

Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-694



Caractérisation des poussières dans le secteur des assaisonnements alimentaires

*Brigitte Roberge
Simon Aubin
Yves Cloutier*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

travaillent pour vous !

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2011
ISBN : 978-2-89631-551-2 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
mai 2011

Substances chimiques et agents biologiques

Études et recherches

RAPPORT R-694

Caractérisation des poussières dans le secteur des assaisonnements alimentaires

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Brigitte Roberge¹, Simon Aubin², Yves Cloutier¹

¹Service soutien à la recherche et à l'expertise, IRSST

²Services et expertises de laboratoire, IRSST

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



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

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

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient chaleureusement Claude Létourneau pour son ingéniosité à installer les trains de prélèvements dans les établissements, Carole Blanchard et Zélie Fortin pour leur travail au laboratoire et Rahul Gaydhani, stagiaire de l'Université de Montréal.

Ils remercient également les établissements qui ont permis la réalisation de cette activité en nous accueillant et nous autorisant à suivre les tâches exécutées par leur personnel ainsi que les membres du comité de suivi.

SOMMAIRE

Les épices et les herbes aromatiques contiennent des substances organiques (nommées également substances actives) pouvant causer des irritations ou ayant un potentiel allergène pour le système respiratoire ou pour la peau. La littérature relative au secteur des épices et herbes aromatiques rapporte des cas d'allergies cutanées, d'asthme professionnel et d'autres problèmes respiratoires. Les opérateurs au broyage, au mélange et à l'emballage d'assaisonnements et d'épices sont exposés tout particulièrement à des concentrations de poussières. Cette activité vise à caractériser les poussières dans l'air des établissements de fabrication de mélanges d'assaisonnement à base d'épices et d'herbes aromatiques en termes de poussières totales, des fractions inhalable et respirable ainsi que de la granulométrie des poussières générées lors de diverses opérations.

Les résultats rapportés focalisent sur trois postes de travail au cours de la fabrication d'assaisonnements alimentaires dans lesquels sont intégrés des épices et des herbes aromatiques. Les prélèvements en poste fixe ont couvert la durée complète des opérations aux postes. La concentration médiane en poussières totales (Pt) à l'emballage est de 5,9 mg/m³ (étendue de 1,9-48 mg/m³), au mélange 3,0 mg/m³ (< 0,4-11 mg/m³) et au broyage 7,4 mg/m³ (1,1-12 mg/m³). En ce qui a trait à la fraction inhalable (Fi) des poussières, à l'emballage, elle est de 12 mg/m³ (étendue 3,9-150 mg/m³), au mélange 4,8 mg/m³ (0,9-16 mg/m³) et au broyage 9 mg/m³ (1,9-22 mg/m³); pour la fraction respirable (Fr), à l'emballage 0,5 mg/m³ (< 0,3-0,6 mg/m³), au mélange 0,3 mg/m³ (< 0,1-0,5 mg/m³), au broyage 0,5 mg/m³ (< 0,1-1,1 mg/m³). La moyenne géométrique des diamètres aérodynamiques de la masse médiane (MMAD) déterminés à l'aide des impacteurs à huit étages est de 25,9 µm à l'emballage, de 22,4 µm au mélange et de 16,7 µm au broyage.

Les valeurs d'exposition (VE) obtenues aux postes de travail étudiés sont inférieures à la valeur d'exposition admissible (VEA) québécoise de 10 mg/m³, sauf à l'emballage dans un des établissements. Cependant certaines sont supérieures aux recommandations émises par la *Seasoning and Spice Association (SSA)* en Grande-Bretagne de 3 mg/m³.

LISTE DES ACRONYMES

ACGIH [®]	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
BEI [®]	<i>Biological Exposure Indices</i>
CAEQ	Classification des activités économiques du Québec
Conc _i	Poussières ambiantes collectées par un impacteur
CPV	Chlorure de polyvinyle de porosité 5 µm
CSST	Commission de la santé et de la sécurité du travail
ÉT	Écart type
Éta	Établissement visité
ÉTG	Écart type géométrique
Fi	Fraction inhalable, fraction de la poussière correspondant à la masse des particules de diamètre aérodynamique (d_a) entre 0 et 100 µm recueillie par un échantillonneur répondant à la courbe de collection (ACGIH [®] 2010; IRSST 2005)
Fii	Fraction inhalable des poussières collectées par l'impacteur
Fr	Fraction respirable, fraction de la poussière correspondant à la masse des particules dont le diamètre aérodynamique médian est de 4 µm recueillie par un échantillonneur répondant à la courbe de collection (ACGIH [®] 2010; IRSST 2005)
Fri	Fraction respirable des poussières collectées par l'impacteur
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
ILD	Instrument à lecture directe
INRS	Institut national de recherche et de sécurité (de France)
IOM	<i>Institute of Occupational Medicine</i>
LC _{inf-sup} 95 %	Limites inférieure et supérieure de confiance à 95 %
MA	Moyenne arithmétique
MMAD	Diamètre aérodynamique de la masse médiane
MG	Moyenne géométrique
n	Nombre de prélèvements
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
PNCA	Poussière non classifiée autrement selon le RSST
Pt	Poussières totales collectées sur un filtre de 37 mm de diamètre placé dans une cassette fermée ayant un orifice de 4 mm.
Pti	Poussières totales collectées par l'impacteur calculées à partir des Conc _i en fonction de la courbe d'efficacité de collection
RSST	Règlement sur la santé et la sécurité du travail
S	Sensibilisant
SSA	<i>Seasoning and Spice Association</i>

SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
TLV [®]	<i>Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents</i>
VE	Valeur d'exposition
VEMP	Valeur d'exposition moyenne pondérée
VMR	Valeur minimum rapportée

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
SOMMAIRE.....	III
LISTE DES ACRONYMES.....	V
TABLE DES MATIÈRES	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES FIGURES.....	X
1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE	1
3. ÉTAT DES CONNAISSANCES.....	3
3.1 Généralités.....	3
3.2 Effets sur la santé	3
3.2.1 Voies respiratoires	4
3.2.2 Effets cutanés	7
3.3 Exposition des travailleurs	7
3.4 Granulométrie des poussières.....	10
4. MÉTHODOLOGIE	11
4.1 Métrologie.....	11
4.2 Établissements visités et stratégie d'échantillonnage	13
4.3 Traitement des données.....	13
4.3.1 Analyses environnementales.....	13
4.3.2 Granulométrie par impacteur	14
4.4 Statistiques.....	15

5. RÉSULTATS	17
5.1 Description des procédés	17
5.2 Description des établissements	18
5.3 Caractérisation des poussières - Résultats environnementaux	20
5.3.1 Concentrations Pt, Fi et Fr	20
5.3.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales	23
5.4 Caractérisation des poussières - Granulométrie	24
5.4.1 Impacteurs.....	24
5.4.2 Instrument à lecture directe.....	25
6. DISCUSSION	27
6.1 Caractérisation des poussières - Résultats environnementaux	27
6.1.1 Concentrations Pt, Fi et Fr	27
6.1.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales	27
6.1.3 Estimation d'exposition à la poussière	28
6.2 Caractérisation des poussières - Granulométrie	29
6.2.1 Profil granulométrique	29
6.2.2 Instrument à lecture directe.....	29
6.3 Relation entre les fractions recueillies par les échantillonneurs (Fi, Fr et Pt) et celles calculées à partir des données des impacteurs	29
6.4 Limites de l'étude	31
6.5 Recommandations	31
7. CONCLUSION	33
BIBLIOGRAPHIE	35
ANNEXE 1 : RÉSULTATS ET HISTOGRAMMES DE LA FRACTION MASSIQUE PAR POSTE PAR ÉTABLISSEMENT	41
ANNEXE 2 : CONCENTRATIONS CALCULÉES À PARTIR DES MASSES RECUEILLIES PAR L'IMPACTEUR ET SELON LA COURBE D'EFFICACITÉ	43
ANNEXE 3 : RAPPORT ENTRE LES RÉSULTATS ENVIRONNEMENTAUX ET CEUX NON-CORRIGÉS ET CORRIGÉS DE L'IMPACTEUR	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1-1 : Famille et substances actives de certaines épices et herbes aromatiques	3
Tableau 3.2-1 : Littérature portant sur les travailleurs dans la transformation du thé	6
Tableau 3.3-1 : Valeurs de références pour les PNCA ou équivalent	8
Tableau 3.3-2 : Concentrations de poussière d'épices rapportées dans la littérature.....	9
Tableau 3.3-3 : Pourcentage de dépassement selon Chirane et coll. 2009	10
Tableau 4.1-1 : Méthodes de prélèvement et d'analyse.....	11
Tableau 5.2-1 : Caractéristiques des établissements visités.....	19
Tableau 5.3-1 : Test de <i>t</i> apparié – comparaison des duplicatas des prélèvements	20
Tableau 5.3-2 : Concentrations des mesures environnementales	21
Tableau 5.3-3 : Statistiques descriptives par poste	21
Tableau 5.3-4 : Ratio fraction inhalable (Fi) par poussières totales (Pt)	23
Tableau 5.4-1 : Distribution granulométrique par établissement et par poste	24
Tableau 5.4-2 : Statistiques descriptives des MMAD par procédé.....	24
Tableau 5.4-3 : Concentration calculée à partir des masses recueillies par l'impacteur	25
Tableau 5.4-4 : Pourcentage de la masse lue par GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique	25
Tableau 6.3-1 : Rapport entre les résultats environnementaux et ceux de l'impacteur	30
Tableau 6.3-2 : Rapports des fractions inhalables (Fi et Fii) par les poussières Pt et Pti	31

LISTE DES FIGURES

Figure 4.1-1 : Trains de prélèvement.....	12
Figure 4.1-2 : Spectromètre GRIMM PAS 1.108.....	12
Figure 4.3-1 : Courbe d'efficacité confondue pour Pt comparée à celle de l'IOM (Fi).....	15
Figure 5.1-1 : Décharge du broyeur.....	17
Figure 5.1-2 : Chargement d'un mélangeur.....	17
Figure 5.1-3 : Emballage automatique.....	18
Figure 5.3-1 : Concentration lue par le GRIMM PAS 1.108 au poste d'emballage de l'établissement 1.....	22
Figure 5.3-2 : Concentration lue par le GRIMM PAS 1.108 au poste de décharge du mélangeur de l'établissement 2.....	22
Figure 5.3-3 : Concentration lue par le GRIMM PAS 1.108 au poste d'emballage de l'établissement 3.....	23
Figure : 5.4-1 : Pourcentage de la masse lue par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique.....	25

1. INTRODUCTION

Les épices et les herbes aromatiques contiennent des substances organiques (nommées également substances actives) pouvant causer des irritations ou ayant un potentiel allergène pour le système respiratoire ou pour la peau. Les effets de celles-ci, telle la capsaïcine, sont soulevés dans plusieurs publications scientifiques. La littérature relative au secteur des épices et herbes aromatiques rapporte des effets cutanés, de l'asthme professionnel et d'autres problèmes respiratoires (Chirane et coll. 2009). Les opérateurs au broyage, au mélange et à l'emballage d'assaisonnements et d'épices sont exposés à des concentrations plus ou moins élevées de poussières (Chan et coll. 1990; Lankatilake et Uragoda 1993; Uragoda 1992). Au Québec, il existe peu d'information sur ce segment du secteur alimentaire (Chirane et coll. 2009, Lemière et coll. 1996).

Sur une période de 12 ans (1995-2007), la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) a indemnisé neuf cas d'asthme ayant comme agent causal des poussières pour le secteur 1099 de la CAEQ (Classification des activités économiques du Québec), «*autres industries des produits alimentaires*». La transformation d'épices et des herbes aromatiques fait partie de cette classification. Les travailleurs de ce secteur économique (Chirane et coll. 2009) sont potentiellement exposés à des poussières organiques classées par le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST) comme étant des poussières non-classifiées autrement (PNCA). Cette appellation rassemble tous les types de poussières inertes (ou de nuisance), minérales ou organiques, qui ne sont pas réglementés sous un nom de substance spécifique. Une définition similaire se retrouve dans la réglementation française où les PNCA sont appelées poussières réputées sans effet spécifique : " ... c'est-à-dire qui ne sont pas en mesure de provoquer seules sur les poumons ou sur tout autre organe ou système du corps humain d'autres effets que celui de surcharge". Or, certaines épices ont des effets sur la santé des travailleurs et les niveaux d'exposition à ces poussières ne devraient pas être comparés à la norme générique des PNCA (Gérin 2010).

Au Québec, la réglementation est basée sur la mesure de la fraction dite de poussières totales (Pt) ou de la fraction respirable (Fr). Dans les dernières années, l'utilisation des filtres avec enceinte Accu-Cap[®] a amélioré l'évaluation de la concentration en poussières. De l'avis de plusieurs scientifiques, les prélèvements de Pt ne semblent pas toujours pertinents pour l'évaluation du risque pour la santé des travailleurs.

La présente activité permet de brosser le portrait préliminaire des concentrations évaluées selon des méthodes différentes de prélèvements de la fraction inhalable (Fi), de la Fr, de la Pt ainsi que de la granulométrie des poussières présentes dans les établissements de ce secteur de l'industrie alimentaire.

2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'activité vise à caractériser les poussières dans l'air des établissements de fabrication de mélange d'assaisonnement à base d'épices et d'herbes aromatiques en termes de poussières totales, des fractions inhalable et respirable ainsi que de la granulométrie des poussières générées lors de diverses opérations.

3. ÉTAT DES CONNAISSANCES

3.1 Généralités

Les épices et les herbes aromatiques sont recherchées pour leurs propriétés organoleptiques. Nonobstant les intolérances et les allergies alimentaires, certaines épices et herbes sont associées à des problèmes de santé et de sensibilisation lorsqu'elles entrent en contact avec la peau ou que leurs poussières sont inhalées par les travailleurs au cours des procédés de transformation.

Selon Chirane et coll. (2009), les épices et les herbes sont issues, notamment, d'écorces (cannelle), de fleurs (safran, clou de girofle), de feuilles (thé, laurier), de fruits (poivre, aneth, moutarde), de bulbes (ail, oignon, gingembre) ou de graines (fenouil, coriandre). Elles contiennent des substances organiques volatiles, souvent appelées *arômes*. Ces substances appartiennent à différents groupes chimiques tels que les alcools ou les aldéhydes. Elles stimulent les perceptions olfactives et gustatives. Elles sont donc responsables des odeurs, des arômes et des saveurs. Richard (2008) propose la classification par famille (rapportée partiellement dans le tableau 3.1-1) des épices et des herbes aromatiques.

Tableau 3.1-1 : Famille et substances actives de certaines épices et herbes aromatiques

Épice/herbe aromatique	Famille	Substance active
Moutarde	Crucifère	Sinalbine, sinigrine
Safran	Iridacée	Crocétine, safranal
Romarin	Labiée	1,8-cinéole, camphre, carnosol et rosmanol
Thym		Thymol, Carvacrol
Cannelles	Lauracée	Cinnamaldéhyde, eugénol
Ail	Liliacée	Disulfure de dipropyle d'allyle, de propényle, etc.
Oignon		
Clou de girofle	Myrtacée	Eugénol
Piment de la Jamaïque		Eugénol
Muscade et macis		Terpènes, myristicine
Coriandre	Ombellifère	Aldéhydes, linalool
Cumin		Cuminaldéhyde
Aneth		(+)-carvone
Fenouil et anis		Anéthole
Poivres	Pipéracée	Pipérine
Piment	Solanacée	Capsaïdine
Paprika		Capsanthine, capsorubine
Gingembre	Zingibéracée	Gingérols, shogaols, β -zingibérène
Curcuma		Curcumine
Cardamome		Acétate d' α -terpényle

3.2 Effets sur la santé

Certaines substances organiques mentionnées au tableau 3.1-1 sont suspectées ou reconnues irritantes ou allergènes pour la peau et les voies respiratoires. Selon la littérature, l'exposition

professionnelle à des poussières d'épices et d'herbes peut causer des symptômes respiratoires et des maladies.

3.2.1 Voies respiratoires

Lemière et coll. (1996) rapportent le cas d'un boucher réagissant positivement à un test de scarification cutanée (*prick test*) à l'ail, aux feuilles de laurier et au thym. L'ail est l'allergène le plus significatif dans ce cas. Fraj et coll. (1996) décrivent également le cas d'un boucher souffrant d'une hypersensibilisation bronchique non spécifique occasionnée par l'exposition à la poussière d'anis. Une étude de Sastre et coll. (1996) rapporte un cas d'asthme au paprika, à la coriandre et au macis (écorce de la noix de muscade). Une travailleuse dans l'industrie de la viande reçoit un diagnostic de rhino conjonctivite professionnelle ayant pour agent causal le poivre (Arias Irigoyen et coll. 2003). Enfin, Rosenberg (2006) fait le point sur des cas de rhinite et d'asthme, notamment dans la charcuterie où entrent plusieurs assaisonnements. García-González et coll. (2002) décrivent un cas de rhino conjonctivite associé au travail de pâtisserie et de confiserie.

Selon Laraqui et coll. (2005,2002), la prévalence des symptômes cliniques (toux, asthme, rhinite, dermite et conjonctivite) est significativement plus élevée chez les marchands d'épices (41,1 %) que chez les travailleurs non-exposés aux épices (21,7 %). Une altération de la fonction respiratoire, de degré variable, est observée chez 61,1 % des marchands exposés et une prévalence de l'asthme de 7,1 %. Ces auteurs signalent des cas de toux, d'expectoration, de dyspnée, de rhinite, de conjonctivite, des symptômes d'asthme et de bronchite chronique plus fréquents chez la population d'épiciers exposés à l'ail, au gingembre et au cumin. Dans l'étude d'Uragoda (1992), 76 % des marchands d'épices ressentent des symptômes divers quand ils travaillent notamment avec des clous de girofle, du poivre et de la cannelle. Dans une étude d'Uragoda (1984), 87,5 % des marchands d'épices rapportent des symptômes respiratoires divers et 22,5 % ont de l'asthme.

Dans des établissements de transformation d'assaisonnements, Niinimäi et coll. (1989) ont démontré que 19,7 % des sujets atopiques répondent positivement à une ou à plusieurs épices contre 1,3 % chez les sujets non-atopiques. Les épices et les herbes responsables de sensibilisation sont le clou de girofle, la coriandre, le poivre, la moutarde, le gingembre et la cannelle et le paprika. Des études (Lankatilake et Uragoda 1993; Uragoda 1992; Blanc et coll. 1991; Chan et coll. 1990) portent sur des travailleurs au broyage du chili ou du poivre démontrant des symptômes de toux, d'éternuement et d'écoulement nasal. En 1967, Uragoda a déjà démontré que 95 % travailleurs au broyage du chili présentaient de tels symptômes.

La population étudiée par Hamdam et coll. (2000), composée de travailleurs d'usines de transformation d'assaisonnements, est exposée aux poussières de coriandre, de curcuma, de chili, de poivre, de cardamome et de clou de girofle. Les résultats spirométriques de travailleurs ayant plus de cinq années d'ancienneté ont démontré, de façon significative, une réduction de la fonction respiratoire associée à une exposition régulière à la poussière d'épices sur une longue période. Ando et coll. (2006) décrivent un cas de pneumonie interstitielle non-spécifique d'un travailleur à la production de sauce au curry contenant de la poudre de curry et du poivre. Une relation significative est trouvée entre les symptômes et la chute des capacités respiratoires.

Selon les conclusions de Golec (2006), une exposition à long terme à la poussière d'herbes cause une diminution des fonctions respiratoires.

Les résultats d'études (Van der Walt et coll. 2010; Ebo et coll. 2006; Añibarro et coll. 1997; van Toorenenbergen et coll. 1985; Molina et coll. 1984; Lybarger et coll. 1982; Falleroni et coll. 1981) démontrent que l'inhalation de poussières d'ail, d'oignon, de coriandre, de curry, de macis et de poivre de chili peut causer des allergies respiratoires, de la rhino conjonctivite, de l'asthme, de la dermatite de contact et occasionnellement l'anaphylaxie.

Schwartz et coll. (1997) signalent des cas de rhinite et d'asthme suite à l'exposition au paprika, au poivre et au fenouil. Le paprika est également reconnu comme agent causal de rhinite (Niinimäi et coll. 1989) et d'asthme (Sastre et coll. 1996).

En conclusion, la prévalence de symptômes respiratoires chroniques chez des travailleurs dans la transformation d'épices et d'herbes aromatiques est significativement plus élevée chez les sujets exposés, particulièrement pour la dyspnée (57,6 %), la toux chronique (22,8 %), la bronchite chronique (19,6 %), l'inflammation aiguë des muqueuses (37,0 %) et la sinusite (22,2 %) (Zuskin et coll. 1988b).

Plusieurs études auprès de travailleurs de l'industrie du thé et de tisanes sont citées dans la littérature, dont quelques-unes sont rapportées au tableau 3.2-1.

Tableau 3.2-1 : Littérature portant sur les travailleurs dans la transformation du thé

Auteurs (année)	Objectif de l'étude	Points saillants de l'étude
Schachter et coll. (2009)	Étudier des symptômes respiratoires par milieu de travail (textile, transformation alimentaire, fermiers) de 12 études	Il y a prévalence des symptômes respiratoires (toux, flegme, bronchite chroniques) chez les travailleurs de l'industrie de transformation alimentaire (thé, épices, fruits séchés, etc.).
Minov et coll. (2007)	Décélérer des cas d'asthme chez des sujets exposés à des poussières d'herbes et de thé fruité	Le premier cas d'asthme à la poussière de thé a été documenté en 1970. Depuis, des cas d'asthme sont rapportés (Roberts et Thomson 1988; Cartier et Malo 1990; Zuskin et coll. 1996).
Abramson et coll. (2001)	Corréler les symptômes respiratoires à l'exposition aux poussières de thé chez des mélangeurs de feuilles de thé.	Le mécanisme d'obstruction des voies respiratoires demeure inconnu bien que l'asthme induit par le thé semble résulter d'une sensibilisation similaire à celle à la poussière organique.
Jayawardana et Udupihillet (1997)	Déterminer la prévalence des symptômes respiratoires et des effets sur la capacité respiratoire des travailleurs	L'inhalation de poussière de thé cause des symptômes respiratoires aigus et chroniques, particulièrement au tamisage de feuilles de thé.
Shirai et coll. (2003, 1994)	Identifier l'agent causal d'asthme dans la poussière de thé vert	Des travailleurs de la transformation de thé vert ont une réaction positive à la poudre extraite de thé.
Hill et Waldronf (1996)	Rechercher la prévalence des symptômes lors de l'exposition à la poussière de thé	Les cas de rhinite et de toux sont liés à l'exposition à la poussière de thé.
Zuskin et coll. (1996)	Étudier le changement de la fonction respiratoire de travailleurs de la transformation de fruits et thés	Les travailleurs exposés à des aérosols organiques peuvent connaître des symptômes et des changements de la fonction respiratoire.
Cartier et Malo (1990)	Décrire trois cas d'asthme professionnel chez des travailleurs à l'emballage de thé.	La prévalence de l'asthme professionnel chez les travailleurs exposés à la poussière de thé doit être explorée davantage.
Lewis et Morgan (1989)	Décrire un cas d'asthme à la poussière de thé	Une travailleuse de la transformation de thé rapporte une respiration sifflante après avoir été exposée à une fine poussière de thé.
Zuskin et coll. (1988a)	Étudier les fonctions respiratoires de travailleurs du thé	Ces auteurs relatent le pouvoir des épices à induire des symptômes respiratoires chez les travailleurs exposés à la poussière de thé.
Zuskin et coll. (1984)	Étudier les fonctions respiratoires de cinq groupes de travailleurs du thé	Cette étude démontre que l'exposition à la poussière de thé peut être la cause de symptômes respiratoires aigus ou chroniques.
Castellan et coll. (1981)	Évaluer le risque pour la santé de travailleurs au traitement et à l'emballage d'herbes et de thé noir	Des problèmes respiratoires chez des travailleurs exposés aux poussières de thé sont démontrés.
Uragoda (1980)	Étudier la prévalence de symptômes respiratoires chez les travailleurs du thé	Une longue exposition est nécessaire pour la survenue d'asthme chez ces travailleurs aux mélanges de thés.
Uragoda (1970)	Décrire un cas d'asthme professionnel induit par l'aérosol de thé	Un travailleur ressent une réaction immédiate lors d'inhalation aux aérosols très fins du thé.

3.2.2 Effets cutanés

Des études (Anliker et coll. 2002; Hjorth et coll. 1997) rapportent des cas de bouchers ayant développé un eczéma suite à la manipulation de coriandre et de romarin en poudre. Le paprika et la cannelle utilisés dans la pâtisserie peuvent causer de l'urticaire sur les mains et les avant-bras de travailleurs (Ackermann et coll. 2009; Crépy 2007; Foti et coll. 1997; Niinimäi et coll. 1989). Une travailleuse à la fabrication de pâte alimentaire souffre de dermatite de contact aux mains et aux avant-bras suite à la manipulation de curcuma, de safran des Indes, de curry et de gingembre ajoutés comme colorants (Kieć-Swierczyńska et Krecisz 1998).

Kanerva et coll. (1996), Kanerva et Soini (2001) et Ackermann et coll. (2009) décrivent des cas de dermatite de travailleurs de la restauration, exposés à l'ail, à la cannelle, au paprika, au gingembre, au clou de girofle, à la coriandre et au poivre de Jamaïque.

Spiewak et coll. (2001) concluent que la poussière de thym est capable d'induire une dermatite de contact professionnelle. Des cas d'urticaire chez un travailleur au broyage et à l'emballage lors de la manipulation de coriandre, de chili ou de poivre sont rapportés (Ebo et coll. 2006; Chan et coll. 1990). Dans cette industrie de la transformation d'assaisonnements, les plaintes de symptômes cutanés (peau sèche, prurit, lésions cutanées et eczéma) ont été évaluées dans l'étude de Meding (1993). Selon Niinimäi et coll. (1989), l'évaluation de ces réactions est difficile à cause des propriétés irritatives des épices.

3.3 Exposition des travailleurs

Golec (2006) et Laraqui et coll. (2005,2002) concluent qu'une exposition à long terme aux poussières d'épices et d'herbes aromatiques (durée et intensité) cause des symptômes conduisant à une diminution de la capacité respiratoire.

Au Québec, les poussières d'épices et d'herbes sont considérées comme des poussières non classifiées autrement (PNCA), avec une valeur d'exposition admissible (VEA) de 10 mg/m³ exprimée en poussières totales (Pt). Le tableau 3.3-1 présente des valeurs de référence d'exposition de différents organismes internationaux (IFA Gestis-International Limit Values for Chemical Agents¹) pour les PNCA.

¹ {En ligne} http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp (octobre 2010).

Tableau 3.3-1 : Valeurs de références pour les PNCA ou équivalent

Pays/organisme	PNCA (mg/m³)
Allemagne (DFG)	4 (Fi)
Belgique (GWBB)	3 (Fr) 10 (Fi)
États-Unis (ACGIH [®])	3 (Fr) 10 (Fi)
États-Unis (OSHA)	5 (Fr) 15 (Pt)
France (INRS)	5 (Fr) 10 (Fi)
Québec (CSST)	10 (Pt)

Pt : Poussières totales **Fr** : Fraction respirable **Fi** : Fraction inhalable
 DFG : German Reseach Foundation GWBB : Greenswaarden vooc beroepsmatige blootstelling

Selon les résultats de Lacey et coll. (2006), les concentrations de poussières (ambiantes) varient de 0,33 à 14,7 mg/m³ avec une moyenne arithmétique (MA) de 3,21 mg/m³. Selon ces auteurs, les concentrations émises par les procédés (broyage et mélange) varient de 2,09 à 542 mg/m³.

L'estimation du niveau d'exposition des travailleurs à la transformation des épices et des herbes aromatiques est importante afin d'agir sur les déterminants de celle-ci (isolement du procédé, ventilation locale, port d'équipements de protection) (Zuskin et coll.1988a).

Seules quelques études environnementales rapportent des concentrations de poussières d'épices. Les niveaux cités dans celles consultées sont colligés au tableau 3.3-2.

Tableau 3.3-2 : Concentrations de poussière d'épices rapportées dans la littérature

Référence	Milieu ou poste de travail	Type	F	Concentration (mg/m ³)		
				Étendue	MG	ÉTG
Castellan et coll. 1981	Traitement et emballage de thé	ZR	Pt	0,15-13,8		
			Fr			
		AA	Pt			1,0
			Pt			12,2
Chan et coll. 1990	Broyage de chili, cumin et curcuma		Pt	0,03-0,8		0,15
Lankatilake et Uragoda 1993	Broyage de chili	ZR	Fr	0,11-0,5		
			AA			
Minov et coll. 2007	Transformation d'herbes et thé fruité	ZR	Fr	1,9-4,4	3,1	0,8
Hamdam et coll. 2000	Transformation d'épices (coriandre, curcuma, chili, poivre, cardamome, clou de girofle)		Fr			2,5
Schachter et coll. 2009	Industries alimentaires		Pt	0,12-35,6		12
			Fr	0,5-6,6		5
Van Der Walt et coll. 2010	Transformation d'ail, oignon, poivre Mélange Emballage		Fi	8,7-29,9		
			Fi	1,0- 26,4		
Zuskin et coll. 1988a	Transformation d'épices		Pt	0,5-10,1		2,9
			Fr*			0,06
Zuskin et Skuric 1984	Transformation de thé : Dog-rose Gruzyan Sauge		Pt	3,2-24,2		11,4
			Fr*			1,7
			Pt	5,3-24,9		16,8
			Fr*			2,0
			Pt	2,5-10,0		6,3
			Fr*			1,0
			Pt	2,4-5,6		3,7
Fr*			0,4			

MG : Moyenne géométrique ÉTG : Écart-type géométrique
 Type de prélèvement : ZR : Zone respiratoire de travailleur AA : Air ambiant (poste fixe).
 Pt : Poussières totales Fr : Fraction respirable Fi : Fraction inhalable.
 Fr* : Concentration calculée à partir des % cités dans l'article des auteurs cités.

L'ACGIH® (2010) recommande une valeur pour le disulfure de dipropyle d'allyle (substance active pour l'oignon et l'ail, entre autres) de 0,5 ppm avec une mention de sensibilisant et d'irritant pour les voies respiratoires supérieures et les yeux. Selon Chirane et coll. (2009), le *Health and Safety Executive* (HSE), sur les recommandations émises par la *Seasoning and Spice Association* (SSA) en Grande-Bretagne, propose une valeur d'exposition de 3 mg/m³ pour les épices irritantes et recommande de réduire au minimum l'exposition aux poussières d'épices allergisantes.

Chirane et coll. (2009) présentent les résultats de prélèvements effectués dans sept établissements de transformation d'assaisonnements, situés dans la région ouest de l'Île de Montréal. Leurs résultats, cités en fonction du pourcentage des prélèvements ayant dépassé la VEA du RSST et la valeur recommandée du SSA par établissement, sont rapportés au tableau 3.3-3 ainsi que le nombre de prélèvements. Selon cette étude, un fort pourcentage des travailleurs dans la transformation d'assaisonnements sont exposés à des concentrations supérieures à 3 mg/m³.

Tableau 3.3-3 : Pourcentage de dépassement selon Chirane et coll. 2009

Description de l'établissement (poste de travail)	Année	n	% VEA > 10 mg/m ³	% SSA > 3 mg/m ³
Transformation de moutardes		14	0	58
Fabrication de mélanges à base de légumes déshydratés (broyage/tamisage et emballage)	2002	21	4	42
	2003	6	0	83
Fabrication de bases de soupes, de sauces et assaisonnements (mélange et emballage)	2001	8	75	100
	2003		4,5	9
Mélanges d'épices (broyage/tamisage)	1998	12	33	75
	1999	9	44	22
	2001	7	14	14
Mélange d'assaisonnements et de croustilles	2005	4	0	25
Fabrication de jus, de soupes, de mélange d'épices	1993	3	66	100
Fabrication de pâtes et de sauces tomates	2005	2	0	100

n : Nombre de prélèvements effectués, lorsqu'indiqué.

Selon Chirane et coll. (2009), une valeur de référence spécifique à la substance active irritante est souhaitable afin d'être représentative du risque. Gérin (2010) suggère de préciser la portée de la PNCA dans le RSST et d'amorcer une consultation sur les poussières et aérosols qui devraient être exclus de cette catégorie.

3.4 Granulométrie des poussières

La granulométrie au traitement et à l'emballage de thé (Castellan et coll. 1981) est plus petite que 10 µm pour 50 % de la masse recueillie et que 7 µm pour 25 %. Chan et coll. (1990) rapportent que la proportion moyenne de la fraction respirable (Fr) est 45,9 % des Pt recueillies (tableau 3.3-2) et que les particules plus petites que 5 µm constituent 34,5 % de la masse de poussière et celle de moins de 1 µm, 15,3 % de celle-ci.

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Métrologie

La caractérisation des poussières s'est effectuée en utilisant trois méthodes différentes de prélèvements par filtre et cassette collectant, selon leur fabricant, différentes fractions de la poussière aéroportée : 1^o poussières totales (Pt) 2^o fraction inhalable de la poussière (Fi) et 3^o fraction respirable de la poussière (Fr). De plus, afin d'évaluer la granulométrie de la poussière aéroportée, des impacteurs en cascades ont été utilisés. Le matériel d'échantillonnage et les méthodes utilisées sont présentés au tableau 4.1-1.

Tableau 4.1-1 : Méthodes de prélèvement et d'analyse

	Pt	Fi	Fr	Granulométrie
Filtre	CPV pré-pesé, 37 mm, avec enceinte (Accu-Cap [®])	CPV pré-pesé, 25 mm	CPV pré-pesé, 37 mm avec enceinte (Accu-Cap [®])	Mylar [®] avec silicone déposé et CPV pré-pesés, 34 mm
Échantillonneur	Cassette fermée, 37 mm, orifice 4 mm	Cassette IOM, acier inoxydable, orifice 15 mm	Cassette fermée, 37 mm, cyclone Dorr-Oliver	Impacteur à huit étages Marple 298
Débit	1,5 L/min	2,0 L/min	1,7 L/min	2,0 L/min
Incertitude analytique	4,9 %	1,1%	4,9 %	Non disponible
VMR	25 µg	40 µg	25 µg	25 µg
Méthode IRSST	48-1	373	48-1	48-1 modifiée

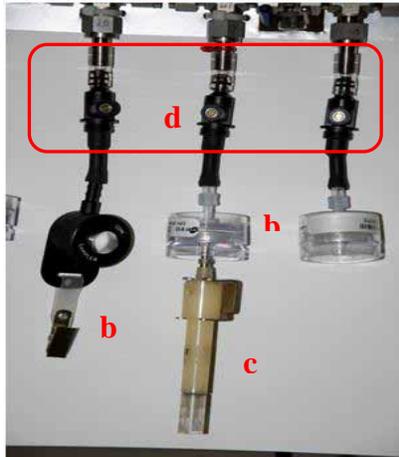
CPV : Chlorure de polyvinyle de porosité 5 µm.

VMR : Valeur minimum rapportée

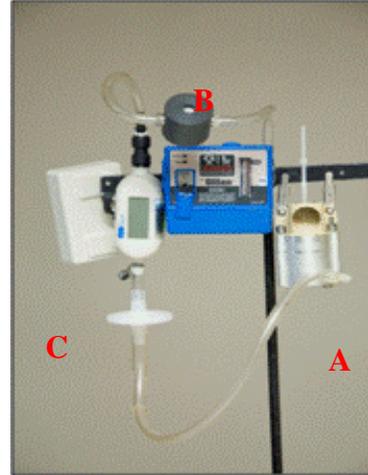
La préparation du matériel d'échantillonnage et l'analyse des échantillons ont été effectuées par les laboratoires de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. Des cassettes munies d'enceinte Accu-cap[®] ont été utilisées pour la détermination des Pt et des Fr afin d'éviter la sous-estimation causée par les pertes sur les parois internes de la cassette en polystyrène. L'utilisation de l'échantillonneur IOM avec des cassettes en acier inoxydable a permis de minimiser l'influence de l'humidité relative sur les pesées lors des analyses en laboratoire. Les impacteurs de type Marple ont été utilisés avec des membranes en Mylar[®] enduites de silicone tel que recommandé par le fabricant afin d'empêcher les rebonds et les remises en suspension lors de l'impaction sur les substrats de collection. Les diamètres de coupure de ces impacteurs se situent entre 0,52 et 21,3 µm.

Malgré le fait que tous les échantillonneurs utilisés dans cette activité soient des échantillonneurs personnels, les prélèvements ont été effectués en poste fixe (air ambiant) pour des raisons de comparaison. Les six échantillonneurs ont été disposés sur une plaque métallique. Chaque train de prélèvement était composé de six orifices variables reliés respectivement à deux cassettes fermées pour les prélèvements de Pt, à deux cassettes équipées de cyclone Dorr-Oliver pour les prélèvements de la Fr et à deux échantillonneurs IOM pour les prélèvements de la Fi. Les échantillonneurs étaient installés en alternance et ajustés au débit spécifique à chacun. La figure 4.1-1a illustre les échantillonneurs [cassette IOM (a), cassette fermée (b), cassette et

cyclone (c) et les orifices variables (d)]. Chacun des trains de prélèvement était relié par un tube de Téflon[®], d'une longueur variable en fonction de l'emplacement, à une pompe à palettes de 30 L/min. Les débits des orifices variables étaient ajustés au début et vérifiés à la fin de la période d'échantillonnage à l'aide d'un débitmètre de marque Bios modèle DryCal, ayant une exactitude de 3 % de la lecture selon les spécifications du fabricant. Une variation des débits (avant et après) jusqu'à 5 % est acceptée.



A



B

Figure 4.1-1 : Trains de prélèvement

Chaque système de prélèvement a été placé à un poste spécifique à une hauteur équivalente à la zone respiratoire d'un travailleur, sur un trépied ou suspendu à un mobilier selon l'espace disponible dans le milieu de travail. Un système de prélèvement supplémentaire (figure 4.1-1b) pouvait être ajouté pour l'évaluation de la structure fine de la poussière ambiante. Ce système était composé d'un impacteur en cascade (A) installé en série avec une pompe personnelle de marque Gilian modèle Gilair, un dispositif anti-pulsation (B) et un débitmètre de marque TSI modèle 4146 (C) ayant une exactitude de 2 % de la lecture selon les spécifications du fabricant.

Les analyses gravimétriques ont été effectuées à l'aide d'une balance micrométrique ayant une résolution de $\pm 1 \mu\text{g}$. Les détails des méthodes analytiques se retrouvent dans les méthodes IRSST 48-1 et 373.

Un instrument à lecture directe (ILD) a été utilisé pour estimer l'évolution des niveaux de



Figure 4.1-2 : Spectromètre GRIMM PAS 1.108

concentrations en fonction du temps et du profil granulométrique des poussières. Un seul poste par établissement visité était évalué à l'aide de cet ILD. Cet ILD est un compteur optique de particules de marque GRIMM PAS modèle 1.108 (figure 4.1-2) fonctionnant selon le principe de lumière diffusée (source laser) avec une exactitude de 5 %, selon le fabricant.

Les diamètres optiques que mesure cet instrument sont plus ou moins proportionnels aux diamètres aérodynamiques ou géométriques correspondants (Ruzer et Naomi 2005). L'instrument évalue la concentration de poussières dans l'air à toutes les six secondes pour quinze plages granulométriques (< 0,23 à > 20 µm). Pour simplifier l'interprétation des données, ces quinze plages ont été fusionnées pour en former quatre.

Il est important de noter que les données de cet ILD peuvent être empreintes d'un biais en raison du fait qu'il n'a pas été étalonné en laboratoire avec le contaminant ciblé.

4.2 Établissements visités et stratégie d'échantillonnage

Cette activité concerne les établissements de transformation d'assaisonnements dont quatre ont été visités. Un total de 12 postes de prélèvement a été caractérisé : le mélange (charge et décharge du mélangeur), le broyage et l'emballage. La sélection des postes a été effectuée suite à des visites préliminaires, durant lesquelles les postes et les tâches, plus représentatives du risque d'exposition des travailleurs à la poussière dans l'air, ont été identifiés. Les établissements visités sont classés sous les codes CAEQ 1099 (Classification des activités économiques du Québec) ou SCIAN 311940 ou 311920 (Système de classification des industries de l'Amérique du Nord).

La durée des prélèvements couvre la période de manipulation de ces ingrédients sur le quart de jour. Au cours des journées d'échantillonnage, des informations ou déterminants susceptibles d'expliquer les variations dans les résultats ont été recueillis. Citons, à titre d'exemple, le volume du département, la quantité et le type d'ingrédients, le nombre de travailleurs présents lors de l'intervention et certaines pratiques de travail, si pertinent.

4.3 Traitement des données

4.3.1 Analyses environnementales

Les résultats rapportés à la section 5 ont été déterminés en utilisant la moyenne des duplicatas obtenus pour chaque type d'échantillonneur de chaque train de prélèvement. Le résultat pour tous les prélèvements dont la concentration de poussières était inférieure à la VMR était remplacé par la valeur obtenue par l'équation 4.3-a. La valeur d'exposition (VE) est calculée à partir de la moyenne des concentrations de duplicatas d'après l'équation 4.3-b. Elle ne peut pas être comparée à la valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP), car les prélèvements sont effectués en poste fixe et non en poste personnel. Elle correspond à une **estimation** équivalente à un quart de travail de 8 heures. Il est également à noter qu'aucun résultat de Pt, Fi et Fr n'a été corrigé en fonction du poids du filtre témoin.

$$\text{Conc}_{\text{VMR}} = (\text{VMR}/\sqrt{2}) / V_{\text{éch}} \quad \text{équation 4.3-a}$$

Où Conc_{VMR} : Concentration de poussières < VMR utilisée dans les calculs (mg/m³).
 VMR : Valeur minimum rapportée au tableau 4.1-1 (µg).
 $V_{\text{éch}}$: Volume de prélèvement (L).

$$VE = \frac{C_1T_1 + C_2T_2 + \dots + C_nT_n}{480 \text{ minutes}} \quad \text{équation 4.3-b}$$

Où VE : Valeur d'exposition
 C : Concentration sur une période donnée (mg/m³).
 T : Durée de la période de prélèvement (minutes).

4.3.2 Granulométrie par impacteur

Les masses recueillies par les impacteurs de type Marple (Sierra de la série 290) ont été corrigées en fonction de la variation médiane observée pour un groupe de six substrats témoins.

Deux profils granulométriques ont été effectués pour chaque série de pesées. Un premier ne tenant pas compte des pertes internes au niveau de la surface du premier étage, du viseur, de la tête, et de toutes les autres surfaces mises à part les substrats de collection et le filtre, puis un autre en corrigeant selon les courbes fournies par le fabricant (profil dit corrigé). Les diamètres aérodynamiques de la masse médiane et les écarts-type géométriques (ÉTG) ont été calculés en supposant une distribution log-normale, donc en traçant une droite par régression sur le graphique log probabilité de la distribution granulométrique. Seuls les points les plus significatifs ont été utilisés en donnant peu de poids aux points en cumulatif inférieur à 10 % et supérieur à 90 % tel que recommandé par Lodge et Chan (1986).

La concentration évaluée par l'impacteur (Conc_i) a été obtenue en effectuant le total de toutes les masses recueillies pour chaque étage. Les fractions inhalable (F_{ii}) et respirable (F_{ri}), telles que définies par l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH[®]), ont été calculées en croisant les courbes respectives avec les résultats des impacteurs. La poussière totale (P_{ti}) a également été évaluée de cette façon, mais à partir d'une courbe d'efficacité obtenue en confondant les résultats de plusieurs études sur l'efficacité de la cassette fermée 37 mm. Cette courbe² a été décrite dans le rapport de Roberge et coll. (2011) et est répétée (figure 4.3-1) ici sur un graphique montrant également la courbe de définition de la F_i.

² Cette courbe est adaptée de la courbe obtenue par Vincent, James (2007). Elle est adaptée à l'aide de formules mathématiques par les auteurs de ce rapport.

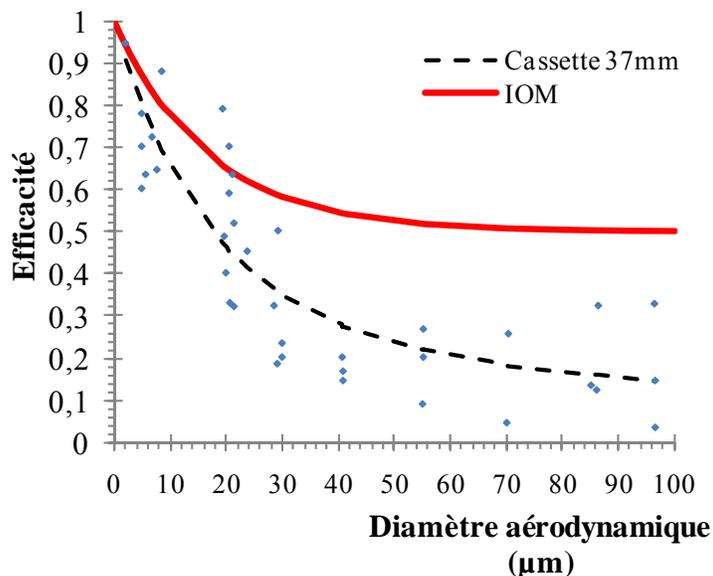


Figure 4.3-1 : Courbe d'efficacité confondue pour Pt comparée à celle de l'IOM (Fi)

Les pourcentages d'efficacité obtenus à partir des courbes et des diamètres de coupure propres à un étage ont été multipliés directement par la masse recueillie sur ce dernier en utilisant la règle de Simpson décrite dans la monographie de Lodge et Chan (1986). Les masses respirable et inhalable ont été obtenues en effectuant la sommation de ces résultats pour tous les étages de l'impacteur et ce, pour les masses non-corrigées et corrigées.

Dans le but de pouvoir comparer les prélèvements entre eux, les histogrammes massiques sont normalisés de façon à présenter des surfaces totales unitaires. Les pourcentages massiques pour chaque diamètre de particule peuvent être évalués directement à partir des histogrammes.

4.4 Statistiques

L'interprétation des données environnementales de cette activité a été effectuée selon des méthodes statistiques à l'aide d'outils informatiques. Les comparaisons statistiques des résultats obtenus des différents échantillonneurs ont été effectuées à l'aide du logiciel NCSS 2007 version 07.1.14 (Hintze J., Kaysville, Utah). Le test de t apparié a été utilisé pour comparer les paires de résultats obtenus des différents échantillonneurs en fonction de leur type et du poste de prélèvement lorsque c'était possible. Un test non-paramétrique, le test signé de rangs de Wilcoxon, a été utilisé lorsque la distribution des données étudiées n'était pas reconnue normale. L'hypothèse nulle (H_0) des tests statistiques effectuées était rejetée lorsque $P(\text{ou } Z) < 0,05$ ou encore lorsque la valeur zéro n'était pas incluse dans l'intervalle de confiance 95% de la moyenne de la différence des unités appariées.

5. RÉSULTATS

La section des résultats comprend une brève description des procédés dédiés à la production d'assaisonnements, des établissements ainsi que les résultats environnementaux de Pt, Fi et Fr et ceux obtenus à l'aide des impacteurs dont la distribution granulométrique ainsi que la fraction inhalable calculée (Fii), la fraction respirable calculée (Fri) et la poussière totale calculée (Pti).

5.1 Description des procédés



En fonction de la recette, le travailleur pèse de façon manuelle les différentes matières premières ou transvide les contenants de matières premières pré-pesées.

Une des étapes suivantes est le broyage de la matière première avant de l'incorporer dans un mélange ou de l'emballer, selon les besoins. Les matières pré-pesées sont chargées (chargement) de façon manuelle puis récupérées (décharge) (figure 5.1-1). Bien qu'il existe un mécanisme automatisé pour contrôler la quantité du mélange déchargé, le travailleur surveille et pèse cette quantité déchargée dans un récipient, selon les besoins.

Figure 5.1-1 : Décharge du broyeur

Au mélangeur, les ingrédients sont chargés à l'étage supérieur manuellement (chargement, figure 5.1-2). Après homogénéisation de l'assaisonnement (par brassage), celui-ci est déchargé (décharge) et emballé à l'étage inférieur. Bien qu'il existe un mécanisme automatisé, le travailleur surveille et pèse la quantité déchargée dans un contenant.



Figure 5.1-2 : Chargement d'un mélangeur

Le mélange peut être emballé au poste d'emballage, manuel ou automatique (figure 5.1-3³). Les deux méthodes peuvent générer des quantités importantes de poussières, dépendamment des méthodes de travail, de la cadence et de la présence d'aspiration à la source, entre autres. Cette opération, lorsqu'automatisée, comprend l'ajustement de la machine, la vérification du poids, le scellage du sac, s'il y a lieu, et la détection de métal (contrôle de qualité), puis la mise en boîte et le transport vers l'entrepôt.

³ Les photographies de ce rapport ont été prises dans les établissements visités avec l'accord écrit du responsable.

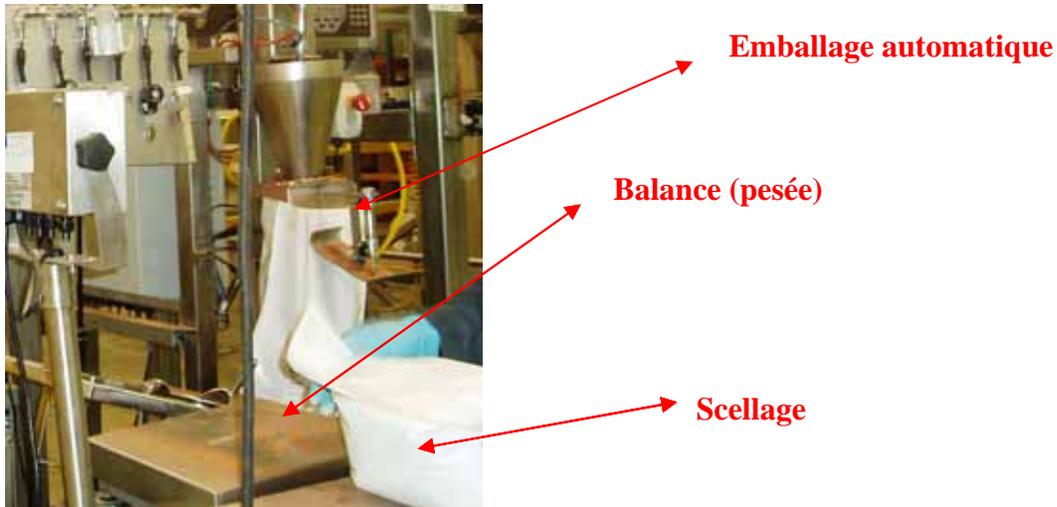


Figure 5.1-3 : Emballage automatique

5.2 Description des établissements

Le quart de travail dans les établissements visités est généralement de huit heures par jour ou 40 heures par semaine. Les travailleurs effectuent plusieurs tâches au cours de la journée. Le nettoyage à sec ou avec de l'eau se fait au moment du changement de recette ou sur le quart de nuit. La température ambiante au moment de l'étude se situe entre 21° et 24° C et l'humidité relative autour de 37 %, sauf s'il s'agissait d'une recette aux composés ayant des exigences spécifiques par rapport à la température et à l'humidité, tel que le traitement du poivre.

Tous les travailleurs sont tenus de se laver les mains avant d'entrer dans la section de production, portent des vêtements de travail fournis par l'employeur et des gants en nitrile. Certains travailleurs portent un appareil de protection respiratoire N-95 ou N-100, selon les ingrédients manipulés. Un système mécanique de ventilation générale est présent dans tous les établissements. De plus, il y a un système d'aspiration locale au poste de charge des mélangeurs. D'après nos observations, les méthodes de travail varient selon les travailleurs affectés aux tâches.

Le nombre de travailleurs affectés au poste de prélèvement, le volume du local où se situe ce poste, la quantité des assaisonnements produits lors de notre intervention ainsi que les ingrédients utilisés sont répertoriés au tableau 5.2-1. Plusieurs assaisonnements contiennent d'autres ingrédients non énumérés à ce tableau, tels le sel, le sucre, l'amidon, etc.

Tableau 5.2-1 : Caractéristiques des établissements visités

Éta	Poste de prélèvement	Nombre de travailleurs	Volume du local (m ³)	Quantité produite (kg)	Ingrédients
1	Décharge/mélange	1	472	2520	Ail déshydraté, épices *, poudre de lait.
	Emballage manuel	2	2081	4284	Épices*, chapelure, poudre de lait.
	Emballage automatique	1	2081	1600	Fromage en poudre, piments broyés.
2	Emballage manuel	1	732	244	Oignons, ail et céleri déshydratés, poivre, persil déshydraté, saveur de beurre, chapelure, bière déshydratée, paprika, glutamate.
	Charge/mélange	2	732	1254	1) Paprika royal, poivre noir, poudre d'orange, ail en poudre, persil, oignon, ciboulette, poivron, céleri.
				1084	2) Basilic moulu et râpé, paprika, ail, tomates, persil, poivre noir concassé.
	Décharge/mélange Assaisonnement 1	2	732	1254	Paprika royal, poivre noir, poudre d'orange, ail en poudre, persil, oignon, ciboulette, poivron, céleri.
	Décharge/mélange Assaisonnement 2	1	732	1084	Basilic moulu et râpé, paprika, ail, tomates, persil, poivre noir concassé.
	3	Décharge/broyeur	1	639	1266
Tamis/mélange		1	732	3519	Maïs sucré, bicarbonate de sodium.
Emballage automatique Assaisonnement 1		2	733	569	Poivre noir, origan.
Emballage automatique Assaisonnement 2		2	733	860	Poivre blanc.
4	Charge/mélange	1	554	260	1) Bergamote, thé Earl Gray.
				560	2) Épilobe, ginseng, fleur de camomille, de plantain, d'ortie, baie de Sabal, écorce de cannelle, lavande bleue, racine d'ortie, canneberge.
	Décharge/mélange	1	554	260	1) Bergamote, thé Earl Gray.
Broyage	2	405	25	1) Verge d'or.	
			277	2) Fleur d'hibiscus, cannelle, camomille, pelure d'orange, piment de Jamaïque, chicorée rôtie, caroube.	

Éta : Identification de l'établissement.

* : Les épices entrant dans l'assaisonnement n'ont pas été divulgués.

5.3 Caractérisation des poussières - Résultats environnementaux

5.3.1 Concentrations Pt, Fi et Fr

Un test de t apparié a été effectué sur toutes les paires de résultats obtenus selon la fraction (Pt, Fi et Fr). Ces tests visaient à établir si le résultat des duplicatas était équivalent pour l'utilisation de leur moyenne pour la suite des calculs. Il apparaît qu'aucune différence statistiquement significative n'a été observée pour les duplicatas aux différents postes (tableau 5.3-1).

Tableau 5.3-1 : Test de t apparié – comparaison des duplicatas des prélèvements

Fractions comparées	Nombre de paires	LC _{inf-sup} 95 % sur la diff. moy.	Écart moyen (%)	Rejet de H ₀
Pt 1 vs Pt 2	15	[-5,1 - 1,9]	-4	Non
Fi 1 vs Fi 2	15	[-36,9 - 9,1]	-12	Non
Fr 1 vs Fr 2	15	[-0,2 - 0,1]	-13	Non

Le tableau 5.3-2 résume les résultats de cinq postes à l'emballage, sept au mélange et trois au broyage, ce qui constitue respectivement un total de 10, 14 et 6 prélèvements pour les trois fractions étudiées (Pt, Fi et Fr) puisque chacune d'entre elles étaient prélevées en duplicata. Les moyennes arithmétiques (MA) des résultats analytiques ainsi qu'une valeur estimée de l'exposition (VE), exprimée en Pt, y sont colligés par poste et par établissement. Les principales données de statistiques descriptives des résultats environnementaux sont résumées au tableau 5.3-3.

Tableau 5.3-2 : Concentrations des mesures environnementales

Éta	Poste	Durée (min)	Concentration (mg/m ³)			VE (mg/m ³ Pt)
			Pt	Fi	Fr	
1	Décharge/mélange	374	11	15	0,5	8,5
	Emballage automatique	408	5,9	12	0,6	5,0
	Emballage manuel	222	1,9	3,9	0,1	0,9
2	Emballage manuel	179	2,8	6,7	< 0,1 *	1,0
	Charge/mélange	62	7,9	12	< 0,2 *	1,6 **
	Décharge/mélange Assaisonnement 1	89	2,7	16	< 0,1 *	
	Décharge/mélange Assaisonnement 2	29	< 0,4 *	0,9	< 0,4 *	
3	Décharge/broyeur	383	1,1	1,9	0,1	0,8
	Tamis/mélange	400	3,0	4,7	0,1	2,5
	Emballage automatique Assaisonnement 1	100	48	120	0,6	24 ***
	Emballage automatique Assaisonnement 2	217	30	150	0,5	
4	Charge/mélange	274	3,1	4,2	0,3	1,8
	Décharge/mélange	311	2,5	4,2	0,2	1,6
	Broyage Assaisonnement 1	207	12	22	1,1	6,4 ***
	Broyage Assaisonnement 2	73	7,4	9,0	0,5	

* : Résultats analytiques sous la valeur minimum rapportée (VMR).

** : Ce calcul comprend la période de charge du mélangeur et sa décharge, car ce sont les mêmes travailleurs qui exécutent ces tâches.

*** : Ce calcul comprend l'emballage ou le broyage des deux assaisonnements, car ce sont les mêmes travailleurs qui exécutent ces tâches.

Tableau 5.3-3 : Statistiques descriptives par poste

	Emballage			Mélange			Broyage		
	Pt	Fi	Fr	Pt	Fi	Fr	Pt	Fi	Fr
n	5	5	5	7	7	7	3	3	3
n ≥ VMR	5	5	4	6	7	4	3	3	3
Moyenne (mg/m ³)	18	59	0,4	4,4	9,2	0,3	6,9	11	0,6
Écart-type	21	71	0,3	3,7	5,9	0,2	5,6	10	0,5
Médiane (mg/m ³)	5,9	12	0,5	3,0	4,8	0,3	7,4	9,0	0,5
MG (mg/m ³)	8,5	23	0,3	3,0	5,9	0,2	4,6	7,2	0,4
ÉTG	4,2	5,4	3,1	2,9	2,7	2,0	3,6	3,4	4,0
Étendue (mg/m ³)	1,9-48	3,9-150	0,1*-0,6	0,4*-11	0,9-16	0,1*-0,5	1,1-12	1,9-22	0,1*-1,1
LC _{inf-sup} 95 %	[0-43]	[0-150]		[1,0-7,8]	[2,7-14]		[0-21]	[0-36]	[0-1,9]

n : Nombre de prélèvements. VMR : Valeur minimum rapportée. * : Valeur <VMR exprimée en mg/m³.

MG : Moyenne géométrique. ÉTG : Écart-type géométrique. LC_{inf-sup} 95 % : Limites de confiance 95 %.

Même si le GRIMM PAS 1.108 n'est pas étalonné par référence aux substances présentes, ses lectures nous fournissent des informations sur les niveaux de concentrations de poussières au cours des opérations : emballage (figure 5.3-1), décharge de mélangeur (figure 5.3-2) et emballage automatique pour deux assaisonnements (figure 5.3-3). On retrouve également sur ces trois figures la moyenne pondérée des lectures de l'ILD ainsi que les résultats des mesures environnementales correspondantes (tableau 5.3-2).

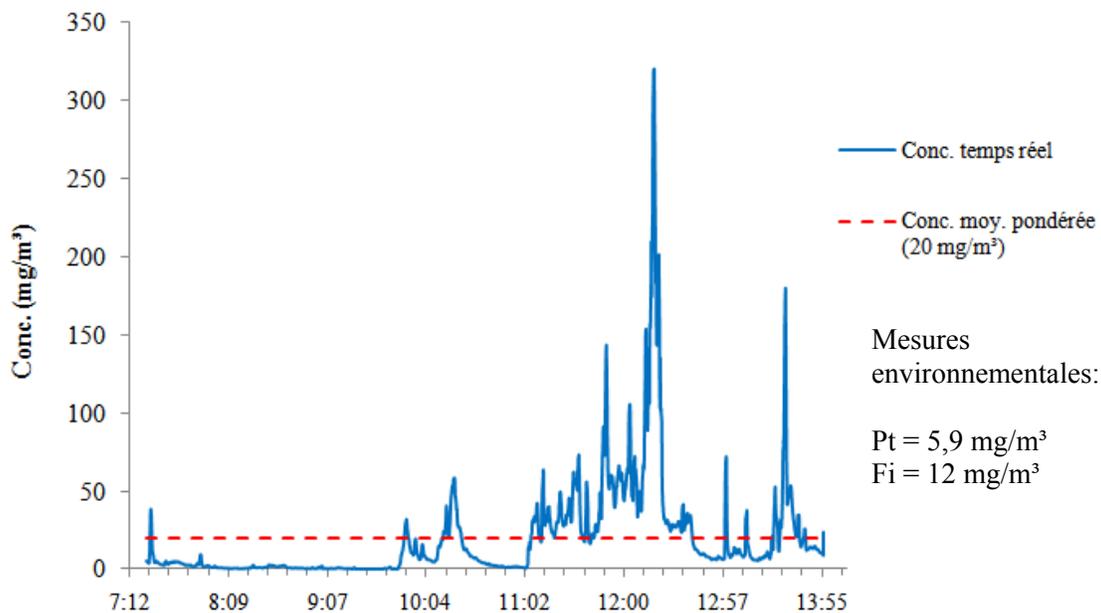


Figure 5.3-1 : Concentration lue par le GRIMM PAS 1.108 au poste d'emballage de l'établissement 1

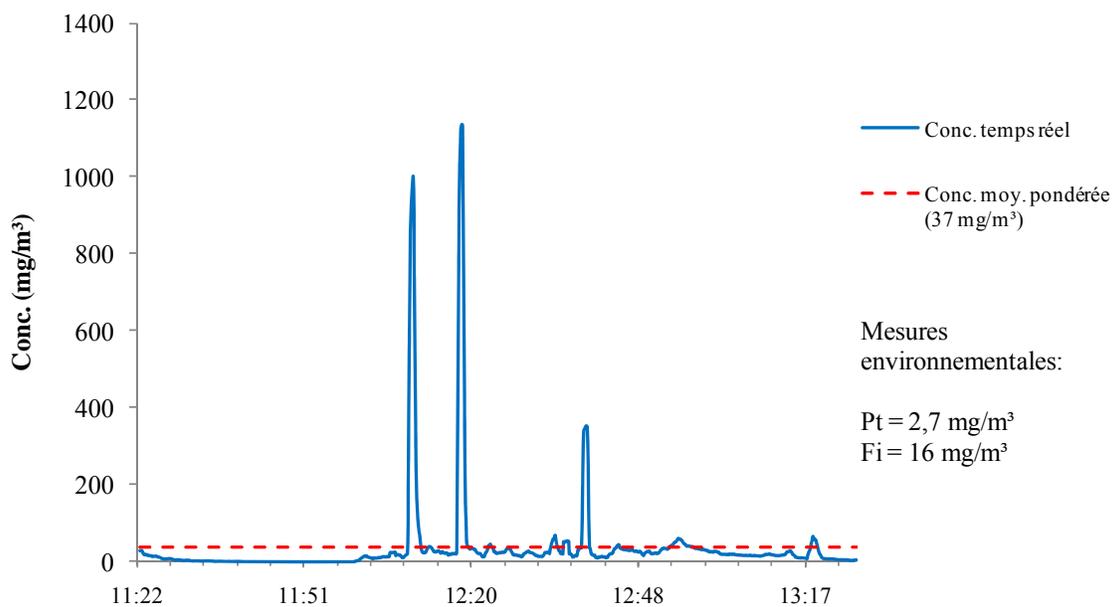


Figure 5.3-2 : Concentration lue par le GRIMM PAS 1.108 au poste de décharge du mélangeur de l'établissement 2

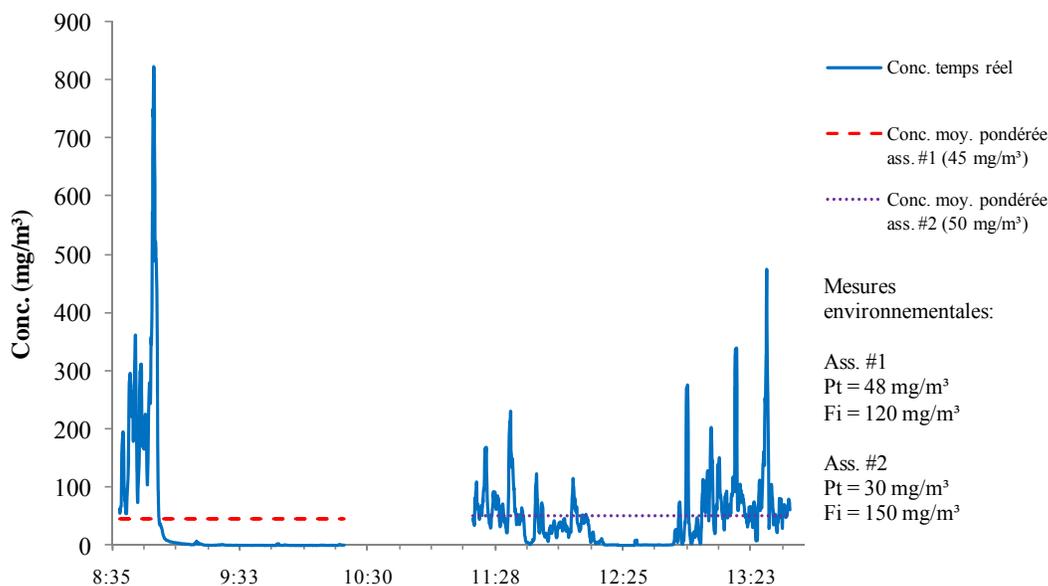


Figure 5.3-3 : Concentration lue par le GRIMM PAS 1.108 au poste d’emballage de l’établissement 3

5.3.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales

Les ratios calculés à partir des résultats des IOM (Fi) et des cassettes de 37 mm (Pt) sont listés par établissement et par poste au tableau 5.3-4. Ce ratio est obtenu en divisant la concentration de la Fi par Pt. La MA des ratios est 2,3 (ÉT : 1,4) et la MG est 2,0 (ÉT : 1,6).

Tableau 5.3-4 : Ratio fraction inhalable (Fi) par poussières totales (Pt)

Éta	Poste	Fi/Pt	Fi/Pt	
			Emballage	Mélange Broyage
1	Décharge/mélange	1,4	1,4	
	Emballage automatique	2,0	2,0	
	Emballage manuel	2,0	2,0	
2	Emballage manuel	2,4	2,4	
	Charge/mélange	1,5		1,5
	Décharge/mélange Assaisonnement 1	5,9		5,9
3	Décharge/broyeur	1,7		1,7
	Tamis/mélange	1,6		1,6
	Emballage automatique Assaisonnement 1	2,5	2,5	
	Emballage automatique Assaisonnement 2	5,0	5,0	
4	Charge/mélange	1,3		1,3
	Décharge/mélange	1,7		1,7
	Broyage Assaisonnement 1	1,8		1,8
	Broyage Assaisonnement 2	1,2		1,2
Médiane		1,8		

5.4 Caractérisation des poussières - Granulométrie

5.4.1 Impacteurs

Il y a eu cinq prélèvements au mélange (1 au poste de charge/mélange, 1 au tamis/mélange, 3 à la décharge/mélange), trois à l'emballage et deux au broyage. Le diamètre aérodynamique de la masse médiane (MMAD) et l'ÉTG sont présentés au tableau 5.4-1, par établissement et par poste.

Tableau 5.4-1 : Distribution granulométrique par établissement et par poste

Éta	Poste	MMAD (μm)	ÉTG
1	Décharge/mélange	20,2 *	2,0
	Emballage automatique	25,1 *	2,4
2	Emballage manuel	26,9	1,8
	Charge/mélange	21,7	2,1
	Décharge/mélange Assaisonnement 1	31,7	1,9
3	Décharge/broyeur	18,2 *	2,5
	Tamis/mélange	18,1 *	1,9
	Emballage automatique Assaisonnement 1	25,8	2,0
4	Décharge mélange	22,3	2,4
	Broyage Assaisonnement 1	15,3 *	3,9

* : Distribution bimodale possibles.

Les principales données de statistiques descriptives des résultats granulométriques obtenus à l'aide des impacteurs lorsque regroupés selon trois procédés sont résumées au tableau 5.4-2.

Tableau 5.4-2 : Statistiques descriptives des MMAD par procédé

	Emballage	Mélange	Broyage
n	3	5	2
Moyenne (μm)	25,9	22,8	16,8
Écart-type (μm)	0,9	5,2	2,1
Médiane (μm)	25,8	21,7	16,8
MG (μm)	25,9	22,4	16,7
ÉTG	1,0	1,2	1,1
Étendue (μm)	25,1-26,9	18,1-31,7	15,3-18,2
LC _{inf-sup} 95 % (μm)	[23,7-28,2]	[16,3-29,3]	[0-35,2]

n : Nombre de prélèvements. MG : Moyenne géométrique. ÉTG : Écart-type géométrique.
LC_{inf-sup} 95 % : Limite de confiance inférieure-supérieure 95 %.

Les résultats non-corrigés et les histogrammes normalisés des fractions massiques pour chacun des postes de prélèvement par établissement sont représentés dans les tableaux et les figures à l'annexe 1. Les concentrations calculées à partir des masses recueillies par l'impacteur sont regroupées en Pti, Fii et Fri des poussières et présentées au tableau 5.4-3. L'ensemble des résultats sont colligés dans le tableau de l'annexe 2.

Tableau 5.4-3 : Concentration calculée à partir des masses recueillies par l'impacteur

Éta	Poste	Concentration corrigée (mg/m ³)		
		Pti	Fii	Fri
1	Décharge/mélange	8,7*	12 *	0,6 *
	Emballage automatique	6,6*	9,6 *	0,5 *
2	Emballage manuel	3,4	5,1	0,1
	Charge/mélange	5,1	7,1	0,3
	Décharge/mélange : Assaisonnement 1	4,8	7,6	0,1
3	Décharge/broyeur	1,4*	1,9 *	0,2 *
	Tamis/mélange	2,4*	3,3 *	0,2 *
	Emballage automatique : Assaisonnement 1	56	83	1,7
4	Décharge/mélange	2,0	2,8	0,2
	Broyage Assaisonnement 1	12*	16*	3,8 *

* : Distribution bimodale possibles.

5.4.2 Instrument à lecture directe

Le pourcentage de la masse lue par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique est résumé par établissement par poste au tableau 5.4-4 et illustré à la figure 5.4-1.

Tableau 5.4-4 : Pourcentage de la masse lue par GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique

Éta	Poste	Pourcentage de la masse lue par l'ILD (%)			
		0,23-4 µm	4-10 µm	10-20 µm	> 20 µm
1	Emballage automatique	7,2	32	40	21
2	Décharge/mélange	8,0	27	38	27
3	Emballage automatique	6,1	23	34	37

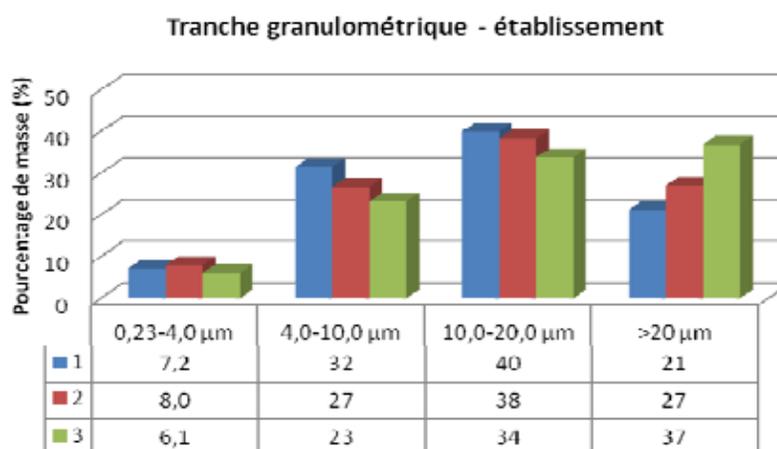


Figure : 5.4-1 : Pourcentage de la masse lue par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique

6. DISCUSSION

6.1 Caractérisation des poussières - Résultats environnementaux

Cette section fait référence aux concentrations mesurées à l'aide des différents échantillonneurs, la comparaison entre les concentrations de Pt et Fi ainsi qu'une estimation de l'exposition à la poussière aux postes étudiés.

6.1.1 Concentrations Pt, Fi et Fr

Malgré le fait qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative, il est remarqué au tableau 5.3-1 que l'intervalle de confiance 95 % de la moyenne des différences est considérable pour des paires d'échantillonneurs de Fi et de Pt, ce qu'exprime également l'écart moyen relatif. La Fr présente également un écart moyen élevé, mais cela est principalement dû aux faibles concentrations mesurées. Le nombre peu élevé de prélèvements pourrait expliquer en partie ces résultats. Une autre explication résiderait dans les observations colligées au cours de l'intervention qui ont mis en évidence un phénomène de projection de poussières beaucoup plus important lors du procédé d'emballage dans des sacs. En effet, l'évacuation rapide de l'air de l'espace de tête des sacs venant d'être remplis provoque d'importantes projections de poussières qui contribueraient à produire des écarts entre les duplicatas en raison de leur caractère directionnel.

Des niveaux de Fr peu élevés de l'ordre de 0,5 mg/m³ ont été observés pour l'ensemble des postes étudiés. Les masses recueillies à l'aide des impacteurs confirment cette observation. En ce qui a trait aux Pt et à la Fi les niveaux médians observés étaient respectivement de 6 mg/m³ et de 12 mg/m³. Les niveaux plus élevés observés pour l'échantillonneur IOM (Fi) étaient prévisibles à cause de l'efficacité réduite de la cassette fermée 37 mm par rapport à celle de ce dernier échantillonneur. Les niveaux les plus élevés de poussières ont été observés pour les opérations associées à l'emballage. Toutefois, ces niveaux se situent autour de 6 mg/m³ en Pt pour les opérations d'emballage et de broyage et autour de 3 mg/m³ pour les opérations associées aux mélanges.

6.1.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales

Les concentrations médianes des Pt (tableau 5.3-3) sont inférieures à celles de Fi. Le test signé de rangs de Wilcoxon appliqué pour Fi et Pt ($Z = 3,41$ et $P = 0,0007$) permet de rejeter l'hypothèse nulle ($Fi - Pt = 0$) qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux fractions. Les valeurs du ratio Fi/Pt (tableau 5.3-4) démontrent que la relation est différente selon le poste. Ceci pourrait s'expliquer par l'efficacité respective des échantillonneurs. En effet, l'échantillonneur IOM est plus efficace pour le prélèvement des particules de plus grande taille. Toutefois, il peut surestimer la portion de particules de plus grande taille tandis que la cassette fermée de 37 mm est reconnue pour sous-évaluer l'exposition aux particules de diamètre aérodynamique supérieur à 20 µm (Vincent 2007).

L'étude de Perrault et coll. (1999) rapporte que les concentrations de Fi sont environ 2,1 fois plus élevées que les concentrations en Pt, tant en zone respiratoire de travailleurs qu'en postes fixes et

ce, pour les établissements visités lors de leur étude. La différence entre les ratios obtenus pourrait être due au profil granulométrique différent, tel que Perrault et coll. (1999) le mentionne. Les poussières dans cette dernière étude sont différentes de celles dont il est question dans notre activité. Le ratio peut varier selon la granulométrie des poussières en présence.

6.1.3 Estimation d'exposition à la poussière

Les concentrations médianes exprimées en Pt (tableau 5.3-3) sont supérieures à la recommandation du SSA de 3 mg/m³ et inférieures à la VEA du RSST de 10 mg/m³.

Les figures 5.3-1 à 5.3-3 montrent des variations importantes de la concentration de poussières dans le temps, avec des concentrations maximales atteignant des niveaux 30 fois plus élevés que la moyenne pondérée de 10 mg/m³. Malgré les limitations du GRIMM PAS 1.108, la comparaison des résultats de ce dernier aux mesures environnementales correspondantes suggère une forte possibilité de dépassement des limites d'excursion telles que définies à l'annexe I du RSST. Cette constatation appuie l'importance de maîtriser l'exposition à la source et souligne l'importance d'utiliser un ILD lors d'une intervention en hygiène du travail.

Un empoussièrement est observé lors de la charge d'un mélangeur et ce, malgré la présence d'un système de ventilation à la source. La concentration moyenne mesurée pendant 62 minutes (Pt) lors de la décharge de l'assaisonnement 1 (dans des contenants de 2,5 kg) est 7,9 mg/m³ alors que celle pour des contenants de plus de 500 kg est inférieure à la VMR (< 0,4 mg/m³, tableau 5.3-2). La durée de ce dernier prélèvement est courte, 29 minutes.

D'après les résultats obtenus dans les établissements et au regard des concentrations médianes, les tâches reliées à l'emballage automatique seraient plus à risque (voir équation 6.1-a). Toutefois, le risque est fonction, notamment, des ingrédients de l'assaisonnement (la granulométrie, la facilité à être aéroporté, etc.), du format d'emballage, des méthodes et de la cadence de travail, etc. Le nombre restreint de prélèvements ne nous permet pas de conclure sur plusieurs déterminants, dont les méthodes de travail.

Compte tenu du petit nombre de données (< 6), on peut analyser celles-ci par poste (tableau 5.3-3) selon l'approche probabiliste simplifiée de l'INRS tel que décrit dans Drolet et coll. (2010). La valeur de dépassement (U) de la VEA⁴ est calculée à partir de la MG et de l'ÉTG des prélèvements recueillis selon l'équation suivante :

$$U = \frac{\text{Ln}(\text{VEA}) - \text{Ln}(\text{MG})}{\text{Ln}(\text{ÉTG})} \quad \text{équation 6.1-a}$$

Où :

U < 1,645	la VEA est dépassée (5 % < P);
1,645 < U < 3,1	le non dépassement est incertain;
U > 3,1	la VEA n'est pas dépassée (P < 0,1 %).

Ces diagnostics s'appuient sur la probabilité de dépassement de la VEA sélectionnée. Nous obtenons pour les prélèvements en poste fixe à l'emballage une valeur de dépassement de 0,11, au mélange de 1,18 et au broyage de 0,61. Compte tenu que la valeur calculée de U est plus

⁴ VEA : PNCA - 10 mg/m³ exprimée en poussières totales (Pt).

petite que 1,645 et que cette approche est pour des prélèvements en poste personnel, cette approche prédit un dépassement de la VEA pour chacun des postes étudiés.

6.2 Caractérisation des poussières - Granulométrie

6.2.1 Profil granulométrique

Une variabilité est observée entre les histogrammes des masses recueillies (voir annexe 1). Elle est attribuable à la très grande diversité des ingrédients manipulés. De façon générale et ce, même si on y observe la présence d'une très faible proportion de petites particules pour quelques histogrammes, le diamètre aérodynamique de la masse médiane se situe entre 18 et 32 μm pour la plupart des opérations sauf pour les opérations de broyage où il se situe entre 15 et 18 μm . L'histogramme au broyeur de l'établissement 4 se distingue des autres et montre un pourcentage un peu plus important de petites particules (broyage). Il faut souligner que ces conclusions sont basées sur de très petit nombre de prélèvements, sur des procédés très variables et pour des poussières très différentes.

6.2.2 Instrument à lecture directe

Les pourcentages de la masse lue par le GRIMM PAS 1.108, rapportés au tableau 5.4-4, montrent, pour les trois établissements, indique que les diamètres de la masse médiane se situent dans l'intervalle 10-20 μm . Cette valeur sans être identique se rapproche de celle des MMAD obtenues par les impacteurs. Il est normal d'observer une différence entre le diamètre optique mesuré par un compteur optique (GRIMM PAS 1.108) et le diamètre aérodynamique obtenu à l'aide d'impacteur (voir section 4.1). De plus, en supposant que le diamètre optique se rapproche du diamètre géométrique et que la densité des particules soit supérieure à 1,0, il est normal qu'il corresponde à un diamètre aérodynamique plus grand.

6.3 Relation entre les fractions recueillies par les échantillonneurs (Fi, Fr et Pt) et celles calculées à partir des données des impacteurs

Les résultats des fractions inhalables (Fii) obtenues en multipliant la courbe d'efficacité théorique d'un échantillonneur IOM avec les données des impacteurs sont inférieurs à ceux obtenus à partir des échantillonneurs IOM. Ces derniers recueillent, d'après la médiane des résultats corrigés, 1,4 fois plus de poussières (tableau 6.3-1, annexe 3). Ceci peut être attribuable aux corrections appliquées selon les courbes du fabricant et qui sont limitées à un diamètre de 30 μm , mais aussi, au fait que les échantillonneurs IOM peuvent surévaluer la Fi (Vincent 2007).

Tableau 6.3-1 : Rapport entre les résultats environnementaux et ceux de l'impacteur

Éta	Poste	Fi/Fii
1	Décharge/mélange	1,2
	Emballage automatique	1,3
2	Emballage manuel	1,3
	Charge/mélange	1,6
	Décharge/ mélange Assaisonnement 1	2,1
3	Décharge/broyeur	1,0
	Tamis/mélange	1,4
	Emballage automatique Assaisonnement 1	1,4
4	Décharge/mélange	1,5
	Broyage Assaisonnement 1	1,4
Médiane		1,4

Les cassettes fermées 37 mm (Pt) ont recueilli une quantité équivalente à celles évaluées par les impacteurs (Pti) (annexe 3). Ceci peut confirmer que la courbe utilisée et tracée à partir des résultats dans la littérature (figure 4.3-1) s'avère un bon indicateur de la fraction équivalente pour les cassettes fermées de 37 mm.

Les résultats de la Fr recueillie à l'aide des cyclones sont nettement inférieurs à ceux obtenus à l'aide des impacteurs. D'après les médianes, ce rapport est d'environ 0,5 (annexe 3). Il est difficile de statuer sur ce rapport étant donné le peu de masse recueillie lors des prélèvements et que plusieurs résultats sont sous la VMR de la méthode.

Le rapport entre la fraction que devrait prélever un échantillonneur idéal de la fraction inhalable et une cassette de 37 mm devrait se situer, pour les poussières étudiées ici et d'après les résultats corrigés des impacteurs, autour de 1,4. Celui mesuré à l'aide des prélèvements environnementaux (tableau 6.3-2) se situe autour de 1,8. Ce ratio plus élevé pourrait être attribué à la surévaluation de l'échantillonneur IOM lui-même ou à des variations reliées aux corrections des données des impacteurs qui sont fonction de la structure fine des poussières.

Tableau 6.3-2 : Rapports des fractions inhalables (Fi et Fii) par les poussières Pt et Pti

Éta	Poste	Fi/Pt	Fii /Pti
1	Décharge/mélange	1,4	1,4
	Emballage automatique	2,0	1,5
2	Emballage manuel	2,4	1,5
	Charge/mélange	1,5	1,4
3	Décharge/mélange Assaisonnement 1	5,9	1,6
	Décharge/broyeur	1,7	1,4
	Tamis/mélange	1,6	1,4
4	Emballage automatique Assaisonnement 1	2,5	1,5
	Décharge/mélange	1,7	1,4
	Broyage Assaisonnement 1	1,8	1,3
Médiane		1,8	1,4

6.4 Limites de l'étude

Les résultats du présent rapport s'appliquent à des établissements du secteur de la fabrication d'assaisonnements alimentaires, établissements ayant une description similaire à ceux de l'étude de Chirane et coll. (2009). Des extrapolations à d'autres milieux de travail fabriquant des assaisonnements doivent être faites avec prudence.

Les résultats correspondent à des niveaux de concentration en poste fixe et non en poste personnel. Les VE calculées pour les postes fixes ne sont pas nécessairement représentatives des expositions à des postes personnels; un écart important peut exister entre des prélèvements à ces deux postes à cause de la distance.

Malgré que les données des impacteurs soient corrigées selon les spécifications du fabricant, la concentration de l'impacteur (Conc_i) constitue une évaluation de la concentration ambiante présente dans l'air. Les cassettes fermées (Pt) prélèvent, avec plus ou moins d'efficacité, cette concentration.

Enfin, le nombre restreint de prélèvements par poste et le regroupement par procédé ainsi que la variété des ingrédients sont des facteurs contribuant aux limites de cette activité dans ce secteur qu'est l'assaisonnement alimentaire. Cette dernière limitation fait en sorte que la précision liée à l'échantillonnage et aux manipulations terrain de la méthode IRSST 373 (poussières inhalables) n'a pu être adéquatement évaluée dans ce type de milieu.

6.5 Recommandations

Un plus grand nombre de prélèvements permettrait de valider les conclusions de ce travail qui doivent être considérées comme préliminaires à cause du nombre restreint de prélèvements.

Une étude des postes fixes en parallèle avec l'évaluation des expositions en poste personnel documenterait l'exposition des travailleurs dans ce secteur alimentaire. De plus, la notion de

pratiques de travail pourrait être documentée plus spécifiquement de façon à démontrer l'évidence du lien qu'ont certaines pratiques par rapport au risque.

7. CONCLUSION

Des écarts ont été observés entre les résultats des duplicatas de Fi, quelque soit le poste, et nous empêchent de conclure sur la validation terrain de cette méthode.

Un ratio moyen se situant autour de 2,3 et médian de 1,8 a été déterminé entre la Fi et la Pt. Ce ratio montre que l'échantillonneur IOM recueille des concentrations plus élevées. Un échantillonneur idéal de la fraction inhalable doit théoriquement recueillir des concentrations plus élevées lorsque comparé à un échantillonneur de poussière totale.

Quoique mesurées en poste fixe, les valeurs d'exposition (VE) obtenues aux postes de travail étudiés sont inférieures à la valeur d'exposition admissible (VEA) québécoise de 10 mg/m³, sauf à l'emballage dans un des établissements; cependant certaines sont supérieures à la recommandation du SSA de 3 mg/m³.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMSON, M.J.; M.R. Sim; L. Fritschi; T. Vincent; G. Benke et J.M. Rolland. « Respiratory Disorder and Allergies in Tea Packers ». *Occupational Medicine* 2001, Vol 51, No 4, p 259-265. {En ligne} <http://occmmed.oxfordjournals.org/cgi/reprint/51/4/259.pdf> (Juillet 2010).
- AMERICAN CONFERENCE OF INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH®). TLVs® and BEIs® Book 2010 Cincinnati, OH, USA, 253p.
- ACKERMANN, Leena; Kristina Aalto-Korte; Riitta Jolanki et Kristiina Alanko. « Occupational allergic contact dermatitis from cinnamon including one case from airborne exposure ». *Contact Dermatitis* 2009, Vol 60, No 2, p 96-99. {En ligne} <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/121667180/PDFSTART> (Juillet 2010).
- ANDO, S.; T. Arai; Y. Inoue; M. Kitaichi et M. Sakatani. « NSIP in a curry sauce factory worker ». *Thorax* 2006, Vol 61, No 11, p 1012-1013. {En ligne} <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2121157/?tool=pubmed> (Juillet 2010).
- AÑIBARRO, B; J.L. Fontela et F. De La Hoz. « Occupational asthma induced by garlic dust ». *The Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1997, Vol 100, No 6 Pt 1, p 734-738.
- ANLIKER, Mark David; Siegfried Borelle et Brunello Wüthrich. « Occupational Protein Contact Dermatitis from Spices in a Butcher: A New Presentation of the Mugwort-spice Syndrome ». *Contact Dermatitis*, 2002, Vol 46, No 2, p 72-74. {En ligne} <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118947636/PDFSTART> (Juillet 2010).
- ARIAS IRIGOYEN, José; A Talavera Fabuel et F. Maranon Lizana. « Occupational Rhinoconjunctivitis from White Pepper ». *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 2003, Vol 13, No 3, p 213-2155.
- BLANC, P.; D. Liu, C Juarez et H A Boushey. « Cough in Hot Pepper Workers ». *Chest* 1991, Vol 99, No 1, p 27-32. {En ligne} <http://chestjournal.chestpubs.org/content/99/1/27.long> (Juillet 2010).
- CARTIER, André et Jean-Luc Malo. « Occupational Asthma due to Tea Dust ». *Thorax* 1990, Vol 45 p 203-206. {En ligne} <http://thorax.bmj.com/content/45/3/203.full.pdf> (Juillet 2010).
- CASTELLAN, Robert M.; Brian A. Boehlecke; Martin R. Petersen; Terry D. Thedell et James A. Merchant. « Pulmonary Function and Symptoms in Herbal Tea Workers ». *Chest* 1981, Vol 79, p 81S-85S. {En ligne} http://chestjournal.chestpubs.org/content/79/4_Supplement/81S.long (Août 2010).
- CHAN, O. Y.; C. S. Lee; K. T. Tan et T. Thirumoorthy. « Health Problems among Spice Grinders ». *Occupational Medicine* 1990, Vol 40, p 111-115.

CHIRANE, Nassima; Yves Frenette; Irène Sari-Minodier et Michel Gérin. « Évaluation du risque à la santé lié à l'exposition des travailleurs aux poussières d'épices ». *Revue Internationale sur l'Ingénierie des Risques Industriels* 2009, Vol 2, No 1, p 28-42. {En ligne} http://www.etsmtl.ca/zone2/recherche/JIIRI/Article_Chirane_V2N1-03.pdf (Août 2010).

CRÉPY, M.N. « Urticaire de contact d'origine professionnelle ». *INRS Document pour le médecin du travail TA 76*, 2007, No 111. {En ligne} [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ta%2076/\\$file/ta76.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/ta%2076/$file/ta76.pdf) (Août 2010).

DROLET, Daniel; Nicole Goyer; Brigitte Roberge; Jérôme Lavoué; Mathieu Coulombe et André Dufresne. « Stratégies de diagnostic de l'exposition des travailleurs aux substances chimiques ». *Études et recherches / Rapport R-665*, Montréal, IRSST, 2010, 88 p. {En ligne} <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-665.pdf> (octobre 2010)

EBO, D.G.; C.H. Bridts; M.H. Mertens et W.J. Stevens. « Coriander anaphylaxis in spice grinder with undetected occupational allergy ». *Acta Clinica Belgica* 2006, Vol 61, No 3, p 152-156.

FALLERONI Angelo E.; C. Raymond Zeiss et Doris Levitz. « Occupational asthma secondary to inhalation of garlic dust ». *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1981, Vol 68, No 2, p 156-160.

FRAJ, A.; A. Lezaun; C. Colás; F. Duce; M.A. Domínguez et M.D. Alonso. « Occupational Asthma Induced by Aniseed ». *Allergy* 1996, Vol 51, No 5, p 337-339.

FOTI, Caterina; Mario Carino; Nicoletta Cassano; Rosanna Panebianco; Gino Antonio Veña et Luigi Ambrosi. « Occupational Contact Urticaria from Paprika ». *Contact Dermatitis* 1997, Vol 37, No 3, p 135.

GARCÍA-GONZÁLEZ Juan Jesús; Borja Bartolomé-Zavala; Salvador Fernández-Meléndez; José Manuel Barceló-Muñoz; Alfonso Miranda Páez; Maria José Carmona-Bueno; José Maria Vega-Chicote; Maria A. Negro Carrasco; Ana Ameal Godoy et Rafael Pamies Espinosa. « Occupational Rhinoconjunctivitis and Food Allergy because of Aniseed Sensitization ». *Annals of allergy, asthma, & immunology* 2002, Vol 88, No 5, p 518-522.

GÉRIN, Michel. « De pain et d'épices ». *Mot du rédacteur scientifique, Travail et santé*, 2010, Vol. 26, no 4. P.23.

GOLEC, Marcin. « The effects of Long-term Occupational Exposure to Dust from herbs ». *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2006, Vol 79, No 2, p 169-175.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, Commission de la santé et de la sécurité du travail. « Règlement sur la santé et la sécurité du travail, Éditeur officiel du Québec ». 2008, 220 p. (S-2.1, r19-01). {En ligne} http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS2_1%2FS2_1R19_01.htm (Août 2010).

HAMDAM, Noor; Wahidah Sansi; Zolkepli Othman et Faridah Mohamad. « Effects of Spice Dust on Lung Functions and Respiratory Symptoms in Spice Factory Workers in Selangor ». *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science* 2000, Vol 23, No 2, p 61-66. {En ligne} http://psasir.upm.edu.my/3729/1/Effects_of_Spice_Dust_on_Lung_Functions_and_Respiratory_Symptoms.pdf (Août 2010).

HILL, Barbara et H. A. Waldronf. « Respiratory Symptoms and Respiratory Function in Workers Exposed to Tea Fluff ». *Annals of Occupational Hygiene* 1996, Vol 40, No 5, p 491-497. {En ligne} <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/40/5/491.pdf> (Août 2010).

HJORTHER, A.B.; C. Christophersen; B.M. Hausen et T. Menné. « Occupational Allergic Contact Dermatitis from Carnosol, a Naturally-Occurring Compound Present in Rosemary ». *Contact Dermatitis* 1997, Vol 37, No 3, p 99-100.

INSTITUTE for OCCUPATIONAL SAFETY and HEALTH of the GERMAN SOCIAL ACCIDENT INSURANCE (IFA) GESTIS - International limit values for chemical agents Occupational exposure limits (OELs) {En ligne} http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp (Juillet 2010).

INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT-SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SÉCURITÉ DU TRAVAIL (IRSST). « Guide d'échantillonnage de l'air en milieu de travail ». Études et recherches, Guide technique T-06, 8^{ième} édition, 2005, 191 p.

JAYAWARDANA, P. L. et M. Udupihillet « Ventilatory Function of Factory Workers exposed to Tea Dust ». *Occupational Medicine* 1997, Vol 47, No 2, p 105-109. {En ligne} <http://occmmed.oxfordjournals.org/cgi/reprint/47/2/105.pdf> (Août 2010).

KANERVA, Lasse et Marja Soini. « Occupational Protein Contact Dermatitis from Coriander ». *Contact Dermatitis* 2001, Vol 45, No 6, p 334-335. {En ligne} <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0536.2001.450607.x/pdf> (Août 2010).

KANERVA, Lasse; Tuula Estlander et Riita Jolanki. « Occupational Allergic Contact Dermatitis from Spices ». *Contact Dermatitis* 1996, Vol 35, No 3, p 157-162.

KIEĆ-ŚWIERCZYŃSKA Marta et Beata Krecisz. « Occupational Allergic contact Dermatitis due to Curcumin Food colour in a Pasta Factory Worker ». *Contact Dermatitis* 1998, Vol 39, No 1, p 30-31.

LACEY, Steven E.; Lorraine M. Conroy, Todd M. Schoonover, John E. Franke, Donald R. Hedeker et Linda S. Forst. « Dust Emission Rates from Food Processing ». *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 2006, Vol 13, p 251-257. {En ligne} <http://www.aem.pl/pdf/13251.pdf> (Août 2010).

LANKATILAKE, K.N. et C.G. Uragoda. « Respiratory Function in Chili Grinders ». *Occupational Medicine* 1993, Vol 43, p 139-142.

LARAQUI, O.; S. Lariqui; A. Caudet; Y.El. Kabouss; C. Verger et C.H. Lariqui. « Risques professionnels respiratoires chez les marchands d'épices au grand souk de Casablanca ». Archives des Maladies Professionnelles 2005, Vol 66, No 1, p 26-36. {En ligne} http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B8JFG-4R299F7-4-1&_cdi=43642&_user=4494765&_pii=S1775878505790421&_origin=search&_coverDate=03%2F31%2F2005&_sk=999339998&view=c&wchp=dGLzVtz-zSkWA&md5=03e305695b13941af4ba715012ef93fa&ie=/sdarticle.pdf (Septembre 2010).

LARAQUI, C.H.; A.E. Rahhali; O. Laraqui; S. Lekhsassi; C. Verger et A. Caubet. « Prévalence des symptômes respiratoires, troubles ventilatoires et des sensibilisations cutanées chez les épiciers de Casablanca ». Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique 2002, Vol 42, No 8, p 769-778.

LEMIÈRE, Catherine; André Cartier; Samuel B. Lehrer et Jean-Luc Malo. « Occupational Asthma Caused by Aromatic Herbs ». Allergy 1996, Vol 51, No 9, p 647-649.

LEWIS, J. et W.K.C. Morgan « Tea Asthma: Response to Specific and Non-Specific Challenges ». British Journal of Industrial Medicine 1989, Vol 46, No 5, p 350-351. {En ligne} <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1009780/pdf/brjindmed00133-0062.pdf> (Août 2010).

LYBARGER, J.A.; J.S. Gallagher; D.W. Pulver; A. Litwin; S. Brooks et I.L. Bernstein. « Occupational asthma induced by inhalation and ingestion of garlic ». The Journal of Allergy and Clinical Immunology 1982, Vol 6, No 5, p 448-454.

MEDING, Brigitta. « Skin Symptoms among Workers in a Spice Factory ». Contact Dermatitis. 1993, Vol 29, No 4, p 202-205.

MINOV, Jordan; Jovanka Karadžinska-Bislimovska; Kristin Vasileska; Snežana Risteska-Kuc et Sašo Stolesski. « Occupational Asthma in subjects Occupationally Exposed to Herbal and Fruit Tea Dust ». Arhi Hig Rada Toksikol 2007, Vol 58, No 2, p 211-221. {En ligne} <http://versita.metapress.com/content/944th3p8r7vw1487/fulltext.pdf> (Août 2010).

MOLINA, CL.; R. Lachaussée; A. Jeanneret; R. Petit; C. Grouffal ET J.M. Aiache. « Allergie respiratoire à la poussière d'ail ou à propos d'une histoire d'aulx ». Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique 1984, Vol 24, No 1, p 25-27.

NIINIMÄI, A.; F. Björkstén; M. Puukka; K. Tolonen et M. Hannuksela. « Spice Allergy: Results of Skin Prick Tests and RAST with Spice Extracts ». Allergy 1989, Vol 44, No 1, p 60-65.

OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA). United States Department. {En ligne} http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992 (Septembre 2010).

PERRAULT, Guy; Daniel Drolet; Zélie Fortin; Yves Cloutier. « Recherche de facteurs de comparaison entre les systèmes d'échantillonnage de poussières inhalables et de poussières totales ». Études et recherches / Rapport IRSSST R-231, 1999, 28p. {En ligne} <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/R-231.pdf> (septembre 2010).

RICHARD, Hubert. « Épices et herbes aromatiques ». Dossier Les arômes alimentaires. 2008. {En ligne} <http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/aromes/herbepice/chimarome.html#terminologie> (Septembre 2010).

ROBERGE, Brigitte; Simon Aubin et Yves Cloutier. « Caractérisation des poussières dans les boulangeries artisanales ». Études et recherches / Rapport R-693 IRSSST 2011, 74 p. {En ligne} <http://www.irsst.qc.ca/-projet-caracterisation-de-l-exposition-aux-poussieres-dans-le-secteur-alimentaire-0099-8270.html> (Juin 2011).

ROBERTS J.A. et N.C. Thomson. « Tea-dust Induced Asthma ». European Respiratory Journal 1988 Vol 1 No 8, p 769-770.

ROSENBERG, N. « Rhinite et asthme professionnels aux végétaux ». INRS Documents pour le Médecin du Travail No 108 TR38, 2006. {En ligne} [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/TR%2038/\\$File/TR38.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/TR%2038/$File/TR38.pdf) (Août 2010).

Ruzer, Lev S., Harley, H. Naomi, « Aerosols Handbook : Measurement, Dosimetry, and Health Effects ». CRC Press, 2005, New York, USA, 709p.

SASTRE, Joaquin; M. Olmo; A. Novalvos; D. Ibañez et C. Lahoz. « Occupational Asthma Due to Different Spices ». Allergy 1996, Vol 51, No 2, p 117-120.

SCHACHTER E Neil; Eugenija Zuskin; Erin L. Moshier; James Godbold; Jadranka Mustajbegovic; Jasna Pucarin-Cvetkovic et Angelo Chiarelli. « Gender and respiratory findings in workers occupationally exposed to organic aerosols: A meta analysis of 12 cross-sectional studies ». Environmental Health 2009, 8:1, 16p. {En ligne} <http://www.ehjournal.net/content/pdf/1476-069X-8-1.pdf> (Septembre 2010).

SCHWARTZ Howard J.; Richard T. Jones; Amelia R. Rojas; Diane L. Squillace et John W. Yunginger. « Occupational allergic rhinoconjunctivitis and asthma due to fennel seed ». Annals of Allergy, Asthma & Immunology 1997, Vol 78, No 1, p 37-40.

SHIRAI Toshihiro; K. Reshad; A. Yoshitomi; K. Chida; H. Nakamura et M. Taniguchi. « Green Tea-induced Asthma: Relationship between Immunological Reactivity, Specific and Non-specific Bronchial Responsiveness ». Clinical & Experimental Allergy 2003, Vol 33, No 9, p 1252-1255.

SHIRAI Toshihiro; Atsuhiko Sato et Yukihiko Hara « Epigallocatechin Gallate The Major Causative Agent of Green Tea-Induced Asthma ». Chest 1994, Vol 106, No 6, p 1801-1805. {En ligne} <http://chestjournal.chestpubs.org/content/106/6/1801.full.pdf> (Août 2010).

SPIEWAK, Radoslaw; C. Skorska et J. Dutkiewicz « Occupational Airborne Contact Dermatitis Caused by Thyme Dust ». *Contact Dermatitis* 2001, Vol 44, No 4, p 235-239. {En ligne} <http://www.radoslawspiewak.net/2001-3.pdf> (Août 2010).

URAGODA, C.G. « Symptoms in spice workers ». *Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 1992, Vol 92, No 2, p 136-130.

URAGODA, C.G. « Asthma and Other Symptoms in Cinnamon Workers ». *British Journal of Medicine* 1984, Vol 41, No 2, p. 224-227.

URAGODA, C.G. « Respiratory Disease in Tea Workers in Sri Lanka ». *Thorax*. 1980, Vol 35, No 2, p 114–117. {En ligne} <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC471234/pdf/thorax00170-0034.pdf> (Septembre 2010).

URAGODA, C.G. « Tea Maker's asthma ». *British Journal of Industrial Medicine* 1970, Vol 27, No 2, p 181–182. {En ligne} <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1009096/pdf/brjindmed00106-0093.pdf> (Septembre 2010).

VAN DER WALT, Anita; Andreas L. Lopata; Natalie E. Nieuwenhuizen et Mohamed F. Jeebhay. « Work-Related allergy and Asthma in Spice Mill Workers – The Impact of Processing Dried Spices on IgE Reactivity Patterns ». *International Archives of Allergy and Immunology* 2010, Vol 152, No 3, p 271-278.

VAN TOORENENBERGEN, Albert W. et Paul H. Dieges. « Immunoglobulin E Antibodies against Coriander and other spices ». *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 1985, Vol 76, No 3, p 477-481.

VINCENT, James H. dans *Aerosol Sampling Science, Standards, Instrumentation and Applications*, John Wiley and Sons Ltd, 2007, Angleterre, 616p.

ZUSKIN, Eugenija; Bozica Kanceljak; E. Neil Schachter et Jadranka Mustajbegovic. « Respiratory function and immunologic status in workers processing dried fruits and teas ». *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 1996, Vol 77, No 5, p 417-422.

ZUSKIN, Eugenija; Bozica Kanceljak; Zdenka Skuric; Duska Pokrajac; E. Neil Schachter; Théodore J. Witek et S. Maayani. « Immunological and Respiratory Finding in Spice-Factory Workers ». *Environmental Research* 1988a, Vol 47, No 1, p 95-108.

ZUSKIN, Eugenija; Zdenka Skuric; Bozica Kanceljak; Duska Pokrajac; E. Neil Schachter et Théodore J. Witek. « Respiratory Findings in Spice Factory Workers ». *Archives of Environmental Health: An International Journal* 1988b, Vol 43, No 5, p 335-339.

ZUSKIN, Eugenija et Zdenka Skuric. « Respiratory Function in Tea Workers ». *British Journal of Industrial Medicine* 1984, Vol 41, p 88-93. {En ligne} <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1009241/pdf/brjindmed00049-0093.pdf> (Septembre 2010).

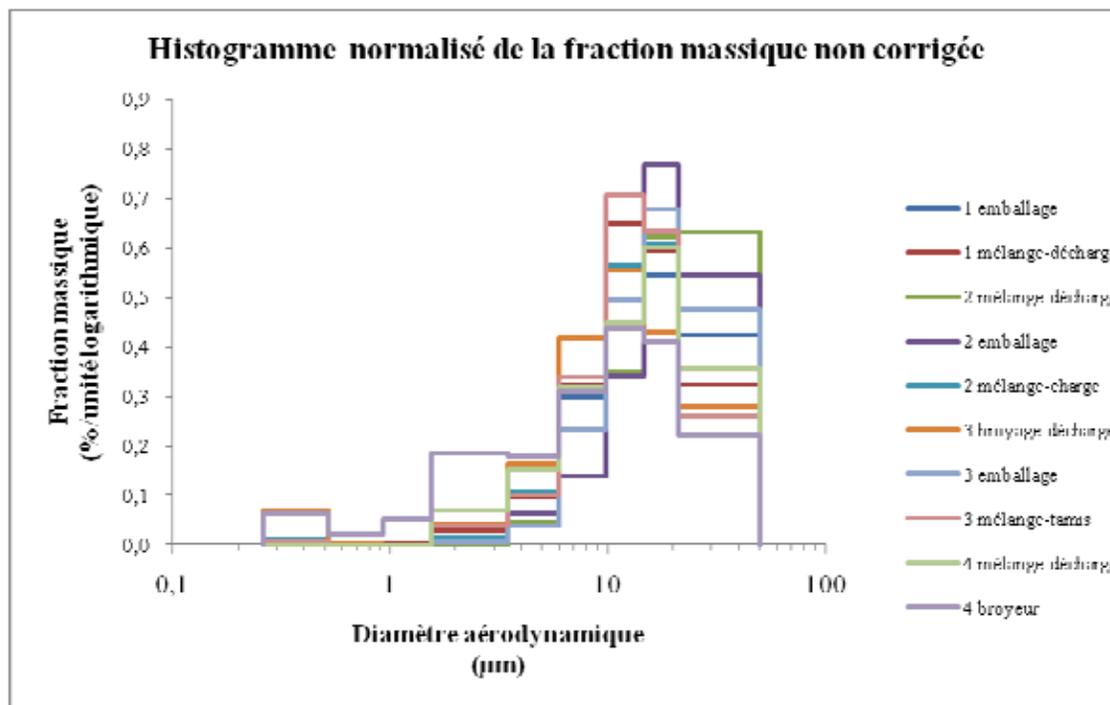
ANNEXE 1 : RÉSULTATS ET HISTOGRAMMES DE LA FRACTION MASSIQUE PAR POSTE PAR ÉTABLISSEMENT

Distribution granulométrique par établissement et par poste

Éta	Poste	Non-corrigé		Corrigé	
		MMAD	ÉTG	MMAD	ÉTG
1	Décharge/mélange	14,9 µm *	1,8	20,2 µm *	2,0
	Emballage automatique	16,5 µm *	2,1	25,1 µm *	2,4
2	Emballage manuel	20,8 µm	1,8	26,9 µm	1,8
	Charge/mélange	15,4 µm	1,9	21,7 µm	2,1
	Décharge/mélange Assaisonnement 1	22,6 µm	1,8	31,7 µm	1,9
3	Décharge/broyeur	12,3 µm *	2,1	18,2 µm *	2,5
	Tamis/mélange	14,0 µm *	1,7	18,1 µm *	1,9
	Emballage automatique Assaisonnement 1	18,5 µm	1,8	25,8 µm	2,0
4	Décharge mélange	14,8 µm	2,2	22,3 µm	2,4
	Broyage Assaisonnement 1	9,0 µm *	3,1	15,3 µm *	3,9

* : Distribution bimodale possibles.

Histogrammes pour tous les postes des établissements visités



ANNEXE 2 : CONCENTRATIONS CALCULÉES À PARTIR DES MASSES RECUEILLIES PAR L'IMPACTEUR ET SELON LA COURBE D'EFFICACITÉ

Éta	Poste	Concentration (mg/m ³)							
		Non corrigée				Corrigée			
		Conc _i	Pti	Fii	Fri	Conc _i	Pti	Fii	Fri
1	Décharge/mélange	10,8 *	5,8*	7,6 *	0,6 *	18,6 *	8,7*	12,2 *	0,6 *
	Emballage automatique	8,0 *	4,1*	5,5 *	0,5 *	15,0 *	6,6*	9,6 *	0,5 *
2	Emballage manuel	4,0	1,8	2,6	0,1	8,3	3,4	5,1	0,1
	Charge/mélange	6,2	3,2	4,3	0,3	10,9	5,1	7,1	0,3
	Décharge/mélange : Assaisonnement 1	5,7	2,5	3,6	0,1	12,5	4,8	7,6	0,1
3	Décharge/broyeur	1,7 *	1,0*	1,3 *	0,2 *	2,8 *	1,4*	1,9 *	0,2 *
	Tamis/mélange	3,0 *	1,7*	2,2 *	0,2 *	4,9 *	2,4*	3,3 *	0,2 *
	Emballage automatique : Assaisonnement 1	67,3	32,4*	44,8	1,6	132,4	55,7	83,2	1,7
4	Décharge/mélange	2,4	1,3	1,7	0,2	4,3	2,0	2,8	0,2
	Broyage Assaisonnement 1	14,7 *	7,1*	11,3 *	3,7 *	22,0 *	12,3*	15,7 *	3,8 *

* : Deux modes possibles.

ANNEXE 3 : RAPPORT ENTRE LES RÉSULTATS ENVIRONNEMENTAUX ET CEUX NON-CORRIGÉS ET CORRIGÉS DE L'IMPACTEUR

Éta	Poste	Rapport résultats environnementaux/impacteur					
		Impacteur non-corrigé			Impacteur corrigé		
		Pt /Pti	Fi/Fii	Fr/Fri	Pt /Pti	Fi/Fii	Fr/Fri
1	Décharge/mélange	1,9	2,0	0,8	1,3	1,2	0,8
	Emballage automatique	1,4	2,2	1,2	0,9	1,3	1,2
2	Emballage manuel	1,6	2,6		0,8	1,3	
	Charge/mélange	2,5	2,7		1,5	1,6	
	Décharge/ mélange Assaisonnement 1	1,1	4,4		0,6	2,1	
3	Décharge/broyeur	1,1	1,5	0,5	0,8	1,0	0,5
	Tamis/mélange	1,8	2,1	0,5	1,3	1,4	0,5
	Emballage automatique Assaisonnement 1	1,5	2,7	0,4	0,9	1,4	0,4
4	Décharge/mélange	1,9	2,5	1,0	1,3	1,5	1,0
	Broyage Assaisonnement 1	1,7	1,9	0,3	1,0	1,4	0,3
	Médiane	1,6	2,3	0,5	0,9	1,4	0,5