

**Validation de règles d'utilisation
d'un instrument à lecture directe
de la concentration
d'un aérosol**

Essais terrain

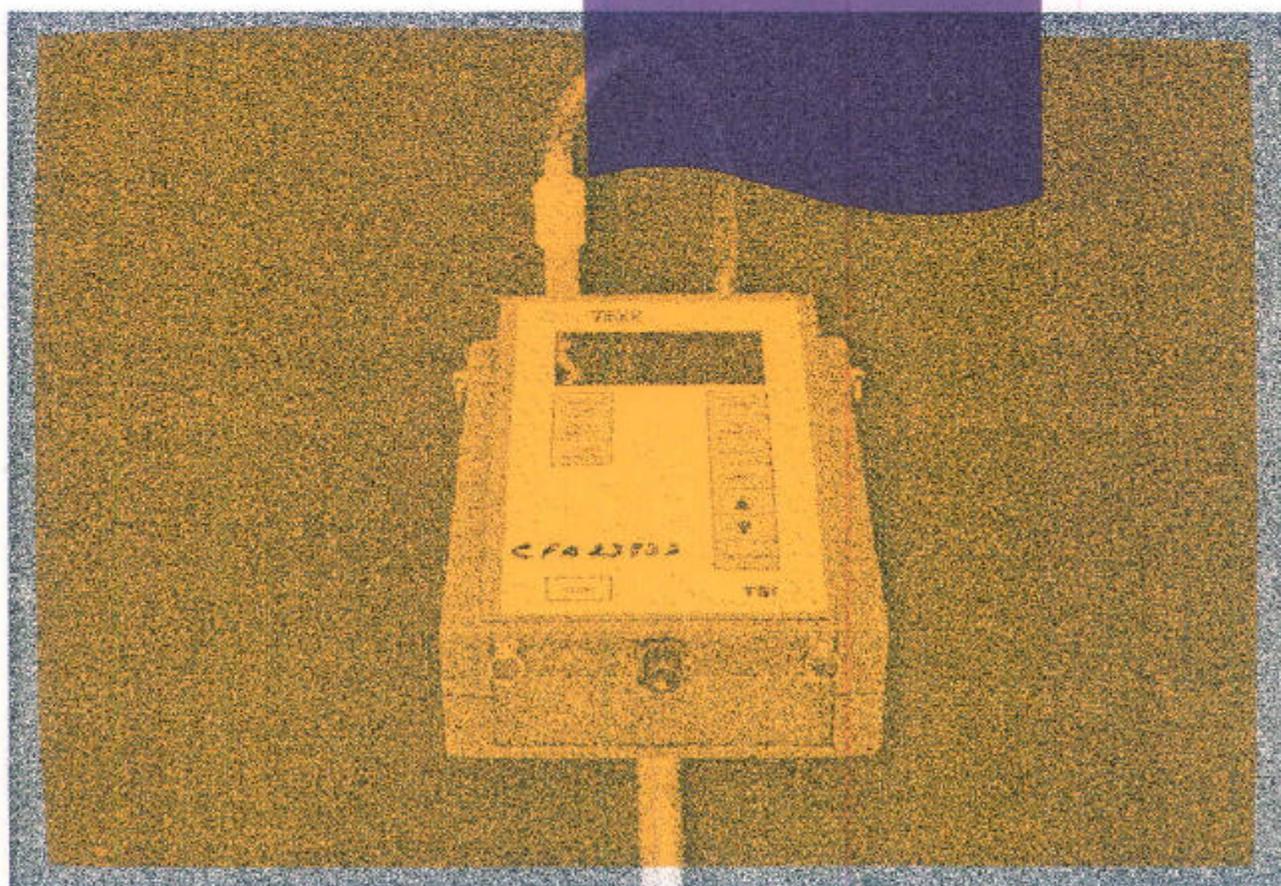
Yves Cloutier
Rodrigue Gravel

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

Juin 2001

R-272

RAPPORT



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,

**Validation de règles d'utilisation
d'un instrument à lecture directe
de la concentration
d'un aérosol**

Essais terrain

Yves Cloutier et Rodrigue Gravel
Programme soutien analytique, IRSST

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

 Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site internet de l'IRSST.

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

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	i
LISTE DES FIGURES.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iii
INTRODUCTION.....	1
MÉTHODOLOGIE.....	3
Échantillonnage.....	3
RÉSULTATS.....	3
A) Facteurs de réponse des instruments à lecture directe.....	3
B) Intercomparaison des instruments à lecture directe.....	5
C) Comparaison des instruments à lecture directe avec les capteurs IOM.....	6
DISCUSSION.....	6
CONCLUSIONS.....	9
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	9
ANNEXE A : Résultats d'échantillonnage.....	11
ANNEXE B : Régressions linéaires sur les concentrations.....	13
ANNEXE C : Régressions linéaires sur les concentrations corrigées.....	18
ANNEXE D : Comparaison entre les appareils.....	23
ANNEXE E : Résultats et régressions pour la cassette IOM.....	26

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Comparaison des concentrations totales en quartz pour l'appareil 9444.....	14
Figure 2 : Comparaison des concentrations totales en quartz pour l'appareil 23923.....	14
Figure 3 : Comparaison des concentrations respirables en quartz pour l'appareil 9444.....	15
Figure 4 : Comparaison des concentrations respirables de quartz pour l'appareil 23923.....	15
Figure 5 : Comparaison des concentrations totales de farine pour l'appareil 9444	16
Figure 6 : Comparaison des concentrations totales de farine pour l'appareil 23923	16
Figure 7 : Comparaison des concentrations respirables de farine pour l'appareil 9444	17
Figure 8 : Comparaison des concentrations respirables de farine pour l'appareil 23923	17
Figure 9 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 944, quartz)	19
Figure 10 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, quartz)	19
Figure 11 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 9444, farine).....	20
Figure 13 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, quartz)	21
Figure 14 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 9444, quartz)	21
Figure 15 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 9444, farine).....	22
Figure 16 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, farine).....	22
Figure 17 : Comparaison des deux appareils pour la farine totale	24
Figure 18 : Comparaison entre les deux appareils pour la farine respirable	24
Figure 19 : Comparaison entre les deux appareils pour le quartz total	25
Figure 20 : Comparaison des deux appareils pour le quartz respirable.....	25
Figure 21: Courbe des concentrations inhalables en fonction des concentrations affichées sur le "DustTrak" pour la farine	28
Figure 22: Courbe des concentrations inhalables en fonction des concentrations "DustTrak" affichées pour le quartz	28
Figure 23 : Comparaison entre les concentrations IOM et les concentrations totales pour le quartz	29
Figure 24 : Comparaison entre les concentrations IOM et les concentrations totales pour la farine	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Régression linéaire entre les concentrations affichées et les concentrations totales....	4
Tableau 2 : Régression linéaire entre les concentrations totales et les valeurs affichées et corrigées.....	5
Tableau 3 : Comparaison des deux appareils par régression linéaire.....	6
Tableau 4 : Régression entre les concentrations de poussières inhalables et les valeurs affichées par les appareils	6
Tableau 5 : Tableau de comparaison des facteurs.....	7
Tableau 6 : Comparaison entre les concentrations IOM et les concentrations totales	8
Tableau 7 : Tableau comparatif des concentrations inhalables (IOM), concentrations totales (cassette) et des concentrations affichées par les appareils « DustTrak ».	27

INTRODUCTION

Il est souvent nécessaire de connaître les concentrations instantanées d'un aérosol afin de pouvoir évaluer rapidement la qualité d'un milieu de travail. Certains instruments permettent d'obtenir ces lectures directes et instantanées de la concentration d'un aérosol. Ils sont généralement utilisés pour suivre l'évolution de la concentration d'un aérosol dans le temps, pour identifier les périodes où se produisent les minima et maxima de la concentration, effectuer une cartographie de la pollution dans un milieu, identifier et rechercher les sources principales d'émission de particules telles que les fuites d'un système, isoler les manipulations et les opérations occasionnant des concentrations élevées de poussières, estimer rapidement des temps ou taux d'empoussièrement, juger rapidement de l'efficacité de moyens de contrôle tels que des capteurs de poussières ou des filtres, ou de juger rapidement de l'effet de certains ajustements sur un procédé (1).

Ceux de marque « DustTrak », disponibles dans la banque d'instruments des intervenants du réseau public québécois de santé au travail, ont déjà fait l'objet d'une évaluation en laboratoire par l'IRSST publiée sous le titre « Performance d'un instrument à lecture directe de la concentration en aérosols – essais en laboratoire » (2). Tel que prévu par la théorie, aucun facteur unique de corrélation entre la concentration lue par l'appareil et la concentration totale d'un aérosol déterminée par la méthode de déposition sur filtres n'a pu être déterminé : ce qui impose la nécessité d'étalonner l'appareil à l'aide de la poussière avec laquelle il doit être utilisé.

Toutefois, la possibilité d'utiliser, dans certaines conditions, certaines règles pour la correction de la lecture de ces appareils lorsqu'utilisés en situation industrielle et sans aucun étalonnage spécifique a été suggérée lors de cette étude. Ces règles de discrimination ou d'utilisation, déduites à partir de l'étude en laboratoire pour trois types de poussières, visent à établir de façon approximative la concentration d'un aérosol dans un milieu. Elles s'appliquent aux poussières respirables et aux poussières dites totales. Elles supposent qu'un facteur de 0,8 puisse être utilisé pour corriger la réponse de l'appareil et obtenir la concentration approximative en poussières respirables lorsque les concentrations affichées par l'appareil sont inférieures à 5 mg/m³ et ce pour n'importe laquelle des poussières. De la même façon, lorsque les concentrations affichées sont inférieures à 10 mg/m³, elles supposent qu'un facteur de 0,9 puisse être utilisé pour obtenir la concentration approximative des poussières totales.

Cette activité visait donc à vérifier l'impact de l'application de ces règles d'utilisation, pour les appareils « DustTrak », utilisés en situation industrielle et avec l'étalonnage du manufacturier.

L'impact étant défini comme étant :

- l'écart entre les concentrations lues et les concentrations totales,
- l'écart entre les concentrations après que les règles de discrimination des résultats aient été appliquées et leurs effets sur la sous-évaluation ou la surévaluation de la concentration. Surévaluation et sous-évaluation étant définies par un écart de plus de 15% de la concentration totale.

Cette évaluation a porté sur la réponse de ces instruments pour différentes poussières à différentes concentrations incluant lorsque possible des concentrations élevées et ce, dans le but de vérifier l'existence et l'applicabilité de ces règles d'utilisation.

L'existence de telles règles permettrait aux intervenants de juger et de discriminer les concentrations affichées par ces appareils à lecture directe lorsqu'utilisés en milieu de travail, renforcerait et inciterait davantage à l'utilisation de tels instruments dans le cadre d'une approche exploratoire pour les aérosols. Rappelons que l'objectif d'une démarche exploratoire n'est pas de déterminer de façon précise les concentrations mais plutôt, d'en obtenir des approximations suffisantes pour établir le portrait général d'une situation prévalant dans un milieu. Ces approximations doivent éviter les sous-évaluations de la concentration puisque la démarche exploratoire est souvent celle qui initie une étude plus approfondie d'un milieu ou qui décide des actions à prendre. L'impact financier de ce genre d'approche et de ces règles d'utilisation pour l'étude d'un milieu est non-négligeable puisqu'elle peut diminuer le nombre de mesures conventionnelles exigeant un prélèvement sur filtres et une détermination gravimétrique en laboratoire.

Le « DustTrak » utilisé dans la présente évaluation 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.

L'utilisation de ces appareils en milieu de travail pour le quartz et la farine a permis d'établir des facteurs d'étalonnage pour ces poussières et ainsi de pouvoir comparer ces facteurs avec les facteurs obtenus lors d'essais en laboratoire. De plus, comme deux appareils identiques furent utilisés similairement lors des prélèvements, il a été possible de comparer la réponse de chacun lorsque exposés à une même concentration de poussière.

De nouveaux capteurs sont utilisés de plus en plus en hygiène industrielle pour l'évaluation de la fraction inhalable d'un aérosol. Cette notion de poussières inhalables remplace graduellement la notion de poussières totales pour la surveillance de l'exposition des travailleurs à des poussières qui pénètrent le tract respiratoire. Une comparaison sommaire d'un de ces capteurs de poussières inhalables avec les concentrations affichées par les appareils « DustTrak » a pu être effectuée facilement en plaçant des cassettes IOM (Institute of Occupational Medicine) en parallèle avec les systèmes d'échantillonnage par cassette et ces instruments à lecture directe.

À l'origine deux étapes avaient été prévues dans ce projet. La première visait à vérifier l'application des règles d'utilisation pour trois poussières i.e. le bois, le quartz et la farine. La deuxième étape, qui dépendait des résultats de la première, consistait à étendre dans le cas de résultats favorables l'utilisation des règles de discrimination des affichages à d'autres poussières. Dans le cas présent où les résultats préliminaires ont été défavorables cette deuxième étape a été abandonnée et la première étape limitée à la poussière de farine et de quartz.

MÉTHODOLOGIE

Échantillonnage

Les prises d'échantillons ont été effectuées dans une meunerie pour les poussières de farine et dans une usine de transformation et de fabrication du verre pour le quartz. Les échantillonnages ont tous été effectués en poste fixe sur des durées de moins de 60 minutes. Pour les poussières totales, trois échantillons sur filtres à l'aide de cassettes traditionnelles en polystyrène fermées avec une ouverture de 4 mm ont été prélevés pendant que deux instruments « DustTrak » enregistraient durant cette même période leurs concentrations respectives. En parallèle, parmi ces systèmes, une cassette IOM fut insérée pour l'évaluation de la fraction inhalable. Le débit des pompes pour l'échantillonnage des poussières totales sur cassettes et pour l'échantillonneur IOM a été ajusté à 2 L/min. Pour les poussières respirables, une procédure similaire a été appliquée sauf pour le débit des pompes qui fut ajusté à 1,7 L/min à cause de l'utilisation des cyclones de 10 mm en nylon pour le prélèvement des poussières respirables. Au total pour la farine, 18 échantillons pour les poussières totales, 6 pour les poussières inhalables et 24 échantillons pour les poussières respirables ont été prélevés tandis que pour le quartz, 36 échantillons pour les poussières totales, 12 pour les poussières inhalables et 27 pour les poussières respirables ont été prélevés.

Les résultats ont été analysés principalement à l'aide de régression linéaire.

RÉSULTATS

A) Facteurs de réponse des instruments à lecture directe

Lors des analyses des données, chacune des valeurs intégrées par les appareils à lecture directe a été pairée avec la concentration totale correspondante moyenne calculée à partir de la moyenne arithmétique des trois échantillons collectés en parallèle à l'aide des cassettes traditionnelles et ce, pour les poussières respirables et totales. Un facteur a été calculé pour chacune des paires en divisant la concentration totale échantillonnée sur filtres par celle affichée par l'appareil à lecture directe. Ces résultats apparaissent à l'annexe A.

Pour le quartz, les facteurs pour la poussière totale ont varié entre 1,3 et 3,3 pour un appareil et entre 1,4 et 3,9 pour l'autre. Pour les poussières respirables, ces facteurs ont varié respectivement entre 0,3 et 0,6 pour le premier et 0,5 et 0,8 pour l'autre.

Pour la farine, les facteurs pour la poussière totale ont varié entre 2,1 et 4,0 pour un appareil et entre 2,5 et 4,8 pour l'autre. Pour les poussières respirables, ces facteurs ont varié respectivement entre 0,5 et 5,0 pour le premier et 0,7 et 6,3 pour l'autre.

D'autres facteurs de réponse pour les poussières totales et pour les poussières respirables furent établis à partir de droites de régression effectuées sur les graphiques des concentrations totales en fonction des réponses intégrées des appareils à lecture directe et ce, pour la farine, le quartz et chacun des appareils « DustTrak ». Le tableau 1 rassemble les équations de ces droites en

fonction de la poussière, de la fraction et de l'appareil « DustTrak » utilisé. Les graphiques de ces droites de régression sont rassemblés à l'annexe B. Au tableau 1 et sur chacun des graphiques de l'annexe apparaissent deux droites : celle de la régression linéaire de premier niveau et celle forcée par zéro. Le but de cet exercice étant de permettre au lecteur d'évaluer la similarité de ces deux droites. Toutefois, celle retenue pour les besoins de ce rapport est celle forcée par zéro parce qu'elle reflète mieux la réalité physique qui veut qu'à une concentration nulle corresponde un affichage zéro.

Poussière	Fraction	# du DustTrak	Droite de régression	Droite de régression forcée par zéro
Quartz	Totale	9444	$C_{\text{totale}} = 2,94 C_{\text{DustTrak}} - 1,14$ ($r^2=0,93$)	$C_{\text{totale}} = 2,73 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,92$)
		23923	$C_{\text{totale}} = 3,65 C_{\text{DustTrak}} - 2,27$ ($r^2=0,92$)	$C_{\text{totale}} = 3,15 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,89$)
	Respirable	9444	$C_{\text{totale}} = 0,62 C_{\text{DustTrak}} - 0,21$ ($r^2=0,92$)	$C_{\text{totale}} = 0,53 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,90$)
		23923	$C_{\text{totale}} = 0,95 C_{\text{DustTrak}} - 0,42$ ($r^2=0,94$)	$C_{\text{totale}} = 0,69 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,87$)
Farine	Totale	9444	$C_{\text{totale}} = 3,06 C_{\text{DustTrak}} - 0,09$ ($r^2=0,99$)	$C_{\text{totale}} = 3,08 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,99$)
		23923	$C_{\text{totale}} = 2,98 C_{\text{DustTrak}} - 0,79$ ($r^2=0,98$)	$C_{\text{totale}} = 3,09 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,98$)
	Respirable	9444	$C_{\text{totale}} = 4,18 C_{\text{DustTrak}} - 1,01$ ($r^2=0,99$)	$C_{\text{totale}} = 4,08 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,99$)
		23923	$C_{\text{totale}} = 3,73 C_{\text{DustTrak}} - 0,01$ ($r^2=0,98$)	$C_{\text{totale}} = 3,73 C_{\text{DustTrak}}$ ($r^2=0,98$)

Tableau 1 : Régression linéaire entre les concentrations affichées et les concentrations totales

Les droites de régression pour le quartz ont permis d'établir pour les poussières totales et pour les poussières respirables des facteurs légèrement différents d'un appareil à l'autre. Les facteurs obtenus pour le quartz par régression pour les poussières totales sont de 2,8 ($r=0,96$) pour le « DustTrak » 9444 et de 3,2 ($r=0,94$) pour le « DustTrak » 23923 tandis que ceux pour les poussières respirables sont respectivement de 0,5 ($r=0,94$) et de 0,7 ($r=0,93$). Les facteurs pour la poussière totale de farine ont été identiques et de 3,1 ($r=0,99$) pour les deux appareils tandis qu'ils ont été différents pour la poussière respirable et respectivement de 4,1 ($r=0,99$) et de 3,7 ($r=0,99$).

Conformément à l'objectif de ce projet, les règles de sélection de l'affichage ont été appliquées directement sur les lectures affichées par les appareils à lecture directe comme le feraient d'éventuels utilisateurs. Les réponses corrigées ont été comparées à l'aide de régression linéaire aux concentrations totales mesurées. Le tableau 2 présente les équations de ces droites de régression en fonction du type de poussière, de la fraction mesurée et de l'appareil à lecture directe utilisé. Les tracés de chacune de ces droites sont donnés à l'annexe C. Les facteurs obtenus lors d'essais en laboratoire et recherchés lors de cette étude afin de poursuivre les travaux

devaient être aux environs de 0,9 pour les poussières totales et de 0,8 pour les poussières respirables peu importe le type de poussières.

Poussière	Fraction	Appareil utilisé	Droite de régression
Farine	Totale	23923	$C_{\text{totale}} = 3,4 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,98)$
		9444	$C_{\text{totale}} = 3,4 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,99)$
	Respirable	23923	$C_{\text{totale}} = 5,3 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,89)$
		9444	$C_{\text{totale}} = 5,2 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,94)$
Quartz	Totale	23923	$C_{\text{totale}} = 3,5 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,89)$
		9444	$C_{\text{totale}} = 3,0 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,92)$
	Respirable	23923	$C_{\text{totale}} = 0,87 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,88)$
		9444	$C_{\text{totale}} = 0,66 C_{\text{DustTrak cor.}} (r^2=0,91)$

Tableau 2 : Régression linéaire entre les concentrations totales et les valeurs affichées et corrigées

B) Intercomparaison des instruments à lecture directe

Les deux appareils à lecture directe ont été comparés entre eux à partir de droites de régression et à l'aide de tests de Student effectués sur les écarts entre les paires de concentrations affichées par les appareils pour chaque prélèvement et pour chacune des poussières et de leurs fractions. Les tests de Student furent effectués pour la farine et pour le quartz malgré le fait que les distributions des différences s'écartent d'une distribution normale comme le démontre leur coefficient d'asymétrie et ce principalement pour la farine. En effet, le coefficient d'asymétrie calculé pour cette dernière est de $-2,43$ tandis que pour le quartz il est de $1,0$. Tous les tests ont été effectués à un seuil de signification de $0,05$. Le test bilatéral effectué pour la farine ne permet pas de conclure à une différence entre la lecture du « DustTrak » 9444 et le « DustTrak » 23923. Par contre, les tests unilatéraux effectués pour le quartz ont permis de conclure que le « DustTrak » 9444 affiche des concentrations plus élevées que le « DustTrak » 23923. L'analyse par régression linéaire a confirmé les données des tests de Student. Cette analyse effectuée à partir des graphiques de la concentration du DustTrak 23923 en fonction du DustTrak 9444 pour la farine a donné pour les poussières totales une droite dont la pente est de $0,99$ avec un coefficient de détermination de $0,99$ et pour les poussières respirables une droite dont la pente est de $1,09$: une réponse quasi-identique pour les deux appareils. Pour le quartz, l'analyse a donné pour les poussières totales une pente dont la droite est de $0,86$ avec un coefficient de détermination de $0,94$ et pour les poussières respirables une droite dont la pente est de $0,75$ avec un coefficient de détermination de $0,95$. La réponse du DustTrak 23923 est donc inférieure à celle du DustTrak 9444 pour le quartz. Le tableau 3 résume l'ensemble de ces données tandis que les graphiques de ces droites apparaissent à l'annexe D.

Poussière	Fraction	Droite de régression	Droite de régression forcée par zéro
Farine	Totale	$C_{23923} = 1,02 C_{9444} - 0,22$ ($r^2=0,99$)	$C_{23923} = 0,99 C_{9444}$ ($r^2=0,99$)
	Respirable	$C_{23923} = 1,11 C_{9444} - 0,26$ ($r^2=0,99$)	$C_{23923} = 1,09 C_{9444}$ ($r^2=0,99$)
Quartz	Totale	$C_{23923} = 0,78 C_{9444} + 0,42$ ($r^2=0,95$)	$C_{23923} = 0,86 C_{9444}$ ($r^2=0,94$)
	Respirable	$C_{23923} = 0,65 C_{9444} + 0,22$ ($r^2=0,97$)	$C_{23923} = 0,75 C_{9444}$ ($r^2=0,95$)

Tableau 3 : Comparaison des deux appareils par régression linéaire

C) Comparaison des instruments à lecture directe avec les capteurs IOM

Le tableau 7 de l'annexe 6 présente les résultats des échantillonnages effectués avec les cassettes IOM et les réponses des instruments à lecture directe. Les concentrations obtenues à partir des capteurs IOM ont été comparées aux concentrations lues par les appareils « DustTrak » à l'aide de droites de régression. Les concentrations obtenues à l'aide des capteurs IOM sont supérieures à celle affichées par ces appareils. Le facteur par lequel il faut multiplier la concentration lue par un appareil pour obtenir la concentration inhalable correspond à la pente de la droite de régression forcée par zéro. Pour chacun des appareils ces facteurs sont respectivement de 4,6 et 5,2 pour le quartz et de 4,8 et 4,9 pour la farine. Toutes les droites de régression forcées ou non par zéro ont montré des coefficients de corrélation élevés supérieurs à 0,9 et des pentes assez similaires. Le tableau 4 présente pour chacun des appareils les équations de ces droites pour le quartz et la farine tandis que l'annexe E en donne les tracés.

Poussière	# DustTrak	Droite de régression	Droite de régression forcée par zéro
Farine	23923	$C_{IOM} = 4,6 C_{DustTrak} + 1,8$ ($r^2=0,98$)	$C_{IOM} = 4,8 C_{DustTrak}$ ($r^2=0,97$)
	9444	$C_{IOM} = 4,7 C_{DustTrak} + 1,0$ ($r^2=0,99$)	$C_{IOM} = 4,9 C_{DustTrak}$ ($r^2=0,99$)
Quartz	23923	$C_{IOM} = 6,5 C_{DustTrak} - 5,9$ ($r^2=0,93$)	$C_{IOM} = 5,2 C_{DustTrak}$ ($r^2=0,88$)
	9444	$C_{IOM} = 5,3 C_{DustTrak} - 4,1$ ($r^2=0,97$)	$C_{IOM} = 4,6 C_{DustTrak}$ ($r^2=0,94$)

Tableau 4 : Régression entre les concentrations de poussières inhalables et les valeurs affichées par les appareils

DISCUSSION

La présente étude constitue la suite d'une évaluation du « DustTrak » (2) effectuée en laboratoire avec trois types de poussières soit la farine, le bois et le quartz. Une comparaison directe des

présents résultats et de ceux de l'évaluation en laboratoire s'impose donc afin de mieux mettre en évidence l'importance des différences observées entre les facteurs de réponse pour un même type de poussière et un même instrument à lecture directe dans deux milieux différents. Les résultats obtenus en milieu de travail divergent clairement des résultats obtenus en laboratoire pour la fraction totale. Cependant, cette démarcation est moins claire dans le cas de la fraction respirable.

Rappelons que pour les essais en laboratoire, les facteurs obtenus pour la fraction totale de quartz avaient une moyenne de 0,7 et variaient entre 0,6 et 0,9 (2) tandis qu'ils ont varié dans la présente étude pour la fraction totale entre 1,3 et 3,3 avec une moyenne de 2,4 pour un appareil et entre 1,4 et 3,9 avec une moyenne de 2,7 pour l'autre : des facteurs plusieurs fois plus élevés que ceux obtenus en laboratoire. Les facteurs obtenus pour les poussières respirables de quartz se rapprochent des résultats qui avaient été obtenus en laboratoire. Ils ont varié entre 0,3 et 0,6 avec une moyenne de 0,5 pour un appareil et entre 0,5 et 0,8 avec une moyenne 0,7 pour l'autre tandis qu'en laboratoire ils variaient entre 0,4 et 1,0 avec une moyenne de 0,7.

Les résultats sur le terrain pour la farine divergent également des résultats en laboratoire qui avaient donné pour la fraction totale un facteur moyen de 1,2 avec des facteurs qui varient entre 0,6 et 2,9 et pour les poussières respirables un facteur moyen de 0,8 et des facteurs qui variaient entre 0,5 et 1,9. Les facteurs pour la fraction totale de farine ont varié sur le terrain entre 2,1 et 4,0 avec une moyenne de 3,1 pour un appareil et entre 2,5 et 4,8 et une moyenne de 3,6 pour l'autre tandis que les facteurs pour la fraction respirable ont varié entre 0,5 et 5,0 avec une moyenne de 1,7 pour un appareil et entre 0,5 et 6,3 avec une moyenne de 1,8 pour l'autre.

Les facteurs obtenus par l'analyse régressionnelle avec des droites forcées par zéro se comparent aux facteurs obtenus à l'aide des moyennes sauf pour les poussières respirables de farine et divergent des résultats obtenus en laboratoire sauf pour la poussière respirable de quartz.

Poussière	Fraction	# du DustTrak	Facteur par régression	Facteur moyen	Facteur (laboratoire)
Quartz	Totale	9444	2,73	2,4	0,7
		23923	3,15	2,7	0,7
	Respirable	9444	0,53	0,5	0,7
		23923	0,69	0,7	0,7
Farine	Totale	9444	3,08	3,1	1,2
		23923	3,09	3,6	1,2
	Respirable	9444	4,08	1,7	0,8
		23923	3,73	1,8	0,8

Tableau 5 : Tableau de comparaison des facteurs

Plusieurs hypothèses peuvent expliquer les divergences entre les résultats en laboratoire et les résultats sur le terrain. De multiples paramètres, tels que la granulométrie de l'aérosol ambiant, la densité ou d'autres paramètres physiques de la poussière peuvent affecter la réponse d'un instrument à lecture directe (3)(4). Les divergences observées pour le quartz et pour la farine en

laboratoire et sur le terrain sont attribuables à leurs propriétés différentes. Toutefois à notre avis, la granulométrie demeure le facteur principal qui contribue le plus à ces divergences.

Malgré le fait que les facteurs de correction obtenus se situent bien au-dessus des facteurs de 0,8 et 0,9 visés par les règles de sélection de l'affichage et d'un 15% d'écart, l'analyse prévue à l'origine a quand même été effectuée (tableau 2). L'analyse régressionnelle montre clairement que dans tous les cas sauf dans le cas du quartz respirable détecté à l'aide de l'appareil 23923, les valeurs obtenues en corrigeant la réponse affichée par les appareils à lecture directe sont nettement inférieures aux concentrations totales et s'écartent de beaucoup plus que le 15% fixé comme acceptable à l'origine du projet en tant qu'approximation.

De façon générale pour cette étude, les appareils à lecture directe « DustTrak » ont sous-évalué les concentrations totales. Par contre, ils ont surévalué les concentrations respirables sauf dans le cas de la farine. Pour ce cas particulier, la surévaluation n'est observée que lorsque les concentrations affichées étaient très élevées.

La comparaison entre les appareils (tableau 3) montre clairement que deux appareils étalonnés par la compagnie peuvent afficher des résultats différents pour une même poussière. Pour les poussières étudiées ici, cet écart a atteint comme le montre le tableau 3 jusqu'à 25% dans le cas du quartz. Cet écart est assez surprenant puisque ces appareils sont étalonnés par le manufacturier avec de la poussière « Arizona road dust » que nous avons cru intuitivement plus près du quartz que de la farine pour laquelle les appareils ont affiché des réponses quasi similaires.

Les résultats de la comparaison qui sont présentés au tableau 4 démontrent clairement que les appareils « DustTrak » sous-estiment la concentration par rapport à la cassette IOM par un facteur d'environ 500%. Ce facteur, beaucoup plus important que celui observé pour les cassettes en polystyrène, peut s'expliquer par la masse plus importante collectée par les cassettes IOM par rapport à celle en polystyrène (5). Une comparaison entre les concentrations obtenues avec les capteurs IOM et les cassettes en polystyrène pour les prélèvements en parallèle avec les appareils « DustTrak » effectuée à l'aide de droites de régression est résumée au tableau 6 et appuie cette hypothèse. Le rapport entre les concentrations prélevées à l'aide des capteurs IOM et celles des cassettes correspond à la pente de la droite de régression forcée par zéro. Il est de 1,7 pour le quartz et de 1,6 pour la farine. Toutes les droites de régression forcées ou non par zéro ont montré des coefficients de corrélation élevés supérieurs à 0,98 et des pentes très similaires. Les graphiques de ces droites de régression sont présentés à l'annexe E.

Poussière	Droite de régression	Droite de régression forcée par zéro
Quartz	$C_{IOM} = 1,75 C_{totale} - 1,44$ ($r^2=0,97$)	$C_{IOM} = 1,65 C_{totale}$ ($r^2=0,97$)
Farine	$C_{IOM} = 1,55 C_{totale} + 0,55$ ($r^2=0,99$)	$C_{IOM} = 1,58 C_{totale}$ ($r^2=0,99$)

Tableau 6 : Comparaison entre les concentrations IOM et les concentrations totales

Les concentrations obtenues à l'aide des capteurs IOM sont donc en moyenne 1,65 fois plus élevées que celles obtenues à l'aide des cassettes comme le montre l'analyse par régression. Ce facteur multiplié aux facteurs de correction de 3,1 et 3,6 observés pour les poussières totales

mentionnés plus haut situerait le facteur de correction entre les capteurs IOM et les appareils « DustTrak » entre 5,1 et 5,9. Des valeurs qui se rapprochent du facteur de 500% obtenus directement à l'aide des analyses par régression linéaire résumées au tableau 4. L'écart entre les masses recueillies par ces deux capteurs peut être attribuable aux pertes sur les parois internes et à l'efficacité d'aspiration réduite de la cassette fermée en polystyrène et/ou à une surestimation de la concentration par le capteur IOM. De plus, la cassette traditionnelle avec sa petite ouverture et sa vitesse de captage élevée accentue la perte des particules de grands diamètres aérodynamiques qui rebondissent sur le filtre et se déposent sur les parois internes : ce qui peut entraîner une sous-estimation importante de la masse d'un aérosol (6).

CONCLUSIONS

Les règles de sélection élaborées dans la phase laboratoire du présent projet ne peuvent être appliquées pour prédire les concentrations réelles. Même une fois les facteurs de correction de l'affichage appliqués, les concentrations divergent de plus de 15% des concentrations totales. En général, les concentrations totales sont sous-évaluées par les appareils. Toutefois ces appareils demeurent utiles dans le cadre d'une démarche exploratoire pour suivre l'évolution de la concentration d'un aérosol dans le temps, pour identifier les temps où se produisent les minima et maxima de la concentration, effectuer une cartographie de la pollution dans un milieu, identifier et rechercher les sources principales d'émission de particules telles que les fuites d'un système, isoler les manipulations et les opérations occasionnant des concentrations élevées de poussières, juger rapidement de l'efficacité de moyens de contrôle tels que des capteurs de poussières ou des filtres, ou de juger rapidement de l'effet de certains ajustements sur un procédé (1). Deux appareils étalonnés par une même compagnie peuvent afficher des réponses différentes et des facteurs différents pour une poussière dans un même milieu. Les capteurs IOM ont détecté des concentrations de poussières près de 1,6 fois plus élevées que la cassette fermée en polystyrène avec une ouverture de 4 mm et par conséquent possèdent des facteurs de correction de l'affichage plus élevés qui se situent aux environs de 5.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Vincent, J.H., *Aerosol Science for Industrial Hygienists*, Pergamon Press, Oxford, U.K., 1995, p. 304.
- (2) Cloutier, Y., Gravel, R., Caron, B., *Performance d'un instrument à lecture directe de la concentration d'aérosols (Essais en laboratoire)*. Rapport R219, IRSST, mai 1999.
- (3) Davies, C.N., *Aerosol Science*, Academic Press, New York, New York, 1966.
- (4) Malissa, H., Robinson, J.W., *Analysis of Airborne Particles by Physical Methods*, CRC Press, West Palm Beach, Florida, 1978, p. 268.

-
- (5) Werner, M.A., Spear, T.M., Vincent, J.H., Studies to Determine the Impact and Implications of new Occupational Aerosol Standards, Journal of Aerosol Science, vol 27 supplement 1 s353, 1996
 - (6) Li, S.N., Lundgren, D.A., Rovell-Rixx, D., Evaluation of Six Inhalable Aerosol Samplers, AIHAJ,61 :506-516.

ANNEXE A : Résultats d'échantillonnage

Poussière	Fraction	# du DustTrak	Conc. pondérale (mg/m ³)	Conc. DustTrak (mg/m ³)	Facteur de réponse F=C pondérale/C dusttrak
Quartz	Respirable	9444	0,9	1,5	0,6
			1,0	1,6	0,6
			1,3	2,5	0,5
			2,0	3,5	0,6
			1,1	2,2	0,5
			1,0	2,1	0,5
		0,8	1,7	0,5	
		0,8	1,6	0,5	
		0,5	1,4	0,3	
		23923	0,9	1,3	0,7
			1,0	1,3	0,8
			1,3	1,9	0,7
	2,0		2,5	0,8	
	1,1		1,6	0,7	
	1,0		1,5	0,7	
	Totale	9444	0,8	1,5	0,6
			0,8	1,2	0,6
			0,5	1,1	0,5
			3,0	1,7	1,8
			4,8	2,6	1,8
			2,2	1,5	1,5
		1,8	1,4	1,3	
		6,6	2,0	3,3	
		6,1	3,2	1,9	
21,7		9,1	2,4		
20,7		6,5	3,2		
19,3		6,4	3,0		
18,3	6,0	3,1			
11,3	3,6	3,1			
5,7	2,0	2,8			
23923	3,0	1,7	1,8		
	4,8	2,4	2,0		
	2,2	1,3	1,7		
	1,8	1,3	1,4		
	6,6	3,3	2,0		
	6,1	2,8	2,2		
21,7	7,4	2,9			
20,7	5,5	3,8			
19,3	5,6	3,5			
18,3	5,1	3,6			
11,3	3,0	3,8			
5,7	1,5	3,9			
Farine	Respirable	9444	56,7	13,9	4,1
			18,3	4,6	4,0
			15,2	3,0	5,0
			0,3	0,4	0,6
			0,3	0,4	0,7
			0,4	0,8	0,5
		0,2	0,4	0,6	
		0,1	0,2	0,5	
		23923	56,7	15,4	3,7
			18,3	4,8	3,8
			15,2	2,4	6,3
			0,3	0,4	0,7
	0,3		0,3	1,0	
	0,4		0,8	0,5	
	0,2	0,3	0,8		
	0,1	0,1	0,7		
	Totale	9444	6,6	2,4	2,8
			9,0	2,2	4,0
			2,3	0,8	3,0
			0,9	0,4	2,4
			0,9	0,4	2,1
			30,0	9,8	3,1
		23923	6,6	1,9	3,4
			9,0	1,9	4,8
2,3			0,7	3,4	
0,9			0,3	2,8	
0,9			0,4	2,5	
30,0			9,9	3,0	

ANNEXE B : Régressions linéaires sur les concentrations

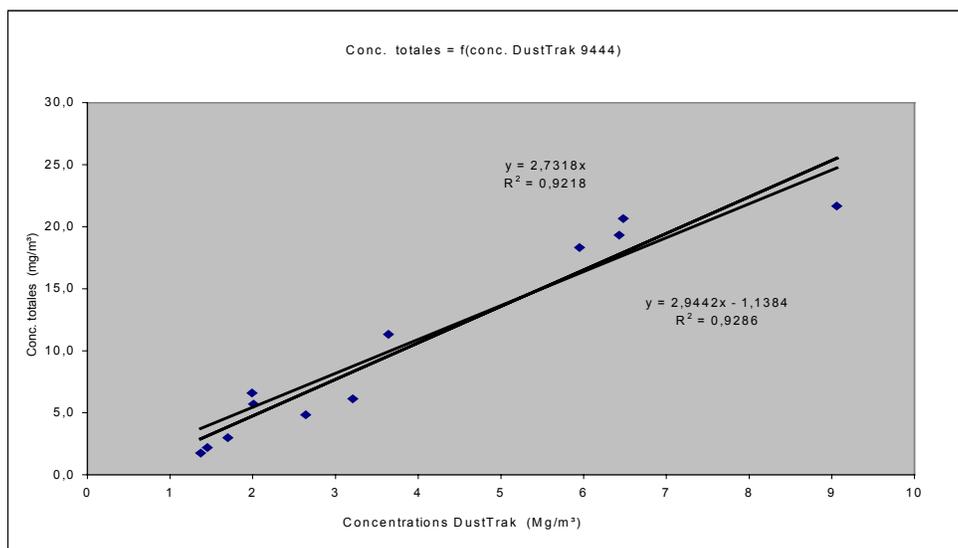


Figure 1 : Comparaison des concentrations totales en quartz pour l'appareil 9444

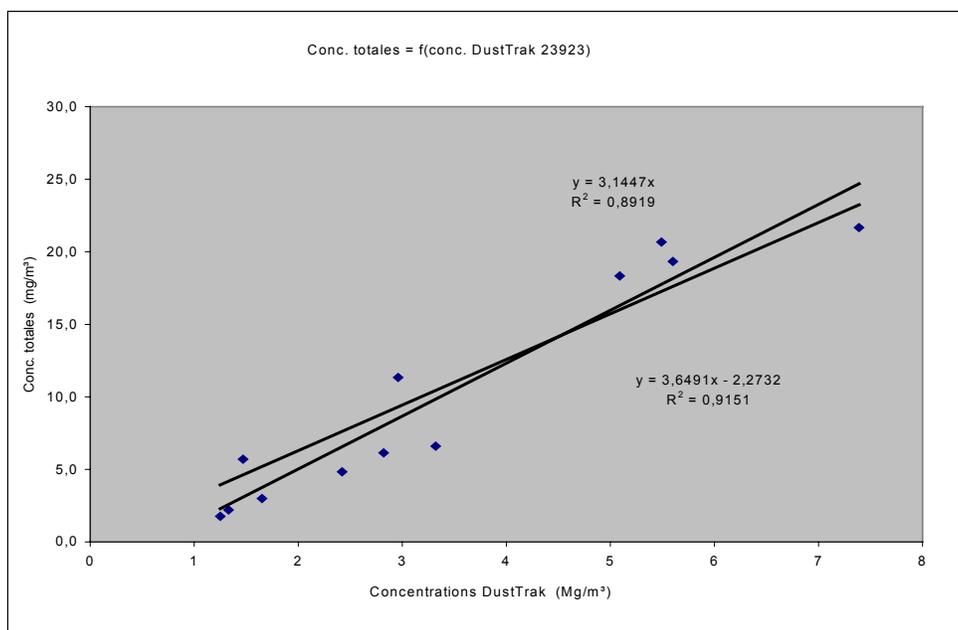


Figure 2 : Comparaison des concentrations totales en quartz pour l'appareil 23923

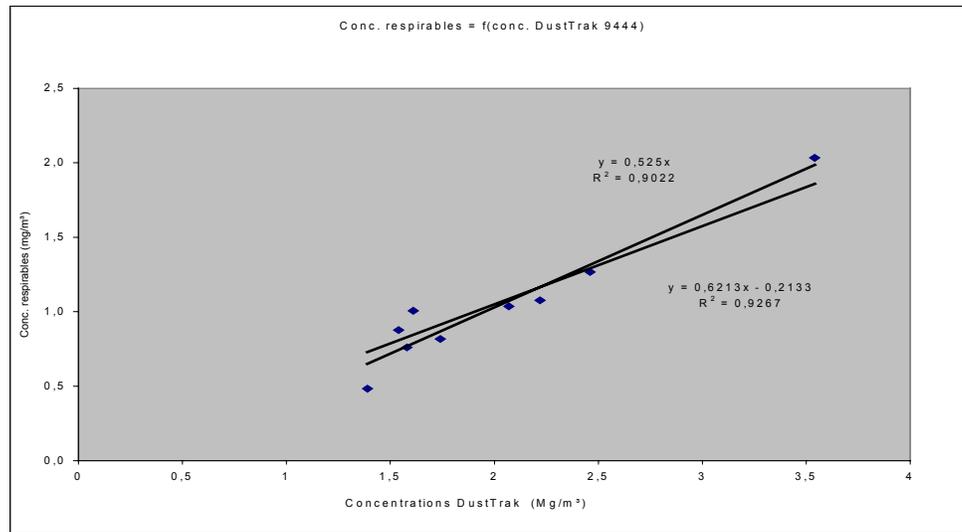


Figure 3 : Comparaison des concentrations respirables en quartz pour l'appareil 9444

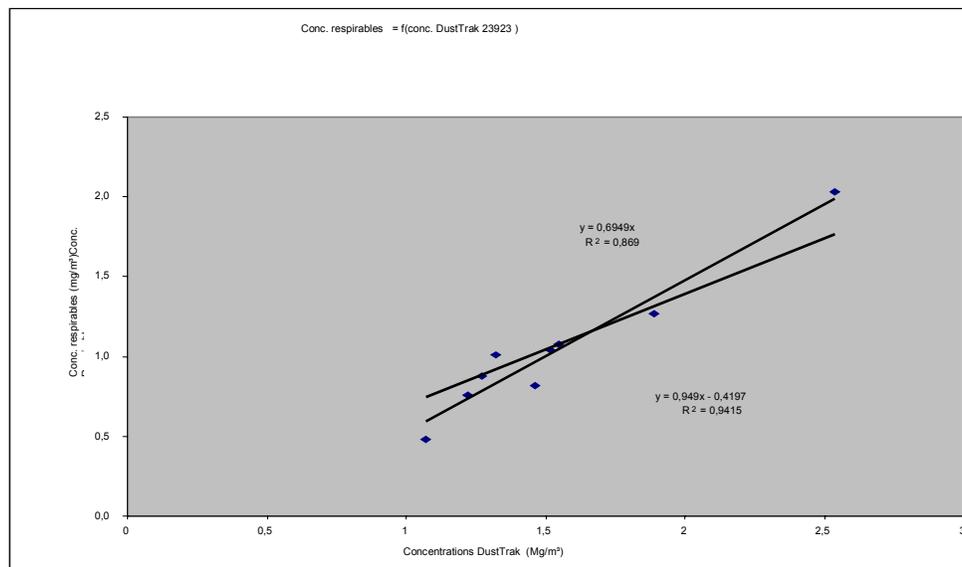


Figure 4 : Comparaison des concentrations respirables de quartz pour l'appareil 23923

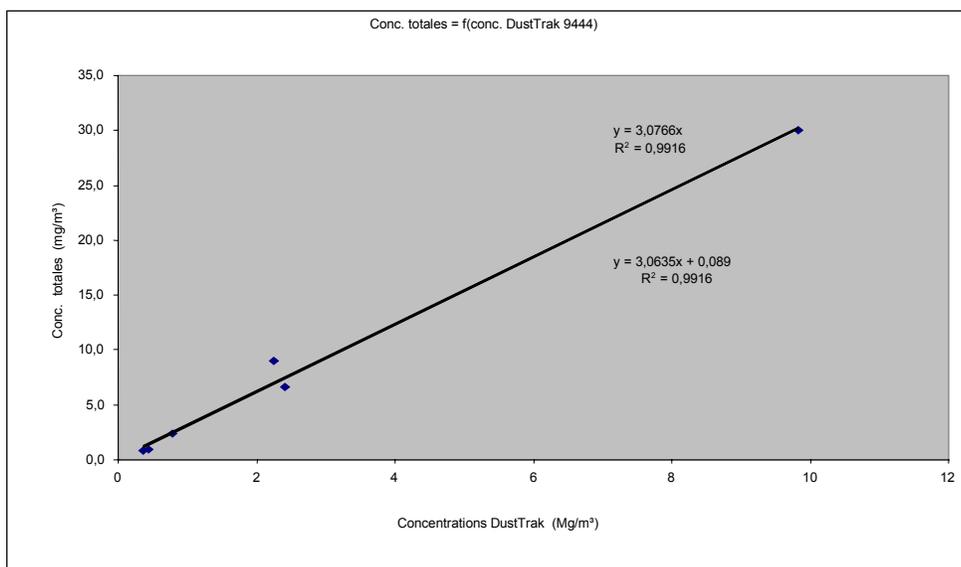


Figure 5 : Comparaison des concentrations totales de farine pour l'appareil 9444

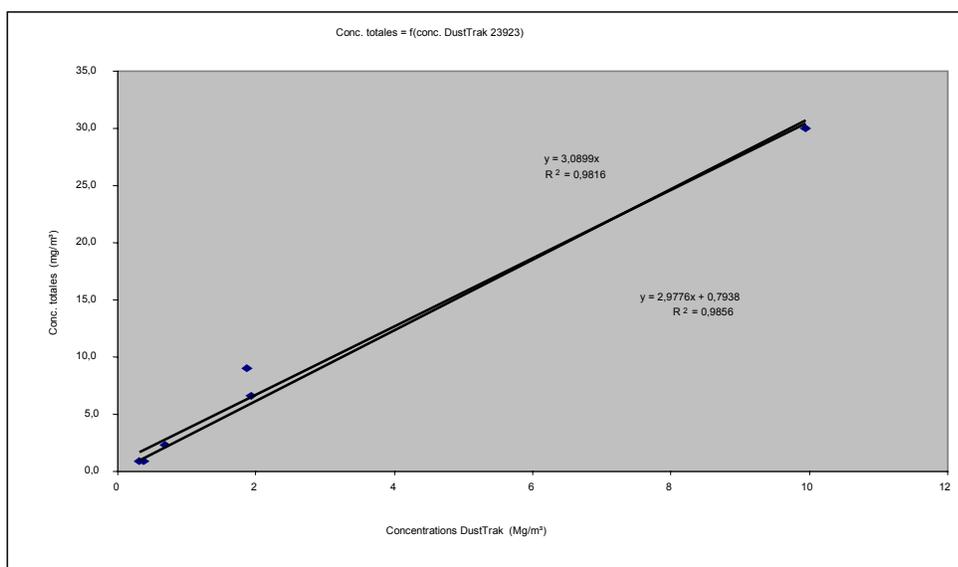


Figure 6 : Comparaison des concentrations totales de farine pour l'appareil 23923

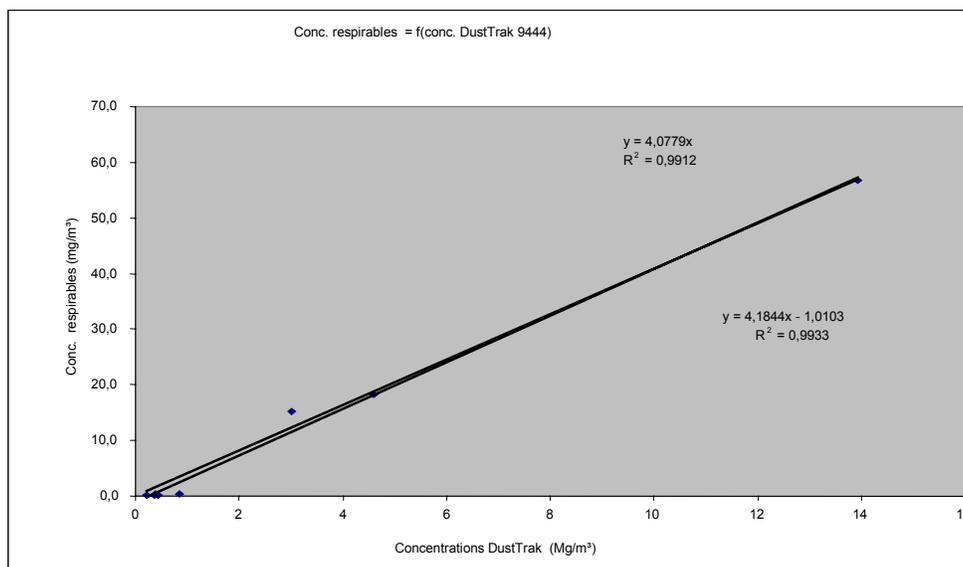


Figure 7 : Comparaison des concentrations respirables de farine pour l'appareil 9444

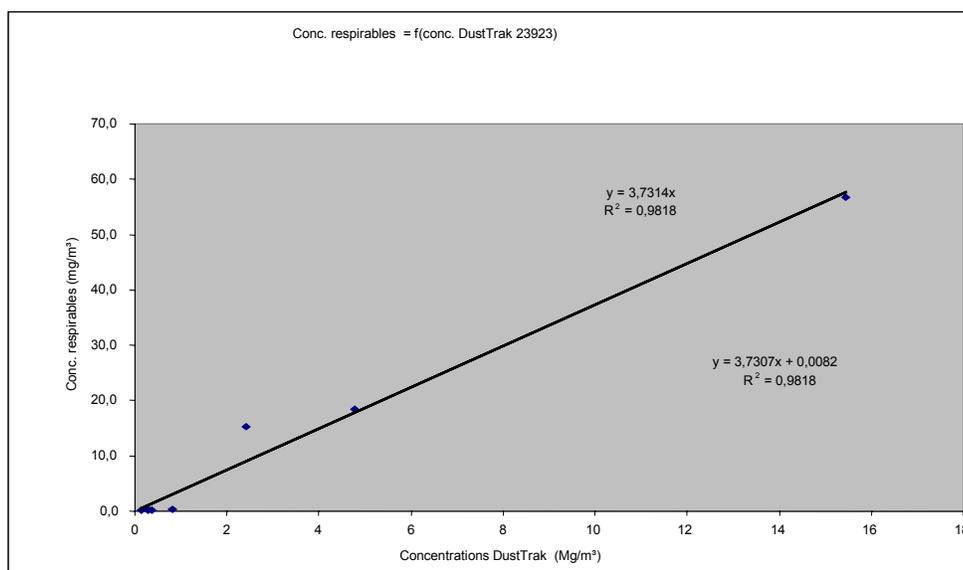


Figure 8 : Comparaison des concentrations respirables de farine pour l'appareil 23923

ANNEXE C : Régressions linéaires sur les concentrations corrigées

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 9444 (mg/m ³)	C dustTrak 9444 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
Silice totale	1	3,0	1,7	1,53	1,5	49
	2	4,8	2,64	2,376	2,5	50,8
	3	2,2	1,45	1,305	0,9	40,7
	4	1,8	1,37	1,233	0,5	30,2
	5	6,6	1,99	1,791	4,8	72,9
	6	6,1	3,21	2,889	3,2	52,9
	7	21,7	9,06	8,154	13,5	62,4
	8	20,7	6,48	5,832	14,8	71,8
	9	19,3	6,43	5,787	13,5	70,1
	10	18,3	5,95	5,355	13,0	70,8
	11	11,3	3,64	3,276	8,1	71,1
	12	5,7	2,01	1,809	3,9	68,3

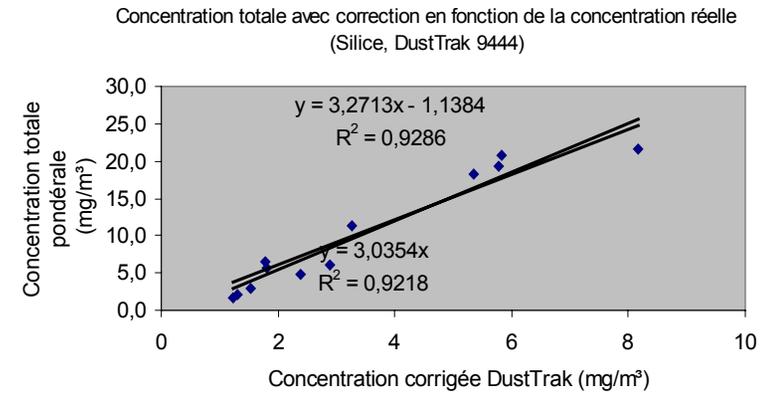
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 9444 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 9 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 944, quartz)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 23923 (mg/m ³)	C dustTrak 23923 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
Silice totale	1	3,0	1,65	1,485	1,5	50,5
	2	4,8	2,42	2,178	2,7	54,9
	3	2,2	1,33	1,197	1,0	45,6
	4	1,8	1,25	1,125	0,6	36,3
	5	6,6	3,32	2,988	3,6	54,7
	6	6,1	2,82	2,538	3,6	58,6
	7	21,7	7,39	6,651	15,0	69,3
	8	20,7	5,49	4,941	15,7	76,1
	9	19,3	5,6	5,04	14,3	73,9
	10	18,3	5,09	4,581	13,8	75,0
	11	11,3	2,96	2,664	8,7	76,5
	12	5,7	1,47	1,323	4,4	76,8

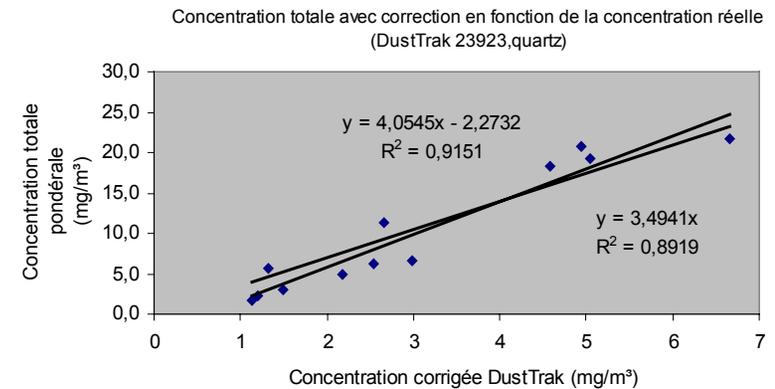
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 23923 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 10 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, quartz)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 9444 (mg/m ³)	C dustTrak 9444 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
Farine totale	1	6,6	2,404	2,1636	4,5	67,383
	2	9,0	2,249	2,0241	7,0	77,5
	3	2,3	0,783	0,7047	1,6	69,8
	4	0,9	0,366	0,3294	0,5	62,4
	5	0,9	0,435	0,3915	0,5	57,6
	6	30,0	9,834	8,8506	21,1	70,5

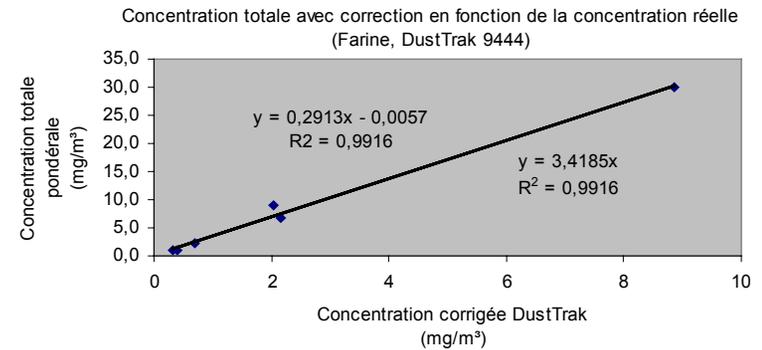
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 9444 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 11 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 9444, farine)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 23923 (mg/m ³)	C dustTrak 23923 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
Farine totale	1	6,6	1,926	1,7334	4,9	73,9
	2	9,0	1,876	1,6884	7,3	81,2
	3	2,3	0,682	0,6138	1,7	73,7
	4	0,9	0,315	0,2835	0,6	67,7
	5	0,9	0,366	0,3294	0,6	64,3
	6	30,0	9,949	8,9541	21,0	70,2

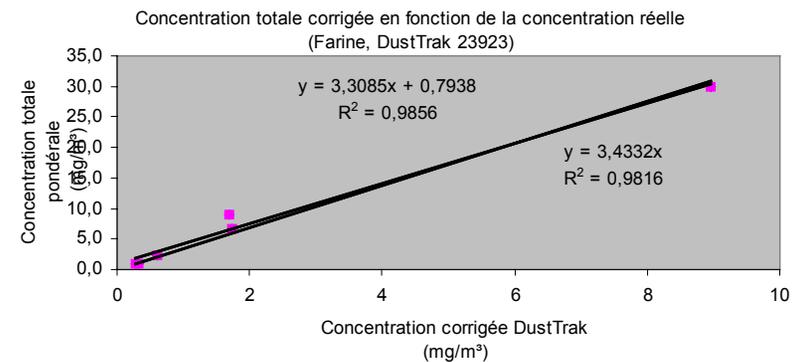
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 23923 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 12 : Comparaison des concentrations totales corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, farine)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 23923 (mg/m ³)	C dustTrak 23923 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
silice respirabl	1	0,9	1,27	1,016	-0,1	-12,9
	2	1,0	1,32	1,056	-0,1	-5,6
	3	1,3	1,89	1,512	-0,2	-16,3
	4	2,0	2,54	2,032	0,0	-1,6
	5	1,1	1,55	1,24	-0,1	-12,7
	6	1,0	1,52	1,216	-0,2	-21,6
	7	0,8	1,46	1,168	-0,4	-46,0
	8	0,8	1,22	0,976	-0,2	-22,0
	9	0,5	1,07	0,856	-0,4	-71,2

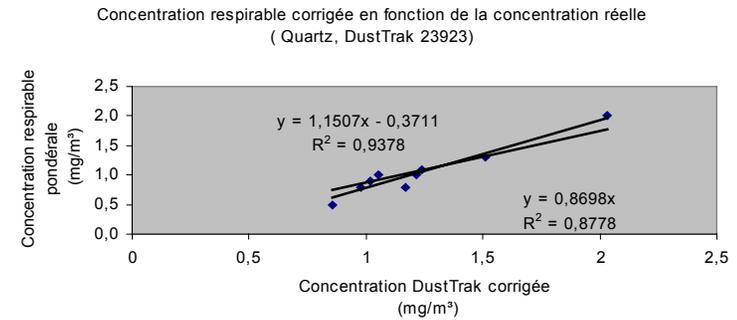
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 23923 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 13 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, quartz)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 9444 (mg/m ³)	C dustTrak 9444 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
silice respirabl	1	0,9	1,54	1,232	-0,3	-36,9
	2	1,0	1,61	1,288	-0,3	-28,8
	3	1,3	2,46	1,968	-0,7	-51,4
	4	2,0	3,54	2,832	-0,8	-41,6
	5	1,1	2,22	1,776	-0,7	-61,5
	6	1,0	2,07	1,656	-0,7	-65,6
	7	0,8	1,74	1,392	-0,6	-74,0
	8	0,8	1,58	1,264	-0,5	-58,0
	9	0,5	1,39	1,112	-0,6	-122,4

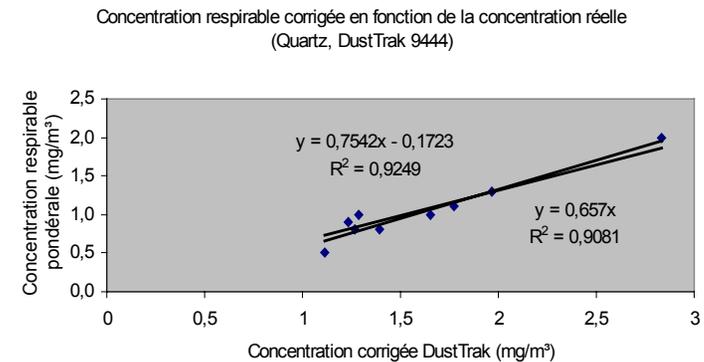
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 9444 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 14 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 9444, quartz)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 9444 (mg/m ³)	C dustTrak 9444 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
Farine respirable	1	18,3	4,595	3,676	14,6	79,9
	2	15,2	3,026	2,4208	12,8	84,1
	3	0,3	0,44	0,352	-0,1	-17,3
	4	0,3	0,386	0,3088	0,0	-2,9
	5	0,4	0,844	0,6752	-0,3	-68,8
	6	0,2	0,356	0,2848	-0,1	-42,4
	7	0,1	0,21	0,168	-0,1	-68,0

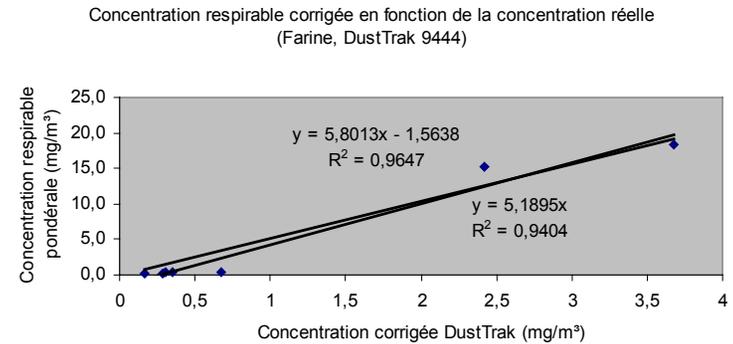
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 9444 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 15 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 9444, farine)

		C pondérale (mg/m ³)	C dustTrak 23923 (mg/m ³)	C dustTrak 23923 corrigée (mg/m ³)	Δ (1) (mg/m ³)	% (2) (%)
Farine respirable	1	18,3	4,781	3,8248	14,5	79,1
	2	15,2	2,409	1,9272	13,3	87,3
	3	0,3	0,378	0,3024	0,0	-0,8
	4	0,3	0,293	0,2344	0,1	21,9
	5	0,4	0,802	0,6416	-0,2	-60,4
	6	0,2	0,268	0,2144	0,0	-7,2
	7	0,1	0,141	0,1128	0,0	-12,8

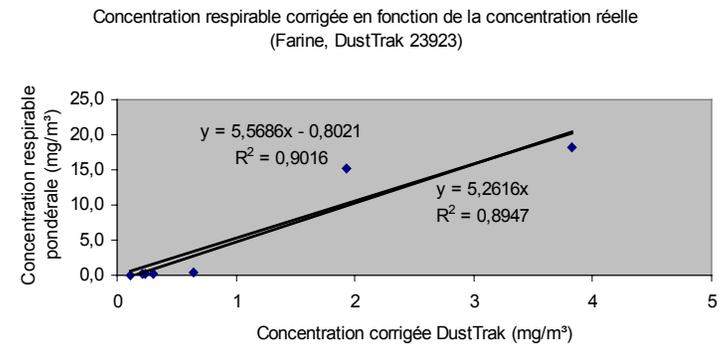
(1) : $\Delta = C_{\text{pondérale}} - C_{\text{dustTrak 23923 corrigée}}$ (2) % = $\Delta / C_{\text{pondérale}}$ 

Figure 16 : Comparaison des concentrations respirables corrigées par les règles de sélection (DustTrak 23923, farine)

ANNEXE D : Comparaison entre les appareils

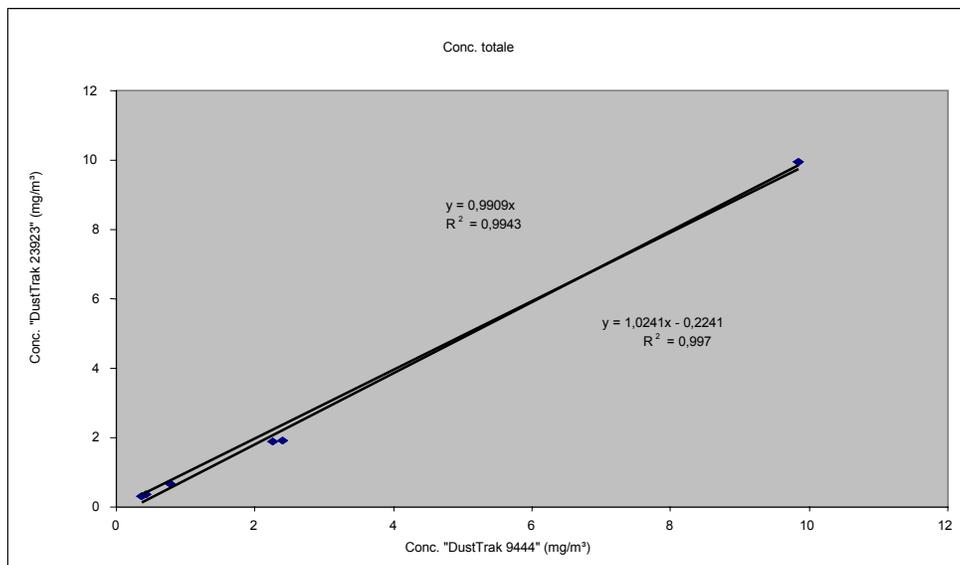


Figure 17 : Comparaison des deux appareils pour la farine totale

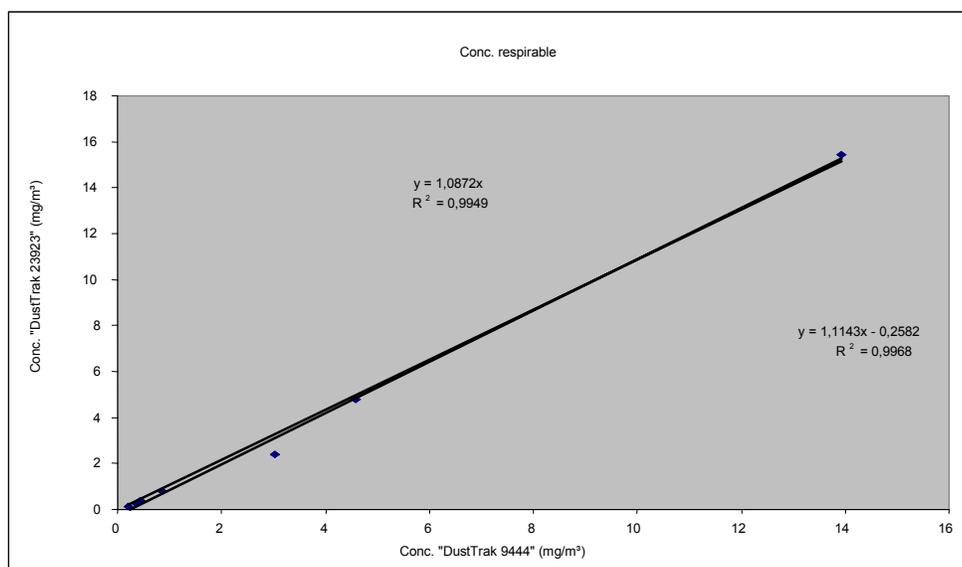


Figure 18 : Comparaison entre les deux appareils pour la farine respirable

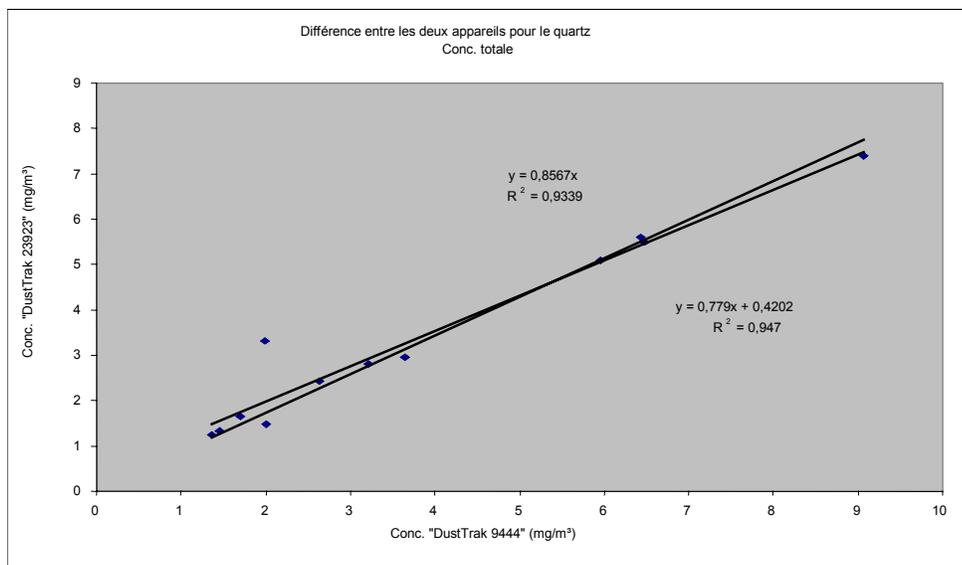


Figure 19 : Comparaison entre les deux appareils pour le quartz total

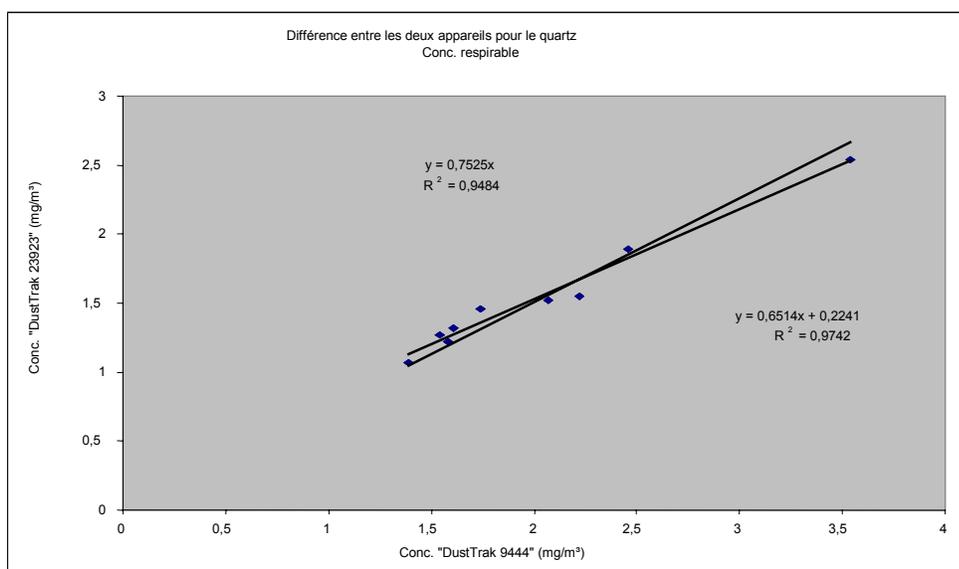


Figure 20 : Comparaison des deux appareils pour le quartz respirable

ANNEXE E : Résultats et régressions pour la cassette IOM

Produit	Conc. Inhalable (IOM) (mg/m ³)	C pondérale moyenne (cassette) (mg/m ³)	C DustTrak 9444 (mg/m ³)	C DustTrak 23923 (mg/m ³)
Silice	3,5	3,00	1,7	1,65
	5,6	4,83	2,64	2,42
	3,2	2,20	1,45	1,33
	3	1,77	1,37	1,25
	9,3	6,60	1,99	3,32
	9,4	6,13	3,21	2,82
	42	21,67	9,06	7,39
	33	20,67	6,48	5,49
	31	19,33	6,43	5,6
	28	18,33	5,95	5,09
	17	11,33	3,64	2,96
10	5,70	2,01	1,47	
Farine	15	9,0	2,3	1,88
	3,8	2,3	0,8	0,68
	2,2	0,9	0,4	0,32
	1,7	0,9	0,4	0,37
	47	30,0	9,8	9,949

Tableau 7 : Tableau comparatif des concentrations inhalables (IOM), concentrations totales (cassette) et des concentrations affichées par les appareils « DustTrak ».

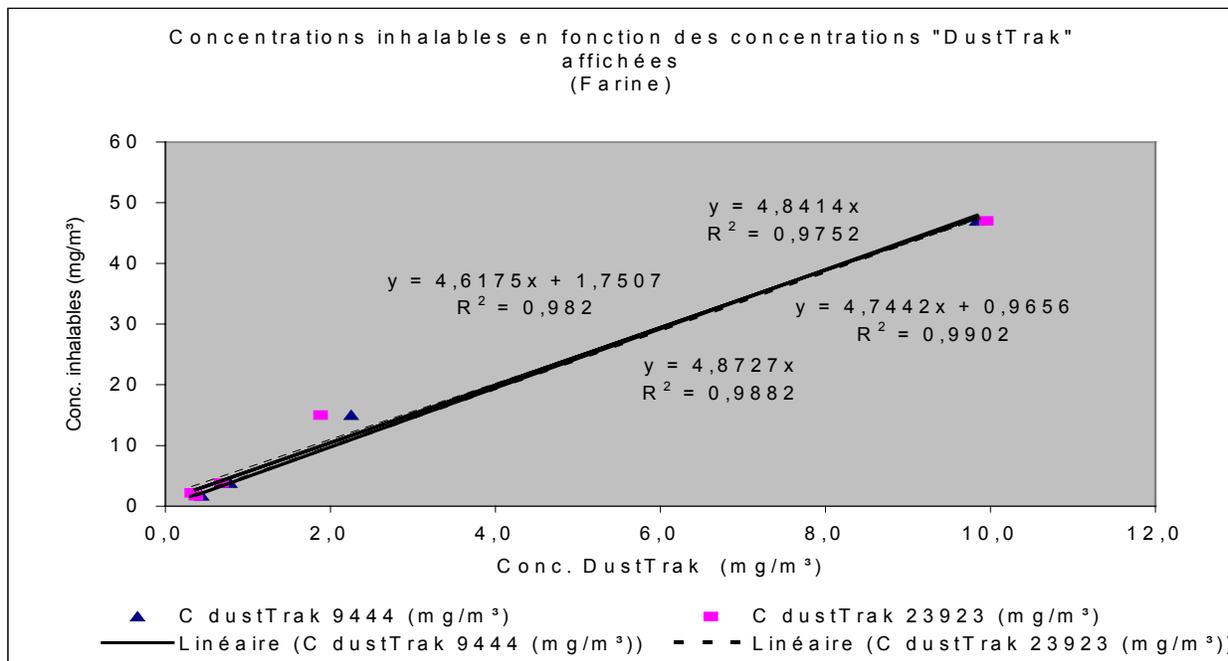


Figure 21: Courbe des concentrations inhalables en fonction des concentrations affichées sur le "DustTrak" pour la farine

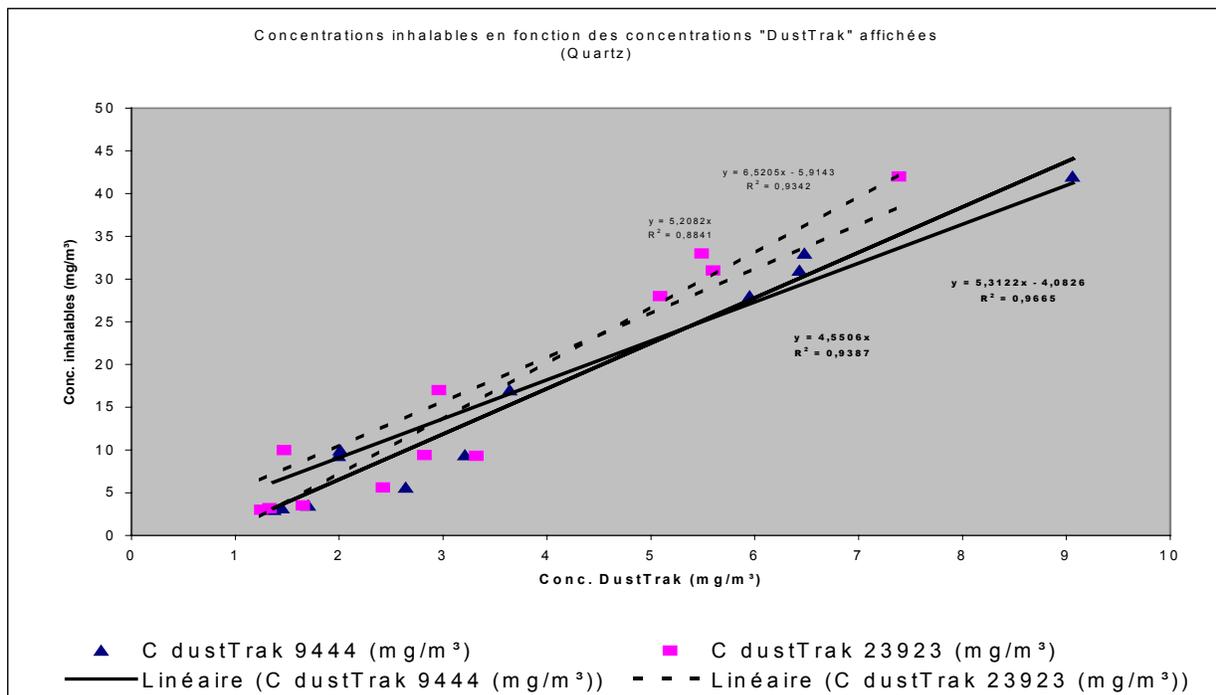


Figure 22: Courbe des concentrations inhalables en fonction des concentrations "DustTrak" affichées pour le quartz

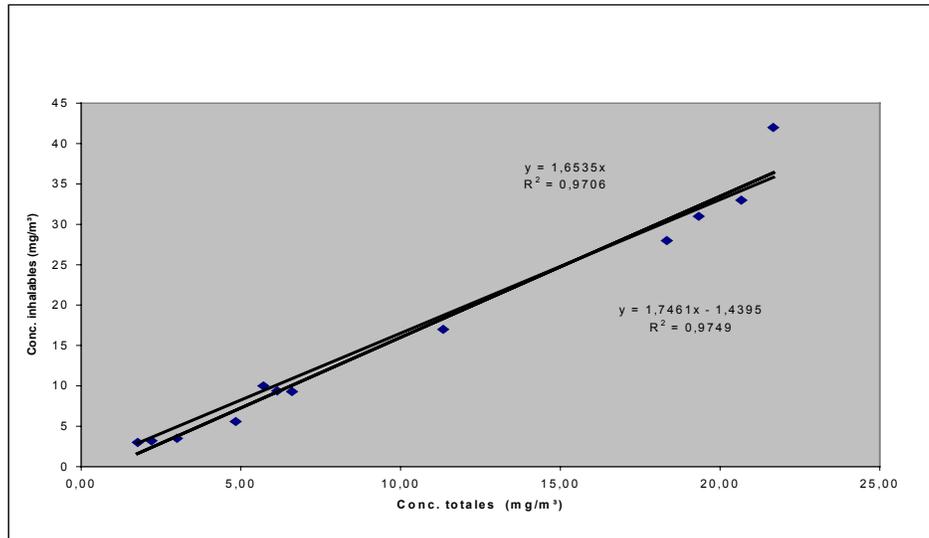


Figure 23 : Comparaison entre les concentrations IOM et les concentrations totales pour le quartz

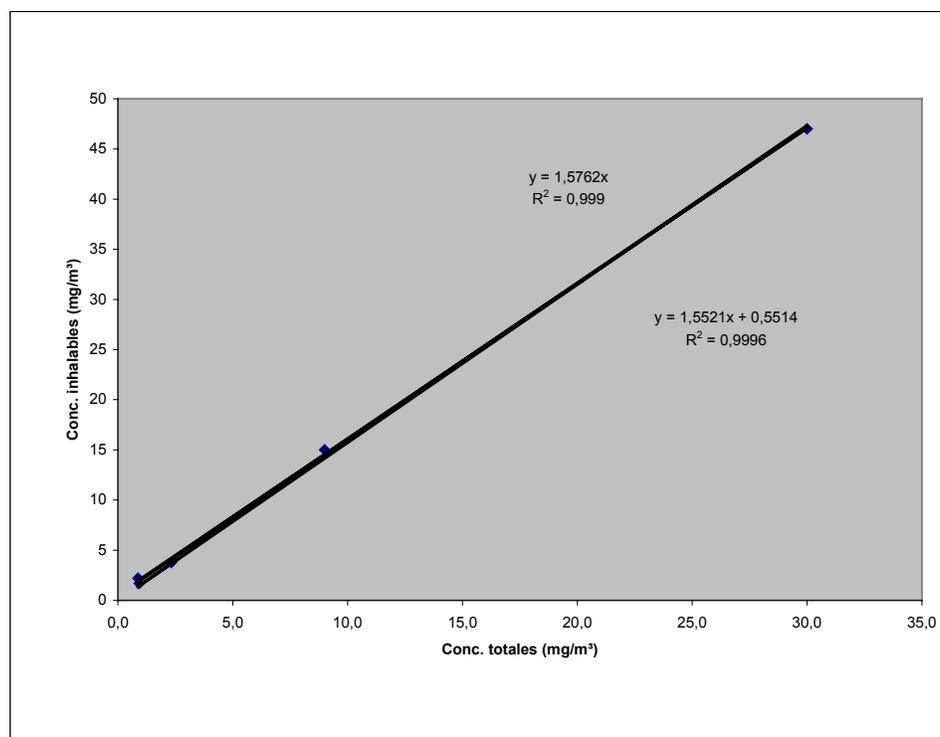


Figure 24 : Comparaison entre les concentrations IOM et les concentrations totales pour la farine