

Substances chimiques et agents biologiques

# Études et recherches

RAPPORT R-693



## Caractérisation des poussières dans les boulangeries artisanales (version corrigée)

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](http://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 : 978-2-89631-569-7 (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](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)  
© Institut de recherche Robert-Sauvé  
en santé et en sécurité du travail,  
septembre 2011



Substances chimiques et agents biologiques

# Études et recherches

■ RAPPORT R-693

## Caractérisation des poussières dans les boulangeries artisanales (version corrigée)

### 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 Roberge<sup>1</sup>, Simon Aubin<sup>2</sup>, Yves Cloutier<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Service soutien à la recherche et à l'expertise, IRSST*

*<sup>2</sup>Services et expertises de laboratoire, IRSST*



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 et Yves Beudet pour leur ingéniosité à installer les trains de prélèvements dans les établissements, Carole Blanchard, Zélie Fortin pour leur travail au laboratoire, Claudia Jaramillo, stagiaire de l'Université de Montréal. Ils remercient également Suzanne Paradis pour l'aide apportée dans un des établissements.

Les auteurs 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

Plusieurs études concluent que les boulangers exposés à la poussière de farine risquent d'être sensibilisés et de développer des symptômes respiratoires, voire de l'asthme professionnel (AP). D'autres rapportent une augmentation du risque de sensibilisation à la farine à des niveaux de  $2 \text{ mg/m}^3$  bien qu'il y ait prévalence de sensibilisation chez les boulangers exposés à  $1 \text{ mg/m}^3$  de poussière de farine. Selon des études récentes, les travailleurs de boulangeries industrielles ou artisanales pourraient être exposés jusqu'à  $7,8 \text{ mg/m}^3$  et ceux des meuneries jusqu'à  $16 \text{ mg/m}^3$ . La majorité des études rapportent des niveaux exprimés en fraction inhalable (Fi) de la poussière.

La présente activité vise à caractériser les poussières dans l'air des boulangeries artisanales en termes de poussières totales (Pt), des fractions inhalable (Fi) et respirable (Fr) et à recueillir des données sur la granulométrie des poussières de farine générées lors des opérations utilisant de la farine.

Les résultats rapportés correspondent à deux tâches où des farines sont manipulées par les boulangers : 11 séries de prélèvements au pétrin/pesée et 13 à la table de façonnage/boulage, où la farine est fleurée. Les prélèvements en poste fixe ont couvert la durée complète des opérations à chacun des deux postes. La concentration médiane au poste pétrin est  $4,9 \text{ mg/m}^3$  en Pt (étendue  $< 0,03\text{-}17 \text{ mg/m}^3$ ) et  $8,0 \text{ mg/m}^3$  en Fi ( $0,2\text{-}19 \text{ mg/m}^3$ ), au poste table  $2,4 \text{ mg/m}^3$  en Pt ( $< 0,03\text{-}8,7 \text{ mg/m}^3$ ) et  $3,8 \text{ mg/m}^3$  en Fi ( $0,2\text{-}9,2 \text{ mg/m}^3$ ). Le diamètre aérodynamique de la masse médiane (MMAD) médian des poussières collectées au pétrin et à la table est d'environ  $23 \mu\text{m}$ . L'instrument en lecture directe utilisé permet également de mettre en lien les pics de concentration élevée avec les différentes tâches effectuées.

Le faible écart entre les résultats des duplicatas de Fi complète les données de validation analytique de la méthode en termes de précision liée à l'échantillonnage et aux manipulations terrain. Cet état de fait démontre que la méthode de prélèvement et d'analyse avec échantillonneur IOM est applicable en milieu de travail pour l'évaluation des poussières de fraction inhalable.

Le ratio moyen de Fi par Pt est 1,6 avec un écart-type de 0,3, tant avec les mesures environnementales qu'avec les impacteurs. Il démontre que la relation est relativement constante dans les boulangeries artisanales, peu importe le poste. Les pratiques de travail diffèrent d'un boulanger à l'autre, notons la vitesse de démarrage du pétrin, le versement de la farine dans l'eau et vice versa, la quantité de farine pour le fleurage, etc. Les concentrations médianes suggèrent que le poste pétrin serait plus à risque d'exposition à la poussière de farine. Un test de *t* apparié démontre que les concentrations mesurées au pétrin sont significativement différentes de celles à la table.

Les valeurs d'exposition estimées pour les postes fixes, exprimées en Pt, semblent inférieures aux valeurs de référence de  $10 \text{ mg/m}^3$  pour les poussières non classifiées autrement (PNCA), mais se situent plusieurs au-dessus des concentrations pouvant causer la sensibilisation pulmonaire selon la littérature consultée. Les principaux facteurs de risque d'exposition dans une boulangerie artisanale sont la quantité totale de farine utilisée, le type de farine, le nombre de pétrins en opération, le couvercle du pétrin, les pratiques de travail.





## TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	i
SOMMAIRE.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES ACRONYMES.....	ix
1. INTRODUCTION.....	1
2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE.....	1
3. ÉTAT DES CONNAISSANCES.....	3
3.1 Effets sur la santé.....	3
3.2 Exposition des travailleurs.....	4
3.3 Granulométrie des poussières.....	8
4. MÉTHODOLOGIE.....	9
4.1 Métrologie utilisée.....	9
4.2 Établissements visités et stratégie d'échantillonnage.....	11
4.3 Traitement des données.....	12
4.3.1 Analyses environnementales.....	12
4.3.2 Granulométrie par impacteur.....	12
4.4 Statistiques.....	13
5. RÉSULTATS.....	15
5.1 Description du procédé.....	15
5.2 Description des établissements et pratiques de travail.....	16
5.3 Caractérisation des poussières – Résultats environnementaux.....	18
5.3.1 Concentrations Pt, Fi et Fr.....	18
5.3.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales.....	23
5.4 Caractérisation des poussières – Granulométrie.....	23
5.4.1 Impacteurs.....	23
5.4.2 Instrument à lecture directe.....	27
6. DISCUSSION.....	29
6.1 Caractérisation des poussières - Résultats environnementaux.....	29
6.1.1 Concentrations Pt, Fi et Fr.....	29
6.1.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales.....	29
6.1.3 Estimation d'exposition à la poussière.....	30
6.2 Caractérisation des poussières – Granulométrie.....	32

6.2.1	Profil granulométrique aux postes pétrin.....	32
6.2.2	Profil granulométrique aux postes table .....	33
6.2.3	Instrument à lecture directe.....	35
6.3	Relation entre $F_i$ , $F_{ii}$ et les poussières recueillies par l'impacteur .....	35
6.4	Limites de l'étude .....	36
6.5	Recommandations.....	37
7.	CONCLUSION.....	39
	BIBLIOGRAPHIE.....	41
	Annexe 1 : Distribution granulométrique par établissement et par poste.....	49
	Annexe 2 : Histogrammes des profils granulométriques par poste de prélèvement.....	50
	Annexe 3 : Concentration calculée à partir des masses recueillies par l'impacteur .....	52
	Annexe 4 : Concentration lue par l'ILD par établissement .....	53
	Annexe 5 : Profils granulométriques non corrigés .....	58
	Annexe 6 : Concentrations d'impacteur calculées à partir des concentrations non corrigées et corrigées et ratio de la fraction inhalable par la poussière totale.....	60

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.2-1 : Valeur d'exposition pour les PNCA et la farine.....	5
Tableau 3.2-2 : Concentrations de poussière de farine dans les boulangeries artisanales rapportées dans la littérature scientifique .....	7
Tableau 4.1-1 : Méthodes de prélèvement et d'analyse.....	9
Tableau 5.2-1 : Caractéristiques des établissements visités.....	17
Tableau 5.3-1 : Test de $t$ apparié - Comparaison des duplicatas des prélèvements.....	19
Tableau 5.3-2 : Concentrations moyennes des mesures environnementales .....	19
Tableau 5.3-3 : Statistiques descriptives.....	20
Tableau 5.3-4 : Tableau des Pt et quantité de farine utilisée au pétrin .....	21
Tableau 5.3-5 : Ratio Fi par Pt.....	23
Tableau 5.4-1 : Distribution granulométrique par établissement et par poste .....	24
Tableau 5.4-2 : Statistiques descriptives des résultats granulométriques corrigés .....	24
Tableau 5.4-3 : Concentration calculée à partir des masses recueillies par l'impacteur .....	26
Tableau 5.4-4 : Test de $t$ apparié - Comparaison des concentrations des fractions inhalables.....	27
Tableau 5.4-5 : Pourcentage de la masse lue par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique .....	28
Tableau 6.1-1 : Test de $t$ apparié - Comparaison des concentrations des fractions Fi et Pt .....	30
Tableau 6.1-2 : Test de $t$ apparié - Comparaison des concentrations selon le poste.....	31

## LISTE DES FIGURES

Figure 4.1-1 : Trains de prélèvement.....	10
Figure 4.1-2 : Spectromètre GRIMM PAS 1.108.....	11
Figure 5.1-1 : Pétrin.....	15
Figure 5.1-2 : Division de la pâte.....	15
Figure 5.1-3 : Boulage.....	16
Figure 5.1-4 : Façonnage.....	16
Figure 5.2-1 : Couvercles de pétrin.....	18
Figure 5.3-1 : Boîtes à moustaches des résultats environnementaux.....	20
Figure 5.3-2 : Concentration lue par l'ILD au poste table dans un des établissements.....	22
Figure 5.3-3 : Concentration lue par l'ILD au poste pétrin dans un des établissements.....	22
Figure 5.4-1 : Boîtes à moustaches des résultats granulométriques corrigés.....	25
Figure 5.4-2 : Boîte à moustaches des concentrations corrigées par fraction.....	26
Figure 5.4-3 : Boîte à moustaches des concentrations corrigées par poste.....	27
Figure 5.4-4 : Pourcentage de masses lues par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique.....	28
Figure 6.1-1 : Estimation de l'empoussièrement généré lors du démarrage du pétrin.....	31
Figure 6.2-1 : Profil granulométrique au poste pétrin par établissement.....	33
Figure 6.2-2 : Profil granulométrique au poste table par établissement.....	33
Figure 6.2-3 : Profil granulométrique au poste table sans l'établissement 3.....	34
Figure 6.2-4 : Profil granulométrique à deux postes table de l'établissement 2.....	35
Figure 6.3-1 : Courbe d'efficacité confondue pour Pt comparée à celle de l'IOM.....	36

## LISTE DES ACRONYMES

ACGIH <sup>®</sup>	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
AP	Asthme professionnel
BEI <sup>®</sup>	<i>Biological Exposure Indices</i>
CAEQ	Classification des activités économiques du Québec
Conc <sub>i</sub>	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 <sup>®</sup> 2010; IRSSST 2005)
Fii	Fraction inhalable des poussières collectées par l'impacteur
Fr	Fraction respirable, fraction de la poussière correspondant à la masse des particules recueillies par un échantillonneur dont le diamètre aérodynamique médian est de 4 µm (ACGIH <sup>®</sup> 2010; IRSSST 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
IOM	<i>Institute of Occupational Medicine</i>
LC <sub>inf-sup</sub> 95 %	Limite de confiance inférieure-supérieure à 95 %
MA	Moyenne arithmétique
MG	Moyenne géométrique
MMAD	Diamètre aérodynamique de la masse médiane
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
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
TLV <sup>®</sup>	<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

## 1. INTRODUCTION

Au cours des années 1920 et 1930, plusieurs scientifiques ont identifié la farine comme agent causal des rhinites et de l'asthme du boulanger. Depuis, cette relation a été étayée par des études épidémiologiques et environnementales. Certaines études ont également identifié des composants allergènes de la farine, dont l'alpha-amylase. Au Québec, il n'existe que peu voire pas d'information relative à des mesures environnementales sur ce secteur alimentaire, les boulangeries artisanales, également nommées traditionnelles.

Sur une période de 12 ans (1995-2007), la Commission de la santé et de sécurité du travail (CSST) a indemnisé 34 cas d'asthme ayant comme agent causal «produits de boulangeries, grains, produits céréaliers, etc.» pour les CAEQ (Classification des activités économiques du Québec) suivantes : industrie du pain et autres produits de boulangerie (1072) et boulangerie et pâtisserie (6014). Les travailleurs de ces secteurs économiques peuvent être exposés à ces poussières, considérées par le Règlement sur la santé et la sécurité du travail (RSST), comme étant des poussières non classifiées autrement (PNCA). Cette appellation rassemble toutes les poussières inertes (ou de nuisance), minérales ou organiques, qui ne sont pas réglementées sous un nom de substances spécifiques. Une définition similaire se retrouve dans la réglementation française (INRS 2008) 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'autre effet que celui de surcharge".

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<sup>®</sup> 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. En effet, la majeure partie de la littérature actuelle consultée concernant l'exposition aux poussières de farine rapporte les résultats en fraction inhalables (Fi) de la poussière.

La présente activité établit un portrait des concentrations évaluées par différentes méthodes de prélèvement de la Fi, de la Fr et de la Pt ainsi que de la granulométrie de la poussière de farine. Elle caractérise ainsi l'environnement de travail pour un des principaux agents causaux de l'asthme de ce secteur québécois de l'industrie alimentaire très peu étudié.

## 2. OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'activité vise à caractériser les poussières dans l'air des boulangeries dites artisanales en termes des poussières totales, des fractions inhalable et respirable et à recueillir des données sur la granulométrie des poussières de farine générées lors des opérations utilisant de la farine.





### 3. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Le présent état des connaissances a été effectué à partir des études scientifiques traitant des effets sur la santé des travailleurs dans les boulangeries, tant industrielles qu'artisanales, et dans les meuneries. Il inclut également les études environnementales effectuées dans ces milieux de travail en termes de niveaux d'exposition des travailleurs aux poussières de farine. Les études effectuées avant 1990 n'ont pas été retenues afin de rapporter les connaissances les plus contemporaines possible.

#### 3.1 Effets sur la santé

Les allergies d'origine occupationnelle sont dues à une exposition à des agents chimiques ou biologiques. Les allergies respiratoires occupationnelles se caractérisent par des symptômes causés par une exposition, parfois très faible, à des agents sensibilisants et par une période de latence sans symptôme, appelée période de sensibilisation (INRS 2009). La farine est cataloguée comme un agent causal pouvant induire un asthme professionnel, souvent nommé l'*asthme du boulanger* (Baur 1999; Brisman et coll. 2000; Houba et coll. 1998b; INBP 2005; Jeffrey et coll. 1999; Kakooei et Marioryad 2005; Karpinski 2003; McDonald et coll. 2000; van Tongeren et coll. 2009).

Plusieurs études concluent que les boulangers exposés à la poussière de farine risquent d'être sensibilisés, de développer des symptômes respiratoires pouvant induire un asthme (Breton 2002; Bohadana et coll. 1994; Brisman et coll. 2000; Cullinam et coll. 2001; De Zotti et coll. 1994). De plus, Aloui Yazidi et coll. (2001) rapportent que sur 200 sujets répartis dans 25 boulangeries marocaines, le taux de sensibilisation à la farine est 14,5 %. Gautrin et coll. (2002) rapportent une incidence élevée (16,1 %) de symptômes de rhino conjonctivite dans la population d'apprentis manipulant des farines lors de test de scarification cutanée (*prick test*) à la farine de blé. L'étude d'Harris-Robert et coll. (2009) conclut que l'exposition à la farine augmente le risque que les boulangers développent des symptômes respiratoires et ce, quelque soit la taille des boulangeries. Kakooei et Marioryad (2005) concluent que la poussière de farine affecte les paramètres de la fonction respiratoire et cause de l'obstruction des poumons. Plusieurs autres études effectuées auprès de travailleurs de minoteries (Cullinam et coll. 1994; Fakhri 1992; Kakooei et Marioryad 2005; Karpinski 2003; Laraqui et coll. 2003; Massin et coll. 1996; Nieuwenhuijsen et coll. 1999, 1995a,b; Smith et coll. 2000; Smith et Patton 1999; Zuskin et coll. 1998), démontrent également des symptômes respiratoires et de la sensibilisation à la farine chez les travailleurs.

Des facteurs de risque, dont l'atopie, ont été étudiés afin d'estimer, entre autres, la relation entre l'exposition à des allergènes et les symptômes de sensibilisation (Ameille et coll. 2006; De Zotti et Bovenzi 2000; Droste et coll. 2005; Houba et coll. 1998a,b; Rosenberg 2002). Ces études suggèrent une forte association positive entre l'exposition à des allergènes du blé et la sensibilisation et observent une prévalence supérieure chez les travailleurs atopiques.

La farine de blé est un mélange complexe de composants dont plusieurs sont des allergènes susceptibles de sensibiliser et d'induire l'asthme par inhalation. Plusieurs études traitent des différents allergènes de la farine de blé afin d'établir les agents pouvant causer des rhinites et

induire l'asthme chez les travailleurs (Baur et Posh 1998; Cullinam et coll. 1994; Houba et coll. 1996; McDonald et coll. 2000; Merget et coll. 2001; Smith et Smith 1998; Smith et coll. 1997; van Tongeren et coll. 2009; Valdiviesco et coll. 1994). Burstyn et coll. (1997) identifient des tâches spécifiques comme le fleurage (action de projeter de la farine sur les surfaces, dont la table, les moules, etc.), la pesée et le mélange des ingrédients qui contribuent le plus à l'exposition des boulangers aux poussières de farine.

Enfin, des études (Brisman et coll. 1998; Crépy 2007; Meding et coll. 2003; Morren et coll. 1993) rapportent des cas d'urticaire de contact ou d'eczéma chez les boulangers, reliés principalement à la farine de blé, de seigle et quelques autres.

### 3.2 Exposition des travailleurs

Des études (Brisman 2002; Brisman et coll. 2000; Heederick et Houba 2001; Nieuwenhuijsen et coll. 1995a; van Tongeren et coll. 2009) rapportent que le risque de la survenue des symptômes de rhinite, voire d'asthme, augmente avec le niveau d'exposition à la poussière de farine.

Houba et coll. 1998a rapportent que le risque de sensibilisation serait négligeable lorsque l'exposition est réduite à  $0,5 \text{ mg/m}^3$  pour la fraction inhalable (Fi) de la poussière et à  $0,2 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  pour les allergènes du blé. Ces mêmes auteurs, dans une autre publication (Houba et coll. 1998b), rapportent une augmentation du risque de sensibilisation à la farine de blé à des niveaux de  $2 \text{ mg/m}^3$  bien qu'il y ait prévalence de sensibilisation chez les boulangers exposés à  $1 \text{ mg/m}^3$  de poussière de farine. Heederick et Houba (2001) recommandent un seuil d'exposition pour la sensibilisation au blé, entre  $0,5$  et  $1 \text{ mg/m}^3$  pour la Fi. Nieuwenhuijsen et Burdorf (2001) précisent qu'une réduction de l'exposition à  $1 \text{ mg/m}^3$  pourrait éliminer des effets de sensibilisation. Baur (1999) souligne, dans sa revue de littérature, qu'aucune étude n'a rapporté des cas d'asthme pour des expositions à la poussière inférieure à  $1 \text{ mg/m}^3$ .

Enfin, van Tongeren et coll. (2009) mentionnent que l'établissement d'une valeur d'exposition est problématique, car la poussière de farine comprend plusieurs agents sensibilisants qui ne sont pas présents en proportion constante dans cette dernière. Des valeurs d'exposition (VE) sur 8 heures de différents organismes pour les PNCA et les poussières de farine (IFA *Gestis-International Limit Values for Chemical Agents*<sup>1</sup>) sont listées au tableau 3.2-1.

---

<sup>1</sup> {En ligne} [http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit\\_values/index.jsp](http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp) (Octobre 2010).

Tableau 3.2-1 : Valeur d'exposition pour les PNCA et la farine

Pays/organisme	PNCA (mg/m <sup>3</sup> )	Farine (mg/m <sup>3</sup> )
Allemagne (DFG)	4 (Fi)	
Belgique (GWBB)	3 (Fr) 10 (Fi)	0,5
Espagne (INSH)	10 (Fi)	4 (Fi) (s)
États-Unis (ACGIH <sup>®</sup> )	3 (Fr) 10 (Fi)	0,5 (Fi) (s)
États-Unis (OSHA)	5 (Fr) 15 (Pt)	
France (INRS)	5 (Fr) 10 (Fi)	
Grande-Bretagne (HSE)		10 (Fi) (s) 30 (15 minutes)
Québec (CSST)	10 (Pt)	
Suisse		3

**Pt** : Poussières totales    **Fr** : Fraction respirable    **Fi** : Fraction inhalable    **s** : Sensibilisant.  
 DFG : *German Research Foundation*    GWBB : *Greenswaarden vooc beroepsmatige blootstelling*  
 INSH : *National Institute of Safety and Hygiene at Work.*

Uniquement quelques études environnementales mentionnent des concentrations de poussières de farine. Soulignons que les fractions des poussières sont rapportées ici lorsqu'elles sont mentionnées dans les articles consultés. Le *Health and Safety Executive* (1999), Houba et coll. (1998b) et Rosenberg (2002) ont effectué une revue de la littérature sur l'exposition occupationnelle de travailleurs manipulant de la farine. L'étude de Baatjies et coll. (2010) rapporte une concentration moyenne géométrique (MG) de 1,33 mg/m<sup>3</sup> pour la Fi de la poussière avec un écart-type géométrique (ÉTG) de 2,25 et une étendue de 0,25 à 7,29 mg/m<sup>3</sup>. Ces prélèvements collectés en zone respiratoire de 112 boulangers couvrent une période complète de travail dans 18 boulangeries industrielles, pour différentes tâches. Houba et coll. (1997a) ont mesuré la Fi de la poussière collectée dans des boulangeries industrielles (MG pour la fabrication du pain : 4,5 mg/m<sup>3</sup>). Page et coll. (2010,2009) ont effectué une étude de poste dans une boulangerie industrielle et ont mesuré une concentration médiane de 2,75 mg/m<sup>3</sup> (MG : 3,01 mg/m<sup>3</sup>) dans la section de la préparation de pâte. L'étude de van Tongeren et coll. (2009) synthétise 1451 résultats de prélèvements effectués entre 1985 et 2003 en Grande-Bretagne. Elle établit la concentration moyenne de ceux-ci, à 7,8 mg/m<sup>3</sup> dans les boulangeries industrielles et à 17,9 mg/m<sup>3</sup> dans les meuneries. Bohadana et coll. (1994) rapportent que l'exposition à la Fi de la poussière de farine après 5 ans de métier de la population étudiée est de 3,37 mg/m<sup>3</sup> (étendue 0,66 à 8,70 mg/m<sup>3</sup>).

Cullinam et coll. (2001) ont repris les données de l'étude publiée par Nieuwenhuijsen et coll. (1995a) en fonction de trois catégories de concentration de la Fi, exposition faible (MG : 0,58 mg/m<sup>3</sup>), moyenne (MG : 1,17 mg/m<sup>3</sup>) et élevée (MG : 4,37 mg/m<sup>3</sup>). Drost et coll. (2005) rapportent que l'exposition à la Fi de la poussière de farine dans des boulangeries industrielles a une MG de 2,09 mg/m<sup>3</sup>.

Kakooei et Marioryad (2005) rapportent pour trois meuneries des concentrations moyennes de la Fr variant de 4,25 à 5,44 mg/m<sup>3</sup> et de Pt de 9,45 à 16,04 mg/m<sup>3</sup>. Les postes de meuneries canadiennes ont été étudiés par Karpinski (2003) et, selon le poste ou la tâche, des concentrations moyennes géométriques de Fi variant de 4,83 à 12,91 mg/m<sup>3</sup> avec un ÉTG de 1,86 à 5,39 ont été mesurées. Smith et coll. (2000) a mesuré des concentrations médianes de Fi de 6,2 mg/m<sup>3</sup> au site de production et de 18,7 mg/m<sup>3</sup> au nettoyage dans une meunerie. Nieuwenhuijsen et coll. (1994) rapportent une concentration moyenne (MG) pour trois boulangeries industrielles de 0,4 mg/m<sup>3</sup> et des concentrations variant de 0,5 à 16,9 mg/m<sup>3</sup> dans trois meuneries.

Jeffrey et coll. (1999) démontrent une grande variabilité de l'exposition selon les tâches couvertes dans leur étude. Une catégorie A incluant plusieurs tâches dont celles de pesée et de mélange des ingrédients, de divisage et de façonnage de la pâte et une autre catégorie B incluant les tâches de pâtisseries. Les tâches de la catégorie A produisent les expositions supérieures à celles de la catégorie B. Nieuwenhuijsen et coll. (1995c) rapportent une exposition plus élevée dans la zone de mélange des ingrédients et de la pâte dans les boulangeries ainsi qu'une grande variance de l'exposition entre les travailleurs et d'une journée à l'autre.

À titre de résumé, les résultats d'évaluation environnementale de boulangeries artisanales seulement, répertoriés dans la littérature scientifique, sont rapportés au tableau 3.2-2. Ils font référence aux tâches de mélange de la farine, à la pesée des ingrédients secs, quand cette information était disponible. Une synthèse plus approfondie est difficile car les stratégies et les instruments de mesure varient beaucoup d'une étude à l'autre et des informations importantes sont manquantes. De plus, les auteurs relatent des types de données différents selon les études telles des concentrations moyennes géométriques (MG), arithmétiques (MA) ou médianes. Les résultats de poussières prélevées dans les meuneries n'y sont pas rapportés, ni ceux pour les boulangeries industrielles.

**Tableau 3.2-2 : Concentrations de poussière de farine dans les boulangeries artisanales rapportées dans la littérature scientifique**

Référence	F	Tâche	MG (MA) (mg/m <sup>3</sup> )	Médiane (mg/m <sup>3</sup> )	ÉTG (ÉT)	Plage (mg/m <sup>3</sup> )
Bulat et coll. (2004)	Fi	Boulangier	2,1	<b>1,83</b>	2,42	0,3-13,3
Burdorf et coll. (1994)	Fi	Mélange	5,46 (6,9)		2,09	1,2-16,9
Burstyn et coll. (1998)	Fi	Mélange	4,5 18		6,7	0,3-110
Elms et coll. (2006) *	Fi	Boulangier Pesée, pétrin	3,3 4,7	<b>3,6</b> <b>5,2</b>		
Elms et coll. (2005)	Fi	Boulangier Pesée, pétrin	3,3 4,7	<b>3,6</b> <b>5,2</b>	3,4 3,4	LQ-47,0 LQ-30,6
Elms et coll. (2003)	Fi	Pesée Pétrin Mélange		<b>11,4</b> <b>7,6</b> <b>6,3</b>		2,4-26,3 1,0-36,8 LQ-27,8
Houba et coll. (1997a)	Fi	Boulangier	3,3 (3,8)		1,6	
Houba et coll. (1996)	Fi	Mélange	3,0		2,3	0,4-37,7
Jeffrey et coll. (1999)	Fi	Mélange	4,9		2,3	0,6-23,7
Lillienberg et Brisman (1994)	Fi	Mélange Boulangier	(7,5) (2,5)			
Meijster et coll. (2008)	Fi	Boulangier	(4,49)			
Meijster et coll. (2007)	Fi	Boulangier	1,5		2,7	0,2-318
Mounier-Geysant et coll. (2007)	Fi	Apprentis boulangers	(0,63) (1,10)		(0,36) (0,83)	0,17-1,73 0,28-4,04
Musk et coll. (1989)	Pt	Mélange	2,7			0,6-14,1
Nieuwenhuijsen et coll. (1995b)	Pt	Mélange	9,0 (11,8)		2,3	2,2-25,0

F : Fraction de la poussière rapportée par les auteurs. MG : Moyenne géométrique. MA : Moyenne arithmétique.  
 ÉTG : Écart-type géométrique. ÉT : Écart-type. LQ : Limite de quantification analytique.

\*: Elms et coll. (2006) ont repris les données d'Elms et coll. (2005) en ajoutant des données pour les enzymes.

Smith et Smith (1998) ont étudié l'exposition de 394 boulangers dans 19 boulangeries et de 77 pâtisseries afin d'établir une relation entre l'exposition à la poussière de farine et le développement de symptômes. Ils ont mesuré une concentration médiane au tamis de 10,1 mg/m<sup>3</sup> (ÉTG : 13,3) et à la pesée de 2,8 mg/m<sup>3</sup> (ÉTG : 10,3). Bulat et coll. (2004) concluent que la Fi de la poussière serait plus élevée dans les boulangeries artisanales (tableau 3.2-2) que dans les pâtisseries (MG : 1,8 mg/m<sup>3</sup>, médiane : 2,3 mg/m<sup>3</sup>). Meijster et coll. (2008) ont évalué l'exposition de travailleurs de boulangeries traditionnelles et industrielles ainsi que de meuneries à l'aide d'un instrument à lecture directe (ILD) (DataRam) et d'un échantillonneur de la Fi (PAS6). Ils ont corrélé les concentrations instantanées et maximales pendant l'exécution de différentes tâches. Ainsi, l'exposition des boulangers traditionnels comporte une moyenne de 26 pics de concentration par heure pouvant atteindre jusqu'à 371 mg/m<sup>3</sup> et ce, pour une durée médiane de 53 secondes. La concentration médiane obtenue à l'aide de l'ILD est de 0,21 mg/m<sup>3</sup> et de 1,63 mg/m<sup>3</sup> pour la Fi collectée sur une cassette, donc environ huit fois plus élevée. À partir

des concentrations maximales, ces chercheurs ont identifié que les tâches les plus à risques sont le mélange de la pâte (14,1 mg/m<sup>3</sup>), le fleurage de la farine (6,5 mg/m<sup>3</sup>), la pesée (4,6 mg/m<sup>3</sup>) et le versement de la farine (3,4 mg/m<sup>3</sup>). Lillienberg et Brisman (1994) mentionnent l'existence d'une grande variabilité des niveaux de concentrations entre les boulangeries selon la production, les équipements utilisés, la ventilation et les méthodes de travail.

L'étude de Nieuwenhuijsen et coll. (1999) démontre une corrélation modérée entre la concentration de poussière de farine ( $r = 0,42$ ) et les allergènes du blé ( $r = 0,46$ ).

### 3.3 Granulométrie des poussières

Sander et coll. (2004) rapportent la granulométrie des farines de seigle et de blé effectuée lors des tests de diagnostic de l'asthme. Ils notent une fraction comprise entre 10 et 102 µm plus importante dans la farine de seigle de type 1150 que dans la farine de blé de type 550. Dans une étude de cas, Ehrlich et Prescott (2005) concluent que la poussière de farine de seigle est plus fine que la farine de blé.

Houba et coll. (1997b) ont établi une relation entre la granulométrie des poussières de farine et son contenu en  $\alpha$ -amylase. Leurs prélèvements à l'aide des impacteurs en cascade démontrent que l' $\alpha$ -amylase est présent dans les particules de 5 µm et plus. Pour des prélèvements moyens de 2,39 mg/m<sup>3</sup> en Pt, ils retrouvent 64 % de particules > 9 µm et 33 % comprise entre 5,8 et 9,0 µm.

Lillienberg et Brisman (1994) rapportent une distribution bimodale de la poussière de farine avec des concentrations maximales de fines poussières autour de 5 µm et plus grosses autour de 15-30 µm.

## 4. MÉTHODOLOGIE

### 4.1 Métrologie utilisée

La caractérisation des poussières s'est effectuée en utilisant trois méthodes différentes de prélèvement par filtre et cassette collectant, selon leur type, différentes fractions de la poussière aéroportée : 1<sup>o</sup> poussières totales (Pt) 2<sup>o</sup> fraction inhalable de la poussière (Fi) et 3<sup>o</sup> 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 <sup>®</sup> )	CPV pré-pesé, 25 mm	CPV pré-pesé, 37 mm avec enceinte (Accu-Cap <sup>®</sup> )	Mylar <sup>®</sup> 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

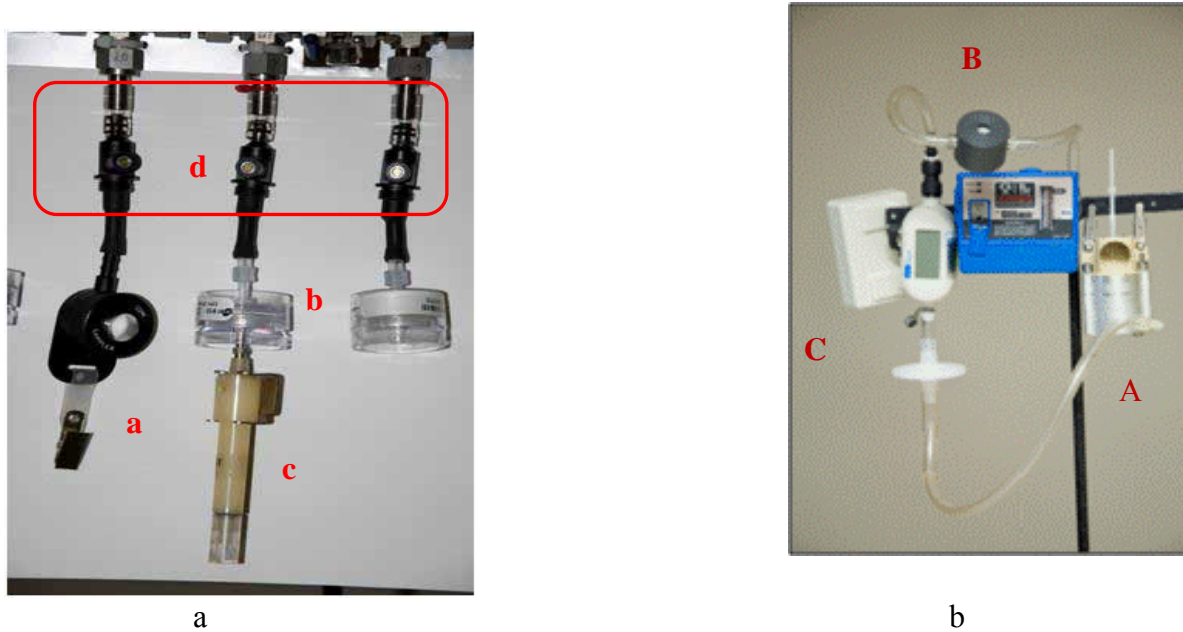
CPV : Chlorure de polyvinyle de porosité 5 µm.

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 (IRSST). Des cassettes munies d'enceinte Accu-cap<sup>®</sup> 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 (*Institute of Occupational Medicine*) 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<sup>®</sup> 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) ainsi que les orifices variables (d)]. Chacun des trains de prélèvement était relié par un tube de Téflon<sup>®</sup>, 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.



**Figure 4.1-1 : Trains de prélèvement**

Chaque système de prélèvement a été placé à un poste spécifique. Toutefois, selon l'établissement évalué, un système de prélèvement supplémentaire pouvait être ajouté à ce poste 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. Ce train de prélèvement de l'impacteur est présenté à la figure 4.1-1b.

Les analyses gravimétriques ont été effectuées à l'aide d'une balance micrométrique ayant une résolution de  $\pm 1 \mu\text{g}$ . Les filtres subissaient un traitement au dessiccateur et étaient pesés après une période d'acclimatation aux conditions ambiantes dans une chambre à humidité contrôlée. Les détails des méthodes analytiques se retrouvent dans les méthodes IRSST 48-1 et 373.

Un instrument à lecture directe (ILD) a également été utilisé pour étudier l'évolution des niveaux de concentration et du profil granulométrique des poussières en fonction du temps. Un seul poste d'échantillonnage par établissement visité était en général 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  $\mu\text{m}$ ). 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.

**Figure 4.1-2 : Spectromètre GRIMM PAS 1.108**

## 4.2 Établissements visités et stratégie d'échantillonnage

Onze boulangeries artisanales ont été visitées. Elles ont été sélectionnées à partir d'une recherche sur le site ICRIQ.com de la Banque d'information industrielle du Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) ou proposées par des membres du comité de suivi de ce projet. Un total de 24 postes de prélèvements se rattachant à deux tâches a été caractérisé, le pétrissage (fabrication de la pâte à l'aide de pétrin) et le boulage/divisage/façonnage (sur table ou mécaniquement). La sélection des postes a été effectuée suite à des visites préliminaires, où des tâches plus représentatives du risque d'exposition des travailleurs à la farine dans l'air ont été identifiées. Les établissements visités étaient classés sous les codes CAEQ 1072 et 6014 (Classification des activités économiques du Québec) ou SCIAN 311814 (Système de classification des industries de l'Amérique du Nord).

Les prélèvements étaient effectués pendant les périodes d'utilisation ou de manipulation de farine pour les deux tâches citées précédemment. À titre d'exemple, lorsque le pétrissage de pâte était terminé pour un quart de travail, les prélèvements étaient suspendus même si administrativement le quart de travail n'était pas fini. Enfin, le nettoyage exécuté au cours des opérations impliquant la manipulation de la farine est de courte durée et est intégré aux prélèvements. Il n'a donc pas fait l'objet d'un prélèvement spécifique au cours de l'intervention.

Au cours des journées d'intervention, plusieurs informations ou déterminants susceptibles d'expliquer les variations dans les résultats ont été recueillis. Citons à titre d'exemple, le volume du fournil, la quantité de farine utilisée au pétrin, le nombre d'équipements (pétrin, façonneuse, diviseuse, etc.) dans les établissements, le nombre de boulangers présents, la présence ou non de moyens de maîtrise 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. Pour fin de calcul, 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 concentrations obtenues en poste fixe, lorsqu'il y avait manipulation de la farine. Ce calcul est effectué d'après l'équation 4.3-b. Il 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, car cette variation de poids des témoins est estimée négligeable.

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

Où  $\text{Conc}_{\text{VMR}}$  : Concentration de poussières < VMR utilisée dans les calculs ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );  
 VMR : Valeur minimum rapportée au tableau 4.1-1 ( $\mu\text{g}$ );  
 $V_{\text{pré}}$  : Volume de prélèvement (L).

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

Où C : Concentration sur une période donnée ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );  
 T : Durée de la période de prélèvement (minutes).

### 4.3.2 Granulométrie par impacteur

La masse collectée par les impacteurs de type Marple (Sierra 298) a été corrigée 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. Ce dernier profil sera dit corrigé pour les besoins de cette étude. Les écarts-type (ÉT) 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 ( $\text{Conc}_i$ ) a été obtenue en effectuant le total de toutes les masses recueillies pour chaque étage. Les fractions inhalable (Fii) et respirable (Fri), telles que définies par l'*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH<sup>®</sup>), ont été calculées en croisant les courbes respectives avec les résultats des impacteurs. Les pourcentages de pénétration obtenus à partir des courbes de l'ACGIH<sup>®</sup> et propres aux diamètres de coupure

d'un étage ont ainsi été multipliés directement par la masse recueillie sur ce dernier. La masse respirable ou inhalable a été obtenue en effectuant la sommation de ces résultats pour tous les étages de l'impacteur. La règle de Simpson appliquée lors du calcul est décrite dans la monographie de Lodge et Chan (1986). Ces calculs ont été répétés pour les masses non corrigées et corrigées. Afin d'alléger le texte, les résultats non-corrigés n'ont été présentés uniquement dans les annexes.

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

#### **4.4 Statistiques**

L'interprétation des données de cette étude a été effectuée selon des méthodes de 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. 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 effectués 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 diverses manipulations de la farine lors de fabrication du pain, des établissements et des pratiques de travail ainsi que les résultats des prélèvements Pt, Fi et Fr et de granulométrie.

### 5.1 Description du procédé



Pour faire le pain selon la méthode artisanale, plusieurs étapes sont nécessaires. Premièrement, le boulanger pèse la farine et les ingrédients secs puis les verse dans le pétrin (figure 5.1-1) avec de l'eau. Le gluten de la farine fixe l'eau et la pâte emprisonne l'air. Une fois la pâte pétrie, le bassinage consiste à adoucir la pâte en incorporant à petites quantités l'eau à une température donnée. Cette étape apporte de la force à la pâte. Puis, la pâte est laissée au repos jusqu'à cinq heures pour permettre la fermentation de la levure ou du levain. La pâte devient alors plus élastique et double de volume; ce gonflement est dû au dégagement d'anhydride carbonique ( $\text{CO}_2$ ) lors de la fermentation. C'est à cette étape que le goût du pain se développe.

**Figure 5.1-1 : Pétrin**

La division de la pâte (découpage de la pâte) peut être faite manuellement (figure 5.1-2a) par le boulanger qui coupe et pèse les pâtons, ou automatiquement à l'aide d'une diviseuse (figure 5.1-2b) qui forme des pâtons réguliers de poids équivalents.



**a) Division manuelle**



**b) Diviseuse**

**Figure 5.1-2 : Division de la pâte**

Avant le façonnage (opération pour donner une forme à la pâte), les pâtons sont mis en boules (figure 5.1-3) pour permettre le contrôle de la force de la pâte de manière plus ou moins serrée. Les pâtons sont laissés au repos une nouvelle fois afin que la pâte ne se déchire pas au moment du façonnage.



**Figure 5.1-3 : Boulage**



**Figure 5.1-4 : Façonnage**

Au cours du façonnage, la pâte est étirée, puis roulée sur elle-même et finalement allongée de nouveau pour former une baguette. Cette étape peut être faite manuellement ou mécaniquement à l'aide d'une façonneuse (figure 5.1-4).

Durant les étapes illustrées aux figures 5.1-1 à 5.1-4<sup>2</sup>, il y a manipulation d'une plus ou moins grande quantité de farine. Le boulanger y est donc directement en présence de poussière de farine.

Les pâtons sont disposés sur une toile de lin (la couche) pour la seconde fermentation qui s'effectue dans des conditions de température d'environ 25 °C. Cette phase favorise un nouveau dégagement de CO<sub>2</sub>. La pâte continue de lever jusqu'à environ trois fois son volume initial. Cette étape dure d'une à trois heures. Avant l'enfournement, le boulanger fait des traits réguliers (scarifie) avec une lame coupante sur chaque pain pour favoriser la libération du CO<sub>2</sub> au cours de la cuisson. Une fois la cuisson terminée, le pain refroidit afin de continuer l'évaporation de la vapeur d'eau et du CO<sub>2</sub> qu'il contient encore. Cette étape est le ressuage.

## 5.2 Description des établissements et pratiques de travail

Les boulangers travaillent 40 heures par semaine ou plus, selon l'organisation du travail dans l'établissement. Leur travail s'effectue en fin de soirée, au cours de la nuit ou encore très tôt le matin. Le nombre de boulangers et les quantités de farine utilisées au moment de notre intervention, le nombre de pétrins et autres points spécifiques à l'établissement sont répertoriés au tableau 5.2-1.

Les établissements possèdent parfois une diviseuse et/ou une façonneuse, en plus d'un ou plusieurs pétrins. Selon l'établissement, un boulanger peut exécuter le pétrissage et un autre le façonnage/boulage ou encore les deux tâches en alternance ou simultanément.

<sup>2</sup> Les photographies de ce rapport ont été prises dans les établissements visités avec l'accord écrit du responsable.

Les travailleurs portent un vêtement de travail. Aucun ne porte de gants en nitrile ou autre. Parmi les boulangeries visitées, un seul boulanger porte un appareil de protection respiratoire.

**Tableau 5.2-1 : Caractéristiques des établissements visités**

Éta	Ventilation *	Nombre de boulangers	Volume du fournil (m <sup>3</sup> )	Nombre de pétrin	Quantité de farine (kg)	Sorte de farine
1	OPF	2	32	2	140	Farine de blé tamisée, de seigle concassé et de seigle moulu, épeautre, kamut.
2	N	2	314	2	150	Farine de blé non-traitée, de blé entier, kamut, lin, épeautre.
3	OF	3	618	3	383	Farine de blé tamisée, de blé entier, de seigle, de lin, d'épeautre, de kamut.
4	N	2	334	2	174	Farine de blé entier, enrichie, farine paysanne 4117.
5	N	1	70	2	66	Farine de blé non-traitée, de blé entier.
6	OF	1	717	1	264	Farine à boulanger non-traitée, farine tout usage enrichie.
7	OF	1	166	1	62	Farine forte non blanchie, de blé.
8	OF	2	124	1	86,5 (pétrie) 60 (pesée)	Farine de blé tamisée, de blé entier, de seigle concassé et de seigle moulu, épeautre, kamut.
9	N	2	60	2	202	Farine de blé enrichie non-blanchie, farine à boulanger, kamut, lin, épeautre.
10	N	3	311	1	128	Farine de blé tamisée, enrichie, de blé entier, multi grains.
11	OF	3	187	3	187	Farine de blé type 65, blé entier, seigle type 170, à boulanger non traitée, de blé dégermé, kamut, froment, paysanne 4117.

Éta : Identification de l'établissement.

\* : Présence et en fonction (OF), présence pas en fonction (OPF) ou absence (N) de système de ventilation.

Majoritairement, les boulangers mettent en fonction le pétrin à vitesse moyenne au lieu de la basse vitesse. Ils ajoutent la farine dans l'eau. Cette façon de faire jumelée avec le démarrage à vitesse moyenne ou supérieure contribue à un empoussiérement de l'aire de travail. Certains boulangers utilisent une grande quantité de farine pour fleurir la table, les moules et autres équipements. Quelques boulangers balaient le sol à l'aide d'un balai type piassava entre les opérations.

D'après nos observations, les boulangers de huit établissements ajoutent la farine à l'eau dans le pétrin. Pour 14 des 20 pétrins, un grillage lâche (figure 5.2-1) constitue leur couvercle, d'autres ont un couvercle pouvant réduire l'empoussiérement ambiant.



Figure 5.2-1 : Couvercles de pétrin

### 5.3 Caractérisation des poussières – Résultats environnementaux

La caractérisation des poussières dans les boulangeries artisanales visitées inclut les résultats environnementaux de la concentration de farine en poussières totales (Pt), en fraction inhalable (Fi) et en fraction respirable (Fr) ainsi que des analyses granulométriques de celles-ci (à l'aide d'impacteur et du ILD), un ratio Fi/Pt et diverses comparaisons.

#### 5.3.1 Concentrations Pt, Fi et Fr

Les résultats rapportés correspondent à deux tâches spécifiques où des farines sont manipulées par les boulangers : celle au pétrin/pesée et celle à la table de façonnage/boulage. Dans le but de simplifier la présentation des résultats, la nomenclature *poste pétrin* et *poste table* est utilisée respectivement pour les tâches précédemment citées pour la suite du présent document. La durée des prélèvements couvre la période de manipulation de farines pour faire le pain de manière artisanale sans automatisation.

Un test de *t* apparié a été effectué sur toutes les paires de résultats obtenus selon la fraction (Fi ou Pt), ventilées par poste de prélèvements (pétrin et table). Les résultats de ces tests statistiques se retrouvent au tableau 5.3-1. Ces tests visaient à établir si le résultat des duplicatas était équivalent pour l'utilisation de leur moyenne pour la suite des calculs. La Fr n'a pas été traitée de cette façon, car les résultats étaient majoritairement sous la valeur minimum rapportée (VMR). En dépit du fait qu'une différence significative ait été observée pour les duplicatas Pt au pétrin (tableau 5.3-1), il est de l'avis des auteurs que l'utilisation de la moyenne arithmétique (MA) de ces duplicatas est acceptable pour la suite de l'analyse des résultats compte tenu du faible écart relatif moyen ainsi que l'étroitesse de l'intervalle de confiance 95 %. Effectivement, l'utilisation de tous les résultats aurait eu pour conséquence de décupler le nombre de comparaisons, complexifiant leur analyse.



**Tableau 5.3-1 : Test de *t* apparié - Comparaison des duplicatas des prélèvements**

Fractions comparées	Poste	Nombre de paires	LC <sub>inf-sup</sub> 95 % sur la diff. moy.	Écart moyen (%)	Rejet de H <sub>0</sub>
Pt 1 vs Pt 2	Pétrin	10	[0,15-1,08]	9	Oui
Fi 1 vs Fi 2	Pétrin	11	[-0,23-1,67]	3	Non
Pt 1 vs Pt 2	Table	10	[-0,15-0,73]	17	Non
Fi 1 vs Fi 2	Table	11	[-0,50-1,29]	6	Non

Les résultats de 11 postes pétrin et de 13 postes table constituent respectivement un total par poste de 66 et 78 prélèvements pour les trois fractions étudiées (Pt, Fi et Fr), puisque chacune d'entre elles était prélevée en duplicata. Les MA des résultats analytiques par type de prélèvements, leur durée ainsi qu'une valeur estimée de l'exposition (VE) (voir équation 4.3-b) en Pt sont colligées par poste et par établissement au tableau 5.3-2.

**Tableau 5.3-2 : Concentrations moyennes des mesures environnementales**

Éta	Poste	Durée (min)	Concentration moyenne des résultats (mg/m <sup>3</sup> )			VE (mg/m <sup>3</sup> Pt)
			Pt	Fi	Fr	
1	Pétrin	367	4,6	5,7	< 0,06 *	3,5
	Table	368	1,5	2,4	< 0,03 *	1,2
2	Pétrin	302	4,9	8,0	< 0,5 *	3,6
	Table	349	2,7	4,7	< 0,4 *	2,0
	Façonneuse	361	0,9	1,2	< 0,4 *	0,6
3	Pétrin	278	7,5	14	< 0,04 *	4,6
	Table	334	2,2	4,1	< 0,03 *	1,5
	Table	331	3,1	5,9	0,09	2,2
4	Pétrin	171	1,5	2,0	< 0,06 *	0,6
	Table	174	0,1	0,5	< 0,06 *	
5	Pétrin	77	7,7	11	< 0,13 *	3,5 **
	Table	127	8,7	9,2	< 0,08 *	
6	Pétrin	260	9,1	14	< 0,03 *	5,6 **
	Table	143	2,4	3,7	< 0,07 *	
7	Pétrin	260	< 0,03 *	0,2	< 0,02 *	*
	Table	143	< 0,03 *	0,2	< 0,03 *	
8	Pétrin	258	2,1	2,4	< 0,04 *	1,2
	Table	384	2,4	3,5	< 0,03 *	1,9
9	Pétrin	195	11	18	0,5	4,4
	Table	197	0,1	0,4	< 0,05 *	
10	Pétrin	185	16	19	0,26	7,5
	Table	160	3,6	5,2	< 0,07 *	
11	Pétrin	159	0,8	1,4	< 0,07 *	1,8
	Table	186	3,9	6,9	0,3	

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

\*\* : La VE a été calculée sur toutes les tâches, car il n'y avait qu'un boulanger pour les effectuer ou que les tâches se succédaient au cours de l'intervention.

Les principales données de statistiques descriptives des résultats environnementaux sont résumées au tableau 5.3-3.

Tableau 5.3-3 : Statistiques descriptives

	Pétrin			Table		
	Pt	Fi	Fr	Pt	Fi	Fr
n	11	11	11	11	11	11
n ≥ VMR	10	11	2	8	11	2
Moyenne (mg/m <sup>3</sup> )	6,0	8,6	0,1	2,5	3,7	0,1
Écart-type	5,0	6,9	0,1	2,5	2,8	0,1
Médiane (mg/m <sup>3</sup> )	4,9	8,0	0,1	2,4	3,7	0,1
MG (mg/m <sup>3</sup> )	3,0	4,9	0,1	1,1	2,2	0,1
ÉTG	6,0	4,2	2,5	6,2	3,7	2,2
Étendue (mg/m <sup>3</sup> )	0,03*-16,5	0,2-19	0,03*-0,5	0,03*-8,7	0,2-9,2	0,03*-0,3
LC <sub>inf-sup</sub> 95 %	[2,6-9,3]	[4,0-12]	[0,0-0,2]	[0,9-4,2]	[1,8-5,6]	[0,02-0,1]

n : Nombre de prélèvements. VMR : Valeur minimum rapportée. \* : Valeur <VMR exprimée en mg/m<sup>3</sup>.

MG : Moyenne géométrique. ÉTG : Écart-type géométrique.

LC<sub>inf-sup</sub> 95 % : Limite de confiance inférieure-supérieure 95 %.

Les résultats environnementaux sont représentés sous le format «boîte à moustaches» à la figure 5.3-1 et ce, pour les trois fractions prélevées par poste.

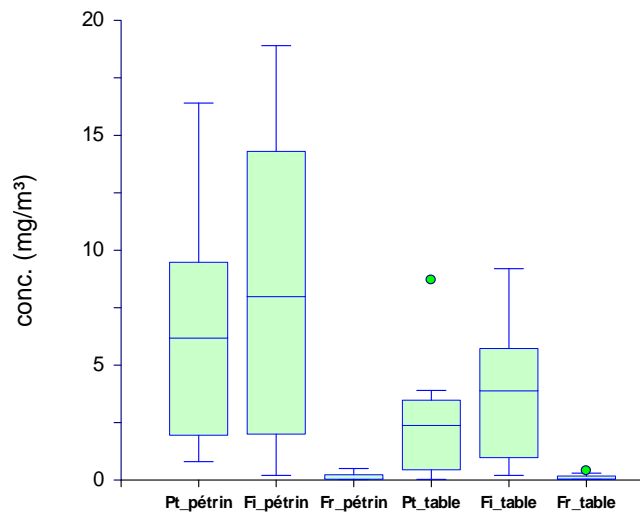


Figure 5.3-1 : Boîtes à moustaches des résultats environnementaux

Les observations colligées lors des interventions sont mises en lien avec les concentrations de Pt et la quantité totale de farine utilisée au pétrin (tableau 5.3-4) par établissement. Ces observations couvrent, notamment, les pratiques de travail des boulangers et des particularités spécifiques aux prélèvements.

Tableau 5.3-4 : Tableau des Pt et quantité de farine utilisée au pétrin

Éta	Quantité de farine (kg)	Pt (mg/m <sup>3</sup> )	Remarque
1	140	4,6	La farine traitée aux pétrins a été pesée la veille. Il y a plusieurs sortes de farine. Les pétrins sont adossés à un mur du fournil étroit. Un de ceux-ci possède un couvercle plein avec une ouverture de $\pm 20\%$ du diamètre, l'autre n'en a pas. La farine est ajoutée à l'eau.
2	150	4,9	Un des pétrins a un couvercle en grillage espacé, l'autre n'en a pas. Il y a plusieurs types de farine utilisée. L'eau est ajoutée à la farine.
3	383	7,5	Les pétrins sont dans une zone spécifique. Deux ont un écran qui couvre environ 90 % de leur diamètre, l'autre un couvercle grillagé. Il y a plusieurs types de farine utilisée. La farine est ajoutée à l'eau.
4	174	1,5	Le pétrin n'a pas de couvercle. Il y a deux types de farines utilisées. La farine est ajoutée à l'eau.
5	66	7,7	Les deux pétrins sont situés à 1,5 m devant la table. Un n'a pas de couvercle, l'autre un treillis jamais abaissé. Il y a deux types de farine utilisée. La farine est ajoutée à l'eau.
6	264	9,1	Le pétrin a un couvercle grillagé. Pour chaque pétrissage, une grande quantité de farine est utilisée, créant un empoussièremment visible lors du démarrage. Il y a un type de farine utilisée. L'eau est ajoutée à la farine.
7	62	< 0,03 *	Le pétrin est petit et a un couvercle grillagé. Il y a deux types de farine utilisée. L'eau est ajoutée à la farine.
8	86,5	2,1	Le boulanger dépose sur le couvercle grillagé un linge humide avant le démarrage. Il se mouille les mains avant de nettoyer le pétrin et de sortir la pâte, contrairement aux autres qui enfarinent. Il y a plusieurs sortes de farine. La farine est ajoutée à l'eau.
9	202	11	Les pétrins ont un couvercle grillagé. Il y a plusieurs sortes de farine utilisée. L'eau est ajoutée à la farine. Il y a empoussièremment visible lors du démarrage du pétrin.
10	128	16	Le pétrin possède un couvercle grillagé et son démarrage se fait à basse vitesse. Il y a plusieurs sortes de farine utilisée. La farine est ajoutée à l'eau.
11	187	0,8	La quantité de farine, pétrie le jour de l'intervention, est supérieure à celle rapportée. Toutefois, celle rapportée est celle qui a été pétrie au cours des prélèvements. La farine est ajoutée à l'eau.

\* : Inférieure à la valeur minimum rapportée (VMR).

Même si l'ILD n'est pas étalonné par référence à la farine, ses lectures nous fournissent des informations pertinentes, telles qu'illustrées à la figure 5.3-2. Selon nos observations, les concentrations pics de cette figure correspondent à l'empoussièremment généré par le fleurage (technique de lancer de la farine sur une surface pour que les pâtons ne collent pas) de la table et l'utilisation de la diviseuse.

Les observations colligées à l'aide de l'ILD nous permettent de relier des pics de concentrations lues et les opérations en cours au pétrin, tel qu'illustré à la figure 5.3-3. Le démarrage d'un pétrin succède à la pesée de farine versée dans celui-ci.

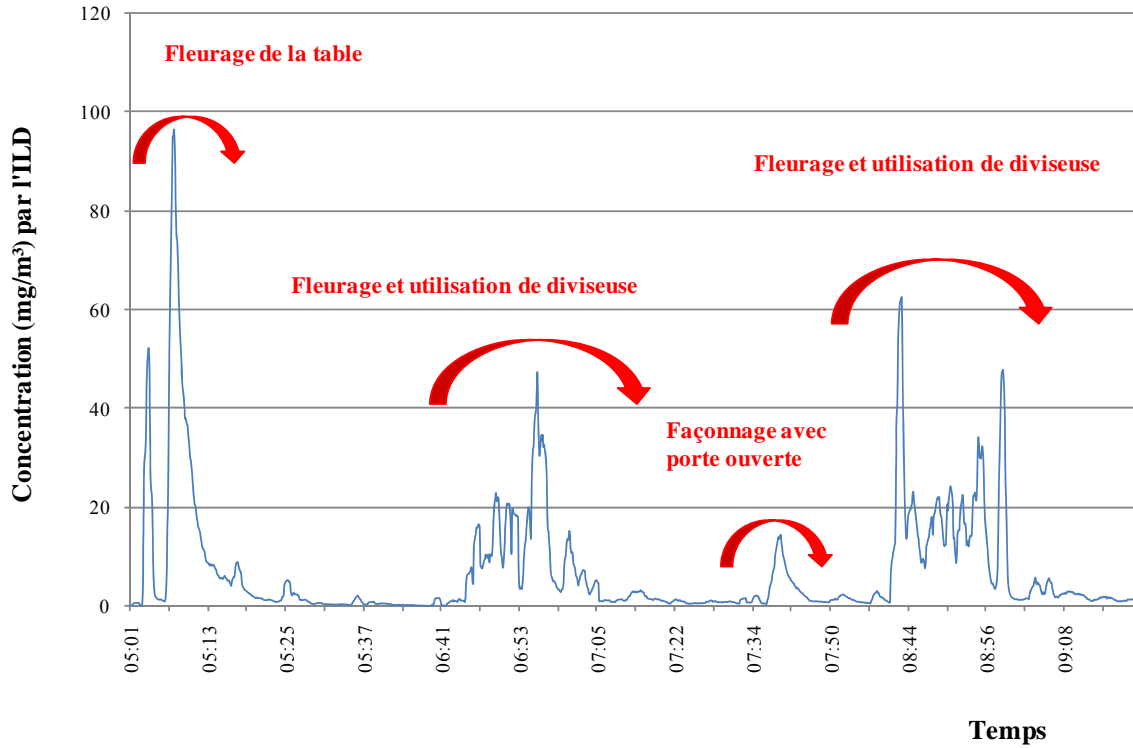


Figure 5.3-2 : Concentration lue par l'ILD au poste table dans un des établissements

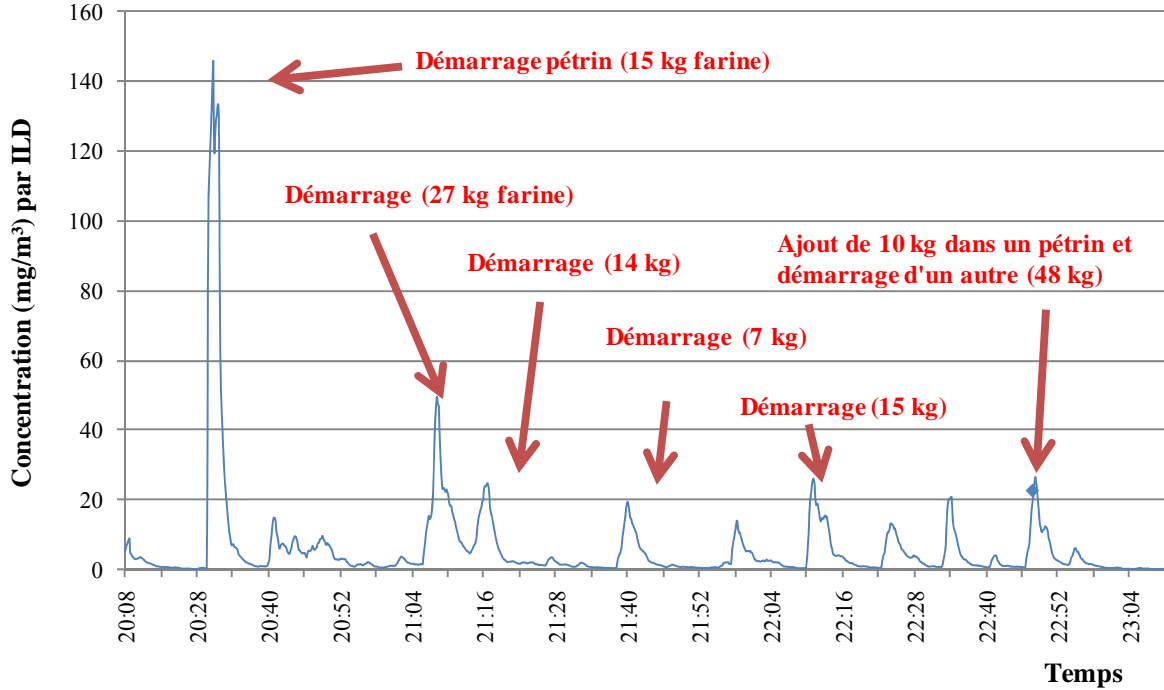


Figure 5.3-3 : Concentration lue par l'ILD au poste pétrin dans un des établissements

### 5.3.2 Relation entre fraction inhalable et poussières totales

Les ratios calculés à partir des résultats des cassettes IOM et des cassettes de 37 mm sont listés par établissement et par poste au tableau 5.3-5. Ce ratio est obtenu en divisant la concentration de la Fi par la Pt. Les résultats de l'établissement 7 n'apparaissent pas dans ce tableau en raison des concentrations de Pt inférieures à la VMR. De plus, les résultats au poste table des boulangeries 4 et 9 ne sont pas inclus dans les calculs de moyenne et d'écart-type puisque les concentrations de Pt étaient sous la VMR pour un des duplicatas. Le ratio médian est 1,6 pour ces deux postes.

**Tableau 5.3-5 : Ratio Fi par Pt**

Éta	Fi/Pt	
	Pétrin	Table
1	1,2	1,6
2	1,6	1,7
3	1,8	1,3
		1,9
4	1,3	1,9
		5,0 *
5	1,5	1,1
6	1,6	1,5
8	1,1	1,5
9	1,7	1,4
		4,0 *
10	1,2	1,4
11	1,8	1,8
<b>Moyenne arithmétique</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>
<b>Écart-type</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>

\* : Les ratios au poste table des boulangeries 4 et 9 ne font pas partie du calcul de la moyenne et de l'écart-type.

## 5.4 Caractérisation des poussières – Granulométrie

### 5.4.1 Impacteurs

Il y a eu 11 prélèvements à l'aide des impacteurs à huit étages au poste pétrin et 12 au poste table. Le diamètre aérodynamique de la masse médiane (MMAD) corrigé, est présenté au tableau 5.4-1 par établissement et par poste ainsi que les écarts-type géométriques (ÉTG) en supposant la population log-normale. Les données non-corrigées sont à l'annexe 1.

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

Éta	Poste	MMAD ( $\mu\text{m}$ )	ÉTG ( $\mu\text{m}$ )
1	Pétrin	23,9 *	1,6
	Table	22,0	2,4
2	Pétrin	19,9 *	1,9
	Table	22,6 *	2,0
3	Pétrin	14,1	2,0
	Table	25,2	1,7
4	Pétrin	17,8 *	1,9
	Table	23,2	1,7
5	Pétrin	23,1	1,6
	Table	22,4	1,8
6	Pétrin	20,7	1,8
	Table	22,4	1,9
7	Pétrin	12,7 **	2,5
	Table	1,6	4,0
8	Pétrin	24,2	1,8
	Table	22,4	1,9
9	Pétrin	2,7 **	14,5
	Table	24,4	1,9
10	Pétrin	23,2	1,9
	Table	23,2	1,9
11	Pétrin	14,5 **	3,8
	Table	27,7	2,4

MMAD : Diamètre aérodynamique de la masse médiane.  
\* : Deux modes de distribution possibles.

ÉTG : Écart-type géométrique.  
\*\* : Inférieure ou égale à la VMR.

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

Tableau 5.4-2 : Statistiques descriptives des résultats granulométriques corrigés

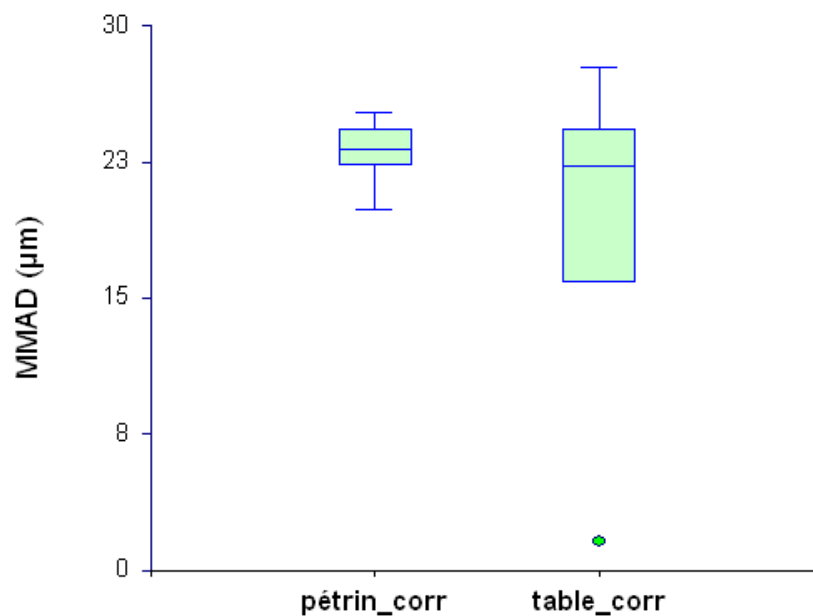
	Diamètre aérodynamique de la masse médiane (MMAD)			
	Pétrin		Table	
	<VMR inclus	<VMR non inclus	<VMR inclus	<VMR non inclus
n	11	9	9	8
n $\geq$ VMR	9	9	8	8
Moyenne ( $\mu\text{m}$ )	21,4	23,2	17,2	18,7
Écart-type	4,1	1,6	8,7	8,0
Médiane ( $\mu\text{m}$ )	23,1	23,2	20,7	21,4
MG ( $\mu\text{m}$ )	21,0	23,1	13,4	15,1
ÉTG	1,3	1,07	2,56	2,5
Étendue ( $\mu\text{m}$ )	12,7-25,2	19,9-25,2	1,6-27,7	1,6-27,7
LC <sub>inf-sup</sub> 95 % ( $\mu\text{m}$ )	[18,7-24,2]	[22,0-24,4]	[10,5-23,9]	[12,0-25,9]

n : Nombre de prélèvements. VMR : Valeur minimum rapportée.

MG : Moyenne géométrique. ÉTG : Écart-type géométrique.

LC<sub>inf-sup</sub> 95 % : Limite de confiance inférieure-supérieure 95 %.

Les diamètres aérodynamiques corrigés (MMAD) sont représentés sous le format «boîte à moustaches» à la figure 5.4-1 par poste.



**Figure 5.4-1 : Boîtes à moustaches des résultats granulométriques corrigés**

Les histogrammes normalisés des fractions massiques pour chacun des postes de prélèvement sont représentés à l'annexe 2. Dans ceux-ci, le chiffre indique l'établissement et la lettre, le poste. À titre d'exemple, 1T correspond à l'établissement 1 au poste table.

Les concentrations calculées à partir des masses recueillies par l'impacteur sont regroupées en concentration de l'impacteur ( $Conc_i$ ), en  $F_{ii}$  et en  $F_{ri}$  des poussières et présentées au tableau 5.4-3. Elles sont illustrées sous forme de «boîte à moustaches» à la figure 5.4-2. Les concentrations non corrigées sont à l'annexe 3.

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

Éta	Poste	Concentration corrigée (mg/m <sup>3</sup> )		
		Conc <sub>i</sub>	Fii	Fri
1	Pétrin	5,8	3,7	0,1
	Table	1,4	0,9	0,1
2	Pétrin	8,4	5,5	0,2
	Table	7,1	4,6	0,2
	Façonneuse	1,6	1,2	0,1
3	Pétrin	21	13	0,1
	Table	7,2	5,0	0,7
4	Pétrin	5,1	3,2	0,0
5	Pétrin	9,0	5,7	0,0
6	Pétrin	13	8,4	0,2
	Table	5,3	3,4	0,1
7	Pétrin	< 0,1 *	*	*
	Table	0,5	0,4	0,4
8	Pétrin	4,7	3,0	0,1
9	Pétrin	21	13	0,5
	Table	< 0,5 *	< 0,4 *	< 0,3 *
10	Pétrin	19	12	0,6
	Table	5,1	3,3	0,1
11	Pétrin	< 0,7 *	< 0,5 *	< 0,1 *
	Table	6,6	4,2	0,3

\* : Inférieure ou égale à la VMR.

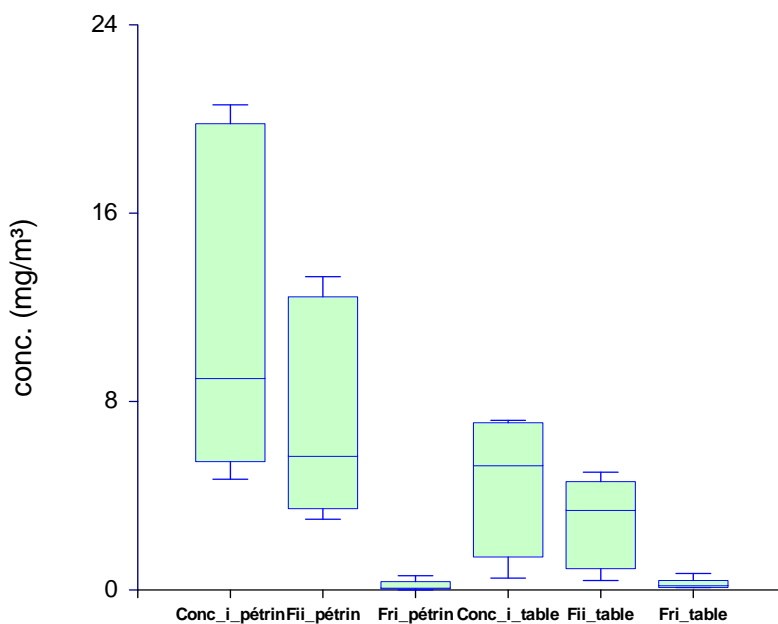


Figure 5.4-2 : Boîte à moustaches des concentrations corrigées par fraction



Les concentrations obtenues avec les impacteurs (tableau 5.4-3) et celles des mesures environnementales (tableau 5.3-2) par poste sont illustrées dans un format «boîte à moustaches» aux figures 5.4-3a (pétrin) et 5.4-3b (table). Un test de *t* apparié a également été effectué sur les données obtenues à l'aide des cassettes IOM (Fi) et des impacteurs (Fii) (tableau 5.4-4) afin de vérifier si les résultats Fi étaient significativement supérieurs aux résultats Fii.

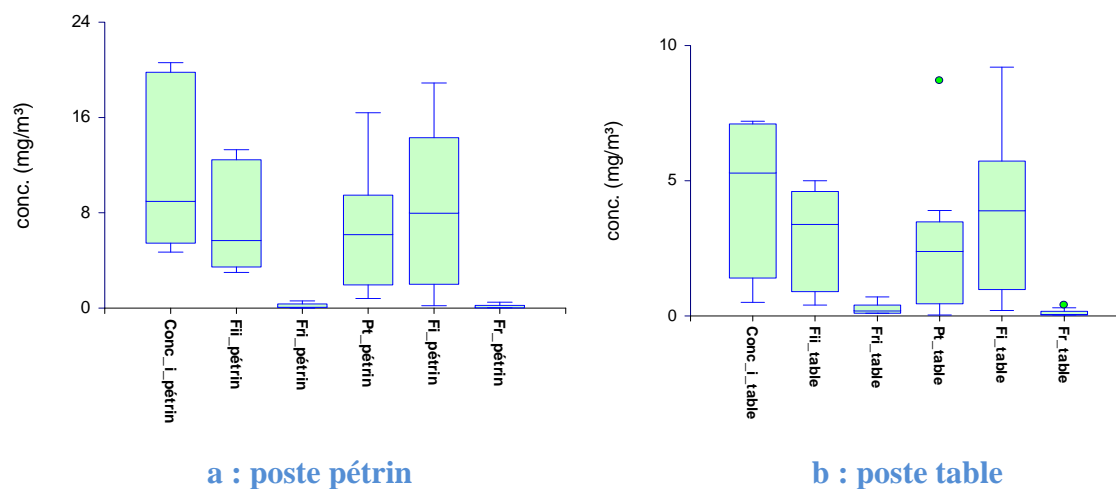


Figure 5.4-3 : Boîte à moustaches des concentrations corrigées par poste

Tableau 5.4-4 : Test de *t* apparié - Comparaison des concentrations des fractions inhalables

Fractions comparées	Poste	P ( $\alpha = 0,05$ )	T	Type de test	Rejet de $H_0$
<b>Hypothèse <math>H_0</math> : différence entre les valeurs = 0</b>					
Fi vs Fii	Pétrin	0,019	2,92	Paramétrique	Oui
Fi vs Fii	Table	0,169	1,56	Paramétrique	Non

Fi : Fraction inhalable obtenue par cassette IOM.

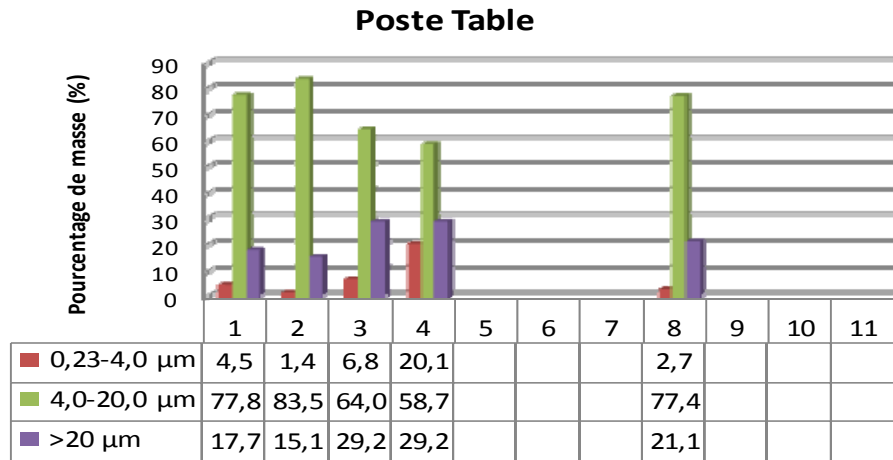
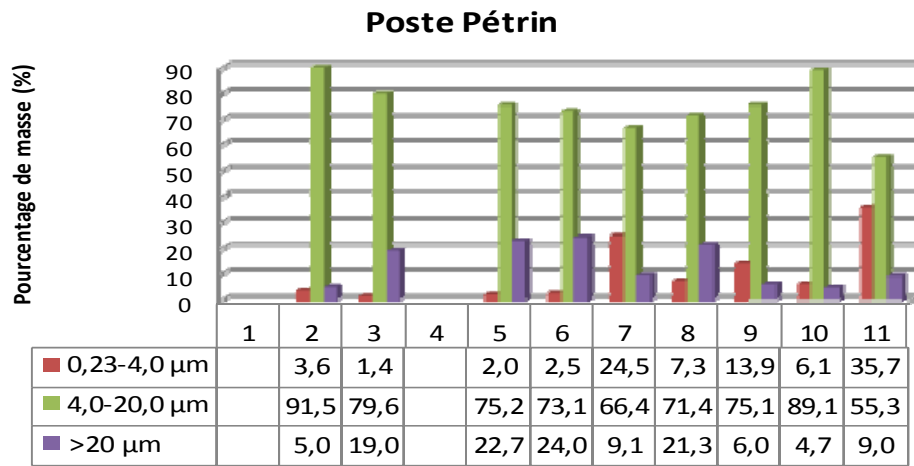
Fii : Fraction inhalable calculée à partir des poussières collectées par les impacteurs.

### 5.4.2 Instrument à lecture directe

Le pourcentage de la masse lue par l'ILD par tranche granulométrique est résumé au tableau 5.4-5 et illustré à la figure 5.4-4.

**Tableau 5.4-5 : Pourcentage de la masse lue par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique**

Éta	Poste	Pourcentage (%) de masse lue par l'ILD			
		0,23-4,0 µm	4,0-10,0 µm	10,0-20 µm	> 20 µm
1	Table	4,5	25,7	52,1	17,7
2	Pétrin	3,6	45,8	45,6	5,0
	Table	1,4	26,3	57,2	15,1
3	Pétrin	1,4	21,8	57,8	19,0
	Table	6,8	14,6	49,4	29,2
4	Table	20,1	15,9	42,8	21,1
5	Pétrin	2,0	17,2	58,0	22,7
6	Pétrin	1,2	18,6	54,5	24,0
7	Pétrin	24,5	34,8	31,6	9,1
8	Pétrin	7,3	24,4	47,0	21,3
	Table	2,7	23,0	54,4	19,9
9	Pétrin	13,9	26,0	49,1	6,0
10	Pétrin	6,1	42,7	46,4	4,7
11	Pétrin	35,7	25,1	30,2	9,0



**Figure 5.4-4 : Pourcentage de masses lues par le GRIMM PAS 1.108 par tranche granulométrique**

## 6. DISCUSSION

Cette section couvre l'analyse des résultats environnementaux, ceux de la granulométrie, des limites de l'étude et des pistes de recommandation.

### 6.1 Caractérisation des poussières - Résultats environnementaux

Cette section de la discussion fait référence aux concentrations mesurées par les différents échantillonneurs, la comparaison entre les concentrations de Pt et Fi ainsi qu'une estimation du risque d'exposition à la farine aux postes étudiés pour une boulangerie artisanale.

#### 6.1.1 Concentrations Pt, Fi et Fr

Les résultats environnementaux (tableau 5.3-2) correspondent à la moyenne arithmétique de duplicatas des prélèvements, tel que décrit dans la section méthodologie (section 4.1). Le faible biais observé (tableau 5.3-1) entre les duplicatas Pt au poste pétrin ne remet pas en cause l'utilisation de leur moyenne arithmétique pour les raisons expliquées à la section 5.3.1. Ce biais pourrait néanmoins s'expliquer par le positionnement des cassettes Pt, une au bord de la plaque et l'autre au centre (figure 4.1-1), qui ferait en sorte que la zone d'aspiration de la cassette Pt1 est différente de celle de la cassette Pt2. Les auteurs expliquent l'absence de différence significative des duplicatas Pt aux postes table par les basses concentrations mesurées (tableau 5.3-1 et Meijster et coll. (2008)).

Cette étude permettait de mettre en application la nouvelle méthode de prélèvements et d'analyse de la fraction inhalable des poussières utilisant l'échantillonneur IOM. Le faible écart obtenu entre les résultats des duplicatas de Fi (4,5 %), tant au pétrin qu'à la table, viennent compléter les données de validation analytique de méthode IRSSST 373 en termes de précision, incluant la variabilité due à l'échantillonnage et aux manipulations terrain.

#### 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 et, de plus, l'examen des résultats d'un test de *t* apparié sur ces résultats (tableau 6.1-1) permet de conclure que Fi est significativement supérieure à Pt. Cet état de fait est également observé au tableau 5.3-5 où la valeur du ratio (MA : 1,6, ET : 0,3) démontre que la relation est relativement constante dans ce type de milieu de travail, peu importe le poste. Ceci peut s'expliquer par les courbes d'efficacité des échantillonneurs. En effet, tel que discuté à la section 6.2, l'échantillonneur IOM est plus efficace pour le prélèvement des particules de plus grande taille donc plus lourdes alors que la cassette fermée de 37 mm est reconnue pour sous-évaluer l'exposition aux particules de diamètre aérodynamique supérieur à 20  $\mu\text{m}$  (Vincent 2007).

**Tableau 6.1-1 : Test de *t* apparié - Comparaison des concentrations des fractions Fi et Pt**

Fractions comparées	Poste	P ( $\alpha = 0,05$ )	T	Type de test	Rejet de $H_0$
<b>Hypothèse <math>H_0</math> : différence entre les valeurs = 0</b>					
Fi vs Pt	Pétrin	0,005	3,56	Paramétrique	Oui
Fi vs Pt	Table	0,001	4,48	Paramétrique	Oui

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 de leur étude. Ces établissements sont répertoriés dans quatre secteurs d'activités différents, dont une meunerie québécoise. Dans cette dernière, ces chercheurs rapportent un ratio Fi/Pt de 2,35 (n=16). Enfin, selon les concentrations rapportées par Karpinski (2003), qui a étudié 17 meuneries canadiennes, ce ratio serait de 2,64.

Ces ratios diffèrent de celui obtenu à partir des concentrations mesurées dans les boulangeries artisanales. Même si la farine est impliquée dans ces deux milieux, boulangeries artisanales et meuneries, ils utilisent des procédés distincts. La différence dans les facteurs pourrait être due au profil granulométrique différent, tel que mentionné par Perrault et coll. (1999).

### 6.1.3 Estimation d'exposition à la poussière

Les méthodes de travail diffèrent d'un boulanger à l'autre; certains utilisent une plus grande quantité de farine que d'autres lors du fleurage et du façonnage/boulage. Lors de l'utilisation d'une diviseuse (figure 5.1-2b) et du fleurage, les auteurs ont observé des projections de farine, tel qu'illustré à la figure 5.3-2 (poste table). De plus, un empoussièrément visible est également observé lors du démarrage du pétrin ce qui se traduit par des pics de concentration relativement élevée présentés à la figure 5.3-3 (poste pétrin). À l'annexe 4, tous les résultats de l'ILD, sous forme graphique, sont présentés; nous observons des pics de concentration causés par les différentes tâches aux pétrins (vidange de sacs et démarrage du pétrin) et à la table (façonnage/boulage).

En ce qui a trait à l'établissement 9, le façonnage a été majoritairement effectué en dehors de la période de prélèvement. En effet, la période de prélèvement correspond à environ la moitié de la durée des tâches de façonnage/boulage. Dans cet établissement, à l'instar de certains (dont les établissements 1, 8, 9 et 10), la pâte est pétrie la veille, puis mise dans une zone tempérée jusqu'au lendemain où elle est alors boulée et façonnée.

Le résultat de l'établissement 5 s'explique par l'exiguïté du fournil (local d'une boulangerie où se trouvent les fours et où l'on travaille la pâte), de la proximité de la table et des pétrins. De plus, les pétrins sont utilisés en parallèle avec le travail à la table pendant 36 % de la période de prélèvements. Ces observations peuvent expliquer la différence des résultats de cet établissement par rapport aux autres. Rappelons que ce fournil n'est pas équipé d'un système de ventilation.

À l'établissement 7, les concentrations mesurées sont faibles voire sous la VMR. Ce fait peut s'expliquer par la petite production de pains le jour de l'intervention, les pratiques de travail du boulanger et de l'efficacité du système de ventilation.

Les concentrations médianes (tableau 5.3-3) et les boîtes à moustaches (figure 5.3-1) suggèrent que le poste pétrin serait le plus à risque d'exposition à la poussière de farine. Un test de *t* apparié (tableau 6.1-2) démontre que les concentrations mesurées au pétrin sont significativement supérieures de celles à la table.

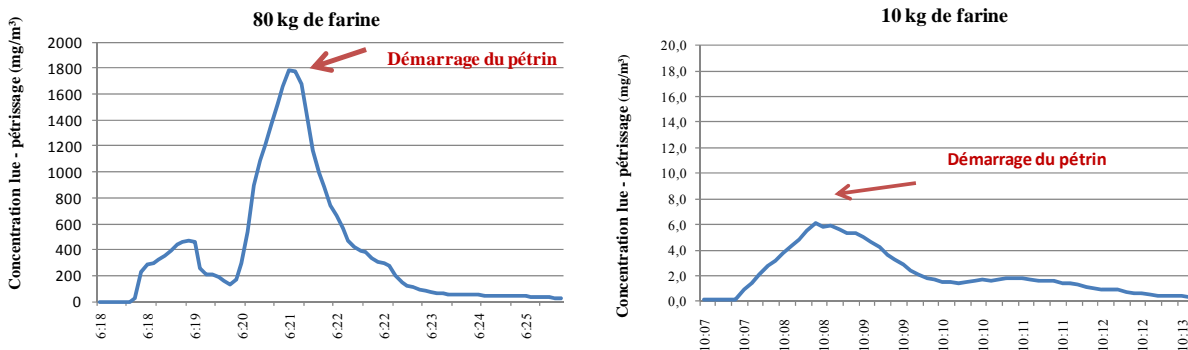
**Tableau 6.1-2 : Test de *t* apparié - Comparaison des concentrations selon le poste**

Fractions	Postes comparés	P ( $\alpha = 0,05$ )	T	Type de test	Rejet de $H_0$
<b>Hypothèse <math>H_0</math> : différence entre les valeurs = 0</b>					
Fi	Pétrin vs table	0,039	2,37	Paramétrique	Oui
Pt	Pétrin vs table	0,046	2,28	Paramétrique	Oui

Plus il y a une grande quantité de farine dans le pétrin, plus l'empoussièrement sera grand lors de son démarrage. À titre d'exemple, prenons les lectures qualitatives obtenues (arrondies) avec l'ILD dans deux boulangeries (figure 6.1-1) :

- une concentration maximale de 1 780 mg/m<sup>3</sup> obtenue lors de pétrissage de 80 kg de farine par rapport à
- une concentration maximale de 6,1 mg/m<sup>3</sup> lors de pétrissage de 10 kg de farine.

Le rapport entre leurs niveaux d'empoussièrement lors du démarrage, tels que lus par l'ILD, est estimé supérieur à 280. Dans ces deux boulangeries, il n'y a qu'un pétrin avec couvercle grillagé et l'ILD a été positionné à une distance équivalente de celui-ci.



**Figure 6.1-1 : Estimation de l'empoussièrement généré lors du démarrage du pétrin**

Les tâches d'un boulanger sont variées et certaines n'impliquent pas de manipulation de farine ou sont d'ordre administratif. D'après le calcul de la VE, effectué à l'aide de l'équation 4.3-b, l'exposition des boulangers pour les établissements visités semble inférieure à la valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP) recommandée dans l'Annexe I du RSST (PNCA : 10 mg/m<sup>3</sup>) si l'exposition mesurée en poste personnel au cours du quart de travail était identique aux concentrations mesurées en poste fixe. Normalement, les concentrations mesurées en zone respiratoire du boulanger seraient différentes de celles en poste fixe. Toutefois, Houba et coll. (1998a,b) rapportent que le risque de sensibilisation à la poussière de farine augmente si les niveaux sont supérieurs à 2 mg/m<sup>3</sup> en Fi, bien qu'il y ait prévalence chez les boulangers exposés à des niveaux de 1 mg/m<sup>3</sup>. Les VE calculées pour les postes fixes sont majoritairement

supérieures à ce dernier niveau. Seules les VE obtenues à l'établissement 4 (où les boulangers fleurissent peu et à cause de l'éloignement du poste table) ainsi qu'au poste table au niveau de la façonneuse (équipement peu utilisée) à l'établissement 2 sont inférieures à ce niveau.

## 6.2 Caractérisation des poussières – Granulométrie

Les histogrammes rapportés à l'annexe 2 illustrent les distributions granulométriques pour l'ensemble des postes. Les profils granulométriques, corrigés ou non, montrent la présence possible de deux modes : un formé de poussières plus grosses (entre 20 et 50  $\mu\text{m}$ ) et un autre de poussières plus fines (inférieur à 1  $\mu\text{m}$ ). Certaines granulométries résulteraient donc de la superposition de deux populations distinctes de particules. Le mode inférieur à 1  $\mu\text{m}$ , rattaché à une population supplémentaire de poussières plus fines ne semble pas être présent dans tous les établissements. Il a été observé dans les établissements utilisant de la farine enrichie ou de la farine tout usage, selon les informations recueillies auprès des boulangers (voir tableau 5.2-1). Ceci s'explique par le fait que les établissements utilisent des farines différentes de marques commerciales variées.

Malgré que les concentrations en fraction inhalable ( $F_{ih}$ ) aient varié entre la VMR et 14  $\text{mg}/\text{m}^3$  et que les concentrations de l'impacteur ( $Conc_i$ ) aient varié entre la VMR et 21  $\text{mg}/\text{m}^3$ , les profils granulométriques se ressemblent, sans être identiques, pour les particules plus grosses que 10  $\mu\text{m}$ . L'existence d'un profil granulométrique à peu près similaire pour les grosses particules est utile pour les hygiénistes du travail appelés à effectuer des expertises dans les boulangeries artisanales ou traditionnelles.

### 6.2.1 Profil granulométrique aux postes pétrin

Le MMAD médian calculé pour les postes pétrin, sauf ceux où les masses recueillies se situaient en-dessous des VMR, est de 23,2  $\mu\text{m}$  pour les profils corrigés. Les profils granulométriques corrigés de ces postes sont présentés à la figure 6.2-1. Les profils non-corrigés sont à l'annexe 5. Les profils granulométriques entre les différents postes de pétrin sont à peu près similaires avec un mode autour d'un diamètre aérodynamique de 20  $\mu\text{m}$ .

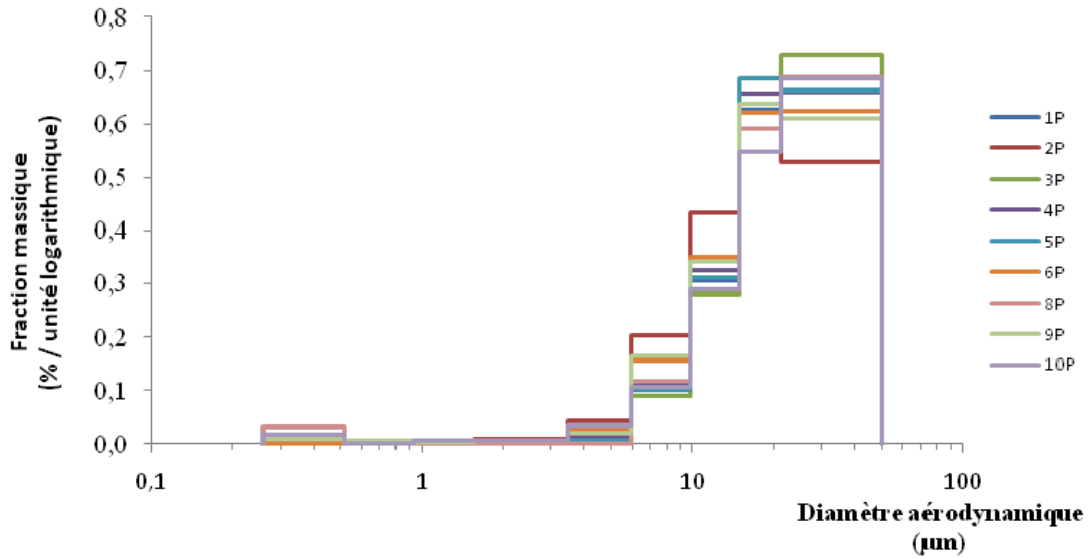


Figure 6.2-1 : Profil granulométrique au poste pétrin par établissement

### 6.2.2 Profil granulométrique aux postes table

Les profils granulométriques corrigés pour les postes table, dont les masses recueillies étaient significatives, sont présentés à la figure 6.2-2. On peut y remarquer une proportion plus importante de poussières plus petites lorsqu'on les compare aux histogrammes des postes pétrin. Le poste 2T2 a été éliminé pour des raisons explicitées plus bas. Les profils non-corrigés sont à l'annexe 5.

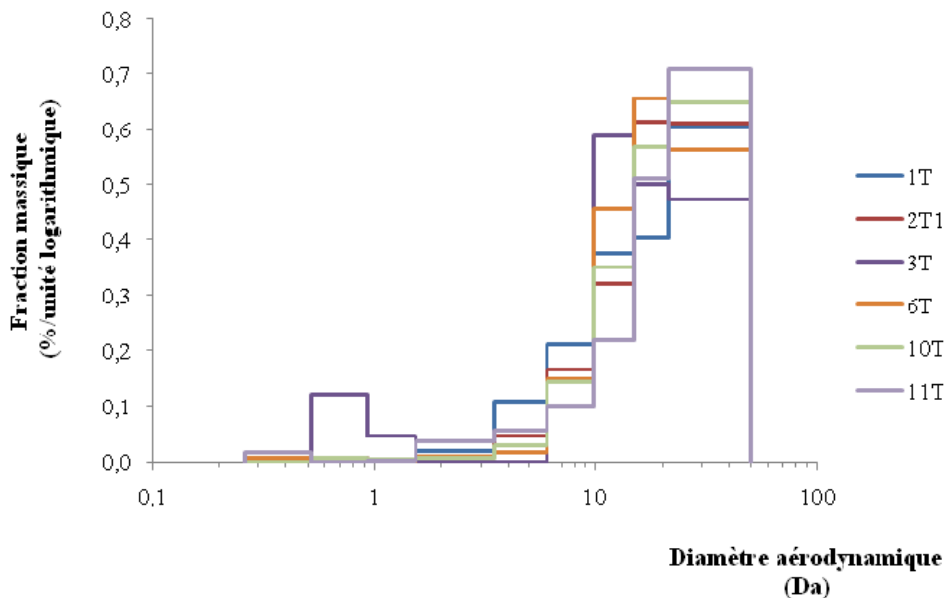
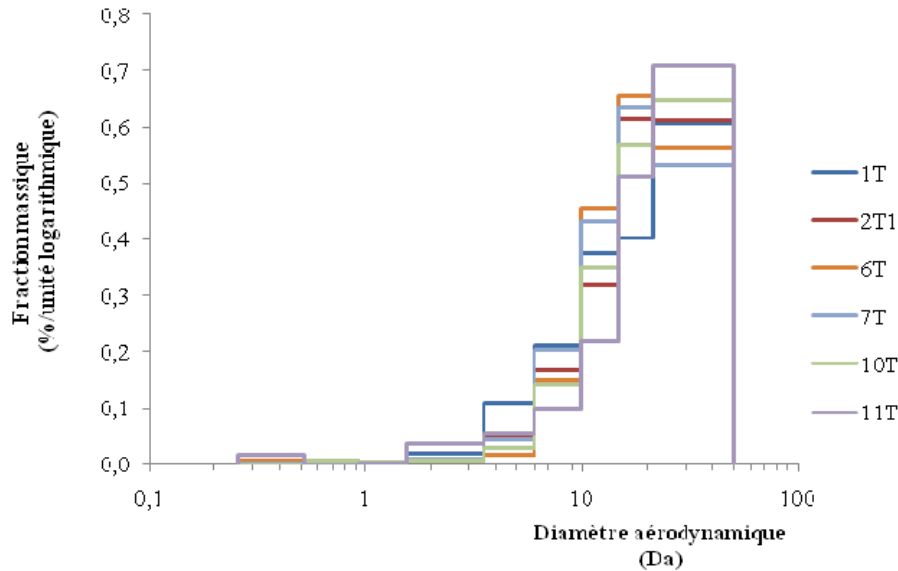


Figure 6.2-2 : Profil granulométrique au poste table par établissement

Les granulométries obtenues aux postes table présentent des profils plus ou moins variables, sauf pour l'établissement 3. Le profil différent à cet établissement semble être relié aux pratiques de travail des boulangers. En éliminant l'histogramme des profils granulométriques de cet établissement (figure 6.2-3), on obtient alors des profils plus similaires entre les établissements.



**Figure 6.2-3 : Profil granulométrique au poste table sans l'établissement 3**

La médiane des MMAD est de 22,3  $\mu\text{m}$  pour les profils corrigés aux postes table sans les résultats moins significatifs. On remarque une plus grande variabilité entre les masses recueillies sur chaque étage pour ces postes que pour les postes pétrin. La figure 5.4-1 montre cette variabilité dans les résultats pour les postes table. De plus, cette figure montre que les MMAD pour ces postes sont légèrement inférieurs par rapport à ceux des postes pétrin. Cette situation est normale à cause de la plus grande proportion de fines particules qu'on peut remarquer sur les histogrammes.

Un effet de la distance entre deux postes de prélèvement 2T1 et 2T2, situés à environ 1,5 m l'un de l'autre (voir tableau 5.4-3), a été mis en évidence pour l'établissement 2. Dans cet établissement, le boulanger travaille majoritairement à proximité du poste 2T1 alors que le poste 2T2 est situé près de la façonneuse mécanique qui est très peu utilisée. Les profils granulométriques de ces deux postes ont été isolés à la figure 6.2-4. On y constate des proportions plus importantes de particules plus fines au poste 2T2. Ceci s'explique par une réduction du nombre de plus grosses particules sous l'effet de la sédimentation et donc à un enrichissement en petites particules de l'aérosol ambiant. Cette réduction s'accroît en fonction de la distance du point d'émission situé près du poste 2T1.



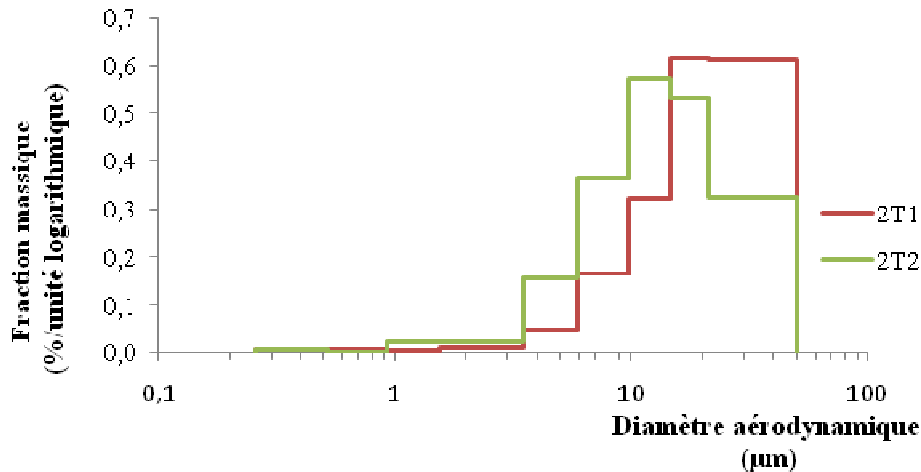


Figure 6.2-4 : Profil granulométrique à deux postes table de l'établissement 2

### 6.2.3 Instrument à lecture directe

Les résultats de granulométrie obtenus par l'ILD sont similaires aux profils granulométriques obtenus par les impacteurs Marple. En effet, le tableau 5.4-5 montre la présence d'un mode dans l'intervalle compris entre 10 et 20 µm de diamètre tout en tenant compte des limites instrumentales (section 4.1). 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.

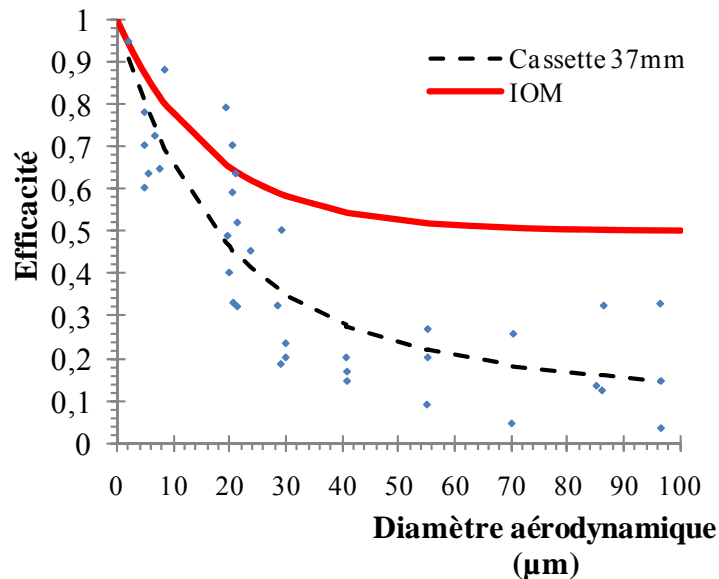
### 6.3 Relation entre $F_i$ , $F_{ii}$ et les poussières recueillies par l'impacteur

Les fractions inhalables ( $F_{ii}$ ) obtenues, en multipliant la courbe d'efficacité théorique d'un échantillonneur IOM avec les données des impacteurs, pour les postes table ne sont pas significativement différentes des  $F_i$  mesurées tandis que, pour les postes pétrin, elles le sont (voir tableau 5.4-4). Les  $F_{ii}$  ont donné cependant des résultats dont la médiane est légèrement inférieure à celle obtenue à partir des échantillonneurs IOM (tableau 5.4-4 et figure 5.4-3). Ceci peut être attribué au processus de correction qui ne corrigerait pas complètement pour les pertes.

En effet, les courbes de correction des impacteurs montrent des pertes plus élevées pour les grosses particules que pour les petites. Elles sont limitées aux diamètres inférieurs à 30 µm. Les profils granulométriques obtenus dans les boulangeries artisanales étudiées montrent qu'une proportion importante de la masse se situe dans cette zone. Toutefois, le fait de n'avoir aucune différence significative pour les postes table, où une proportion plus importante de petites particules existe, peut être indicatrice que le processus de correction est plus efficace pour ces dernières et moins lorsque des proportions plus importantes de grosses particules sont présentes. La différence peut aussi être attribuable à une surévaluation de la fraction inhalable par les échantillonneurs IOM.

La concentration de l'impacteur ( $Conc_i$ ) constitue une évaluation de la concentration réelle de particules présentes dans l'air ambiant. Les cassettes fermées prélèvent, elles aussi, avec plus ou moins d'efficacité cette concentration réelle et la fraction est dite par convention «poussières totales (Pt)». La médiane des résultats obtenus pour les  $Conc_i$  se situe nettement au-dessus de la médiane des Pt obtenues par les cassettes (figure 5.4-3).

Il est possible d'évaluer la poussière totale (Pti) qui serait prélevée théoriquement par des cassettes fermées en multipliant les données de l'impacteur avec la courbe d'efficacité des cassettes fermées comme cela a été fait pour la fraction inhalable (Fi). Une courbe approximative de l'efficacité d'une cassette, illustrée à la figure 6.3-1<sup>3</sup>, a été estimée pour les besoins de cette étude en confondant les efficacités mesurées par différents chercheurs dans différentes conditions (représentées par les points sur la figure).



**Figure 6.3-1 : Courbe d'efficacité confondue pour Pt comparée à celle de l'IOM**

Les résultats obtenus à l'aide de cette courbe théorique apparaissent aux tableaux A.6-1 (pour les concentrations non corrigées) et A.6-2 (pour les concentrations corrigées) de l'annexe 6.

Un ratio moyen se situant autour de 1,5 entre la Fii et la Pti recueillie par une cassette fermée a été établi en utilisant la courbe d'efficacité confondue approximative de la figure 6.3-1. Il correspond approximativement au ratio moyen de 1,6 établi à partir des prélèvements environnementaux dans les boulangeries (tableau 5.3-5). Rappelons qu'il a été établi à partir des granulométries obtenues pour les prélèvements de farine dans des boulangeries artisanales.

## 6.4 Limites de l'étude

Les conclusions du présent rapport concernent les boulangeries artisanales. Des extrapolations à d'autres milieux de travail utilisant ou fabriquant de la farine doivent être faites avec prudence.

<sup>3</sup> 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.

L'interprétation des résultats n'a pas tenu compte des types de farines qui, tel que démontré dans ce rapport, peuvent affecter les profils granulométriques de la poussière aéroportée. De plus, les résultats correspondent à des niveaux de concentration en poste fixe et non en poste personnel. Les VE ont été calculées pour les postes fixes et ne sont pas représentatives des expositions à des postes personnels; un écart important peut exister entre des prélèvements à ces deux postes à cause de la distance. De plus, les VE ont été calculées en supposant que les expositions soient nulles en dehors des périodes de prélèvement, ce qui est peu probable.

Plusieurs boulangeries de l'étude utilisent différentes farines et en quantités variables selon la journée de la semaine et de la demande. Les données de notre étude ne tiennent pas compte, de façon spécifique, de ces facteurs (sorte de farine et sa quantité utilisée), car les durées de prélèvements n'auraient pas été suffisantes pour l'estimation des niveaux des concentrations de poussière pour chaque farine utilisée.

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

## 6.5 Recommandations

La caractérisation des farines, aux points d'émission et en fonction de la distance, apporterait des connaissances sur les modifications du profil granulométrique. Les techniques de calcul à partir des données des impacteurs nécessitent plus de recherches en ce qui a trait à l'évaluation des pertes principalement celles pour les diamètres plus grands que 21 µm.

Une étude de ces postes en parallèle avec l'évaluation des expositions en poste personnel documenterait l'exposition des boulangers des boulangeries artisanales. De plus, la notion de pratique de travail pourrait être documentée spécifiquement de façon à démontrer l'évidence du lien qu'ont certaines pratiques par rapport à l'augmentation du risque. Rappelons que certaines études rapportent un risque plus élevé d'induire des problèmes respiratoires, dont l'asthme du boulanger en fonction du niveau des concentrations et de la durée d'exposition.

Enfin, des études sur les poussières de farine démontrent un potentiel de sensibilisation lorsque l'exposition est supérieure à 2 mg/m<sup>3</sup> en la fraction inhalable. Selon des études, la fraction inhalable corrèle mieux avec les effets toxicologiques que les poussières totales. Dans un contexte de consultation de la CSST, il serait donc d'intérêt qu'une nouvelle valeur de référence pour les poussières de farine soit exprimée en fraction inhalable en plus d'être abaissée.



## 7. CONCLUSION

Le faible écart entre les résultats des duplicatas de Fi, tant au pétrin qu'à la table, viennent compléter les données de validation analytique effectuée en laboratoire de la nouvelle méthode utilisant l'échantillonneur IOM en termes de précision, incluant la variabilité due à l'échantillonnage et aux manipulations terrain. Cela démontre que la nouvelle méthode de prélèvement et d'analyse est applicable de façon routinière en milieu de travail pour l'évaluation des poussières de fraction inhalable. Les VE calculées pour les postes fixes semblent inférieures aux valeurs de référence, mais se situaient toutes au-dessus des concentrations pouvant causer la sensibilisation pulmonaire, niveau rapporté dans la littérature consultée. Toutefois, ces VE ne peuvent pas être considérées représentatives des expositions en poste personnel.

Un ratio moyen se situant autour de 1,6 a été déterminé entre la fraction inhalable et la poussière totale. Ce ratio montrant que l'échantillonneur IOM puisse recueillir des concentrations plus élevées a été confirmé théoriquement à partir des données granulométriques des impacteurs. Les structures fines mesurées à l'aide des impacteurs de type Marple ont montré des profils à peu près similaires pour les postes pétrin avec un mode qui se situerait entre 20 et 50  $\mu\text{m}$  et un autre, au niveau sous-micronique ( $< 1 \mu\text{m}$ ), qui serait présent uniquement lorsque certaines farines sont utilisées. Des profils beaucoup plus variables que ceux des postes pétrin ont été observés pour les postes table avec des proportions plus importantes de particules fines. Ces profils granulométriques montrent aussi quelquefois la présence possible d'un mode sous-micronique. Certaines des déviations observées dans certains établissements peuvent s'expliquer par l'effet de la distance, des forces en jeu et des pratiques de travail. Un enrichissement en particules plus fines sur la granulométrie ambiante a été mis en évidence sur une distance de 1,5 m et attribué à la sédimentation.

Au regard de nos observations, les principaux facteurs de risque d'exposition dans une boulangerie artisanale sont :

- la quantité totale de farine utilisée;
- le type de farine;
- la quantité de farine par pétrissage;
- le nombre de pétrins en opération;
- le couvercle du pétrin;
- les pratiques de travail :
  - l'ajout de la farine dans l'eau,
  - vidange des sacs de farine,
  - la vitesse de démarrage du pétrin,
  - le fleurage de la farine,
  - le nettoyage de la farine déposée au sol à l'aide de balai et non par aspiration.



## BIBLIOGRAPHIE

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (ACGIH®). TLVs® and BELs® Book 2010. Cincinnati, OH, USA, 253p.

ALAOUI YAZIDI, Abdalhaq; A. Bakhatar; C.H. Laraqui; A. Mahmal; A. Moutawakil El Oudghiri; A. Lamriki; M Bartal. « Sensibilisation à la farine et aux pneumallergènes en boulangerie et pâtisserie à Casablanca ». Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique, 2001, Vol 41, n° 6, p. 555-564.

AMEILLE, Jacques; A. Larbanois; A. Descatha et O. Vandenplas. « Épidémiologie et étiologies de l'asthme professionnel ». Revue des Maladies Respiratoires, 2006, Vol 23, N°6, p. 726-740.

BAATJIES, Roslynn; Tim Meijster; Andreas Lopata; Ingrid Sander; Monika Raul-Heimsoth; Dick Heederik et Mohamed Jeebhay. « Exposure to flour Dust in south African Supermarket Bakeries: Modeling of Baseline Measurement of an Intervention Study ». Annals of Occupational Hygiene, 2010, Vol 54, No 3, p. 309-318. {En ligne} <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/54/3/309?maxtoshow=&hits=10&RESULTFORMA T=&fulltext=exposure+flour+dust+south+african+bakeries&searchid=1&FIRSTINDEX=0&resourcetype=HWCIT> (Juillet 2010)

BAUR, Xaver. « Baker's asthma: causes and prevention ». International Archives of Occupational and Environmental Health, 1999, Vol 92, No 8, p. 292-296.

BAUR, Xaver et A. Posch. « Characterized allergens causing bakers' asthma ». Allergy, 1998, Vol 53, no 6, p. 562-566.

BOHADANA, A.B.; N. Massin; P. Wild; M-N. Kolopp et J-P. Toamain. « Respiratory symptoms and airway responsiveness in apparently healthy workers exposed to flour dust ». European Respiratory Journal, 1994, Vol 7, No 6, p. 1070–1076.

BRETON, Christine. « Prévention des allergies respiratoires professionnelles en boulangerie-pâtisserie. « Le souffle des boulangers, un enjeu de santé au travail ». Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) Documents pour le Médecin du Travail N° 90TC87 2e trimestre 2002. {En ligne} [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/TC%2087/\\$file/tc87.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/TC%2087/$file/tc87.pdf) (Juillet 2010).

BRISMAN, Jonas. « Baker's asthma ». Occupational and Environmental Medicine, 2002, Vol 59, No 7, p. 498-502. {En ligne} <http://oem.bmj.com/content/59/7/498.extract> (Juillet 2010).

BRISMAN Jonas; Bengt Järholm et Linnéa Lillienberg. « Exposure-response relations for self reported asthma and rhinitis in bakers ». Occupational and Environmental Medicine, 2000, Vol 57, No 5, p. 335-40.

BRISMAN Jonas; Birgitta Meding et Bengt Järholm. « Occurrence of self reported hand eczema in Swedish bakers ». Occupational and Environmental Medicine, 1998, Vol 55, p 750–754. {En ligne} <http://oem.bmj.com/content/55/11/750.full.pdf> (Juillet 2010).

BULAT, Peter; Katrien Myny, Lutgart Braeckman; Marc Van Spundel; Edouard Kusters; Gert Doekes; Kerstin Pössel; Jos Droste et Michel VanHoorne. « Exposure to Inhalable Dust, Wheat Flour and  $\alpha$ -Amylase Allergens in Industrial and Traditional Bakeries ». The Annals of Occupational Hygiene, 2004, Vol 48, No 1, p. 57-63, {En ligne} <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/48/1/57> (Juillet 2010).

BURDORF, Alex; Linnéa Lillienberg et Jonas Brisman. « Characterization of Exposure to Inhalable Flour Dust in Swedish Bakeries ». The Annals of Occupational Hygiene, 1994, Vol 38, No 1, p. 67-78. {En ligne} <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/38/1/67> (Juillet 2010).

BURSTYN, Igor; Kay Teschke; Karen Bartlett et Susan M. Kennedy. « Determinants of wheat antigen and fungal alpha-amylase exposure in bakeries ». American Industrial Hygiene Association Journal, 1998, Vol 9, No 5, p. 313-20.

BURSTYN, Igor; Kay Teschke et Susan M. Kennedy. « Exposure Levels and Determinants of Inhalable Dust Exposure in Bakeries ». The Annals of Occupational Hygiene, 1997, Vol 41, No 6, p. 609-624. {En ligne} <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/41/6/609.pdf> (Juillet 2010).

CRÉPY, M.N. « Urticaire de contact d'origine professionnelle ». INRS Documet 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).

CULLINAM, Paul; Adrian Cook; Mark J. Nieuwenhuijsen; Colin Sandiford; Rosemary D. Tee; Katherine M. Venables; J. Corbett McDonald et Anthony J. Newman Taylor. « Allergen and dust exposure as determinants of work-related symptoms and sensitization in a cohort of flour-exposed workers; a case-control analysis ». The Annals of Occupational Hygiene, 2001, Vol 45, No 2, p. 97-103. {En ligne} <http://annhyg.oxfordjournals.org/cgi/reprint/45/2/97> (Juillet 2010).

CULLINAM, Paul; D. Lawson; Mark J. Nieuwenhuijsen; Collin Sandiford; Rosemary D. Tee; Katherine M. Venables; J. Corbett McDonald et Anthony J. Newman Taylor. « Work Related Symptoms, Sensitization, and Estimated Exposure in Workers not Previously Exposed to Flour ». Occupational and Environmental Medicine, 1994, Vol 51, p. 579-583. {En ligne} <http://oem.bmj.com/content/51/9/579.full.pdf> (Juillet 2010).

DE ZOTTI, Renata et Massimo Bovenzi. « Prospective study of work related respiratory symptoms in trainee bakers ». Occupational and Environmental Medicine, 2000, Vol 57, No 1, p. 58-61.

DE ZOTTI, Renata; F Larese; M Bovenzi; C Negro et S Molinari. « Allergic airway disease in Italian bakers and pastry Makers ». Occupational and Environmental Medicine, 1994, Vol 51, No 5, p. 548-552. {En ligne} <http://oem.bmj.com/content/51/8/548.full.pdf> (Juillet 2010).

DROSTE Jos; Paul Vermeire; Marc Van Sprundel; Peter Bulat; Lutgart Braeckman; Katrien Myny et Michel Vanhoorne. « Occupational exposure among bakery workers: Impact on the occurrence of work-related symptoms as compared with allergic characteristics ». Journal of Occupational and Environmental Medicine, 2005, Vol 47, No 5, p. 458-465.



EHRlich, Rodney et Ruth Prescott. « Baker's asthma with a predominant clinical response to rye flour ». *American Journal of Industrial Medicine*, 2005, Vol 48, No 2, p. 153-155.

ELMS, Joanne; Edward Robinson; H. Masson; S. Iqbal; Andrew Garrod et G.S. Evans. « Enzyme Exposure in the British Baking Industry ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 2006, Vol 50, No 4, p. 379-384.

ELMS, Joanne; Edward Robinson; Shamim Rahman et Andrew Garrod. « Exposure to Flour Dust in UK Bakeries: Current Use of Control Measures ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 2005, Vol 49, No 1, p. 85-91.

ELMS, Joanne; Paul Beckett; Peter Griffin; Paul Evans; Craig Sams; Martin Roff et Andrew D. Curran. « Job categories and their effect on exposure to fungal alpha-amylase and inhalable dust in the U.K. baking industry ». *American Industrial Hygiene Association Journal*, 2003, Vol 64, No 4, p. 467-71.

FAKHRI, J.I. « Causes of Hypersensitivity Reaction in Flour Mill Workers in Sudan ». *Occupational Medicine*, 1992, Vol 42, No 3, p. 149-154.

GAUTRIN Denyse; Heberto Ghezso; Claire Infante-Rivard et Jean-Luc Malo. « Incidence and Host Determinants of Work-Related Rhinoconjunctivitis in Apprentice Pastry-Makers ». *Allergy*, 2002, vol 57, p. 913-918.

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, février 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](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS2_1%2FS2_1R19_01.htm) (Août 2010).

HARRIS-ROBERTS, Joanne; Edward Robinson; Judith Waterhouse; Catherine G. Billing; Alison R. Protor; Micah Stocks-Greaves; Shamim Rahman; Gareth Evans; Andrew Garrod Andrew D. Curran et David Fishwick. « Sensitization to Wheat Flour and Enzymes and Associated Respiratory Symptoms in British Bakers ». *American Journal of Industrial Medicine*, 2009, Vol 52, No 2, p. 133-140.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). « Flour Dust – Risk Assessment Document EH72/11 ». 1999 HSE BOOKS.

HEEDERICK, Dick J.J. et Remko Houba. « An Exploratory Quantitative Risk Assessment for High Molecular Weight Sensitizers: Wheat Flour ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 2001, Vol 45, No 3, p. 175-185.

HOUBA, Remko; Dick Heederik et Gert Diekes. « Wheat Sensitization and Work-related Symptoms in the Baking Industry Are Preventable ». *American Journal Respiratory and Critical Care Medicine*, 1998a, Vol 58, No 5, p. 1499-1503.

HOUBA, Remko; Gert Diekes et Dick Heederik. « Occupational Respiratory Allergy in Bakery Workers: a Review of the Literature ». *American Journal of Industrial Medicine*, 1998b, Vol 34, No 6, p. 529-546.

HOUBA, Remko; Dick Heederik et Hans Kromhout. « Grouping Strategies for Exposure to Inhalable Dust, Wheat Allergens and  $\alpha$ -Amylase Allergens in Bakeries ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 1997a, Vol 41, No 3, p. 287-296.

HOUBA, Remko; Paula van Run; Gert Diekes, Dick Heederik et Jack Spithoven. « Airborne Levels of  $\alpha$ -Amylase Allergens in Bakeries ». *The Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 1997b, Vol 99, No 3, p. 286-292.

HOUBA, Remko; Heederick, Dick J.J.; Gert Diekes et Paula van Run. « Exposure-Sensitization Relationship for Alpha-Amylase Allergens in the Baking Industry ». *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 1996, Vol 154, No 1, p. 130-136.

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<sup>ième</sup> édition, 2005, 191 p.

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](http://www.dguv.de/ifa/en/gestis/limit_values/index.jsp) (Juillet 2010).

INSTITUT NATIONAL de la BOULANGERIE PÂTISSERIE (INBP). « Mieux connaître la farine – Spécial analyses ». *Nouvelles de la Boulangerie Pâtisserie Supplément technique N°85*, Société d'Édition et de Publication Les Talemeliers, 2005, 22p.

INSTITUT NATIONAL de RECHERCHE et de SÉCURITÉ pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS). « Allergie en milieu professionnel ». 2009 {En ligne} [http://www.inrs.fr/htm/allergies\\_en\\_milieu\\_professionnel.html](http://www.inrs.fr/htm/allergies_en_milieu_professionnel.html) (Juillet 2010).

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS). *Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France*, 2e Édition INRS 984, 2008. {En ligne} [http://en.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%20984/\\$File/ED984.pdf](http://en.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject-accesParReference/ED%20984/$File/ED984.pdf) (Juillet 2010)

JEFFREY, P.; Peter. Griffin; M. Gibson et Andrew D. Curran. « Small Bakeries — a Cross-Sectional Study of Respiratory Symptoms, Sensitization and Dust Exposure ». *Occupational Medicine*, 1999, Vol 49, No 4, p. 237-241.

KAKOOEI, H. et H. Marioryad. « Exposure to Inhalable Flour Dust and Respiratory Symptoms of Workers in a Flour Mill in Iran ». *Iranian Journal Environmental Health Science & Engineering*, 2005, Vol 2, No 1, p. 50-55.

KARPINSKI, Eva A. « Exposure to Inhalable Flour Dust in Canadian Flour Mills ». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 2003, Vol 18, No 12, p. 1022–1030.

LARAQUI, C.H.; Abdalhaq Alaoui Yazidi; A. Rahhali; C. Verger; A. Caubet; M. Ben Mallen et O. Laraqui. « Prévalence des symptômes respiratoires et de sensibilisation de type immédiat dans un échantillon de minotiers au Maroc ». *International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 2003, Vol 7, No 4, p. 382-389.

LILLIENBERG, Linnéa et J. Brisman Jonas. « Flour Dust in Bakeries-A Comparaison between Methods ». *Annals of Occupational Hygiene*, 1994, Vol. 38, Supplement 1, p 571-575.

LODGE Jr., J. P. et Chan, T. L. (Éditeur). *AIHA Monograph Series: Cascade Impactor Sampling & Data Analysis* AIHA, Fairfax, Va 1986.

MASSIN, N.; A. Bohadana; J.P. Toamain; P. Wild et M.N. Kolopp. « Salariés exposés aux poussières de farine dans les secteurs de la meunerie et de la boulangerie. Symptômes et épreuves fonctionnelles respiratoires ». *Institut National de recherche et de sécurité (INRS), Document pour le médecin du travail*, 1996, No 66 TF 65, p. 109-114.

MC DONALD, J.C.; H. Keynes, et S. Meredith. « Reported Incidence of Occupational Asthma in the United Kingdom, 1989-97 ». *Occupational and Environmental Medicine*, 2000, Vol 57, No 12, p. 823–829.

MEDING, Birgitta; K. Wrangsjö; Jonas Brisman et Bengt Järvholm. « Hand eczema in 45 bakers<sup>a</sup>a clinical study ». *Contact Dermatitis* 2003, Vol 48, No 1, p. 7–11. {En ligne} <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118876777/PDFSTART> (Juillet 2010).

MEIJSTER, Tim; Erik Tielemans; Jody Schinkel et Dick Heederick. « Evaluation of Peak Exposures in the Dutch Flour Processing Industry: Implications for Intervention Strategies ». *Annals of Occupational Hygiene*, 2008, Vol 52, No 7, p. 587-596.

MEIJSTER, Tim; Erik Tielemans; Nettie de Pater et Dick Heederick. « Modelling Exposure in Flour Processing Sectors in The Netherlands: a Baseline Measurement in the Context of an Intervention Program ». *Annals of Occupational Hygiene* 2007, Vol 51, No 3, p. 293-304.

MERGET Rolf; Ingrid Sander; Monika Raulf-Heimsoth et Xaver Baur. « Baker's Asthma due to Xylanase and Cellulase without Sensitization to Alpha-Amylase and only Weak Sensitization to Flour ». *International Archives of Allergy and Applied Immunology*, 2001, Vol 124, No 4, p. 502-505.

MORREN, Marie-Anne; Véronique Janssens; An Dooms-Goossens; Erna Van Hoyveld; Ann Cornelis; Christiane De Worf-Peeters et Annie Heremans. «  $\alpha$ -Amylase, a Flour Additive : an Important Cause of Protein Contact Dermatitis in Bakers ». *Journal of the American Academy of Dermatology*, 1993, vol 29, (1), no 5, p. 723-728.

MOUNIER-GEYSSANT, Estelle; Jean-François Barthélemy; Lory Mouchot; Christophe Paris et Denis Zmirou-Navier. « Exposure of Bakery and Pastry Apprentices to Airborne Flour Dust Using PM2.5 and PM10 Personal Samplers ». *BMC Public Health*. 2007, Vol 7, No311, 8p. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 2007, Vol 68, No 4, p. 333-348. {En ligne} <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2458-7-311.pdf> (Juillet 2010).

MUSK, A.W.; K M Venables; B Crook; A J Nunn; R Hawkins; G.D.W Crook; B J Graneek; R.D. Tee; N Farrer; D.A. Johnson; D.J. Gordon; J.H. Darbyshire et A.J. Taylor. « Respiratory symptoms, lung function, and sensitisation to flour in a British bakery ». *British Journal of Industrial Medicine* 1989, Vol 46, No 9, p. 636-642. {En ligne}

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1009839/pdf/brjindmed00137-0044.pdf> (Juillet 2010).

NIEUWENHUIJSEN, Mark J et Alex Burdorf. « Three centuries of research on baker's asthma: how close are we to prevention? ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 2001, Vol 45, No 2, p. 85–87.

NIEUWENHUIJSEN, Mark J.; Dick Heederik; Gert Doekes; Katherine M. Venables et Anthony J. Newman Taylor. « Exposure-Response Relations of Alpha-Amylase Sensitization in British Bakeries and Flour Mills ». *Occupational and Environmental Medicine*, 1999, Vol 56, No 3, p. 197-201. {En ligne} <http://oem.bmj.com/content/56/3/197.full.pdf> (Juillet 2010).

NIEUWENHUIJSEN, Mark J.; D. Lowson; Katherine M. Venables et Anthony J. Newman Taylor. « Correlation between Different Measures of Exposure in a Cohort of Bakery Workers and Flour Millers ». *Annals of Occupational Hygiene*, 1995a, Vol 39, No 3, p. 291-298.

NIEUWENHUIJSEN, Mark J.; Collin P. Sandiford; D. Lowson; Rosemary D. Tee; Katherine M. Venables et Anthony J. Newman Taylor. « Peak Exposure Concentrations of Dust and Flour Aeroallergen in Flour Mills and Bakeries ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 1995b, Vol 39, No 2, p. 193-201.

NIEUWENHUIJSEN, Mark J.; D. Lowson; Katherine M. Venables et Anthony J. Newman Taylor. « Flour dust exposure variability in flour mills and bakeries ». *The Annals of Occupational Hygiene*, 1995c, Vol 39, No 3, p. 299-305.

NIEUWENHUIJSEN, Mark J.; Collin P. Sandiford; D. Lowson; Rosemary D. Tee; Katherine M. Venables; J. Corbett McDonald et Anthony J. Newman Taylor. « Dust and flour aeroallergen exposure in flour mills and bakeries ». *Occupational and Environmental Medicine*, 1994, Vol 51, No 9, p. 584-588.

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](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992) (Septembre 2010).

PAGE, Elena H.; Chad H. Dowell; Charles A. Mueller et Raymond E Biagini. « Exposure to flour Dust and Sensitization among bakery Employees ». *American Journal of Industrial Medicine*, 2010, Vol. 53, p. 1225-1232.

PAGE, Elena H.; Chad H. Dowell; Charles A. Mueller et Raymond E Biagini. « Exposure to flour Dust and Sensitization among bakery Employees ». National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) HETA 2005-0248-3077, 2009.

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 IRSST R-231, 1999, 28p. {En ligne} <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-231.pdf> (septembre 2010).

ROSENBERG, N. « Allergie respiratoire du Boulanger ». Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) Documents pour le Médecin du Travail No 90TR29 2e trimestre, 2002. {En ligne} [http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/TR%2029/\\$file/tr29.pdf](http://www.inrs.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/intranetobject-accesparreference/TR%2029/$file/tr29.pdf) (Juillet 2010).

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

SANDER, Ingrid; R. Merget; P. O. Degens; N. Goldscheid; T. Brüning et M. Raulf-Heimsoth. « Comparison of Wheat and Rye Flour Skin Prick Test Solutions for Diagnosis of Baker's Asthma ». Allergy, 2004, Vol 59, No 1, p. 95–98. {En ligne} <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118767592/PDFSTART> (Juillet).

SMITH, T.A.; G. Parker and T. Hussain. « Respiratory Symptoms and Wheat Flour Exposure: a Study of Flour Millers ». Occupational Medicine, 2000, Vol 50, No 1, p. 25-29. {En ligne} <http://occm.oxfordjournals.org/cgi/reprint/50/1/25.pdf> (Juillet 2010).

SMITH, T.A. et J Patton. « Health Surveillance in Milling, Baking and Other Food, Manufacturing Operations — Five Years' Experience ». Occupational Medicine, 1999, Vol 49, No 3, p. 147-153. {En ligne} <http://occm.oxfordjournals.org/cgi/reprint/49/3/147.pdf> (Juillet 2010).

SMITH, T.A. et P. Wastell Smith. « Respiratory Symptoms and Sensitization in Bread and Cake Bakers ». Occupational Medicine, 1998, Vol 48, No 5, p. 321-328. {En ligne} <http://occm.oxfordjournals.org/cgi/reprint/48/5/321.pdf> (Juillet 2010).

SMITH, T.A.; K.P.S. Lumley et E.H.K. Hui. « Allergy to Flour and Fungal Amylase in Bakery Workers ». Occupational Medicine, 1997, Vol 47, No 1, p. 21-24. {En ligne} <http://occm.oxfordjournals.org/cgi/reprint/47/1/21.pdf> (Juillet 2010).

SMITH, T.A. et K.P.S. Lumley. « Work-Related Asthma in a Population Exposed to Grain, Flour and Other Ingredient Dusts ». Occupational Medicine, 1996, Vol 46, No 1, p. 37-40. {En ligne} <http://occm.oxfordjournals.org/cgi/reprint/46/1/37.pdf> (Juillet 2010).

VALDIVIESO R.; J. Subiza; J.L. Subiza ; M. Hinojosa; E.de Carlos et Subiza E. « Bakers' asthma caused by alpha amylase ». Annals of Allergy. 1994, Vol 73, No 4, p. 337-42.

VAN TONGEREN, M; K.S. Galea; J. Ticker; D. While; H. Kromhout et J.W. Cherrie. « Temporal trends of flour dust exposure in the United Kingdom, 1985-2003 ». Journal of Environmental Monitoring, 2009, Vol 11, No 8, p. 1492-1497.

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

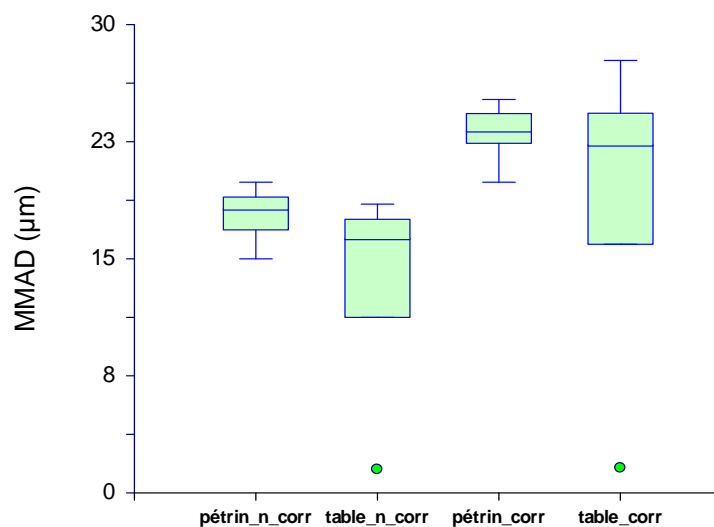
ZUSKIN, Eugenija; Bozica Kanceljak; E. Neil Schachter; Jasminka Godnic-Cvar; Jadranka Mustajbegovic; Antun Budak. « Respiratory function and immunological status in cocoa and flour processing workers ». *American Journal of Industrial Medicine*, 1998, Vol 33 No 1, p. 24-32. {En ligne} <http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/34482/PDFSTART> (Juillet 2010).

## ANNEXE 1 : DISTRIBUTION GRANULOMÉTRIQUE PAR ÉTABLISSEMENT ET PAR POSTE

Éta	Poste	Non corrigée		Corrigée	
		MMAD (µm)	ÉTG	MMAD (µm)	ÉTG
1	Pétrin	19,9 *	1,7	23,9 *	1,6
	Table	14,5	2,1	22,0	2,4
2	Pétrin	15,0 *	1,7	19,9 *	1,9
	Table	16,4 *	1,8	22,6 *	2,0
3	Pétrin	11,2	1,8	14,1	2,0
	Table	19,4	1,6	25,2	1,7
4	Pétrin	14,4 *	6,4	17,8 *	1,9
	Table	18,2	1,6	23,2	1,7
5	Pétrin	**	**	**	**
	Table	18,5	1,5	23,1	1,6
6	Pétrin	17,0	1,7	22,4	1,8
	Table	16,2	1,6	20,7	1,8
7	Pétrin	9,4 **	2,2	12,7 **	2,5
	Table	1,5	3,9	1,6	4,0
8	Pétrin	18,3	1,8	24,2	1,8
	Table	18,3	1,8	24,2	1,8
9	Pétrin	16,7 *	1,8	22,4	1,9
	Table	1,4 **	8,4	2,7 **	14,5
10	Pétrin	17,9 *	1,8	24,4	1,9
	Table	17,2	1,8	23,2	1,9
11	Pétrin	8,8 **	3,0	14,5 **	3,8
	Table	18,5 *	2,5	27,7	2,4

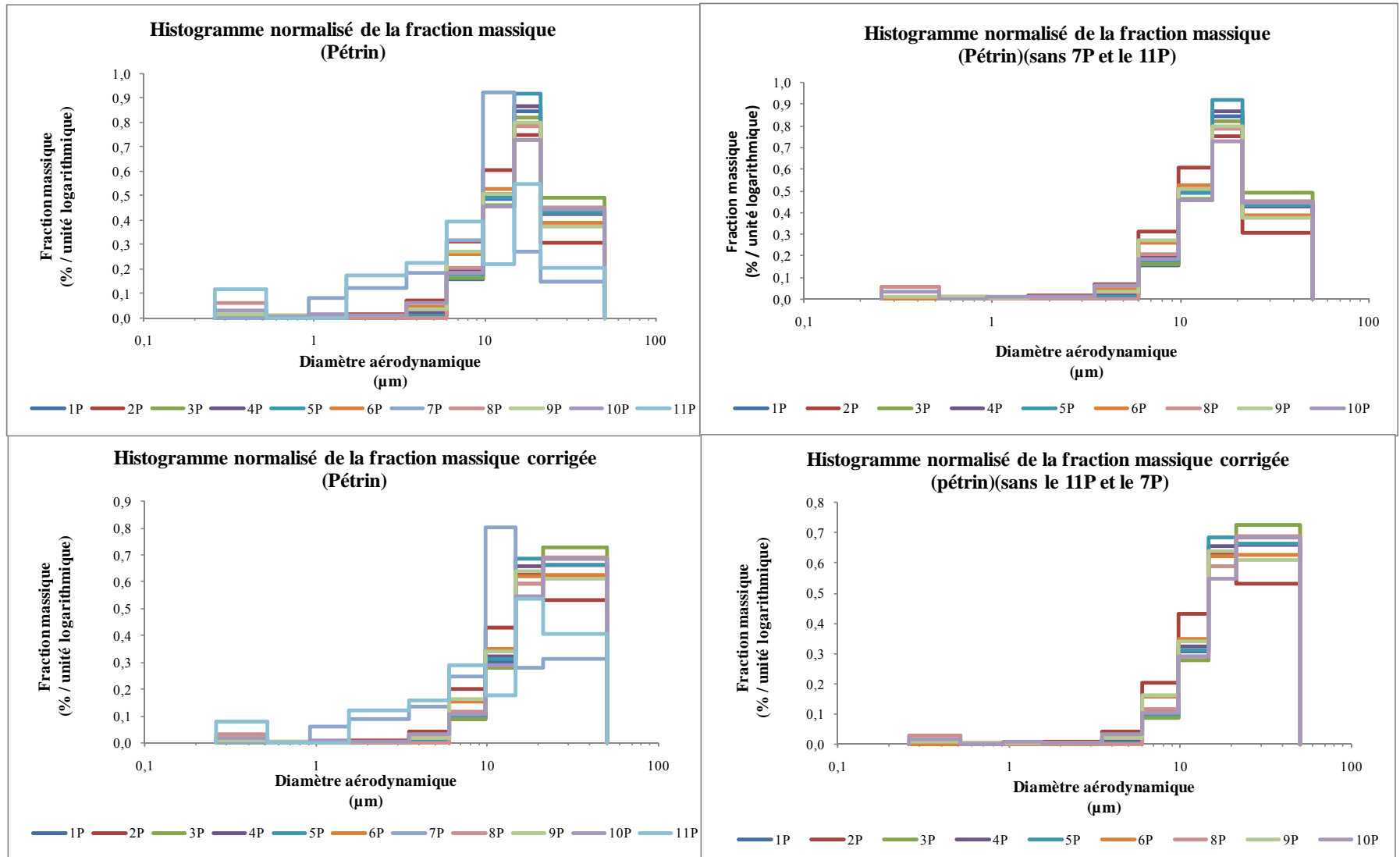
MMAD : Diamètre aérodynamique de la masse médiane.  
 \* : Deux modes de distribution possibles.

ÉTG : Écart-type géométrique.  
 \*\* : Inférieure ou égale à la VMR.

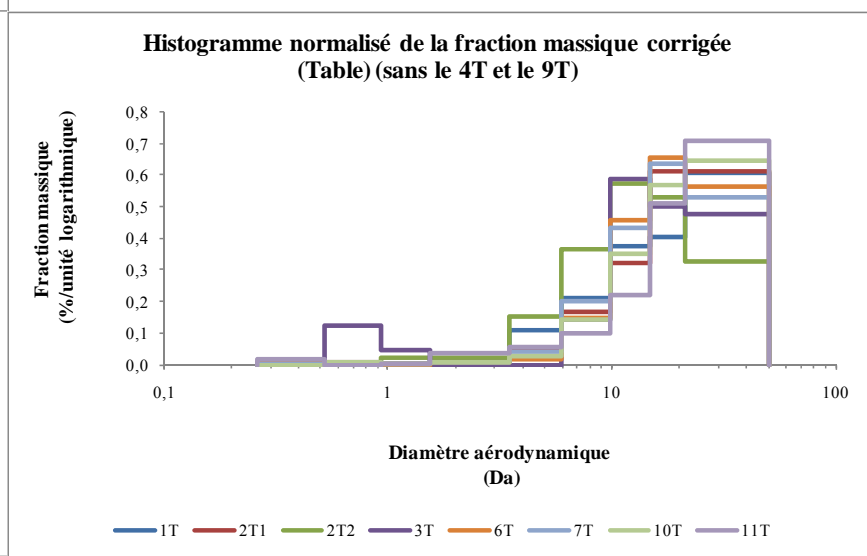
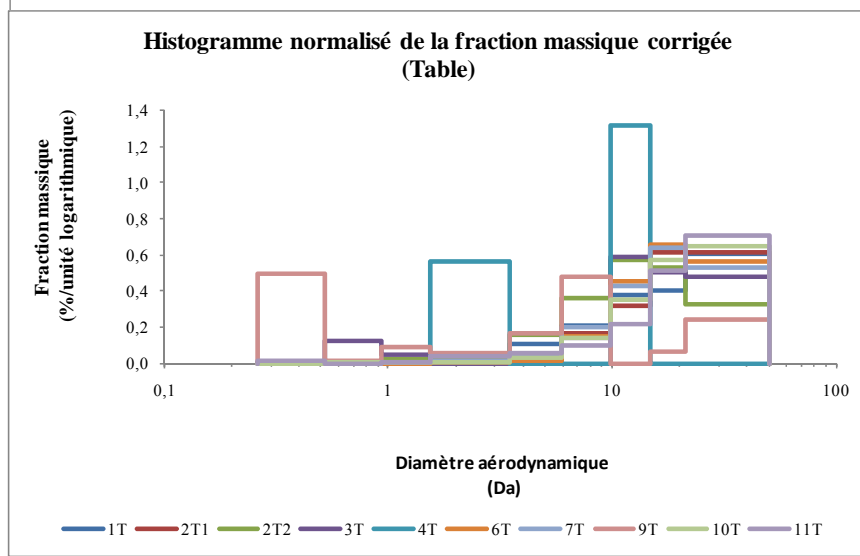
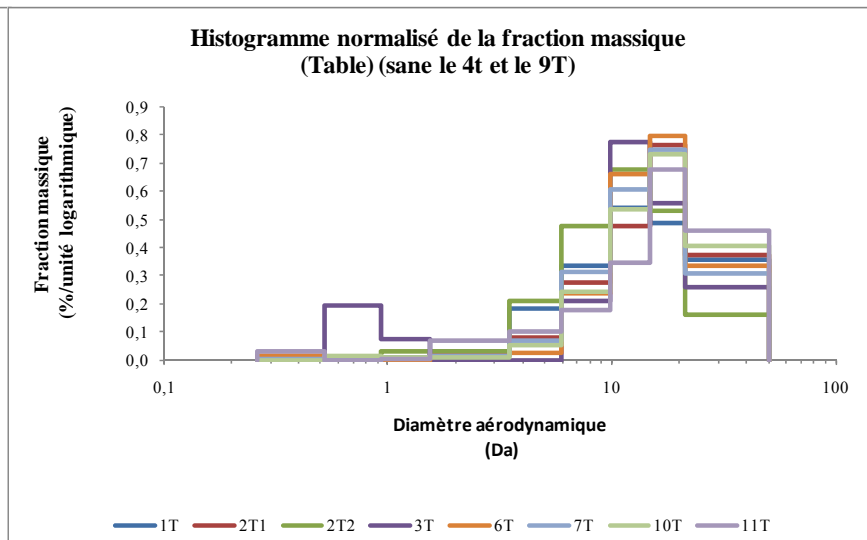
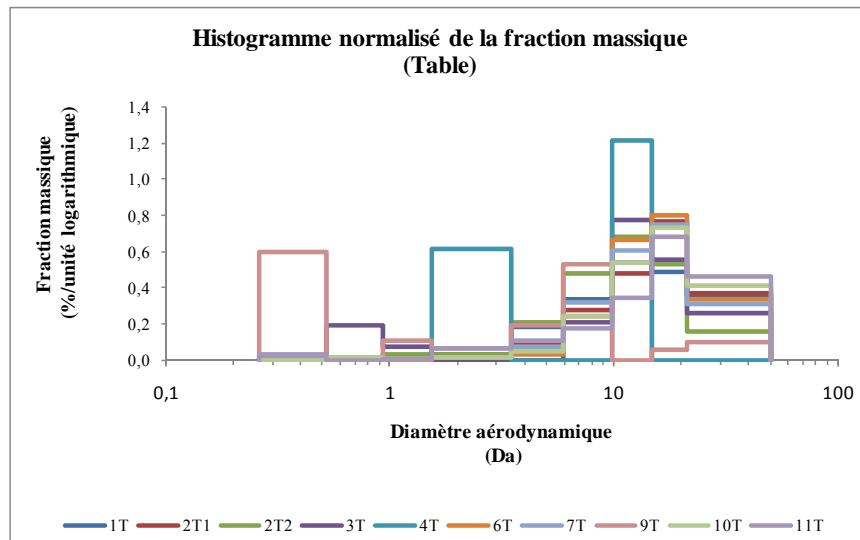


Boîtes à moustaches des résultats granulométriques corrigés et non-corrigés

## ANNEXE 2 : HISTOGRAMMES DES PROFILS GRANULOMÉTRIQUES PAR POSTE DE PRÉLÈVEMENT







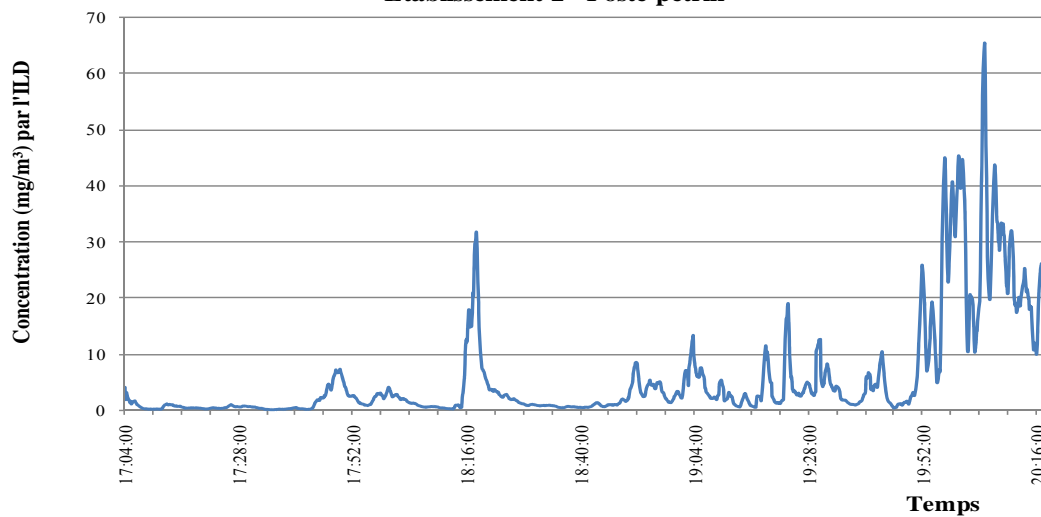
### ANNEXE 3 : CONCENTRATION CALCULÉE À PARTIR DES MASSES RECUEILLIES PAR L'IMPACTEUR

Éta	Poste	Concentration non corrigée (mg/m <sup>3</sup> )			Concentration corrigée (mg/m <sup>3</sup> )		
		Conc <sub>i</sub>	Fii	Fri	Conc <sub>i</sub>	Fii	Fri
1	Pétrin	3,0	2,0	0,1	5,8	3,7	0,1
	Table	0,8	0,6	0,1	1,4	0,9	0,1
2	Pétrin	4,9	3,4	0,2	8,4	5,5	0,2
	Table	3,9	2,7	0,2	7,1	4,6	0,2
	Façonneuse	1,1	0,8	0,1	1,6	1,2	0,1
3	Pétrin	10,2	6,7	0,1	20,6	12,8	0,1
	Table	4,5	3,3	0,7	7,2	5,0	0,7
4	Pétrin	2,7	1,8	0,0	5,1	3,2	0,0
	Table	*	*		*		
5	Pétrin	4,7	3,1	0,0	9,0	5,7	0,0
6	Pétrin	7,1	4,8	0,2	13,1	8,4	0,2
	Table	3,0	2,0	0,1	5,3	3,4	0,1
7	Pétrin	< 0,04 *	*	*	< 0,1 *	*	*
	Table	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4
8	Pétrin	2,5	1,6	0,1	4,7	3,0	0,1
9	Pétrin	11,3	7,7	0,5	20,6	13,3	0,5
	Table	< 0,4 *	< 0,4 *	< 0,3 *	< 0,5 *	< 0,4 *	< 0,3 *
10	Pétrin	9,9	6,7	0,6	19,0	12,1	0,6
	Table	2,7	6,7	0,1	5,1	3,3	0,1
11	Pétrin	< 0,5 *	< 0,4 *	< 0,1 *	< 0,7 *	< 0,5 *	< 0,1 *
	Table	3,4	2,3	0,3	6,6	4,2	0,3

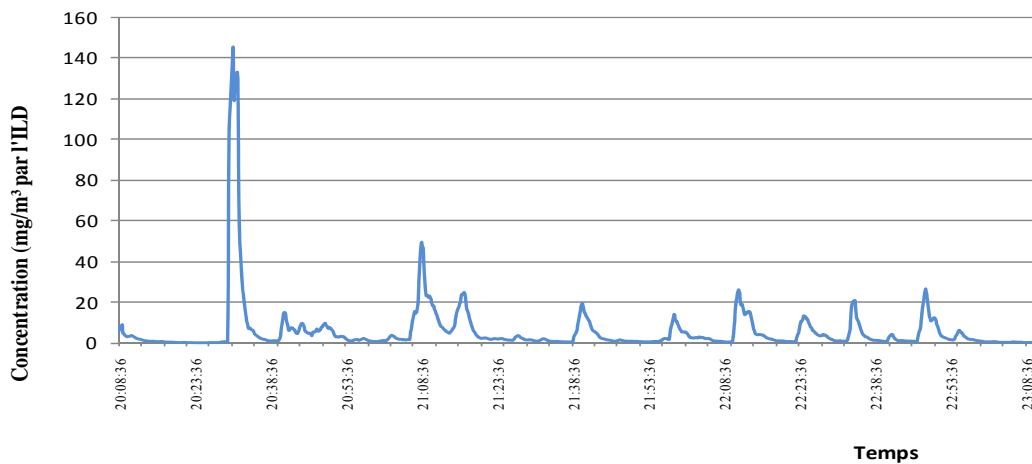
\* : Inférieure ou égale à la VMR.

## ANNEXE 4 : CONCENTRATION LUE PAR L'ILD PAR ÉTABLISSEMENT

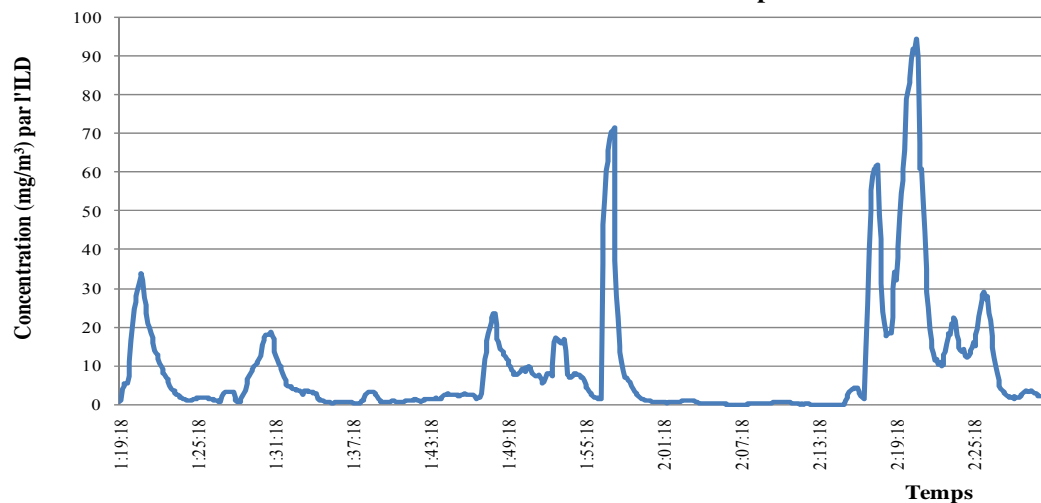
Établissement 2 - Poste pétrin

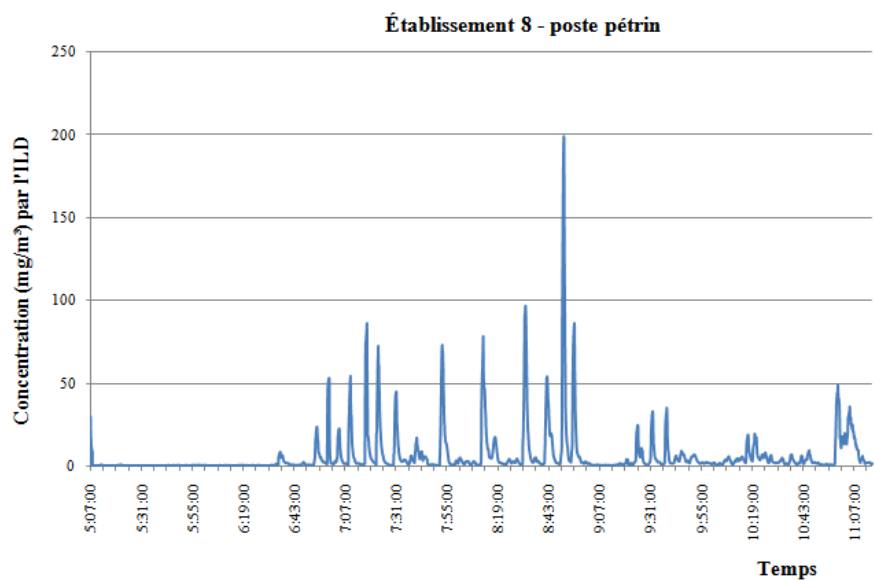
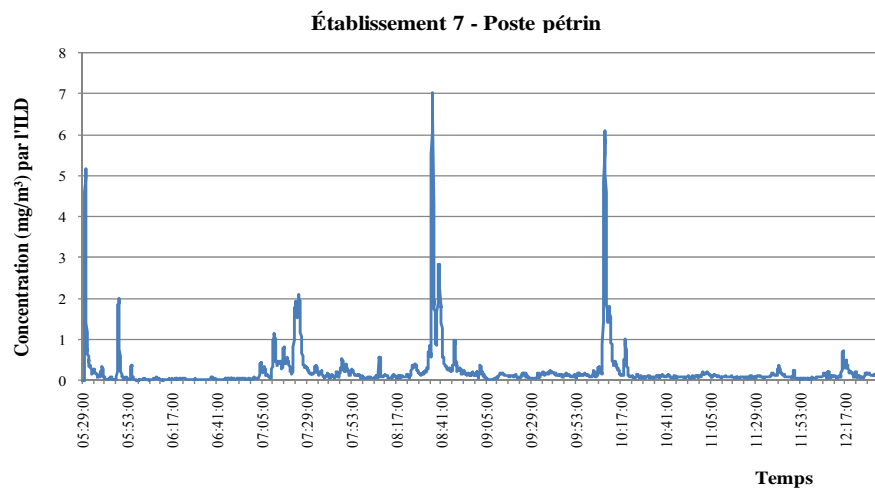
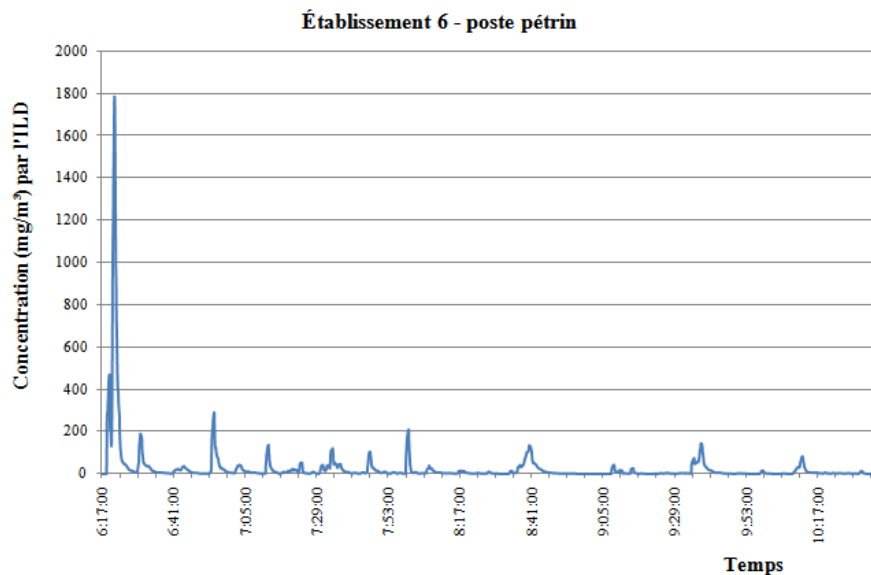


Établissement 3 - Poste pétrin

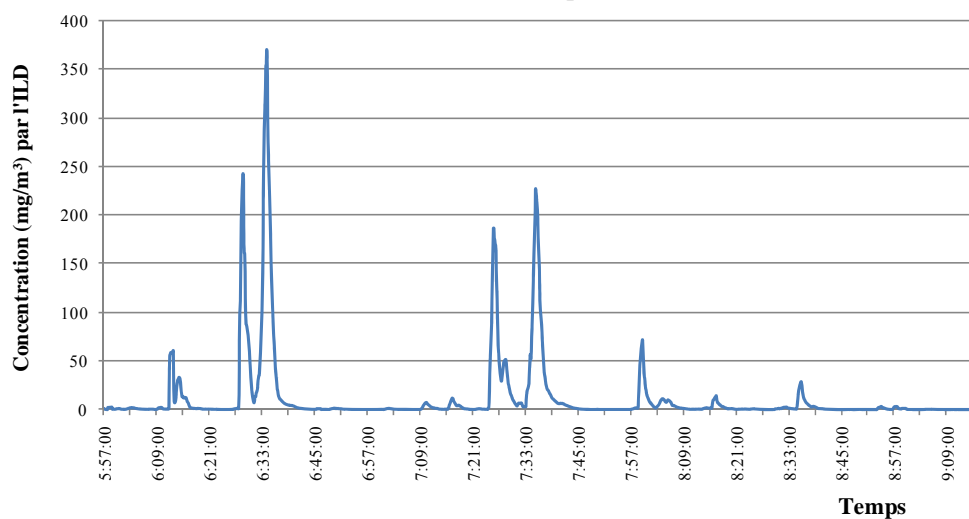


Établissement 5 - Poste pétrin

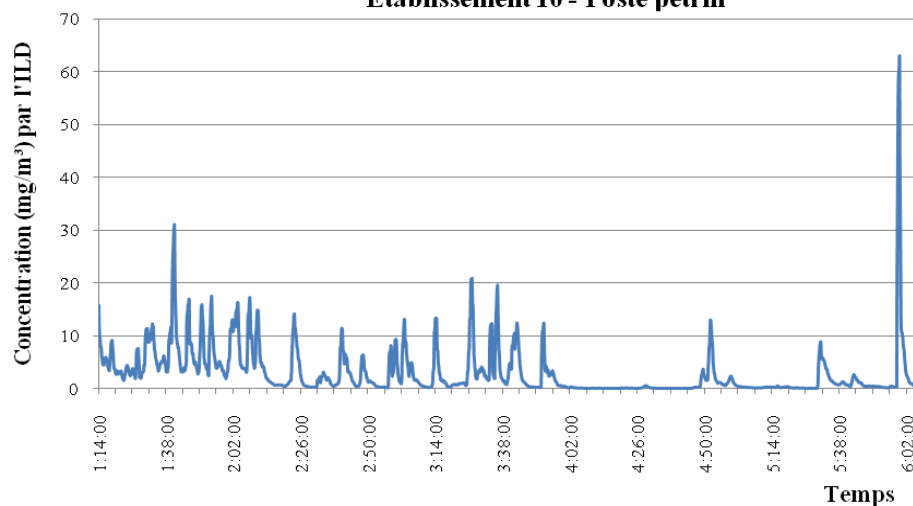




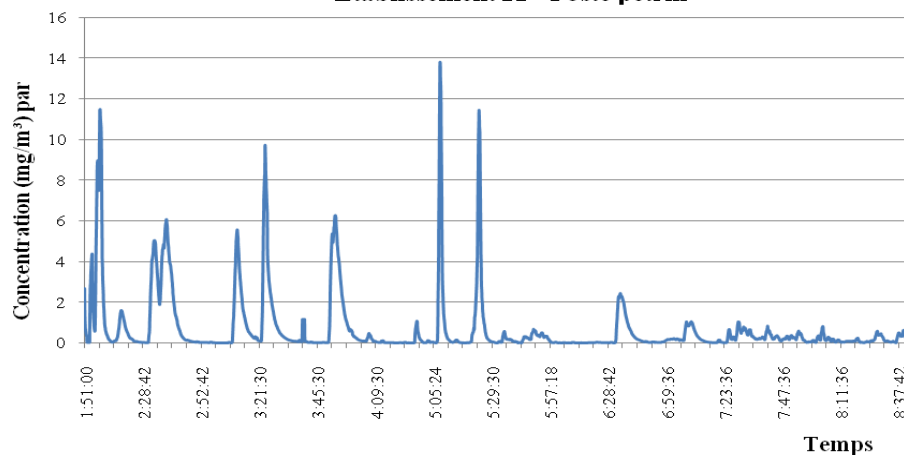
Établissement 9 - Poste pétrin



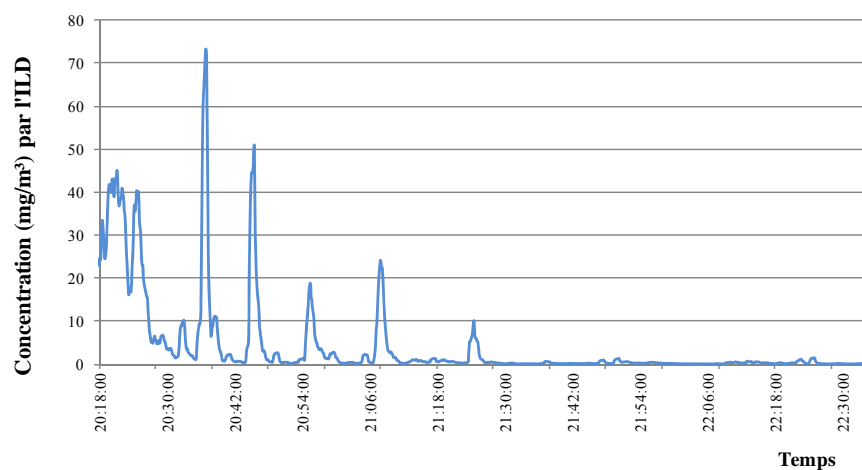
Établissement 10 - Poste pétrin



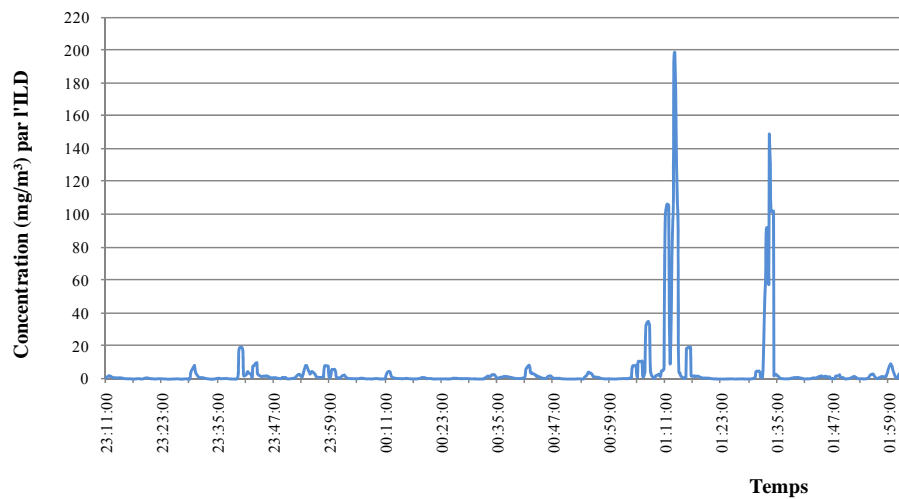
Établissement 11 - Poste pétrin



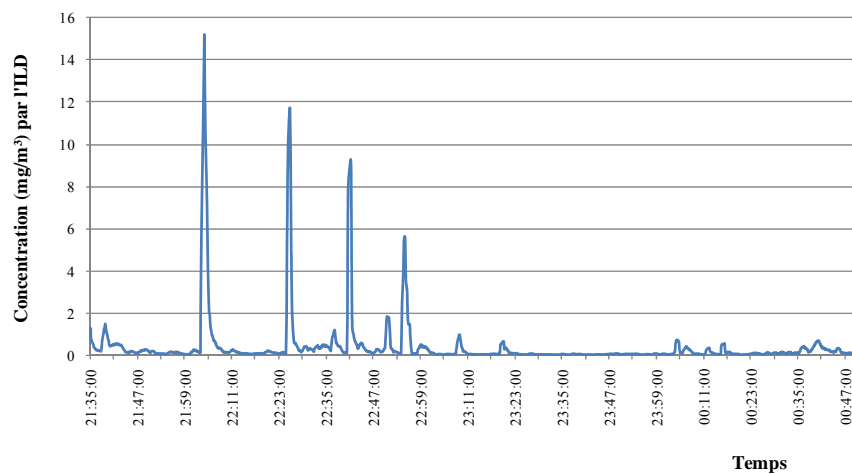
Établissement 2 - Poste table

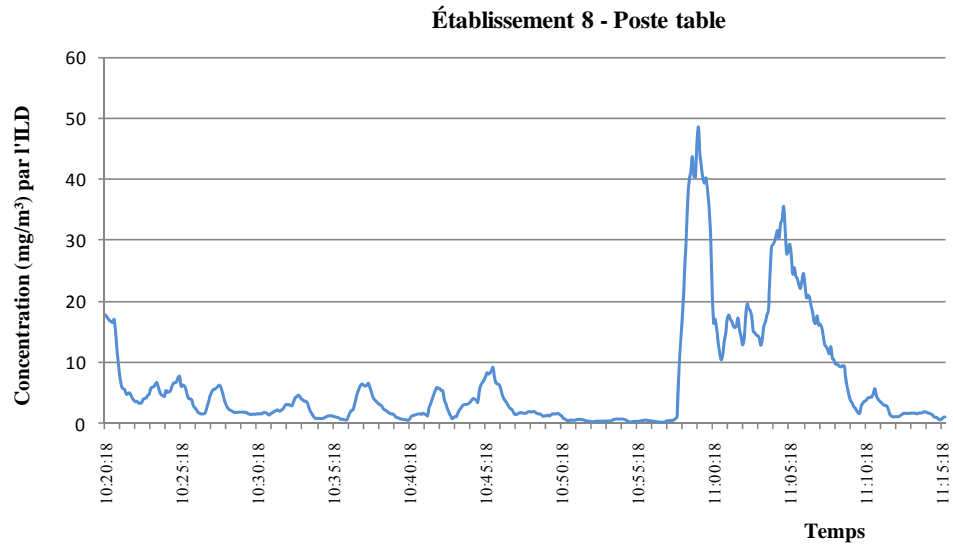


Établissement 3 - Poste table

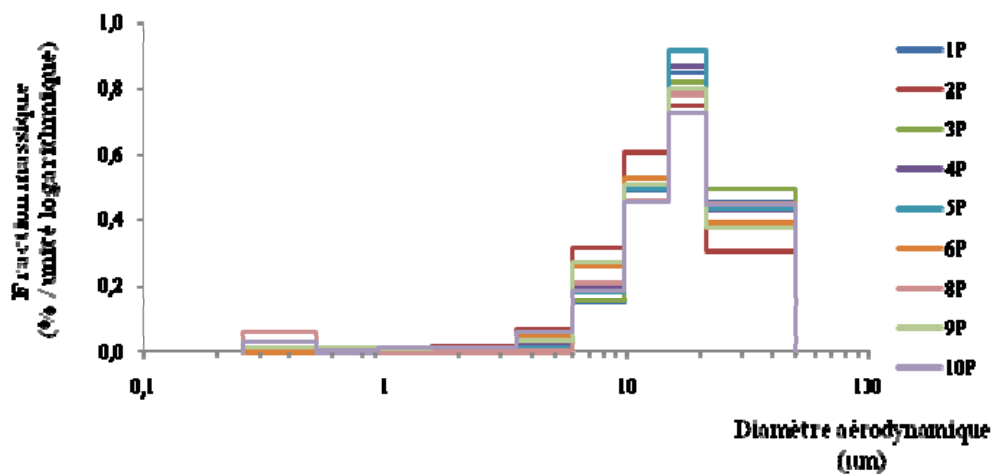


Établissement 4 - Poste table

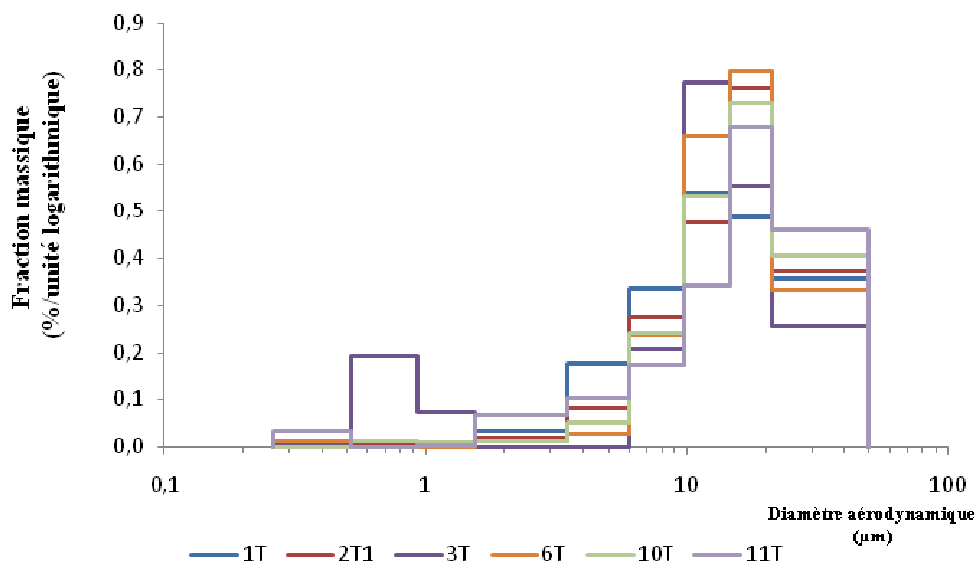




## ANNEXE 5 : PROFILS GRANULOMÉTRIQUES NON CORRIGÉS

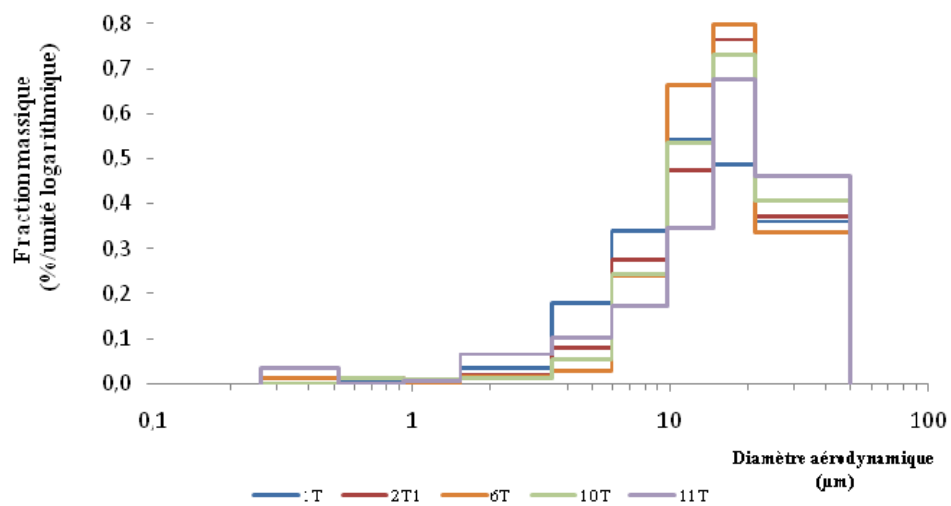


Profil granulométrique non corrigé au poste pétrin par établissement



Profil granulométrique non corrigé au poste table par établissement





**Profil granulométrique non-corrigé sans l'établissement 3**

## ANNEXE 6 : CONCENTRATIONS D'IMPACTEUR CALCULÉES À PARTIR DES CONCENTRATIONS NON CORRIGÉES ET CORRIGÉES ET RATIO DE LA FRACTION INHALABLE PAR LA POUSSIÈRE TOTALE

Tableau A.6-1 : Concentration non-corrigée (mg/m<sup>3</sup>)

Poste		Pétrin		Table		
Éta	Fii	Pti	Fii/Pti	Fii	Pti	Fii/Pti
1	2,0	1,4	<b>1,4</b>	0,6	0,4	<b>1,5</b>
2	3,4	2,6	<b>1,3</b>	2,7	2	<b>1,4</b>
				0,8	0,7	<b>1,1</b>
3	6,7	4,7	<b>1,4</b>	3,3	2,6	<b>1,3</b>
4	1,8	1,3	<b>1,4</b>			
5	3,1	2,2	<b>1,4</b>			
6	4,8	3,5	<b>1,4</b>	2	1,5	<b>1,3</b>
8	1,6	1,2	<b>1,3</b>			
9	7,7	5,7	<b>1,4</b>			
10	6,7	4,9	<b>1,4</b>	1,9	1,4	<b>1,4</b>
11				2,3	1,7	<b>1,4</b>
<b>Médiane :</b>			<b>1,4</b>	<b>Médiane :</b>		
				<b>1,3</b>		

Pti : Concentration de l'impacteur calculée en fonction de la courbe d'efficacité à partir des concentrations non corrigées.

Tableau A.6-2 : Concentration corrigée (mg/m<sup>3</sup>)

Poste		Pétrin		Table		
Éta	Fii	Pti	Fii/Pti <sub>i</sub>	Fii	Pti	Fii/Pti
1	3,7	2,4	<b>1,5</b>	0,9	0,7	<b>1,3</b>
2	5,5	3,9	<b>1,4</b>	4,6	3,2	<b>1,4</b>
				1,2	0,9	<b>1,3</b>
3	13	8,4	<b>1,5</b>	5	3,7	<b>1,4</b>
4	3,2	2,2	<b>1,5</b>			
5	5,7	3,8	<b>1,5</b>			
6	8,4	5,8	<b>1,4</b>	3,4	2,4	<b>1,4</b>
8	3,0	2,0	<b>1,5</b>			
9	13	9,2	<b>1,4</b>			
10	12	8,2	<b>1,5</b>	3,3	2,2	<b>1,5</b>
11				4,2	2,9	<b>1,4</b>
<b>Médiane :</b>			<b>1,5</b>	<b>Médiane :</b>		
				<b>1,4</b>		

Pti : Concentration de l'impacteur calculée en fonction de la courbe d'efficacité à partir des concentrations corrigées.