

## SANTÉ PUBLIQUE/PUBLIC HEALTH

## Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire des meuniers artisanaux de Lubumbashi (République démocratique du Congo)

## Exposure to cassava, corn and soybean dust and respiratory health among artisanal millers in Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo)

Léon Kabamba NGOMBE\*, Nlandu Roger NGATU, Kazadi Sha NGOMBE, Stanislas Wembonyama OKITOTSHO, Michel Nzaji KABAMBA, Jean-Baptiste Kakoma SAKATOLO, Oscar Luboya NUMBI

**RÉSUMÉ Objectifs.** Ce travail avait pour objectif de déterminer la prévalence des symptômes respiratoires, leurs déterminants, ainsi que l'état de la fonction respiratoire des meuniers exposés aux poussières de manioc, maïs et soja à Lubumbashi, en République démocratique du Congo (RDC), en comparaison avec un groupe des travailleurs non-exposés.

**Méthodes.** Une étude transversale descriptive et analytique a été menée en 2015 à laquelle ont pris part 288 meuniers et 118 agents (n = 406) d'une agence de sécurité (groupe contrôle) à Lubumbashi, en RDC. Les participants ont été examinés sur leur lieu de travail. Les informations obtenues concernant la santé respiratoire ont été recueillies sur la base d'un questionnaire standardisé. Une spirométrie a été réalisée chez chaque participant.

**Résultats.** L'âge moyen était de  $27,6 \pm 9$  années chez les meuniers et  $28,5 \pm 7$  chez les témoins. La durée journalière de travail était de  $12,1 \pm 1,7$  heures pour les meuniers contre  $14,4 \pm 6,2$  heures chez les témoins. Aucune différence significative n'a été trouvée en comparant les deux groupes. Cependant la prévalence des symptômes respiratoires était plus élevée chez les meuniers que chez le groupe contrôle, notamment pour les sifflements (1,9 fois plus), la sensation de gêne respiratoire (2,1 fois), l'essoufflement au repos (6 fois plus), l'essoufflement à l'effort (6,4 fois plus), la bronchite chronique (6,2 fois plus), la toux (5,3 fois plus) et la présence d'expectorations le matin (5,1 fois plus). Une association a donc été trouvée entre la profession meunière et tous les symptômes respiratoires. Les données spirométriques ont montré que le volume expiratoire maximal à la seconde (VEMS), le débit expiratoire de pointe (DEP) ( $p < 0,05$ ) et le rapport de Tiffeneau (VEMS/CVF) ( $p < 0,001$ ) étaient significativement réduits chez les meuniers comparés aux témoins.

**Conclusion.** Cette étude a montré une prévalence élevée des symptômes respiratoires avec atteinte de la fonction pulmonaire chez les meuniers de Lubumbashi et suggère la nécessité de mettre en place des mesures préventives devant réduire l'exposition dans les meuneries.

**Mot clés :** Exposition aux poussières, Meuniers, Santé respiratoire, Spirométrie, Lubumbashi, République démocratique du Congo, Afrique subsaharienne

**ABSTRACT Objectives.** The aim of this study was to determine the prevalence of respiratory symptoms, their determinants, and the state of respiratory function in millers exposed to cassava, maize, and soybean dust in Lubumbashi, Democratic Republic of Congo (DRC), compared with a group of unexposed workers.

**Methods.** A descriptive and analytical cross-sectional study was conducted in 2015 on 288 millers and 118 agents (n = 406) from a security agency (control group) in Lubumbashi, DRC. Participants were examined at their place of work. Respiratory health information was collected using a standardized questionnaire. Spirometry was performed on each participant.

**Results.** Mean age was  $27.6 \pm 9$  years in millers and  $28.5 \pm 7$  years in controls. Daily working hours were  $12.1 \pm 1.7$  hours for millers and  $14.4 \pm 6.2$  hours for controls. No significant differences were found when comparing the two groups. However, the prevalence of respiratory symptoms was higher in the millers than in the controls, especially wheezing (1.9 times higher), dyspnea (2.1 times higher), breathlessness at rest (6 times higher), breathlessness on exertion (6.4 times higher), chronic bronchitis (6.2 times higher), cough (5.3 times higher) and morning sputum (5.1 times higher). Thus, an association was found between the milling occupation and all respiratory symptoms. Spirometric data showed that forced expiratory volume in one second (FEV1), peak expiratory flow (PEF) ( $p < 0.05$ ) and Tiffeneau ratio (FEV1/FVC) ( $p < 0.001$ ) were significantly reduced in millers compared to controls.

**Conclusions.** This study showed a high prevalence of respiratory symptoms with impaired lung function among millers in Lubumbashi, suggesting the need for preventive measures to reduce exposure in mills.

**Key words:** Dust exposure, Millers, Respiratory health, Spirometry, Lubumbashi, Democratic Republic of Congo, Sub-Saharan Africa

## Introduction

Les effets respiratoires des poussières des farines et d'autres variétés de poussières chez les sujets exposés, du fait de leur travail, dans les petites et grandes industries de meunerie sont connus de longue date [3,35]. Les maladies respiratoires provoquées par les poussières environnementales sont influencées par le type des poussières et la durée d'exposition [22]. Plusieurs rapports scientifiques suggèrent que le manque de moyens de protection contre les poussières en milieu agricole peut conduire à la fibrose pulmonaire [12,32,33]. Les poussières produites par les manipulations des grains de céréales peuvent contenir les produits suivants: des fragments de céréales (friction entre les grains, résidus de broyage, enveloppes des grains, etc.), des pollens, des bactéries (endotoxines), des champignons (mycélium, spores, toxines), des insectes et invertébrés (insectes des céréales, mites), des débris provenant de mammifères et d'oiseaux (poils, plumes, excréments), des poussières minérales (silice, etc.), des pesticides [13]. Toutes ces poussières varient suivant le type de grains, les conditions d'entreposage, les conditions de température et d'humidité.

D'autre part, les grandes quantités de poussières retrouvées dans l'air ambiant dans les meuneries artisanales sont dues entre autres à la vétusté des matériels, aux manipulations des céréales, particulièrement lors du transport, au déversement des grains dans les machines, pendant le processus de leur broyage et de l'ensachage des farines (Fig. 1, 2, 3 et 4). Cependant, il est connu que l'exposition aux poussières dans l'environnement professionnel peut être réduite ou éliminée par l'amélioration des matériels de transformation, les systèmes de ventilation, les bonnes conditions du travail et l'usage des matériels de protection individuelle [10]. L'exposition aux poussières organiques et aux endotoxines causent différentes pathologies respiratoires (asthme, alvéolite, bronchites chroniques, pneumopathies toxiques) [11,14,19,25], ainsi que des défaillances aiguës ou chroniques de la fonction respiratoire [31,34,37,38].

Les farines de manioc et de maïs figurent parmi les aliments de base tant en République démocratique du Congo (RDC) que dans les autres pays de la région de l'Afrique centrale. Ainsi, la meunerie est devenue en RDC une activité économique répandue et lucrative. Toutefois, elle n'est pas réglementée et comporte un certain nombre de risques de santé. Elle se pratique généralement dans un espace clos, non aéré et sans usage de moyens de protection contre les poussières, les

## Introduction

The respiratory effects of flour dust and other dust on individuals occupationally exposed in small and large milling industries have long been recognized [3,35]. Respiratory diseases caused by environmental dust are influenced by the type of dust and the duration of exposure [22]. Several scientific reports suggest that lack of dust protection in agricultural environments can lead to pulmonary fibrosis [12,32,33].

Dust generated by grain handling may contain the following products: grain fragments (friction between grains, grinding debris, husks, etc.), pollen, bacteria (endotoxins), fungi (mycelium, spores, toxins), insects and invertebrates (grain insects, moths), mammalian and bird remains (hair, feathers, droppings), mineral dust (silica, etc.), pesticides [13]. Dust vary according to the type of grain, storage conditions, temperature and humidity.

On the other hand, the large amounts of dust found in the ambient air of artisanal mills are due, among other things, to outdated equipment, grain handling (especially during transport), grain spillage into machinery, the milling process, and flour bagging (Fig. 1, 2, 3 and 4). However, it is known that dust exposure in the working environment can be reduced or eliminated by improving processing equipment, ventilation systems, good working conditions and the use of personal protective equipment [10].

Exposure to organic dust and endotoxins causes various respiratory pathologies (asthma, alveolitis, chronic bronchitis, toxic pneumonitis) [11,14,19,25] and acute or chronic respiratory failure [31,34,37,38].

Cassava and maize flour are staple foods in the Democratic Republic of Congo (DRC) and other countries in the Central African region. As a result, milling has become a widespread and lucrative economic activity in the DRC. However, it is unregulated and poses a number of health risks. Milling typically takes place in enclosed, unventilated spaces with no means of protection from dust, mill vibrations, or combustion engine exhaust.

Respiratory symptoms and disorders among millers have been reported in the literature, but to our knowledge, no scientific study has been conducted or published on the respiratory status of millers in the DRC or Central Africa. The objective of this work was to determine the prevalence of respiratory symptoms and their determinants among artisanal millers exposed

Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire des meuniers artisanaux de Lubumbashi (République démocratique du Congo)  
Exposure to cassava, corn and soybean dust and respiratory health among artisanal millers in Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo)

Figure 1 : Matériels vétustes dans une meunerie artisanale (à suivre)  
Figure 1: Outdated equipment in an artisanal mill (to be continued)



Figure 1 : Matériels vétustes dans une meunerie artisanale (suite)  
Figure 1: Outdated equipment in an artisanal mill (continued)



Commentaires : Présentation des équipements vétustes et du milieu de travail des meuniers artisanaux congolais qui ne répondent pas aux exigences de la santé au travail. On observe aussi beaucoup des poussières des céréales partout.

Comments: Presentation of outdated equipment and working environment of Congolese artisanal millers, which do not meet occupational health requirements. There's also a lot of grain dust everywhere.

Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire des meuniers artisanaux de Lubumbashi (République démocratique du Congo)  
Exposure to cassava, corn and soybean dust and respiratory health among artisanal millers in Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo)

Figure 2 : Moulins à manioc  
Figure 2: Cassava milling machines



Figure 3 : Vue de face de l'entrée d'une meunerie artisanale  
Figure 3: Front view of artisanal flour mill entrance



Commentaires : Pas de fenêtres d'aération, les céréales sont mis dans des bidons coupés.  
Comments: No ventilation windows, cereals are put into cut cans.

Figure 4 : Moulins pour soja  
Figure 4: Soybean milling machines



Commentaires : Moulin à soja. Matériel vétuste, beaucoup des poussières de soja dans la pièce qui n'est pas aérée.  
Comments: Soybean milling machines. Outdated equipment, lots of soy dust in the unventilated room.

vibrations du moulin ou les gaz d'échappement des moteurs thermiques.

La littérature révèle les symptômes et troubles respiratoires chez les meuniers, mais, à notre connaissance, aucune étude scientifique explorant leur état respiratoire n'a été menée ou publiée en RDC ou en Afrique centrale. Le but de ce travail était de déterminer la prévalence des symptômes respiratoires et leurs déterminants chez les meuniers artisanaux exposés aux poussières de manioc, maïs et soja dans la ville de Lubumbashi, province du Katanga, en RDC.

## Matériels et méthodes

### Type d'étude, cadre et échantillon d'étude

Une étude transversale à visée analytique a été menée en 2015 sur une période de trois mois, allant du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet 2015 dans les sept communes de la ville de Lubumbashi, province du Katanga.

La population d'étude était des meuniers artisanaux (groupe des exposés) et des agents d'une société locale de gardiennage (groupe témoin) travaillant dans les mêmes quartiers que les meuniers artisanaux, dans la ville de Lubumbashi [28]. En l'absence de service de médecine du travail, le recrutement des enquêtés a été fait sur leurs lieux de travail respectifs. Un total de 510 meuneries artisanales a été identifié dans les 7 communes de la ville de Lubumbashi (chaque commune a été considérée comme un site) grâce à l'appui des chefs des quartiers et des représentants des meuniers. Seules 390 meuneries artisanales étaient opérationnelles pendant la période de notre étude. La taille de l'échantillon était fonction du nombre de meuniers que nous avons trouvé sur le lieu de service, tous les jours impairs de la semaine, et recensés à partir des listes élaborées par les chefs de quartiers ou les représentants des meuniers artisanaux. Nous avons procédé à un échantillonnage exhaustif de tous les meuniers de la ville de Lubumbashi. Au total, 350 meuniers artisanaux dont l'ancienneté dans le métier était supérieure à 6 mois ont été recrutés dans cette étude (dont 2 femmes) ; parmi eux, 288 remplissant les critères d'inclusion (présence sur le lieu de travail le jour du recrutement, consentement éclairé et participation volontaire) ont été sélectionnés pour prendre part à l'enquête. Chaque meunier a reçu une fiche d'enquête anonyme qui a également servi à consigner les données de l'examen clinique.

Le groupe témoin comportait 125 agents de

to cassava, maize and soybean dust in the city of Lubumbashi, Katanga Province, DRC.

## Materials and methods

### Study type, setting and sample

A cross-sectional study with analytical objectives was conducted in 2015 in the seven communes of the city of Lubumbashi, Katanga Province, over a period of three months, from May 1 to July 31, 2015.

The study population consisted of artisanal millers (exposed group) and agents of a local security company (control group) working in the same neighborhoods as the artisanal millers in the city of Lubumbashi [28]. In the absence of an occupational health service, respondents were recruited at their respective workplaces. A total of 510 artisanal mills were identified in the 7 communes of the city of Lubumbashi (each commune was considered a site) thanks to the support of neighborhood chiefs and miller representatives. Only 390 artisanal mills were operational during the study period. The sample size was based on the number of millers found at the site on each odd day of the week, counted from lists prepared by the neighborhood chiefs or representatives of the artisanal millers. We took an exhaustive sample of all millers in the city of Lubumbashi. A total of 350 artisanal millers with more than 6 months of experience in the trade were recruited for the study (including 2 women); of these, 288 who met the inclusion criteria (presence in the workplace on the day of recruitment, informed consent, and voluntary participation) were selected to participate in the survey. Each miller received an anonymous survey form, which was also used to record clinical examination data.

The control group consisted of 125 carefully recruited security guards with more than six months of service and a socioeconomic level similar to that of the artisanal millers. Seven controls did not agree to participate in the study and were excluded.

sécurité recrutés de manière exhaustive, avec plus de six mois d'ancienneté et un niveau socio-économique similaire à celui des meuniers artisanaux. Sept témoins n'ont pas accepté de prendre part à cette étude et en ont été exclus.

### Questionnaire d'enquête

L'étude a consisté en une analyse des conditions de travail (questionnaire, examen physique, et spirométrie). Les travailleurs ont été examinés sur leur lieu de travail respectif. Les informations obtenues sur la santé des meuniers et des témoins ont été recueillies sur base d'un questionnaire standardisé comprenant 7 rubriques de questionnaires, notamment : un questionnaire général portant sur les caractéristiques sociodémographiques et professionnelles, un questionnaire sur les symptômes respiratoires [5], un questionnaire sur la rhinite allergique [2], un questionnaire standardisé sur les troubles du sommeil et de la vigilance associé à l'échelle de somnolence d'Epworth [15], le questionnaire de Berlin [27], un questionnaire neurologique [21]. Seul le questionnaire sur les symptômes respiratoire a été utilisé dans notre enquête [2,5].

### Définitions des pathologies ciblées et exploration respiratoire fonctionnelle

La bronchite chronique a été définie selon les critères de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) comme une toux et des expectorations chroniques survenant au moins trois mois par an depuis au moins deux ans. Les rhinites ont été classiquement caractérisées sur la base d'un score quantitatif SFAR (*Score For Allergic Rhinitis*). Le poids a été pris au moyen d'une balance calibrée et vérifiée; la taille a été mesurée avec une toise. L'enregistrement de la pression artérielle au moyen d'un appareil électronique (OMRON Hem8402) a été effectué au bras droit soutenu à hauteur du cœur, le sujet s'étant reposé pendant au moins 10 minutes en position assise.

La spirométrie a été réalisée chez les participants ayant librement consenti de passer ce test, dont 160 meuniers et 90 témoins. Elle a été effectuée à l'extérieur de l'atelier à l'aide d'un appareil portable «*Easy One*» ne nécessitant pas de calibration. Chaque sujet a fait au moins trois essais successifs, et le meilleur résultat a été retenu en tenant compte des exigences du protocole de l'ATS/ERS 2005. Les paramètres ci-dessous ont été mesurés : la capacité vitale forcée (CVF), le volume expiratoire maximum en une seconde (VEMS), le rapport de Tiffeneau (VEMS/CVF), le débit expiratoire de pointe (DEP), le débit

### Survey Questionnaire

The study included an analysis of working conditions (questionnaire, physical examination and spirometry). The workers were examined at their respective workplaces. Information on the health of the millers and controls was collected by means of a standardized questionnaire consisting of 7 items, including: a general questionnaire on sociodemographic and occupational characteristics, a questionnaire on respiratory symptoms [5], a questionnaire on allergic rhinitis [2], a standardized questionnaire on sleep and vigilance disorders related to the Epworth Sleepiness Scale [15], the Berlin questionnaire [27], a neurological questionnaire [21]. Only the questionnaire on respiratory symptoms was used in our study [2,5].

### Definitions of target pathologies and functional airway examination

Chronic bronchitis was defined according to World Health Organization (WHO) criteria as chronic cough and sputum production for at least three months per year for at least two years. Rhinitis was classically characterized using a quantitative Score For Allergic Rhinitis (SFAR). Weight was measured with a calibrated and verified scale; height was measured with a tape measure. Blood pressure was recorded with an electronic device (OMRON Hem8402) placed on the right arm supported at heart level, with the subject resting in a seated position for at least 10 minutes.

Spirometry was performed on participants who freely consented to the test, including 160 millers and 90 controls. It was carried out outside the workshop using a portable "Easy One" device, which does not require calibration. Each subject made at least three consecutive attempts, and the best result was selected, taking into account the requirements of the ATS/ERS 2005 protocol. The following parameters were measured: forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), Tiffeneau ratio (FEV1/FVC), peak expiratory flow (PEF), median expiratory flow (MEF), maximum expiratory flow at 25, 50 and 75% of vital capacity (MEF25, MEF50, MEF75).

expiratoire médian (DEM), le débit expiratoire maximum à 25, 50 et 75 % de la capacité vitale (DEM25, DEM50, DEM75).

### Considérations éthiques

La confidentialité et l'anonymat ont été garantis aux personnes qui ont répondu au questionnaire. Les enquêteurs ont bénéficié d'une formation au préalable et l'enquête a été réalisée par entretien direct entre les enquêteurs et les personnes incluses dans l'étude. Le consentement éclairé des sujets a été obtenu.

### Analyses statistiques des données de l'étude

Le logiciel EPI info7 a permis l'encodage des données. Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel Stata (Stata Corporation Inc., Texas, USA). L'étude statistique a reposé sur le test «T» de Student pour la comparaison des moyennes en rapport avec les paramètres de la fonction respiratoire (spirométrie) et le test exact de Fisher pour les proportions relatives aux caractéristiques anthropométriques et socio-démographiques. Pour les variables qualitatives telles que les symptômes respiratoires, une tabulation croisée a été effectuée avec estimation des valeurs du Chi carré et du risque relatif.

D'autre part, pour déterminer l'association entre les caractéristiques des meuniers et les symptômes respiratoires rapportés, une analyse multivariée avec le test de régression logistique a été privilégiée. Ce modèle a estimé la force d'association par un rapport de prévalence (Odds ratio, OR) et son intervalle de confiance à 95 % (I.C.95 %). Le seuil de signification choisi correspond à une valeur de  $p < 0,05$ .

## Résultats

### Description brève des conditions de travail des meuniers

Dans les meuneries, les meuniers font face à plusieurs types d'exposition pouvant avoir des répercussions sur leur santé: les poussières de farines de manioc et de céréales (maïs, soja), les vibrations et les bruits émis par les moteurs des moulins qui sont électriques (en majorité) et vétustes, ainsi que la chaleur et les mauvaises conditions d'aération dues au manque ou à l'insuffisance du nombre des fenêtres. Les meuniers travaillent sur différents postes (maïs-manioc-soja, maïs-manioc, maïs, manioc-soja, manioc seul), et généralement dans des milieux presque

### Ethical considerations

Respondents were assured of confidentiality and anonymity. Interviewers were trained in advance and the survey was conducted by face-to-face interview between the interviewers and the subjects. Informed consent was obtained from subjects.

### Statistical Analysis of Study Data

EPI info7 software was used for data coding. All analyses were performed with Stata software (Stata Corporation Inc., Texas, USA). The statistical study was based on Student's T-test for comparison of means with respect to respiratory function parameters (spirometry) and Fisher's exact test for proportions with respect to anthropometric and sociodemographic characteristics. For categorical variables, such as respiratory symptoms, a cross-tabulation was performed, and chi-squared and relative risk values were estimated.

On the other hand, multivariate analysis using the logistic regression test was preferred to determine the association between miller characteristics and reported respiratory symptoms. This model estimates the strength of the association using a prevalence ratio (odds ratio, OR) and its 95% confidence interval (I.C.95%). The significance level chosen was  $p < 0.05$ .

## Results

### Brief description of millers' working conditions

In flour mills, millers are exposed to several types of exposures that may affect their health: dust from cassava flour and grains (maize, soy), vibrations and noise from mill motors, which are (mostly) electric and outdated, as well as heat and poor ventilation conditions due to the lack or insufficient number of windows. Millers work in different shifts (maize-cassava-soybean, maize-casava, maize, cassava-soybean, cassava alone) and generally in almost closed environments (without adequate ventilation). In some flour mills that use an internal combustion engine

fermés (sans système de ventilation adéquat). Dans certaines minoteries utilisant un moteur comme source d'énergie, le gaz d'échappement est rejeté à l'extérieur. Il est important de savoir que tous les moulins sont fixes dans des espaces clos et ne sont pas mobilisables sous des auvents. Ces minoteries artisanales n'ont jamais respecté les trois étapes de la transformation des céréales: nettoyage, mouillage et mouture. Cette enquête montre que 100 % des meuniers artisanaux n'ont pas de matériels de protection individuelle pendant le travail.

La taille de l'échantillon d'étude était de 406 participants dont 288 meuniers et 118 témoins dont les caractéristiques sont présentées dans le Tableau I.

as a power source, exhaust gases are vented to the outside. It is important to note that all mills are fixed in enclosed spaces and cannot be moved under canopies. These artisanal mills have never respected the three stages of grain processing: cleaning, grinding and milling. This survey shows that 100% of the artisanal millers have no personal protective equipment at work.

The size of the study sample was 406 participants, including 288 millers and 118 controls, whose characteristics are presented in Table I.

Tableau I: Caractéristiques des participants  
Table I: Characteristics of participants

Caractéristiques des participants / Characteristics of participants	Meuniers (N=288) / Millers (N=288)	Témoins (N=188) / Controls (N=188)
Paramètres anthropométriques, cliniques et liés au travail / Anthropometric, clinical and work-related parameters		
	Moyenne +/- Écart type / Average +/- Standard deviation	Moyenne +/- Écart type / Average +/- Standard deviation
âge / age	27,6±9	28,5±7
ancienneté (ans) / seniority (years)	4,8±5,5	4,9±4,4#
durée de travail (heures) / working hours (hours)	12,1±1,7	14,4±6,2#
IMC / BMI	22,1±2,4	23,3±3,6#
PAS / SBP	140,3±15,9#	126,1±17,4
PAD / DBP	90±12,1#	73,9±12,2
Paramètres socio-démographiques / Socio-demographic parameters		
	n (%)	n (%)
état-civil / civil status		
marié / married	128 (44,4)	88 (74,6)*
célibataire / single	158 (54,9)	28 (23,7)
divorcé / divorced	2 (0,7)	0
veuf / widowed	0	2 (1,7)
éducation / education		
primaire / primary	3 (1,0)	5 (4,2)
secondaire (non achevé) / secondary (incomplete)	244 (84,7)*	78 (66,1)
secondaire (achevé) / secondary (completed)	41 (14,2)	35 (29,7)
alcool use / alcohol use		
oui / yes	125 (43,4)*	17 (14,4)
non / no	163 (56,6)	101 (85,6)
tabagisme / smoking		
oui / yes	90 (31,5)*	17 (14,8)
non / no	196 (68,5)	98 (85,2)

IMC: Indice de masse corporelle; PAS: Pression artérielle systolique; PAD: pression artérielle diastolique)

Notes: #, valeur de P inférieure à 0,01 pour le test « T » de Student; \*, valeur de P inférieure à 0,001 pour le test exact de Fisher.

BMI: Body Mass Index; SBP: Systolic Blood Pressure; DBP: Diastolic Blood Pressure)

Notes: #, P value less than 0.01 for Student's 'T' test; \*, P value less than 0.001 for Fisher's exact test

Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire des meuniers artisanaux de Lubumbashi (République démocratique du Congo)  
 Exposure to cassava, corn and soybean dust and respiratory health among artisanal millers in Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo)

**Tableau II : Prévalence des symptômes respiratoires, avec le risque correspondant, en fonction de la profession**  
**Table II: Prevalence of respiratory symptoms, with corresponding risk, according to occupation**

Symptômes respiratoires / Respiratory symptoms	Meuniers (N=288) / Millers (N=288)	Témoins (N=188) / Controls (N=188)	RR IC [95 %]	$\chi^2$	P
Sifflements / Wheezing	124 (43,4)	27 (23,5)	1,88 [1,31-2,68]	14,58	< 0,001
Gêne respiratoire / Respiratory discomfort	100 (34,7)	20 (16,9)	2,05 [1,33-3,14]	12,70	< 0,001
Essoufflement au repos / Shortness of breath at rest	88 (30,6)	6 (5,1)	6,01 [2,70- 13,35]	30,52	< 0,0001
Essoufflement à l'effort / Shortness of breath on exertion	94 (32,6)	6 (5,1)	6,41 [2,89-14,24]	34,23	< 0,0001
Toux / Cough	121 (42,0)	23 (19,5)	5,25 [2,35-11,73]	24,13	< 0,0001
Crachats le matin / Morning sputum	99 (34,4)	8 (6,8)	5,07 [2,54-10,08]	32,84	< 0,0001
Bronchite chronique / Chronic bronchitis	76 (26,4)	5 (4,2)	6,22 [2,58-15,00]	25,72	< 0,0001
Asthme / Asthma	136(47,2)	3(2,5)	18,5 [6,03-57,14]	74,22	< 0,0001
Rhinite / Rhinitis	87 (30,2)	12 (10,2)	3,82 [2,01-7,23]	18,23	< 0,0001

RR: Risque relatif; IC: Intervalle de confiance

RR: Relative risk; CI: Confidence interval

Le Tableau II montre la prévalence des symptômes respiratoires chez les meuniers et le groupe contrôle.

Le Tableau III montre la prévalence de chaque symptôme respiratoire tel que rapporté par les meuniers en fonction du poste de travail et des céréales auxquelles ils sont exposés.

Le Tableau IV montre l'association entre la profession de meunier et les manifestations respiratoires après ajustement pour les facteurs ayant une influence sur la fonction respiratoire: le tabagisme, la durée d'exposition (ancienneté dans la profession), l'âge, le niveau d'éducation et l'indice de masse corporelle.

Le Tableau V présente la tendance des valeurs des différents paramètres de la fonction respiratoire chez les travailleurs de la meunerie et ceux du groupe contrôle. Aucun des meuniers ayant participé à l'enquête ne disposait de matériels de protection individuelle pendant le travail.

Table II shows the prevalence of respiratory symptoms in the millers and the control group.

Table III shows the prevalence of each respiratory symptom, as reported by the millers, as a function of workplace and grain to which they are exposed. Table IV shows the association between miller occupation and respiratory symptoms after adjustment for factors affecting respiratory function: smoking, exposure duration (length of time in the occupation), age, education level, and body mass index.

Table V shows the trend in the values of the various respiratory function parameters in the millers and in the control group. None of the millers participating in the study wore personal protective equipment at work.

Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire des meuniers artisanaux de Lubumbashi (République démocratique du Congo)  
 Exposure to cassava, corn and soybean dust and respiratory health among artisanal millers in Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo)

**Tableau III : Distribution des symptômes respiratoires chez les meuniers artisanaux en fonction du poste de travail**  
**Table III: Distribution of respiratory symptoms in traditional millers according to workstation**

Symptômes respiratoires / Respiratory symptoms	Maïs-manioc- soja / Maize- cassava- soybean (n=45) (%)	Maïs-manioc / Maize-cassava (n=181) (%)	Maïs / Maize (n=44) (%)	Manioc-soja / Cassava- soybean (n=2) (%)	Manioc / Cassava (n=16) (%)	P
<b>Sifflements / Wheezing</b>						
oui / yes	25 (55,6)	72 (39,8)	17 (38,6)	1 (50)	9 (56,3)	<0,01
non / no	20 (44,4)	109 (60,2)	27 (61,4)	1 (50)	7 (43,8)	
<b>Gêne respiratoire / Respiratory discomfort</b>						
oui / yes	22 (48,9)	53 (29,3)	15 (34,1)	1 (50)	9 (56,3)	<0,01
non / no	23 (51,1)	128 (70,7)	29 (65,9)	1 (50)	7 (43,8)	
<b>Essoufflement au repos / Shortness of breath at rest</b>						
oui / yes	10 (22,2)	56 (30,9)	16 (36,4)	1 (50)	5 (31,3)	<0,01
non / no	35 (77,8)	125 (69,1)	28 (63,6)	1 (50)	11 (68,8)	
<b>Essoufflement à l'effort / Shortness of breath on exertion</b>						
oui / yes	17 (37,8)	58 (32)	12 (27,3)	0 (0)	7 (43,8)	<0,01
non / no	28 (62,2)	123 (68)	32 (72,7)	2 (100)	9 (56,3)	
<b>Toux / Cough</b>						
oui / yes	22 (48,9)	78 (43,1)	16 (36,4)	0 (0)	5 (31,3)	<0,01
non / no	23 (51,1)	103 (56,9)	28 (63,6)	2 (100)	11 (68,8)	
<b>Crachats le matin / Morning sputum</b>						
oui / yes	14 (31,1)	63 (34,8)	17 (38,6)	1 (50)	4 (25)	<0,01
non / no	31 (68,9)	118 (65,2)	27 (61,4)	1 (50)	12 (75)	
<b>Crachats &gt;3 mois / Sputum &gt;3 months</b>						
oui / yes	8 (17,8)	47 (26)	13 (29,5)	0 (0)	8 (50)	<0,01
non / no	37 (82,2)	134 (74)	31 (70,5)	2 (100)	8 (50)	
<b>Asthme / Asthma</b>						
oui / yes	19 (42,2)	87 (48,1)	23 (52,3)	0 (0)	7 (43,8)	<0,01
non / no	26 (57,8)	94 (51,9)	21 (47,7)	2 (100)	9 (56,3)	

Tableau IV : Prévalence des symptômes respiratoires, avec le risque correspondant, en fonction de la profession (à suivre)  
Table IV: Prevalence of respiratory symptoms, with corresponding risk, according to occupation (to be continued)

Variables / Variables	Sifflements / Wheezing		Gêne respiratoire / Respiratory discomfort		Essoufflement au repos / Shortness of breath at rest		Essoufflement à l'effort / Shortness of breath on exertion		Toux / Cough	
	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*
Âge / Age										
≤ 30	0,99[0,94-1,03]	0,70	0,99[0,95-1,04]	0,95	1,01[0,94-1,05]	0,98	2,75[1,23-6,14]	0,013	1,02[0,97-1,08]	0,37
> 30	1		1		1		1		1	
Ancienneté (ans) / Seniority (years)										
≤ 5	1,25[0,76-2,03]	0,369	1,13[0,67-1,9]	0,64	1,07[0,59-1,94]	0,81	1,41[1,56-1,84]	0,043	0,59[0,30-1,14]	0,12
> 5	1		1		1		1		1	
Durée de travail (heures) / Working hours (hours)										
≤ 12	0,93[0,85-1,03]	0,27	0,85[0,85-1,06]	0,43	1,06[0,84-1,17]	0,17	1,22[1,44-3,32]	0,69	1,66[0,74-4,43]	0,31
> 12	1		1		1		1		1	
Tabagisme / Smoking										
oui / yes	0,96[0,59-1,55]	0,87	1,23[0,73-2,05]	0,43	0,83[0,48-1,42]	0,51	1,30[1,22-2,27]	0,35	1,03[0,58-1,82]	0,90
non / no	1		1		1		1		1	
Profession / Occupation										
meunier / miller	2,47[1,48-4,11]	<0,01	2,75[1,56-4,83]	<0,01	7,85[3,27-18,84]	<0,01	3,69[9,57-24,81]	<0,01	7,16[2,96-17,29]	<0,01
témoin / control	1		1		1		1		1	
Éducation / Education										
primaire, secondaire (non achevé) / primary, secondary (incomplete)	0,87[0,52-1,46]	0,12	1,12[0,65-1,91]	0,67	0,71[0,37-1,38]	0,32	0,61[0,31-1,18]	0,14	1,13[0,59-2,15]	0,7
secondaire achevé, plus / secondary completed, more	1		1		1		1		1	

Tableau IV : Prévalence des symptômes respiratoires, avec le risque correspondant, en fonction de la profession (suite)  
Table IV: Prevalence of respiratory symptoms, with corresponding risk, according to occupation (continued)

Variables / Variables	Crachats le matin / Morning sputum		Bronchite chronique / Chronic bronchitis		Asthme / Asthma		Rhinite / Rhinitis	
	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*	OR[IC95%]	P*
<b>Âge / Age</b>								
≤ 30	1,02[0,97-1,08]	0,37	1,38[0,61-3,18]	0,40	1,03[0,65-1,05]	0,88	0,88[0,46-1,71]	0,08
> 30	1		1		1		1	
<b>Ancienneté (ans) / Seniority (years)</b>								
≤ 5	1,44[1,23-1,83]	<0,01	0,66[0,34-1,28]	0,224	1,07[0,60-1,89]	0,81	1,24[0,81-1,88]	0,83
> 5	1		1		1		1	
<b>Durée de travail (heures) / Working hours (hours)</b>								
≤ 12	1,06[0,95-1,19]	0,27	1,10[0,96-1,25]	0,14	1,74[1,10-2,29]	<0,01	1,35[0,83-2,21]	0,49
> 12	1		1		1		1	
<b>Tabagisme / Smoking</b>								
oui / yes	1,38[1,80-2,38]	0,245	1,55[1,85-2,82]	0,15	1,11[0,66-1,85]	0,69	0,99[0,67-1,47]	0,23
non / no	1		1		1		1	
<b>Profession / Occupation</b>								
meunier / miller	7,35[3,37-16,3]	<0,01	8,21[3,16-21,2]	<0,01	36,28[11,1-118,6]	<0,01	2,97[1,69-5,22]	0,001
témoin / control	1		1		1		1	
<b>Éducation / Education</b>								
primaire, secondaire (non achevé) / primary, secondary (incomplete)	0,54[0,28-1,05]	0,07	1,38[1,17-1,91]	0,017	1,27[0,69-2,33]	0,44	0,61[0,31-1,18]	0,144
secondaire achevé, plus / secondary completed, more	1		1		1		1	

Exposition aux poussières de manioc, maïs, soja, et santé respiratoire des meuniers artisanaux de Lubumbashi (République démocratique du Congo)  
 Exposure to cassava, corn and soybean dust and respiratory health among artisanal millers in Lubumbashi (Democratic Republic of the Congo)

**Tableau V: Comparaison des paramètres spirométriques entre les meuniers et les contrôles**  
**Table V: Comparison of spirometric parameters between millers and controls**

Paramètres spirométriques / Spirometric parameters	Meuniers (moyenne±écart type) / Millers (Mean±SD)	Témoins (moyenne±écart type) / Control (Mean±SD)	T	P (T-test)
CVF (l) / FVC (L)	4,02±0,72	4,25±0,14	0,36	0,359
VEMS (l) / FEV1 (L)	3,29±0,59	3,35±0,71	2,71	0,039
VEMS/CVF (% prévu) / FEV1/FVC (% predicted)	82,35±8,31	85,81±8,12	4,95	< 0,001
DEP (l/s) / PEF (L/s)	8,12±1,97	8,63±1,62	1,31	0,095
VEMS/CVF (% prévu) / PEF (% predicted)	93,24±21,91	101,82±17,96	2,01	0,023

CVF: Capacité vitale forcée; VEMS: Volume expiratoire maximal seconde; DEP: Débit expiratoire de pointe  
 FVC: Forced vital capacity; FEV1: Forced expiratory volume; in 1 second PEF: Peak expiratory flow

## Discussion

Cette étude a montré que la prévalence des symptômes et des pathologies respiratoires était remarquablement élevée chez les meuniers artisanaux exposés aux poussières de manioc, maïs et soja par rapport au groupe contrôle dans la ville de Lubumbashi. Il est établi que les travailleurs exposés aux poussières peuvent également inhaler des spores ou fragments de mycélium, par exemple [8,30], ce qui augmente le risque de développer des manifestations respiratoires [4,6,7,20,36]. L'étude révèle que les meuniers artisanaux n'avaient pas les équipements de protections requis (lunettes, masques, gants), souvent par faute de moyens, manque d'éducation ou d'information, ou du fait de la non disponibilité de ces derniers. Tous ces facteurs contribuent à la prévalence élevée des symptômes ainsi que des pathologies respiratoires chez les meuniers artisanaux congolais. Nos observations sont soutenues par la littérature [11,22,25] qui souligne le manque d'éducation, un niveau socio-économique bas et la non disponibilité des équipements de protection dans le secteur informel, notamment chez les ouvriers des carrières, y compris ceux du secteur agricole. Par ailleurs, nos résultats sont comparables à ceux d'études antérieures menées en RDC chez différents groupes de travailleurs exposés aux poussières [1,10,26,29]. Cependant, dans notre étude, la prévalence de l'asthme dépasse de loin celle rapportée par certains auteurs [9,24], ce qui suggère que l'asthme est une affection fréquente chez les travailleurs exposés aux poussières de céréales.

Une association a été trouvée entre la profession des meuniers artisanaux et les symptômes respiratoires qu'avaient présentés ces derniers. Selon la littérature, les composés organiques volatiles (COV) jouent un rôle dans la détérioration des voies respiratoires, tandis que les

## Discussion

This study showed that the prevalence of respiratory symptoms and pathologies was remarkably high among artisanal millers exposed to cassava, maize and soybean dust compared to the control group in the city of Lubumbashi. It has been shown that workers exposed to dust may also inhale spores or fragments of mycelium [8,30], which increases the risk of developing respiratory symptoms [4,6,7,20,36]. The study showed that artisanal millers did not have the necessary protective equipment (goggles, masks, gloves), often due to lack of funds, training or information, or the unavailability of the latter. All these factors contribute to the high prevalence of respiratory symptoms and pathologies among Congolese artisanal millers. Our observations are supported by the literature [11,22,25], which highlights the lack of education, low socio-economic level and unavailability of protective equipment in the informal sector, particularly among quarry workers, including those in the agricultural sector.

Furthermore, our results are comparable to those of previous studies conducted in the DRC among different groups of dust-exposed workers [1,10,26,29]. However, the prevalence of asthma in our study was much higher than that reported by some authors [9,24], suggesting that asthma is a common disease among workers exposed to cereal dust.

An association was found between the occupation of artisanal millers and their respiratory symptoms. According to the literature, volatile organic compounds (VOCs) play a role in the deterioration of the respiratory tract, while high concentrations of fine particles are responsible for alterations in the state of health of subjects exposed to environmental dust [2,31,34].

The unhealthy environment (with the presence of large amounts of dust in the premises and even on

fortes concentrations des particules fines sont responsables d'altérations de l'état de santé des sujets exposés aux poussières environnementales [2,31,34].

L'environnement malsain (avec la présence de grandes quantités de poussières dans les locaux et même sur les machines), les conditions médiocres et non hygiéniques (exiguïté des locaux, manque de ventilation, encombrement, etc.), l'exposition aux poussières de céréales pourraient expliquer aussi cette association [29]. Ce risque pourrait être majoré par les gaz d'échappement lorsqu'ils ne sont pas correctement évacués vers l'extérieur, ce que nous n'avons pas pu prendre en compte dans nos analyses. De même, le tabagisme peut influencer l'incidence, la sévérité et l'évolution spontanée de nombreuses maladies respiratoires [9,16,17,24]. Dans notre étude, une prévalence élevée de consommation de tabac et d'alcool chez les meuniers artisanaux par rapport au groupe contrôle a été notée. Ce phénomène est fréquent chez les travailleurs de force exerçant leurs activités dans un contexte de conditions de travail précaires. Ce constat a également été fait par certains auteurs [29]. Le test de régression logistique suggère un impact négatif de l'exposition au tabac et aux poussières sur la santé respiratoire des meuniers artisanaux.

La réduction significative de la fonction respiratoire, notamment en ce qui concerne les paramètres tels que le VEMS et le DEP chez les meuniers artisanaux par rapport au groupe contrôle traduirait l'hypertrophie des cellules muqueuses due à l'irritation par des poussières, avec comme conséquences une augmentation de la sécrétion du mucus, la formation du bouchon muqueux et l'obstruction à l'air expiré [18,23,29]. Les poussières organiques diffèrent selon la nature et la composition chimique de chaque produit, ce qui peut influencer sur la fréquence des manifestations respiratoires chez les travailleurs exposés. Notre étude suggère que l'exposition aux poussières de manioc et de maïs serait plus toxique pour l'appareil respiratoire qu'à celles du soja. Des études plus approfondies sont nécessaires pour éventuellement en déterminer le mécanisme. Ces travaux sont essentiels, car ils fournissent aux décideurs des politiques sanitaires et des chercheurs des informations pertinentes sur la prédominance des manifestations respiratoires, de l'environnement de travail et de l'absence des mesures préventives parmi les travailleurs de la meunerie artisanale congolaise.

Il est important de réduire les concentrations des poussières des céréales dans l'environnement de

the machines), poor and unhygienic conditions (cramped premises, lack of ventilation, congestion, etc.), exposure to grain dust could also explain this association [29]. This risk could be increased by exhaust fumes if they are not properly vented to the outside, which we could not take into account in our analyses. Similarly, smoking may influence the incidence, severity, and spontaneous evolution of many respiratory diseases [9,16,17,24]. In our study, a high prevalence of tobacco and alcohol use was found among artisanal millers compared to the control group. This phenomenon is common among bonded laborers working under precarious conditions. This observation has also been made by some authors [29]. The logistic regression test suggests a negative impact of tobacco and dust exposure on the respiratory health of artisanal millers.

The significant reduction in respiratory function, particularly in parameters such as FEV1 and PEF, in the artisanal millers compared with the control group would reflect the hypertrophy of mucous cells due to dust irritation, resulting in increased mucus secretion, mucus plug formation and obstruction of exhaled air [18,23,29].

Organic dusts vary according to the nature and chemical composition of each product, which may influence the incidence of respiratory symptoms in exposed workers. Our study suggests that exposure to cassava and maize dusts is more toxic to the respiratory system than soybean dusts. Further studies are required to determine the mechanism.

This work is important because it provides health policy makers and researchers with relevant information on the prevalence of respiratory manifestations, the work environment, and the lack of preventive measures among Congolese artisanal millers.

It is important to reduce the concentration of grain dust in the millers' working environment, to integrate ventilation and dust extraction systems in the workshops, to improve hygiene measures, and to define our dust exposure limits and the dimensions of artisanal milling workshops in the DRC.

It is also essential to use a full-face mask with dust cartridges when exposed to high concentrations of dust and when elimination at source is not possible. Given the unavailability of dust masks due to their high cost, it is imperative to have unenclosed spaces. This could be a temporary solution for our artisanal millers.

However, cross-sectional studies cannot establish a causal relationship between grain dust exposure,

travail des meuniers, d'intégrer des systèmes de ventilation et d'aspiration des poussières dans les ateliers, d'améliorer les mesures d'hygiène, de définir nos valeurs limites d'exposition aux poussières ainsi que les dimensions des ateliers de meuniers artisanaux en RDC.

Il est aussi primordial d'utiliser un masque complet avec cartouches à poussière quand on est exposé à de fortes concentrations de poussières lorsqu'une élimination à la source est impossible. Compte tenu de la non-disponibilité des masques adaptés aux poussières à cause de leur coût élevé, il est impératif d'avoir des locaux non fermés. Ceci pourrait être une solution temporaire pour nos meuniers artisanaux.

Pendant, le type d'étude transversale ne peut pas démontrer le lien causal entre l'exposition aux poussières des céréales, les manifestations respiratoires et l'environnement des meuniers artisanaux. D'où l'importance des études longitudinales pour bien investiguer la santé respiratoire des meuniers artisanaux congolais.

## Conclusion

Cette étude a détaillé l'impact négatif des poussières organiques provenant des céréales (manioc, maïs et soja) sur la santé respiratoire des meuniers à Lubumbashi. En plus de la nécessité de réglementer la profession, il est important que les décideurs en matière de politique sanitaire organisent un service de santé et de sécurité au travail qui puisse mettre en œuvre des mesures préventives destinées à réduire l'exposition aux poussières dans les meuneries artisanales et une surveillance médicale périodique des meuniers.

## Remerciements

Les auteurs remercient le Comité de gestion de l'Université de Kamina pour son appui administratif, le Comité des meuniers pour sa collaboration, l'équipe des enquêteurs (Dr Ivan Ngeleka, Dr Pierre Ntwadi, Dr Guy Banza) pour la réalisation de cette étude.

## Contribution des auteurs

Tous les auteurs ont contribué à la conception et à la rédaction de ce travail.

respiratory symptoms and the environment of artisanal millers. Therefore, longitudinal studies are important to properly investigate the respiratory health of Congolese artisanal millers.

## Conclusion

This study has detailed the adverse effects of organic grain dust (cassava, maize and soybean) on the respiratory health of millers in Lubumbashi. In addition to the need to regulate the profession, it is important for health policy makers to organize an occupational health and safety service that can implement preventive measures to reduce dust exposure in artisanal mills and provide regular medical surveillance of millers.

## Acknowledgments

The authors would like to thank the Management Committee of the University of Kamina for its administrative support, the Millers' Committee for its cooperation, and the research team (Dr. Ivan Ngeleka, Dr. Pierre Ntwadi, Dr. Guy Banza) for carrying out this study.

## Authors' contributions

All the authors contributed to the design and writing of this work.

## Source de financement

Cette étude a bénéficié de l'appui matériel de la faculté de médecine de l'Université de Kamina, de l'Institut supérieur des sciences et techniques médicales de Lubumbashi et de l'Université de Kochi au Japon.

## Funding

This study received material support from the Faculty of Medicine, University of Kamina, the Institut supérieur des sciences et techniques médicales de Lubumbashi and the University of Kochi, Japan.

## Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interests.

## Auteurs / Authors

Léon Kabamba NGOMBE\* (1,2), Nlandu Roger NGATU (1,3, doc.rogerngatu@gmail.com), Kazadi Sha NGOMBE (4, Plamedidieu donne585@gmail.com), Stanislas Wembonyama OKITOTSHO (5, wembostanis@yahoo.fr), Michel Nzaji KABAMBA (1,2, michelnzaji@yahoo.fr), Jean-Baptiste Kakoma SAKATOLO (5, jbszkakoma2016@gmail.com), Oscar Luboya NUMBI (4)

1. Université de Kamina, École de santé publique, Département de la recherche, 273, Kamina, République démocratique du Congo
2. Congo-Japan NCDs Research Team, Kongo central province, République démocratique du Congo
3. Kagawa University Faculty of Medicine, Kagawa 761-0793, Japon
4. Institut supérieur des techniques médicales de Lubumbashi (ISTM-Lubumbashi), République démocratique du Congo
5. Université de Lubumbashi, École de santé publique de Lubumbashi, République démocratique du Congo

Auteur correspondant : leonngombe@yahoo.fr

## Références / References

1. Ahmed AH, Bilal IE, Merghani TH. Effects of exposure to flour dust on respiratory symptoms and lung function of bakery workers: a case control study. *Sudanese J Pub Health* 2009; 4(1): 210-213.
2. Annesi-Maesano I, Didier A, Klossek M, Chanal I, Moreau D, Bousquet J. The score for allergic rhinitis (SFAR): a simple and valid assessment method in population studies. *Allergy*. 2002 Feb;57(2):107-14. doi: 10.1034/j.1398-9995.2002.103170.x.
3. Becklake MR. Grain dust and lung health: not just a nuisance dust. *Can Respir J*. 2007 Oct;14(7):423-5. doi: 10.1155/2007/931094.
4. Bessot JC, Blaumeiser M, Kopferschmitt MC, Pauli G. Lasthme professionnel en milieu agricole. *Rev Mal Respir*. 1996 Jul;13(3):205-15.
5. Burney PG, Laitinen LA, Perdrizet S, Huckauf H, Tattersfield AE, Chinn S, Poisson N, Heeren A, Britton JR, Jones T. Validity and repeatability of the IUATLD (1984) Bronchial Symptoms Questionnaire: an international comparison. *Eur Respir J*. 1989 Nov;2(10):940-5.
6. Chan-Yeung M, Schulzer M, MacLean L, Dorken E, Grzybowski S. Epidemiologic health survey of grain elevator workers in British Columbia. *Am Rev Respir Dis*. 1980 Feb;121(2):329-38. doi: 10.1164/arrd.1980.121.2.329.
7. Cotton DJ, Graham BL, Li KY, Froh F, Barnett GD, Dosman JA. Effects of grain dust exposure and smoking on respiratory symptoms and lung function. *J Occup Med*. 1983 Feb;25(2):131-41.
8. Desai MR, Ghosh SK. Aflatoxin related occupational exposure to maize processing workers. *Cell Mol Biol (Noisy-le-Grand)*. 2003 Jun;49(4):529-35.
9. Dosman JA, Cotton DJ, Graham BL, Li KY, Froh F, Barnett GD. Chronic bronchitis and decreased forced expiratory flow rates in lifetime nonsmoking grain workers. *Am Rev Respir Dis*. 1980 Jan;121(1):11-6. doi: 10.1164/arrd.1980.121.1.11.
10. Ghosh T, Gangopadhyay S, Das B. Prevalence of respiratory symptoms and disorders among rice mill workers in India. *Environ Health Prev Med*. 2014 May;19(3):226-33. doi: 10.1007/s12199-014-0384-8.

11. Grammer LC. Occupational allergic alveolitis. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 1999 Dec;83(6 Pt 2):602-6. doi: 10.1016/S1081-1206(10)62880-3.
12. Green FH, Yoshida K, Fick G, Paul J, Hugh A, Green WF. Characterization of airborne mineral dusts associated with farming activities in rural Alberta, Canada. *Int Arch Occup Environ Health*. 1990;62(6):423-30. doi: 10.1007/BF00379058.
13. Hoppin JA, Valcin M, Henneberger PK, Kullman GJ, Umbach DM, London SJ, Alavanja MC, Sandler DP. Pesticide use and chronic bronchitis among farmers in the Agricultural Health Study. *Am J Ind Med*. 2007 Dec;50(12):969-79. doi: 10.1002/ajim.20523.
14. Jacobs RR. Organic dusts, its definition and environments with risk. In: *Organic Dusts: Exposure, Effects, and Prevention*. Eds. R. Rylander and R.R. Jacobs. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1994. <https://books.google.fr/books?hl=fr&lr=&id=gIQK4XRffRQC&oi=fnd&pg=PA3&dq=Jacobs+RR.+Organic+dusts,+its+definition+and+environments+with+risk&ots=pndHBVu3zP&sig=HXgSXLUDKPQ0L4Mz1msri5XeEoo#v=onepage&q&f=false>
15. Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep*. 1991 Dec;14(6):540-5. doi: 10.1093/sleep/14.6.540.
16. Kakooei H, Marioryad H. Exposure to inhalable flour dust and respiratory symptoms of workers in a flour mill in Iran, Iran *J Environ Health Sci Eng* 2005; 2 (1):50-55.
17. Karadzinska-Bislimovska J, Minov J, Risteska-Kuc S, Stoleski S, Mijakoski D. Bronchial hyperresponsiveness in women cooks and cleaners. *Arh Hig Rada Toksikol*. 2007 Jun;58(2):223-31. doi: 10.2478/v10004-007-0017-3.
18. Karpinski EA. Exposure to inhalable flour dust in Canadian flour mills. *Appl Occup Environ Hyg*. 2003 Dec;18(12):1022-30. doi: 10.1080/714044192.
19. Lacey J, Dutkiewicz J. Bio-aerosols and occupational lung disease. *Journal of Aerosol Science*, Volume 25, Issue 8, December 1994, Pages 1371-1404.
20. Laraqui CH, Caubet A, Laraqui O, Benghalem A, Harourate K, Bichara M, Curtes JP, Verger C. Prévalence des symptômes respiratoires et évaluation du degré de sensibilisation chez les ouvriers du souk de céréales de Casablanca. *Rev Mal Respir*. 2000 Nov;17(5):947-55.
21. Lundberg I, Högberg M, Michélsen H, Nise G, Hogstedt C. Evaluation of the Q16 questionnaire on neurotoxic symptoms and a review of its use. *Occup Environ Med*. 1997 May;54(5):343-50. doi: 10.1136/oem.54.5.343.
22. Mengesha YA, Bekele A. Relative chronic effects of different occupational dusts on respiratory indices and health of workers in three Ethiopian factories. *Am J Ind Med*. 1998 Oct;34(4):373-80. doi: 10.1002/(sici)1097-0274(199810)34:4<373::aid-ajim11>3.0.co;2-#.
23. Meo SA. Dose responses of years of exposure on lung functions in flour mill workers. *J Occup Health*. 2004 May;46(3):187-91. doi: 10.1539/joh.46.187.
24. Mijakoski D, Minov J, Stoleski S. Respiratory and nasal symptoms immunological changes and lung function in industrial bakers. *Maced J Med Sci* 2012; 5(1):107-113.
25. Milanowski J. Organic dust-induced lung diseases. *Current Pneumol* 1998;2:15-20.

26. Mohammadien A, Hamdy T, Moma H, El-Sokkary T. Effects of exposure to flour dust on respiratory symptoms and pulmonary function of mill workers. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis* 2013; 62: 745-753. doi: 10.1016/j.ejcdt.2013.09.007.
27. Netzer NC, Stoohs RA, Netzer CM, Clark K, Strohl KP. Using the Berlin Questionnaire to identify patients at risk for the sleep apnea syndrome. *Ann Intern Med.* 1999 Oct 5;131(7):485-91. doi: 10.7326/0003-4819-131-7-199910050-00002.
28. Ngombe LK, Cowgill K, Monga BB, Ilunga BK, Stanis WO, Numbi OL. Prévalence de l'hypertension artérielle dans la population des meuniers de la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. *Pan Afr Med J.* 2015 Oct 16;22:152. doi: 10.11604/pamj.2015.22.152.6677.
29. Ngombe LK, Ngatu NR, Christophe NM, Ilunga BK, Wembonyama Okitotsho S, Kakoma Sakatolo J.B, Luboya Numbi O, Danuser B. Santé respiratoire des travailleurs congolais du secteur de la construction à Lubumbashi. *Environ Risque Sante* 2017;16: 575-582. doi: 10.1684/ers.2017.1094.
30. Parkes WR. Occupational lung disorders. Butterworths-Heinemann publishers. London; 1980. doi: 10.1201/9781315381848.
31. Post W, Heederik D, Houba R. Decline in lung function related to exposure and selection processes among workers in the grain processing and animal feed industry. *Occup Environ Med.* 1998 May;55(5):349-55. doi: 10.1136/oem.55.5.349.
32. Schenker MB. Inorganic agricultural dust exposure causes pneumoconiosis among farmworkers. *Proc Am Thorac Soc.* 2010 May;7(2):107-10. doi: 10.1513/pats.200906-036RM.
33. Schenker MB, Pinkerton KE, Mitchell D, Vallyathan V, Elvine-Kreis B, Green FH. Pneumoconiosis from agricultural dust exposure among young California farmworkers. *Environ Health Perspect.* 2009 Jun;117(6):988-94. doi: 10.1289/ehp.0800144.
34. Schwartz DA, Thorne PS, Yagla SJ, Burmeister LF, Olenchok SA, Watt JL, Quinn TJ. The role of endotoxin in grain dust-induced lung disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 1995 Aug;152(2):603-8. doi: 10.1164/ajrccm.152.2.7633714.
35. Skórska C, Mackiewicz B, Dutkiewicz J, Krysińska-Traczyk E, Milanowski J, Feltovich H, Lange J, Thorne P. Effects of exposure to grain dust in Polish farmers: work-related symptoms and immunologic response to microbial antigens associated with dust. *Ann Agric Environ Med.* 1998;5(2):147-53.
36. Tessier SF, Taytard A, Fontan J, Vergeret J, Preour P. Symptômes respiratoires et retentissement fonctionnel du travail en milieu de meunerie. *Arch Mal Prof* 1988;49(1):55-7.
37. Zock JP, Hollander A, Heederik D, Douwes J. Acute lung function changes and low endotoxin exposures in the potato processing industry. *Am J Ind Med.* 1998 Apr;33(4):384-91. doi: 10.1002/(sici)1097-0274(199804)33:4<384::aid-ajim9>3.0.co;2-u.
38. Zuskin E, Mustajbegovic J, Schachter EN. Follow-up study of respiratory function in hemp workers. *Am J Ind Med.* 1994 Jul;26(1):103-15. doi: 10.1002/ajim.4700260109.