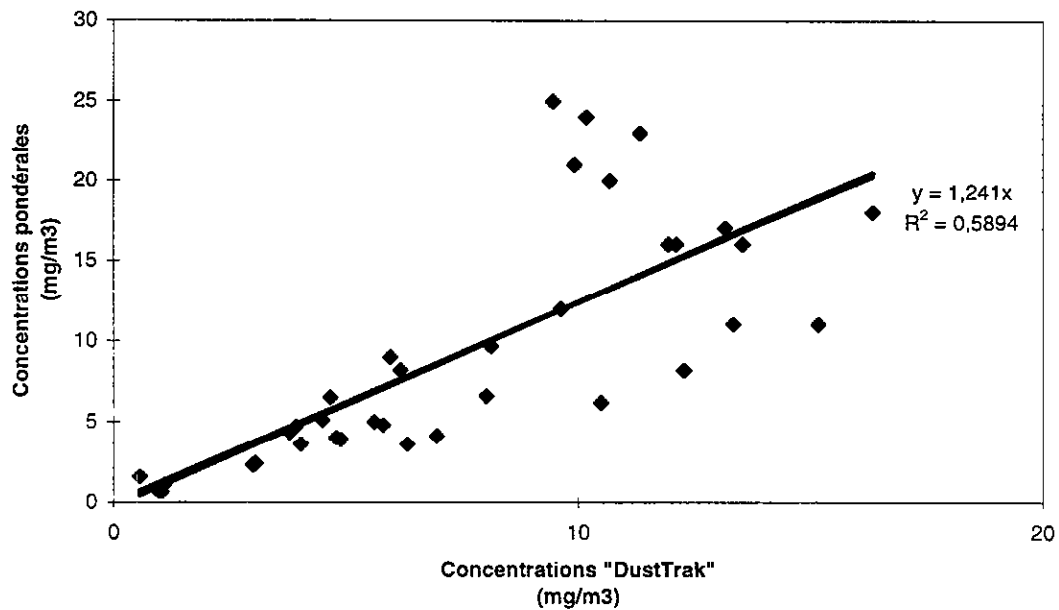
Farine

Figure 10 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales »

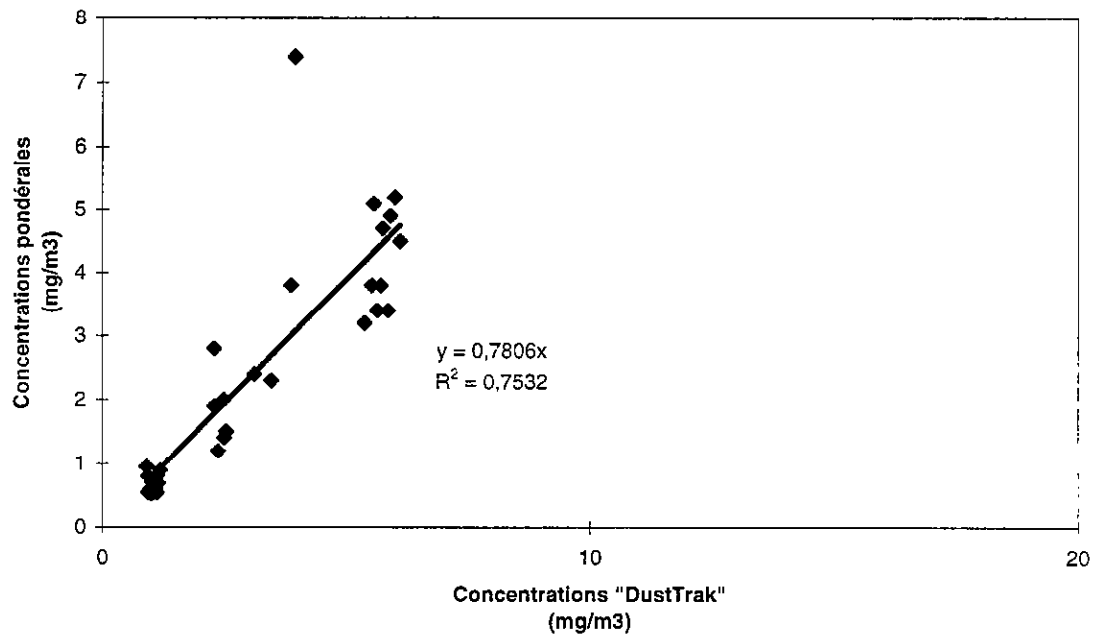


Figure 11 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables.

Bois

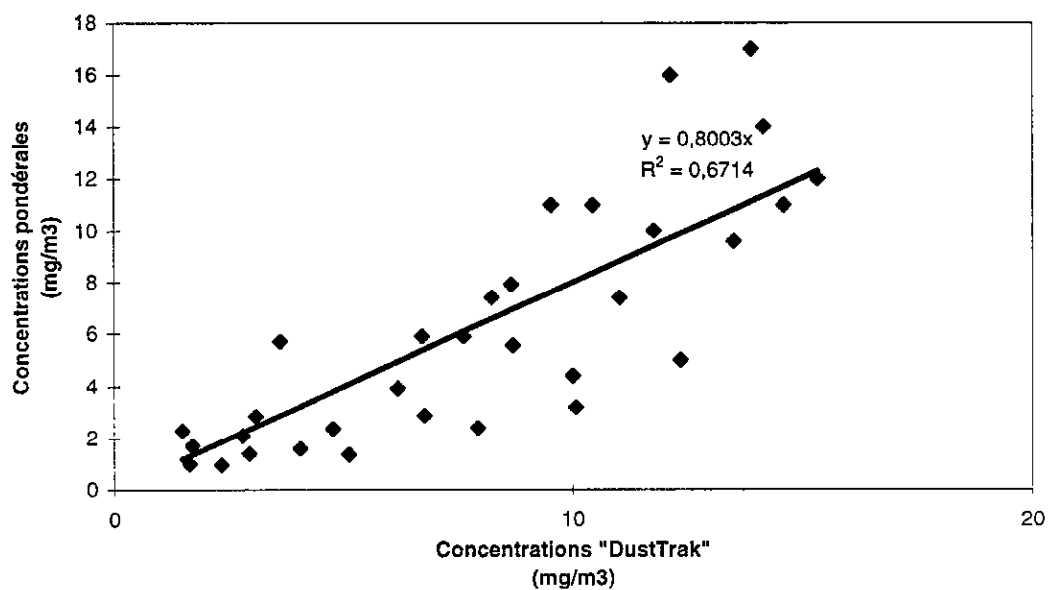


Figure 12 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales »

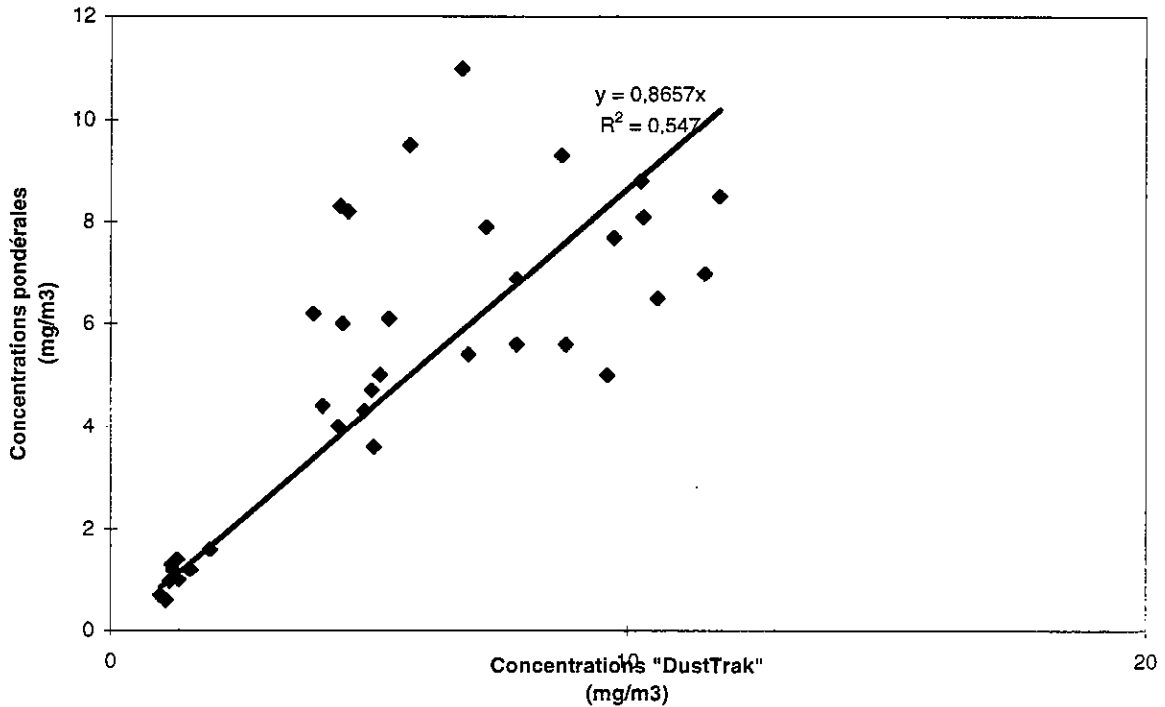


Figure 13 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables.

DISCUSSION

Effet de l'humidité

En absence de poussières, le zéro de l'instrument n'a pas dérivé suite aux changements d'humidité de l'air ambiant sauf lorsque l'humidité a dépassé environ 90% comme le montre la figure 5. Pour ces taux d'humidité très élevés se rapprochant de 100%, la réponse de l'instrument devient erratique probablement à cause de la formation de gouttelettes d'eau dans l'air ou de la condensation à l'intérieur de l'instrument.

En théorie, l'humidité peut affecter l'indice de réfraction des particules en s'absorbant ou en se condensant sur les parois des particules produisant une variation dans la lumière détectée qui est interprétée par l'instrument comme une variation de la concentration. Ces effets étudiés qualitativement pour la poussière de bois et la poussière de farine, semblent affecter la réponse des instruments uniquement lorsque les taux d'humidité sont élevés. Pour la farine, quatre

augmentations d'humidité coïncident avec des diminutions des concentrations lues par l'instrument (figure 6). Par contre, l'effet de l'humidité sur la lecture de la concentration pour le bois est moins évident comme le montre la figure 7. La lecture de l'instrument pour le bois stable suite à une première augmentation d'humidité, a diminué légèrement lors de la deuxième et a augmenté pour la troisième. Bien qu'inconsistants, ces essais sommaires montrent qu'une humidité élevée affecte la lecture des instruments. Subjectivement, une limite supérieure pour une utilisation sécuritaire inspirée des observations devrait se situer autour de 80% d'humidité.

Validation de la méthodologie d'exposition à l'aide d'un T

Un test bilatéral de Student pairé avec $\alpha=0,01$, effectué sur la différence ($\mu d = 0$) entre les concentrations résultantes des essais sur les deux branches d'un T (voir figure 3) montre que les deux concentrations C1 et C2 ne diffèrent pas d'une façon significative. Basé sur notre échantillon, il y a une certitude à 90% que la différence entre les concentrations est comprise entre -1,0 et 0,8. D'un point de vue statistique, la configuration en T des figures 3 et 4 expose donc l'instrument à lecture directe et la cassette avec filtre à une même concentration d'aérosols. Les écarts observés peuvent être dus à plusieurs facteurs tels que la méthode des pesées (pertes sur les parois, variations de la masse des filtres, ...).

Quartz

Les droites de régression des figures 8 et 9 pour le quartz possèdent des coefficients d'explication (coefficient de corrélation²) élevés indiquant bien la corrélation entre la concentration gravimétrique et la concentration détectée. Le graphique regroupant les résultats pour les poussières totales de quartz (figure 8) présente des résultats similaires à celui des poussières respirables (figure 9). Les pentes des droites de régression forcée sont à peu près identiques et égales à environ 0,73 par contre le coefficient d'explication est supérieur dans le cas des poussières totales. Toutefois si on qualifie la forme de la distribution, on s'aperçoit qu'à basses concentrations (< 10 mg/m³) les points se regroupent très près des droites de régression dans les trois cas. La possibilité que la granulométrie de la poussière suspendue possède une structure fine du domaine de la poussière respirable peut expliquer la similitude des résultats pour les poussières totales et respirables. Pour le quartz, l'instrument affiche donc des concentrations supérieures aux concentrations réelles lesquelles sont égales à environ 0,73 des valeurs affichées par l'instrument.

Farine

La droite de régression forcée de la figure 10 pour la poussière totale de farine a une pente différente de celle pour la poussière de quartz tandis que celle des poussières respirables (figure 11) en est légèrement différente. Par contre les coefficients d'explication sont plus faibles dans les deux cas. La forme des nuages de points montre encore une fois une meilleure corrélation pour les basses concentrations ($< 10 \text{ mg/m}^3$) et une forte dispersion autour de la droite aux concentrations élevées. La pente de la droite de régression forcée par zéro pour les poussières totales est de 1,24 avec un coefficient d'explication de 0,59 tandis que celle pour les poussières respirables est de 0,78 avec un coefficient d'explication de 0,75. La pente de la droite de régression pour les poussières respirables qui se rapproche de celle du quartz indiquent aussi une surévaluation de la concentration par l'instrument (figure 11). Par contre l'instrument sous-évalue la concentration pour les poussières totales (figure 10). L'élimination par le cyclone lors de l'échantillonnage des plus grosses particules ($> 10 \mu\text{m}$) diffusant moins la lumière à 90° et l'augmentation résultante du pourcentage des petites particules diffusant mieux la lumière à ces angles peut expliquer la transition d'une sous-évaluation de la concentration dans le cas de la poussière totale à une surévaluation dans le cas des poussières respirables. Un tel résultat illustre bien l'importance de la granulométrie et l'effet du sélecteur sur la réponse de l'instrument. La disparité des résultats pour les différentes fractions de poussières peut vraisemblablement être attribuée à la granulométrie. Pour la farine, l'instrument sous-évalue la fraction totale et surévalue la fraction respirable.

Bois

Les droites de régression pour le bois ont des pentes légèrement différentes (autour de 0,83) et des coefficients d'explication plus faibles que ceux du quartz. Les points semblent dispersés de part et d'autre de la droite pour toutes les concentrations. Ils ne semblent pas être plus alignés sur la droite pour les basses concentrations ($< 10 \text{ mg/m}^3$). La pente de la droite de régression forcée par zéro pour les poussières totales (figure 12) est de 0,8 avec un coefficient d'explication de 0,67 tandis que celle pour les poussières respirables (figure 13) est de 0,86 avec un coefficient d'explication de 0,55. Les pentes des droites de régression forcée sont à peu près égales que ce soit pour les poussières totales, pour les poussières respirables et montrent une surévaluation des concentrations lues par l'instrument par rapport aux concentrations réelles de bois. La similitude de la réponse de l'instrument pour la fraction totale et pour la fraction respirable permet de supposer une structure fine à la granulométrie de la poussière suspendue dans l'enceinte. La structure de la poussière étant assez fine pour n'être à peu près pas affectée par le cyclone utilisé

pour les échantillonnages des poussières respirables. Pour le bois, l'instrument affiche donc des concentrations supérieures aux concentrations réelles lesquelles sont égales à environ 0,83 des valeurs indiquées par l'instrument.

Incidences en hygiène industrielle

Les pentes des droites de régression forcées par zéro sont approximativement les mêmes dans tous les cas sauf pour les cas de la farine totale. De plus, dans cinq cas sur six tant pour les poussières totales que respirables, les pentes des droites de régression pour les différents types de poussières étudiées sont sensiblement les mêmes d'une poussière à l'autre et ce, malgré le fait que la théorie laisse prévoir des écarts beaucoup plus importants reliés aux propriétés différentes des poussières et à leur granulométrie.

La moyenne arithmétique de l'ensemble des facteurs pour les poussières respirables est de 0,8 avec un écart type de 0,21. Les facteurs dans ce cas varient entre deux valeurs extrêmes soit 0,4 et 1,9. Pour l'ensemble des facteurs représentant les poussières totales, cette moyenne est de 0,9 avec un écart type de 0,31 et ces facteurs varient entre 0,27 et 2,9.

Tel que prévu par la théorie, un facteur unique valide pour les trois poussières utilisées et ce pour les poussières respirables ou totales n'a pas pu être mis en évidence. En théorie, l'étalonnage de l'instrument à lecture directe avec la poussière désirée demeure donc la règle à suivre. Toutefois, si un instrument sans étalonnage préalable est utilisé pour les poussières de la présente étude ou pour tout autre type de poussières, afin d'évaluer approximativement la concentration comme dans le cas d'une démarche exploratoire, une interprétation des résultats devant juger de la performance de l'instrument devient obligatoire. Cette interprétation devra être guidée par certaines règles qu'il faut établir sur la base de l'observation des conditions ambiantes d'utilisation et de l'expérience de l'utilisateur.

Un des dangers de l'utilisation des instruments à lecture directe dans un contexte exploratoire est de sous-évaluer les concentrations plutôt que de les surévaluer. Un tel résultat pourrait inciter un intervenant à ne pas effectuer de démarches supplémentaires ignorant ainsi des conditions dangereuses pour la santé. Il est donc important de connaître les situations pour lesquelles les instruments à lecture directe de la concentration d'un aérosol sous-évaluent de façon importante la concentration.

Suivant cette optique et d'après les résultats obtenus dans cette étude, on peut remarquer que les points sur les graphiques précédents qui s'écartent des droites de régression et qui indiquent des

sous-évaluations importantes de la concentration sont observés pour les poussières totales de farine et pour les poussières respirables de bois. De plus, ces écarts sont observés pour les concentrations respirables lorsque les concentrations indiquées par l'instrument à lecture directe se situent autour de 5 mg/m^3 et, pour les concentrations totales, lorsque celles-ci sont supérieures à 10 mg/m^3 . Les autres points s'écartant de façon importante par rapport aux droites de régression correspondent à des surévaluations de la concentration qui sont sans conséquences lors d'une démarche exploratoire puisqu'elles incitent à des investigations supplémentaires.

Des règles d'utilisation des instruments «DustTrak» pour des fins d'utilisation lors d'une démarche exploratoire en hygiène industrielle consisteraient donc à utiliser ces deux valeurs limites lors de l'interprétation des résultats selon la fraction de poussières désirée. De plus, comme aucun facteur limite unique n'a pu être mis en évidence mais que les facteurs observés ne sont pas si différents les uns des autres, l'utilisation des facteurs arithmétiques moyens de 0,8 pour les poussières respirables et de 0,9 pour les poussières totales mentionnés au début de cette section sont recommandés. Cependant, il faut être conscient que la précision de la lecture ne dépassera certainement pas celle de 25% rapportée par quelques auteurs pour certains instruments après étalonnage.

Afin de qualifier l'effet de ces règles d'utilisation sur les observations, une droite correspondant à un facteur de 0,9 a été tracée sur les graphiques de poussières totales où l'échelle des concentrations lues a été limitée à 10 mg/m^3 . Une opération similaire a été effectuée sur les graphiques relatifs aux poussières respirables utilisant un facteur de 0,8 et une limite de lecture à 5 mg/m^3 . Les graphiques résultants apparaissent à l'annexe B. De façon générale, la plupart des points des graphiques se retrouvent assez près de ces nouvelles droites ou en dessous et indiquent une approximation suffisante ou une surévaluation de la concentration. Les valeurs obtenues de cette façon demeurent donc suffisantes pour les besoins de la démarche exploratoire tout en évitant des sous-évaluations.

Basé sur les observations, un facteur de 0,8 pour les concentrations lues inférieures à 5 mg/m^3 pour les poussières respirables et un facteur de 0,9 pour les poussières totales lorsque les concentrations sont inférieures à 10 mg/m^3 pourraient servir de valeurs guides à utiliser lors d'une démarche exploratoire. L'utilité et la validité de règles de ce genre devraient être vérifiées sur le terrain pour des conditions réelles, pour des poussières différentes et avec une utilisation directe de l'étalonnage du manufacturier.

CONCLUSIONS

L'humidité lorsque maintenue à un niveau inférieur à environ 80% ne semble pas affecter la réponse de l'instrument à lecture directe. L'utilisation des instruments «DustTrak» n'a pas permis d'isoler un facteur unique de correction pour l'ensemble des poussières et de leurs fractions. Les essais pour les poussières respirables donnent des facteurs qui sont à peu près les mêmes avec des coefficients d'explication élevés. Un tel résultat s'explique par une granulométrie sensiblement identique de la poussière respirable quelque soit le type de poussières échantillonnées. La concentration respirable indiquée par l'instrument à lecture directe est environ 1,25 plus élevée que la concentration réelle mesurée avec un filtre. Le facteur pour les poussières totales est différent dans un cas sur trois : confirmant ainsi la théorie qui prévoit qu'un facteur d'étalonnage unique ne peut pas être attribué à une poussière puisque celui-ci dépend de la nature et de la granulométrie de la poussière. Le facteur pour les poussières dites totales est approximativement le même pour le quartz et le bois mais différent pour la farine.

Toutes les poussières étudiées donnent des droites de régression avec des coefficients d'explication supérieurs à 0,5 indiquant que des augmentations de concentrations réelles se traduisent par des augmentations des concentrations détectées. Ceci confirme la possibilité d'utiliser l'instrument lors d'une démarche exploratoire pour isoler les endroits où les concentrations sont les plus élevées telles que les fuites ou pour toutes les autres fonctions mentionnées dans l'introduction. Par contre, lorsqu'utilisés dans le cadre d'une démarche exploratoire, les résultats affichés par ces instruments doivent cependant faire l'objet d'une interprétation guidée par l'expérience de l'utilisateur à l'aide de règles visant à valider la qualité de la réponse de l'instrument. Une généralisation, basée sur la présente étude, qui supposerait une surévaluation de la fraction respirable avec un facteur moyen de 0,8 si la concentration lue est inférieure à 5 mg/m³ et une surévaluation de la fraction totale par un facteur de 0,9 si la concentration lue est inférieure à 10 mg/m³, pour les mêmes poussières ou pour tout autre type de poussières échantillonnées, afin d'établir précisément les concentrations ambiantes est risquée. Cependant, une telle approche demeure quelquefois une des seules alternatives laissée à l'intervenant qui doit en assurer la responsabilité. Ces règles ne prévalent pas sur la théorie qui recommande d'étalonner l'instrument avec la poussière de même granulométrie avec laquelle il doit être utilisé mais permettent toutefois d'établir qu'une concentration se situe autour ou est inférieure à une certaine valeur.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

- (1) Görner P., Fabriès J.F., Techniques de mesures automatiques des aérosols atmosphériques CDU 628.51-791 (ND 1794-140-90), INRS, Nancy, 1990.
- (2) Hinds William C., Aerosol Technology, Wiley-Interscience, New York, New York, 1982, p. 324.
- (3) Malissa H., Robinson J.W., Analysis of Airborne Particles by Physical Methods, CRC Press, West Palm Beach, Florida, 1978, p. 268.
- (4) Lundgren D.A., Harris F.S.Jr, Marlow W.H., Lippman M., Clark W.E., Durham M.D., Aerosol Measurement, University presses of Florida, Gainesville, Florida, 1979.
- (5) Davies C.N., Aerosol Science, Academic Press, New York, New York, 1966.
- (6) Baron, P.A., Direct Reading Instruments for Aerosols : A Review, Analyst, January 1994, Vol. 119, p. 35-40.
- (7) C.hung K.Y.K., Vaughan N.P. ,Comparative laboratory trials of two portable direct-reading dust monitors, Ann. Occup. Hyg., 1989, Vol. 33 ,p. 591-606
- (8) Woskie S.R., Shen P., Finkel M. et al. , Calibration of a continuous-reading aerosol monitor (Miniram) to measure borate dust exposures. Appl. Occup. Environ. Hyg., Vol 8, p38-45
- (9) Tsai C.-J., Shih T.-S., Lin J.-D. , Laboratory testing of three direct reading dust monitors. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., Vol 57, p. 557-563
- (10) Kuusisto Pertti, Evaluation of the Direct Reading Instruments for the Measurement of Aerosols, A.I.H.A. Journal, 44 (11) : p. 863-874, 1983.

ANNEXE A

PFRACTION	CONCENTRATION PONDERALE		CONCENTRATION DUSTTRAK		FACTEUR	
	CONCENTRATION MG/M ³	ERREUR MG/M ³	CONCENTRATION MG/M ³	ÉCART-TYPE MG/M ³	F	ERREUR
TOTALE	1,54	0,1	2,42	0,96	0,6	0,3
	1,48	0,1	2,69	1,07	0,6	0,2
	1,43	0,1	2,41	1,16	0,6	0,3
	0,75	0,3	1,06	0,67	0,7	0,4
	0,83	0,1	1,08	1,79	0,8	1,3
	0,83	0,1	1,4	0,2	0,6	0,1
	0,79	0,1	1,37	0,1	0,6	0,0
	0,92	0,1	1,49	0,11	0,6	0,0
	0,94	0,1	1,32	0,11	0,7	0,1
	0,98	0,1	1,36	0,09	0,7	0,0
	2,9	0,3	4,38	0,92	0,7	0,1
	3,1	0,3	4,68	1,4	0,7	0,2
	3,7	0,3	4,782	0,53	0,8	0,1
	3,9	0,1	5,82	1,08	0,7	0,1
	5,8	0,3	7,81	2,69	0,7	0,3
	3,8	0,3	5,31	1,5	0,7	0,2
	3,3	0,3	4,76	0,55	0,7	0,1
	4,7	0,1	5,86	1,08	0,8	0,1
	6,9	0,3	7,98	2,72	0,9	0,3
	5,2	0,3	5,99	1,55	0,9	0,2
	11	0,5	13,85	1,46	0,8	0,1
	8	0,5	12,54	0,84	0,6	0,0
	9,53	0,5	12,08	1,45	0,8	0,1
	6,5	0,3	10,81	0,6	0,6	0,0
	9,19	0,4	11,52	3,29	0,8	0,2
	11	0,5	15,48	1,45	0,7	0,1
	10	0,5	14,61	1	0,7	0,0
	10,42	0,5	13,77	1,48	0,8	0,1
8,76	0,3	11,56	0,66	0,8	0,0	
9,17	0,4	12,26	3,49	0,7	0,2	

Tableau 2 : Résultats pour le quartz (fraction totale)

F : Concentration pondérale / concentration «DustTrak»

FRACTION	CONCENTRATION PONDERALE		CONCENTRATION DUSTTRAK		FACTEUR	
	CONCENTRATION	ERREUR	CONCENTRATION	ÉCART-TYPE	F	ERREUR
	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³		
RESPIRABLE	12	0,4	17,02	1,6	0,7	0,1
	12	0,3	15,85	0,47	0,8	0,0
	14	0,3	18,94	2,08	0,7	0,1
	14	0,3	17,15	0,93	0,8	0,0
	16	0,5	18,44	1,94	0,9	0,1
	8,4	0,4	14,31	1,2	0,6	0,0
	7	0,3	12,94	0,42	0,5	0,0
	8,8	0,3	14,7	1,63	0,6	0,1
	7,5	0,3	13,19	0,75	0,6	0,0
	8,1	0,4	14,33	1,64	0,6	0,1
	9,97	0,4	9,9	1,13	1,0	0,1
	9,4	0,3	9,68	0,51	1,0	0,1
	8,48	0,3	9,37	1,46	0,9	0,1
	8,96	0,3	10,16	1	0,9	0,1
	11	0,4	11,88	1,12	0,9	0,1
	5,31	0,4	8,25	0,67	0,6	0,1
	5,18	0,3	7,9	0,39	0,7	0,0
	4,96	0,3	7,92	1,18	0,6	0,1
	5,02	0,3	8,33	0,86	0,6	0,1
	5,8	0,1	9,24	0,79	0,6	0,1
	0,79	0,1	1,3	0,21	0,6	0,1
	0,81	0,1	1,34	0,15	0,6	0,1
	0,77	0,1	1,33	0,09	0,6	0,0
	0,84	0,1	1,33	0,07	0,6	0,0
	0,84	0,1	1,32	0,17	0,6	0,1
	0,87	0,1	1,4	0,13	0,6	0,1
	0,76	0,1	1,2	0,2	0,6	0,1
	0,72	0,1	1,36	0,1	0,5	0,0
	0,53	0,1	1,33	0,14	0,4	0,0
	0,76	0,1	1,32	0,1	0,6	0,0
1,39	0,1	1,5	0,15	0,9	0,1	
1,42	0,0	1,45	0,18	1,0	0,1	

Tableau 3 : Résultats pour le quartz (fraction respirable)

F : Concentration pondérale / concentration «DustTrak»

FRACTION	CONCENTRATION PONDERALE		CONCENTRATION DUSTTRAK		FACTEUR	
	CONCENTRATION	ERREUR	CONCENTRATION	ÉCART-TYPE	F	ERREUR
	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³		
	0,83	1,295	0,911	0,106	0,9	1,5
	0,73	1,295	0,957	0,035	0,8	1,4
	0,65	1,295	1,032	0,052	0,6	1,3
	1,1	1,295	1,09	0,06	1,0	1,2
	1,6	1,295	0,56	0,044	2,9	2,5
	2,3	1,295	2,975	0,336	0,8	0,5
	4,70	1,28	3,91	0,19	1,2	0,4
	5	1,282	5,595	0,449	0,9	0,3
	3,6	1,3	4,014	0,207	0,9	0,4
	4,3	1,3	3,772	0,127	1,1	0,4
	6,5	1,3	4,65	0,482	1,4	0,4
	2,40	1,30	3,04	0,32	0,8	0,5
	3,6	1,30	6,307	0,286	0,6	0,2
	4,10	1,30	6,94	0,37	0,6	0,2
	5,10	1,30	4,48	0,24	1,1	0,4
	4,80	1,30	5,78	0,62	0,8	0,3
	3,9	1,295	4,873	0,234	0,8	0,3
	4	1,2953	4,771	0,282	0,8	0,3
	8,2	1,2953	6,152	0,536	1,3	0,3
	9	1,3	5,936	0,908	1,5	0,4
	20	1,667	10,68	2,341	1,9	0,6
	24,0	1,67	10,18	1,05	2,4	0,4
	21,0	1,67	9,92	1,20	2,1	0,4
	6,2	2,5	10,56	1,804	0,6	0,3
	8,2	2,5	12,29	0,776	0,7	0,2
	11	2,5	13,35	0,713	0,8	0,2
	16	2,5	13,56	0,867	1,2	0,3
	11	2,5	15,19	0,646	0,7	0,2
	6,6	1,4	8,014	1,407	0,3	0,3
	18	1,88	16,35	3,365	1,1	0,3
	23,0	1,88	11,34	1,30	2,0	0,4
	25	1,88	9,449	0,949	2,6	0,5
	9,7	2,825	8,111	2,445	1,2	0,7
	12	2,825	9,623	0,871	1,2	0,4
	16	2,825	11,95	0,633	1,3	0,3
	16	2,825	12,12	0,299	1,3	0,3
	17	2,825	13,18	0,443	1,3	0,3
TOTALE						

Tableau 4 : Résultats pour la farine (fraction totale)

F : Concentration pondérale / concentration «DustTrak»

FRACTION	CONCENTRATION PONDERALE		CONCENTRATION DUSTTRAK		FACTEUR	
	CONCENTRATION MG/M ³	ERREUR MG/M ³	CONCENTRATION MG/M ³	ÉCART-TYPE MG/M ³	F	ERREUR
RESPIRABLE	3,8	1,5	5,505	0,317	0,7	0,3
	5,2	1,471	5,986	0,253	0,9	0,3
	4,7	1,47	5,74	0,27	0,8	0,3
	5,1	1,471	5,551	0,216	0,9	0,3
	4,9	1,47	5,89	0,21	0,8	0,3
	2,8	1,471	2,275	0,154	1,2	0,7
	2	1,471	2,484	0,155	0,8	0,6
	2,4	1,5	3,102	0,108	0,8	0,5
	1,9	1,5	2,283	1,521	0,8	1,2
	3,8	1,5	3,849	0,495	1,0	0,5
	3,2	1,5	5,361	0,17	0,6	0,3
	3,8	1,453	5,693	0,261	0,7	0,3
	3,4	1,45	5,85	0,20	0,6	0,3
	3,4	1,453	5,62	0,235	0,6	0,3
	4,5	1,45	6,09	0,28	0,7	0,3
	1,2	1,45	2,37	0,12	0,5	0,6
	1,4	1,45	2,49	0,23	0,6	0,6
	2,3	1,45	3,45	0,28	0,7	0,5
	1,5	1,45	2,53	1,75	0,6	1,0
	7,4	1,4535	3,935	0,385	1,9	0,6
	0,6	0,2	0,983	0,061	0,6	0,3
	0,5	0,2	1,078	0,061	0,5	0,3
	0,5	0,244	1,032	0,084	0,5	0,3
	0,5	0,24	1,00	0,08	0,5	0,3
	0,5	0,244	1,077	0,058	0,5	0,3
	0,5	0,2437	0,936	0,072	0,6	0,3
	0,6	0,237	1,088	0,078	0,6	0,3
	0,7	0,25	1,089	0,086	0,7	0,3
	0,8	0,2	1,177	0,207	0,8	0,3
	0,7	0,2	1,141	0,18	0,6	0,3
0,9	0,2	0,905	0,445	1,0	0,3	
0,5	0,167	1,115	0,208	0,5	0,2	
0,8	0,237	1,128	0,181	0,7	0,3	
0,8	0,237	0,93	0,38	0,9	0,6	

Tableau 5 : Résultats pour la farine (fraction respirable)

F : Concentration pondérale / concentration «DustTrak»

FRACTION	CONCENTRATION PONDERALE		CONCENTRATION DUSTTRAK		FACTEUR	
	CONCENTRATION	ERREUR	CONCENTRATION	ÉCART-TYPE	F	ERREUR
	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³		
TOTALE	2.29	0.09	1.48	0.47	1.55	0.55
	2.85	0.09	3.08	0.80	0.93	0.27
	1.7	0.08	1.70	0.59	1.00	0.39
	1	0.08	1.64	0.54	0.61	0.25
	2.1	0.08	2.79	0.93	0.75	0.28
	1.40	0.09	2.94	0.99	0.48	0.19
	1.37	0.09	5.11	1.28	0.27	0.08
	0.96	0.08	2.33	1.04	0.41	0.22
	5.70	0.08	3.61	1.64	1.58	0.74
	1.60	0.08	4.05	1.49	0.40	0.17
	2.36	0.33	4.76	0.76	0.50	0.15
	3.92	0.34	6.18	0.69	0.63	0.13
	5.9	0.35	6.71	1.09	0.88	0.20
	7.92	0.30	8.66	1.65	0.91	0.21
	11	0.34	9.53	2.19	1.15	0.30
	5.9	0.35	7.62	1.51	0.77	0.20
	2.88	0.33	6.77	1.14	0.43	0.12
	2.4	0.34	7.93	0.87	0.30	0.08
	5.55	0.35	8.70	1.54	0.64	0.15
	4.99	0.30	12.36	1.73	0.40	0.08
	7.4	0.34	11.03	2.47	0.67	0.18
	4.4	0.35	10.01	1.92	0.44	0.12
	9.6	0.59	13.53	2.92	0.71	0.20
	11	0.57	10.44	1.50	1.05	0.21
	16	0.59	12.15	0.99	1.32	0.16
	17	0.42	13.91	1.36	1.22	0.15
	7.4	0.48	8.24	0.36	0.90	0.10
	11	0.59	14.61	2.95	0.75	0.19
	10	0.57	11.78	1.42	0.85	0.15
	14	0.59	14.18	0.86	0.99	0.10
12	0.42	15.35	1.63	0.78	0.11	
3.2	0.48	10.07	0.61	0.32	0.07	

Tableau 6 : Résultats pour le bois (fraction totale)

F : Concentration pondérale / concentration «DustTrak»

FRACTION	CONCENTRATION PONDERALE		CONCENTRATION DUSTTRAK		FACTEUR	
	CONCENTRATION	ERREUR	CONCENTRATION	ÉCART-TYPE	F	ERREUR
	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³	MG/M ³		
RESPIRABLE	5	0,44	9,60	0,77	0,52	0,09
	5,6	0,37	8,80	0,58	0,64	0,08
	5,6	0,38	7,84	0,69	0,71	0,11
	8,5	0,55	11,78	1,22	0,72	0,12
	8,8	0,45	10,25	0,98	0,86	0,13
	6,5	0,44	10,58	0,53	0,61	0,07
	8,1	0,37	10,30	0,64	0,79	0,08
	9,3	0,38	8,71	1,19	1,07	0,19
	7	0,55	11,50	1,18	0,61	0,11
	7,7	0,45	9,73	0,79	0,79	0,11
	4	0,36	4,38	0,74	0,91	0,24
	4,4	0,29	4,08	1,04	1,08	0,35
	6	0,21	4,47	2,87	1,34	0,91
	4,3	0,36	4,89	0,72	0,88	0,20
	5,4	0,34	6,90	0,00*	0,78	0,00*
	11	0,33	6,77	0,00*	1,62	0,00*
	8,3	0,29	4,42	0,00*	1,88	0,00*
	3,6	0,36	5,07	0,61	0,71	0,16
	4,7	0,29	5,03	1,37	0,93	0,31
	6,1	0,21	5,36	3,13	1,14	0,70
	8,2	0,31	4,57	1,87	1,79	0,80
	5	0,36	5,19	0,71	0,96	0,20
	6,9	0,34	7,84	0,00*	0,88	0,00*
	7,9	0,33	7,25	0,00*	1,09	0,00*
	6,2	0,29	3,90	0,00*	1,59	0,00*
	9,5	0,29	5,76	0,00*	1,65	0,00*
	1,2	0,07	1,54	0,83	0,78	0,47
	1,3	0,08	1,17	0,21	1,11	0,27
	0,98	0,09	1,31	0,21	0,75	0,19
	1,4	0,09	1,28	0,41	1,09	0,42
	0,58	0,09	1,06	0,21	0,55	0,19
	1,6	0,07	1,91	1,18	0,84	0,56
1,2	0,08	1,20	0,25	1,00	0,28	
1,2	0,09	1,50	0,28	0,80	0,21	
0,95	0,09	1,13	0,39	0,84	0,37	
0,67	0,09	0,95	0,14	0,71	0,20	

Tableau 7 : Résultats pour le bois (fraction respirable)

F : Concentration pondérale / concentration «DustTrak»

ANNEXE B

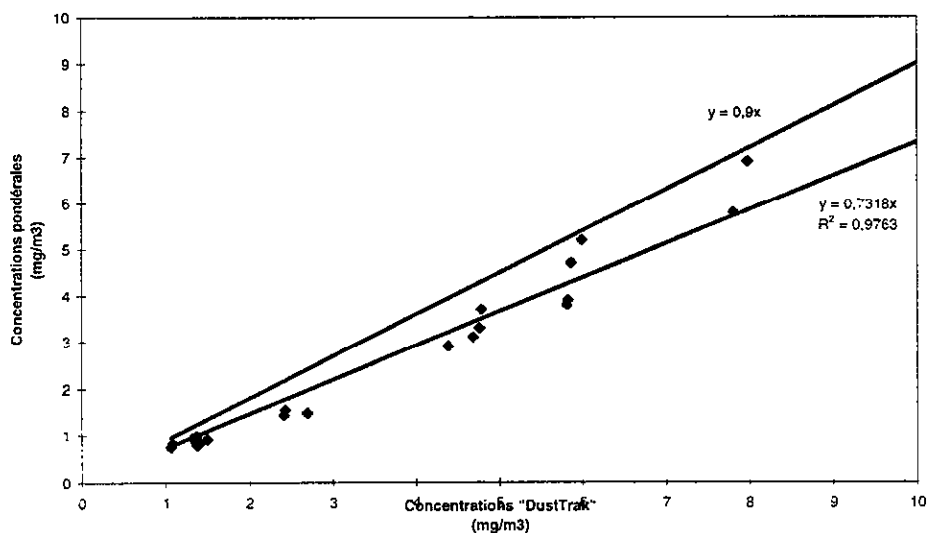


Figure 14 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales » et limitées à 10 mg/m³

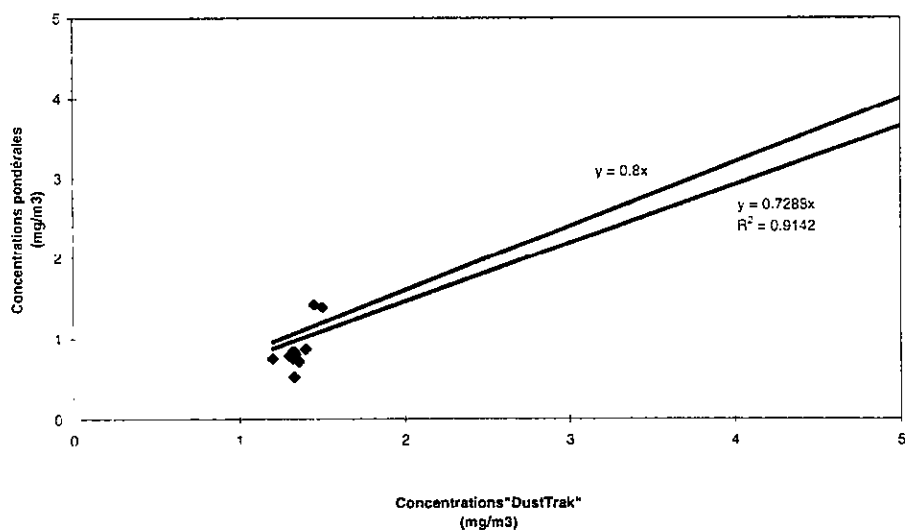


Figure 15 : Relation entre les concentrations en quartz établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables et limitées à 5mg/m³

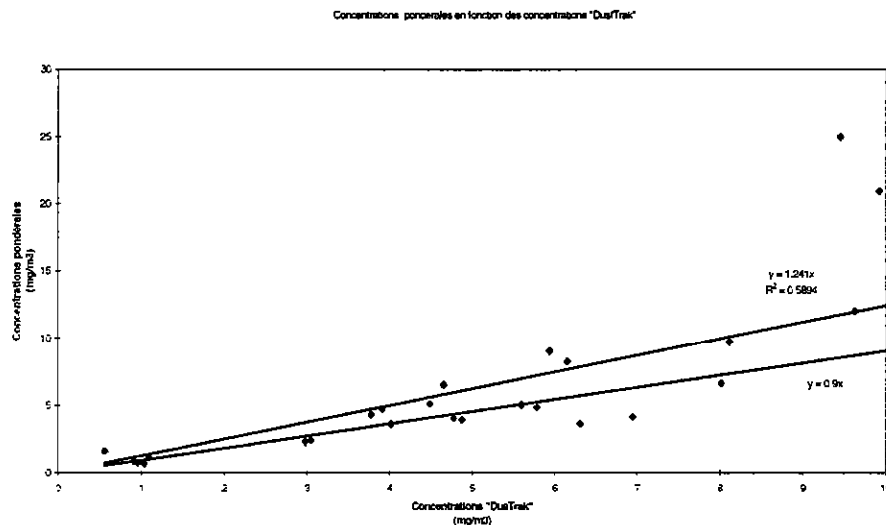


Figure 16 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites « totales » et limitées à 10mg/m³

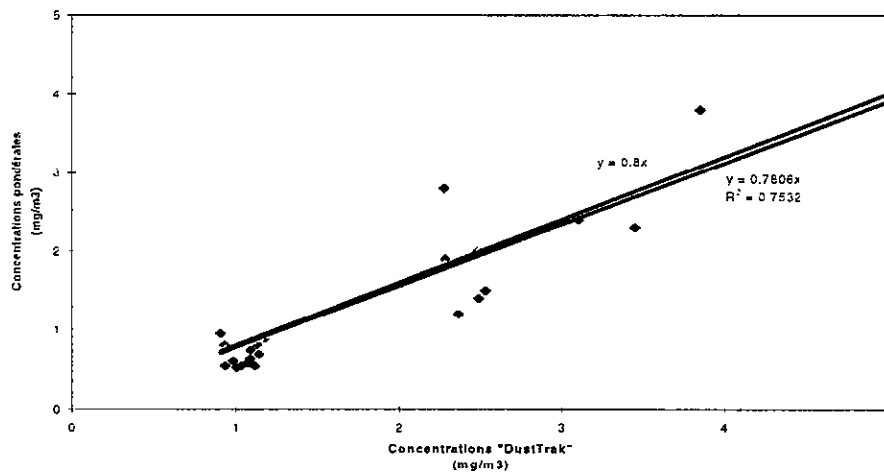


Figure 17 : Relation entre les concentrations en farine établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables et limitées à 5mg/m³

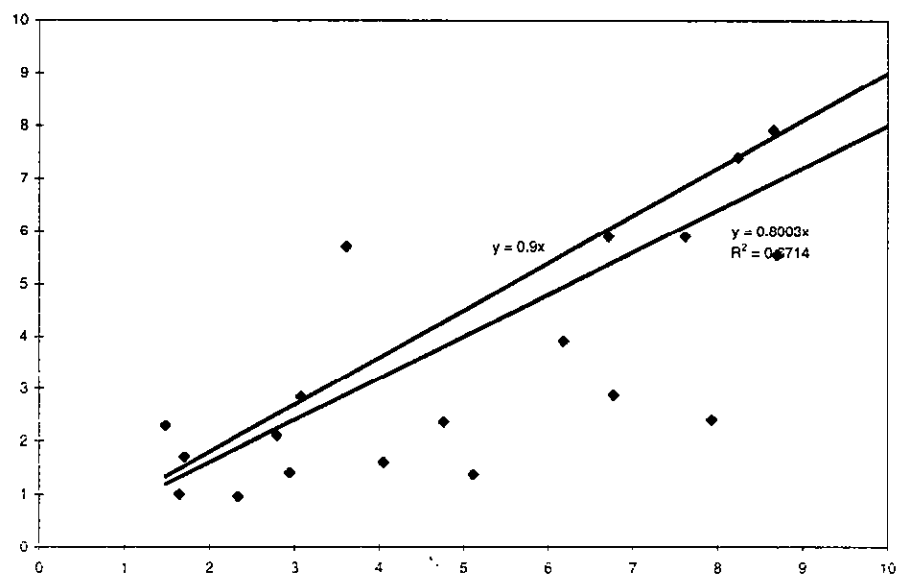


Figure 18 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données dites "totales" et limitées à $10\text{mg}/\text{m}^3$

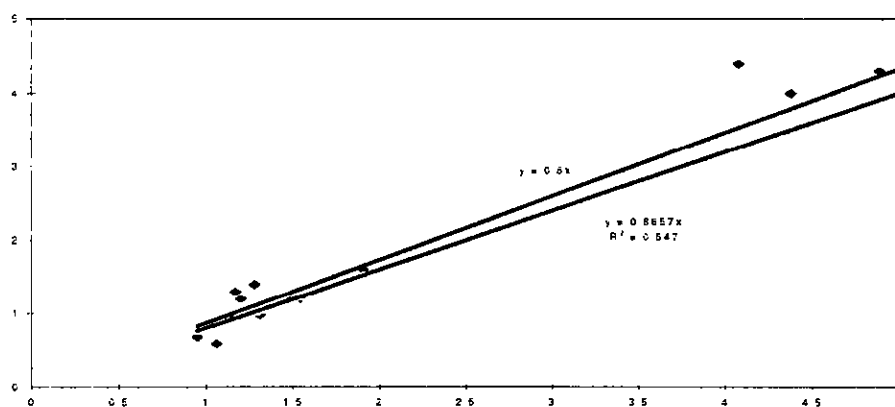


Figure 19 : Relation entre les concentrations en bois établies gravimétriquement et celles lues par l'instrument pour les données respirables et limitées à $5\text{mg}/\text{m}^3$