

# POLLUTION INTÉRIEURE PAR LES PM<sub>2,5</sub> ISSUES DES COMBUSTIBLES UTILISÉS POUR LA CUISSON DES REPAS ET RISQUES SANITAIRES DANS LA VILLE DE OUAGADOUGOU

KAFANDO, BENOËT; SAVADOGO, PAUL WINDINPSIDI; SANA,  
ADAMA; BAGNOA, VINCENT; SANON, SANDRINE; KOUANDA, S&#201;NI; SONDO,  
BLAISE;

;

© 2020, JOHN LIBBEY EUROTEXT



This work is licensed under the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction, provided the original work is properly credited.

*IDRC Grant: 107347-001-Ecohealth Chair on Urban Air Pollution and Non-Communicable Respiratory Diseases (West Africa)*



L'essentiel de l'information  
scientifique et médicale

[www.jle.com](http://www.jle.com)

Le sommaire de ce numéro

[http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/sante\\_pub/ers/sommaire.md?type=text.html](http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/sante_pub/ers/sommaire.md?type=text.html)

# Environnement & Risques Santé ERS

Volume 18 – numéro 3 • mai-juin 2019



**Montrouge, le 15/06/2019**

Benoît Kafando

**Vous trouverez ci-après le tiré à part de votre article au format électronique (pdf) :**

Pollution intérieure par les PM<sub>2,5</sub> issues des combustibles utilisés pour la cuisson des repas et risques sanitaires dans la ville de Ouagadougou

**paru dans**

Environnement, Risques & Santé, 2019, Volume 18, Numéro 3

**John Libbey Eurotext**

*Ce tiré à part numérique vous est délivré pour votre propre usage et ne peut être transmis à des tiers qu'à des fins de recherches personnelles ou scientifiques. En aucun cas, il ne doit faire l'objet d'une distribution ou d'une utilisation promotionnelle, commerciale ou publicitaire.*

*Tous droits de reproduction, d'adaptation, de traduction et de diffusion réservés pour tous pays.*

© John Libbey Eurotext, 2019

## Pollution intérieure par les PM<sub>2,5</sub> issues des combustibles utilisés pour la cuisson des repas et risques sanitaires dans la ville de Ouagadougou

BENOÎT KAFANDO<sup>1</sup>  
PAUL WINDINPSIDI SAVADOGO<sup>2</sup>  
ADAMA SANA<sup>1</sup>  
VINCENT BAGNOA<sup>3</sup>  
SANDRINE SANON<sup>1</sup>  
SÉNI KOUANDA<sup>3</sup>  
BLAISE SONDO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université Ouaga 1  
Pr. Joseph Ki-Zerbo  
Laboratoire santé publique  
03 BP 7021  
Ouagadougou  
Burkina Faso  
<benikaf@yahoo.fr>  
<adou\_sanette@yahoo.fr>  
<sandrine2\_sanon@yahoo.fr>  
<sondoblaise@yahoo.fr>

<sup>2</sup> Institut de l'environnement et de recherches agricoles  
01 BP 476  
Ouagadougou  
Burkina Faso  
<paul.savadogo@gmail.com>

<sup>3</sup> Institut de recherche en sciences de la santé  
03 BP 7192  
Ouagadougou  
Burkina Faso  
<nbagnoavincents@yahoo.fr>  
<senikouanda@gmail.com>

Tirés à part :  
B. Kafando

Article reçu le 10 septembre 2018, accepté le 7 janvier 2019

doi: 10.1684/ers.2019.1308

**Résumé.** La combustion de la biomasse lors de la cuisson des repas émet des PM<sub>2,5</sub> potentiellement nocives pour la santé. À Ouagadougou, 60 % des ménages utilisent la biomasse pour la cuisson des repas. La présente étude vise à identifier les facteurs de fortes concentrations de PM<sub>2,5</sub>, ainsi que les effets sur la santé des personnes exposées.

L'étude a été réalisée en mai-juin 2017 et a concerné 56 ménages du secteur 15 de Ouagadougou. Les données ont été collectées à l'aide d'une grille et les concentrations de PM<sub>2,5</sub> mesurées à l'aide d'un appareil de mesure de polluants « QUEST EVM ». Les variables indépendantes étaient le type de cuisine, le type de foyer, le type de combustible, la température, l'humidité et la durée de cuisson des repas. Les données ont été saisies avec EpiData et analysées avec Stata/SE 12.0. Les intervalles de confiance ont été estimés à 95 %. La comparaison des valeurs moyennes a été réalisée à l'aide du test Anova. Une régression linéaire a permis d'identifier les facteurs liés à la forte concentration de PM<sub>2,5</sub>. Les concentrations de PM<sub>2,5</sub> pour 24 heures étaient au-dessus du seuil préconisé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (25 µg/m<sup>3</sup>) dans les situations suivantes : cuisine à l'air libre, utilisation de la biomasse à l'aide de foyers traditionnels/améliorés. L'analyse bivariée a montré que les concentrations de PM<sub>2,5</sub> étaient plus élevées dans les ménages utilisant de la biomasse ( $p = 0,03$ ). La régression linéaire a montré que les concentrations de PM<sub>2,5</sub> étaient significativement plus élevées au niveau des cuisines à l'air libre comparativement aux cuisines externes ( $p = 0,01$ ) ou internes ( $p < 0,01$ ), et quand des foyers traditionnels avec du bois étaient utilisés ( $p = 0,01$ ).

Ces fortes concentrations de PM<sub>2,5</sub> exposent les habitants à des risques sanitaires importants, allant des infections respiratoires aux cancers. Cela nécessite de prendre de mesures pour l'utilisation de dispositifs de cuisine moins polluants.

**Mots clés :** biomasse ; cuisine ; PM<sub>2,5</sub> ; pollution air intérieur.

### Abstract

#### **Indoor pollution by PM<sub>2,5</sub> from fuel used for cooking meals and health risks in Ouagadougou**

*The use of biomass for cooking meals produces potentially harmful PM<sub>2,5</sub> emissions. In Ouagadougou, 60% of households use biomass for this purpose. This study aimed to identify the factors contributing to high PM<sub>2,5</sub> concentrations and the effects on the health of the people exposed.*

*It was conducted in May-June 2017 and covered 56 households in sector 15 of Ouagadougou. Data were collected with a grid and PM<sub>2,5</sub> concentrations measured with a "QUEST EVM" pollutant monitor. The independent variables were kitchen type, fireplace type, fuel type, temperature, humidity, and meal duration. The data were entered*

Pour citer cet article : Kafando B, Savadogo PW, Sana A, Bagnoa V, Lompo S, Kouanda S, Sondo B. Pollution intérieure par les PM<sub>2,5</sub> issues des combustibles utilisés pour la cuisson des repas et risques sanitaires dans la ville de Ouagadougou. *Environ Risque Sante* 2019 ; 18 : 245-253. doi : 10.1684/ers.2019.1308

with EpiData and analyzed with Stata/SE 12.0. Confidence intervals were estimated at 95%. Mean values were compared with Anova. A linear regression identified the factors related to high concentrations of  $PM_{2.5}$ . The 24-hour concentrations were higher than the WHO recommended value ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in the following situations: outdoor cooking, and use of biomass with the aid of traditional/improved fireplaces. The bivariate analysis found that  $PM_{2.5}$  concentrations were higher in households using biomass ( $p = 0.03$ ). The linear regression analysis found that  $PM_{2.5}$  concentrations were significantly higher in open-air kitchens compared with outdoor kitchens ( $p = 0.01$ ) or indoor kitchens ( $p < 0.01$ ) and when traditional wood fireplaces were used ( $p = 0.01$ ). These high concentrations of  $PM_{2.5}$  expose people to serious health risks ranging from respiratory infections to cancers. Measures must be taken to promote the use of less polluting cooking devices.

**Key words:** biomass; cooking;  $PM_{2.5}$ ; indoor air pollution.

Chaque année plus de 2,5 millions de décès dans le monde sont dus aux polluants émis par la combustion de la biomasse [1]. En effet, la combustion de la biomasse émet des polluants potentiellement toxiques, dont des particules de différentes tailles, du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde d'azote, des composés organiques volatils, du chlorure de méthylène et des dioxines [2]. En tenant compte de la durée de l'exposition, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a défini des moyennes de concentration au-delà desquelles l'exposition peut être source de pathologies. Ainsi, pour les  $PM_{2.5}$ , la valeur seuil pour 24 heures est de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [3].

Les problèmes de santé causés par la pollution de l'air intérieur sont essentiellement des affections de l'appareil respiratoire (infections respiratoires aiguës, broncho-pneumopathies chroniques obstructives, cancer du poumon, tuberculose, asthme), des maladies des yeux (cataracte, cécité partielle et conjonctivite), des maladies de l'appareil cardiovasculaire ainsi que des effets périnataux (mortalité, accouchement prématuré, mortalité intra-utérine, mortalité post-néonatale) [4].

Les pays en développement enregistrent 64 % du poids mondial des décès liés à la pollution de l'air intérieur par l'utilisation de la biomasse [5].

Une étude réalisée en 2014 avait montré que les niveaux de concentration des polluants dans les cuisines étaient supérieurs aux seuils définis par l'OMS [6]. Ces niveaux de concentration sont influencés par plusieurs facteurs tels que les caractéristiques des cuisines et les types de foyers [4, 7-9].

Au Burkina Faso, 91,8 % des habitants utilisent la biomasse pour la cuisson des repas [10]. Dans la ville de Ouagadougou, la biomasse est utilisée dans 60 % des habitations, à l'aide de foyer traditionnel (figure 1) et/ou amélioré chez 45 % des ménages dans des cuisines externes (dans un bâtiment distinct de la maison), internes, dans des salons ou à l'air libre [11]. Les femmes qui font la cuisine et leurs enfants de moins de 5 ans sont les plus exposés aux effets nocifs de la pollution de l'air intérieur [11].

La présente étude a pour objectifs de mesurer les niveaux moyens de concentration sur 24 heures des

$PM_{2.5}$  de l'air intérieur dans les habitations, d'identifier les facteurs de fortes concentrations de  $PM_{2.5}$  dans l'air intérieur et d'apprécier, en fonction des seuils de l'OMS, les risques sur la santé des personnes exposées.

## Matériels et méthodes d'étude

### Cadre et population d'étude

L'étude s'est déroulée dans le secteur 15 situé dans l'arrondissement 3 de la ville de Ouagadougou (figure 2). Le secteur 15 est l'un des deux secteurs de la zone d'intervention du projet Écosanté. Le projet Écosanté est une initiative régionale qui couvre le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire et le Sénégal. Il vise la réduction des impacts de la pollution de l'air sur la santé en milieu urbain.

Le secteur 15 comprenait 5 828 ménages en 2006 (RGPH 2006). En 2012, on dénombrait 67 394 habitants, dont 8 357 enfants de moins de 5 ans [12].

Les types d'habitations rencontrées étaient essentiellement des maisons construites en banco, en semi-dur et en dur [13].

Les repas étaient préparés à l'aide de réchaud/cuisinière, de foyer amélioré ou de foyer traditionnel. Ils étaient préparés dans la maison d'habitation ou à l'extérieur de celle-ci : dans la maison, les lieux de cuisson étaient la cuisine (24,4 % des cas) ou le salon (4,8 % des cas). Hors de la maison, le repas était préparé dans un bâtiment distinct (18,2 %) ou à l'air libre dans la cour (52,6 %). Dans 60 % des habitations, les combustibles utilisés étaient le bois et/ou le charbon de bois [14].

### Méthodes d'étude

L'étude transversale s'est déroulée au cours des mois de mai et juin 2017, premiers mois de la saison pluvieuse. Le protocole d'étude a été approuvé par le Comité d'éthique pour la recherche en santé du ministère de la Santé.



**Figure 1.** Cuisson du repas à l'aide de foyer traditionnel.

**Figure 1.** Cooking a meal over a traditional fire.

### Échantillonnage

La taille de l'échantillon était de 60 ménages. À partir de la place de la mairie de l'arrondissement 3, considérée comme le centre du secteur, une direction a été choisie de façon aléatoire, à l'aide d'un stylo lancé en l'air. L'équipe s'est déplacée de porte-à-porte dans la direction de la pointe du stylo. Dans chaque ménage, les enquêteurs, appuyés par les membres de l'Union des associations des femmes chargées de la gestion des déchets solides dans le secteur, ont expliqué les objectifs et le processus de l'étude. Ainsi, des détails concernant la pose de l'appareil pendant 24 heures et l'ensemble des consignes de sécurité liées à l'entretien dudit appareil ont été donnés aux chefs de ménage afin d'obtenir leur consentement éclairé.

### Technique et outils de collecte des données

Une grille a été élaborée pour collecter les informations relatives à l'environnement de cuisson des repas. La mesure des concentrations des polluants a été réalisée à l'aide d'un appareil de mesure de polluants « QUEST EVM » (figure 3). Le QUEST EVM est un instrument de surveillance portable avec un photomètre à laser qui mesure la concentration de poussières au fil du temps. Il permet de mesurer simultanément les concentrations de composés organiques volatils (COV), de CO, de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'humidité relative, la température et le point de rosée.

L'appareil, monté sur un support conçu à cet effet, a été placé à une hauteur de 1,5 m du sol et à une distance de 1,5 m du foyer pendant 24 heures. Les conditions de

pose de l'appareil sont conformes à celles des travaux réalisés par d'autres auteurs [6, 8, 15]. Les données de concentration de PM<sub>2,5</sub> ont été collectées pendant les deux premiers mois de la saison pluvieuse et des orages ont entraîné systématiquement l'arrêt de l'enregistrement des données dans des ménages où la cuisine était à l'air libre. Une grille a permis de collecter des données relatives aux variables de l'étude.

La variable dépendante de l'étude était la concentration moyenne des polluants sur 24 heures.

Les variables indépendantes étaient :

- la typologie de la cuisine. Les types de cuisines ont été classés en quatre catégories : cuisine externe aérée (cuisine externe avec fenêtres et aérations), cuisine externe non aérée (cuisine externe sans fenêtres et sans aérations), cuisine interne et cuisine en plein air ;
- la typologie des foyers. Les foyers utilisés ont été classés en trois catégories : les foyers traditionnels (figure 1), les foyers améliorés (figure 4) et les foyers à gaz ;
- la typologie des combustibles. Les combustibles utilisés ont été classés en trois catégories : le gaz, le charbon et le bois ;
- la durée de la préparation des repas. Les durées de cuisson des repas ont été estimées avec les personnes en charge de la préparation du repas dans le ménage. Il a été demandé à chacune de ces personnes de noter (si elle savait lire et écrire) ou de demander à quelqu'un sachant le faire, l'heure de début et de fin de la cuisson.

En plus de ces variables, les données de la météorologie telles que la température et l'humidité ont été également collectées.

### Traitement et analyse des données

Les données ont été saisies avec le logiciel EpiData. Le logiciel Stata/SE 12.0 a été utilisé pour l'analyse des données. Afin de tester nos hypothèses, nous avons eu recours aux méthodes d'analyse descriptives et explicatives.

L'analyse descriptive a été utilisée pour tester l'association entre la variable dépendante et les facteurs prédictifs d'une forte concentration de PM<sub>2,5</sub>. Au regard de la nature de la variable dépendante qui est quantitative continue, nous avons choisi la méthode d'analyse de la variance (Anova) pour le test d'association. Nous avons d'abord testé l'indépendance des facteurs prédictifs au moyen d'un test du Chi<sup>2</sup> au seuil de 5 %. Ensuite, nous avons réalisé l'analyse de la variance simple en testant l'hypothèse d'égalité de la variance entre les sous-échantillons des variables indépendantes.

Les variables indépendantes étant catégorielles, nous avons testé la différence des moyennes de PM<sub>2,5</sub> et de variance dans les échantillons constitués des modalités de ces variables au seuil de significativité de 5 %. Les résultats obtenus présentent la valeur du *F* de Fisher et la *p*-value associée, ainsi que les valeurs moyennes de la

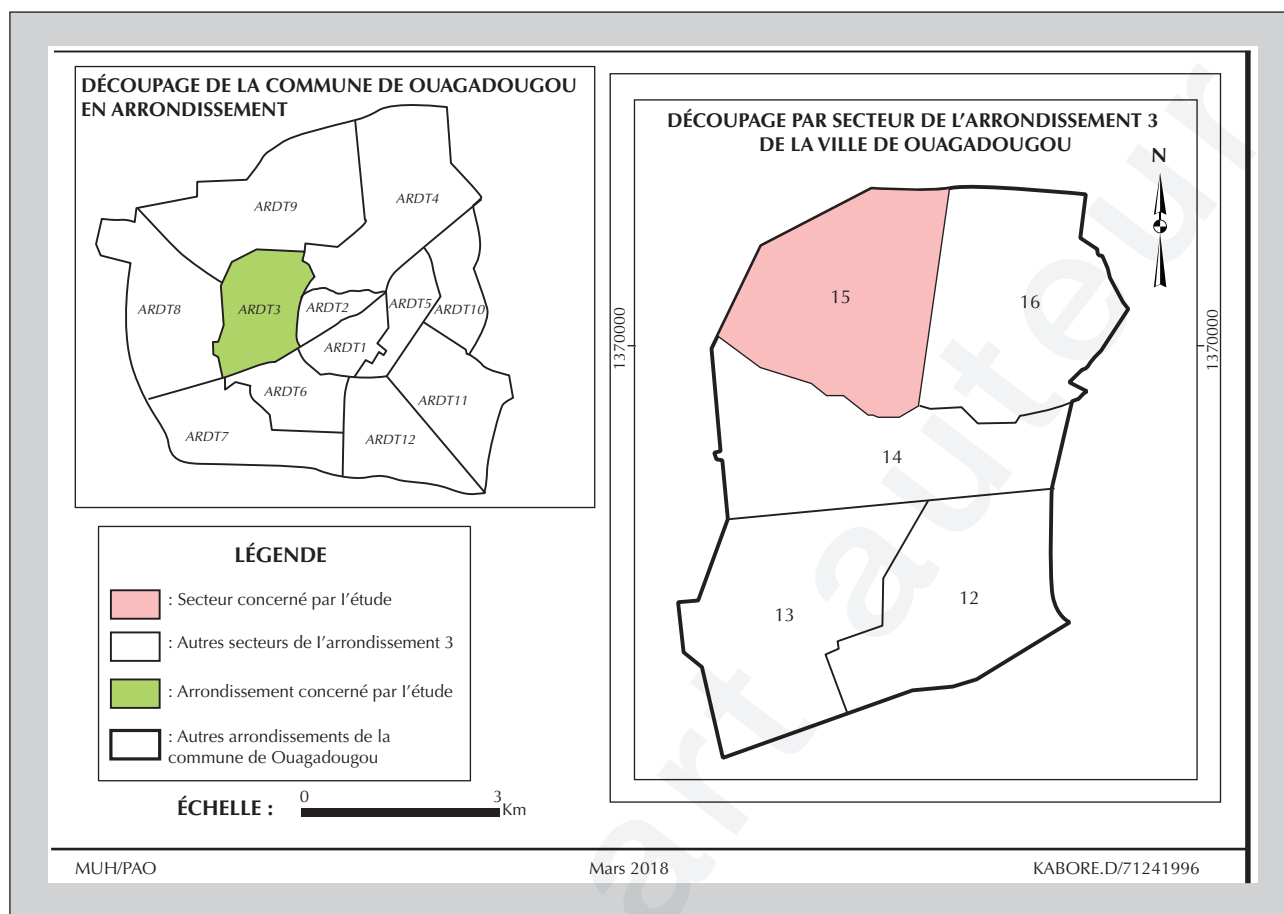


Figure 2. Carte géographique du secteur 15 de la ville de Ouagadougou.

Figure 2. Map of sector 15 of Ouagadougou.

concentration des microparticules dans les ménages en fonction de chacune des catégories des variables indépendantes.

L'analyse explicative multivariée a porté sur la régression linéaire. Cette modélisation nous a permis d'expliquer la forte concentration en microparticules en fonction d'un ensemble de prédicteurs potentiels. Afin d'estimer les facteurs du modèle, nous avons utilisé la méthode d'estimation des moindres carrés ordinaires qui a consisté à calculer les paramètres du modèle qui minimisent les carrés des erreurs. Pour la mesure de la qualité d'ajustement du modèle aux données, le critère utilisé a été le coefficient de corrélation multiple afin de mesurer la corrélation entre les valeurs observées et celles prédites de la variable dépendante.

## Résultats

Les données ont été collectées auprès de 56 des 60 ménages tirés au sort.

## Caractéristiques de l'échantillon

Le *tableau 1* présente la répartition des ménages en fonction des principales conditions de préparation des repas que sont : les types de cuisines, foyers et combustibles et les combinaisons « foyer + combustible ».

## Concentrations moyennes des PM<sub>2,5</sub> pour 24 heures

La concentration moyenne de PM<sub>2,5</sub> dans les cuisines était de  $26,55 \pm 9,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'humidité était en moyenne de  $59,59 \% \pm 0,91$  et la température moyenne de  $33,82 \pm 0,39 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Le *tableau 2* donne les résultats des mesures de tendances centrales et de dispersion des concentrations de PM<sub>2,5</sub> en fonction des principales conditions de préparation des repas à savoir : les types de cuisines, de foyers et de combustibles et les combinaisons « foyer + combustible ».



Figure 3. QUEST ou EVM-7.

Figure 3. QUEST or EVM-7.

**Tableau 1.** Répartition des ménages en fonction des principales conditions de préparation des repas.

Table 1. Households according to main meal preparation conditions.

Caractéristiques	Nombre (%)
<i>Types de cuisines (n = 56)</i>	
Cuisine à l'air libre	9 (16,07)
Cuisine externe	26 (46,43)
Cuisine interne	21 (37,50)
<i>Types de foyers (n = 56)</i>	
Foyer à gaz	35 (62,5)
Foyer traditionnel	10 (17,86)
Foyer amélioré	11 (19,64)
<i>Types de combustibles (n = 56)</i>	
Bois	16 (28,57)
Charbon	5 (8,93)
Gaz	35 (62,50)
<i>Combinaisons foyers et combustibles (n = 56)</i>	
Foyer amélioré + bois	6 (10,71)
Foyer amélioré + charbon	5 (8,93)
Foyer traditionnel + bois	10 (17,86)
Foyer à gaz	35 (62,50)

### Durée moyenne de préparation des repas

La durée moyenne journalière de préparation des repas était de 207,53 ± 21 minutes. La durée moyenne de préparation d'un repas était de 60,45 ± 13 minutes le matin, 114,76 ± 13 minutes pour la mi-journée et 126,20 ± 13 minutes pour la soirée.

### Analyse bivariée

À l'analyse bivariée, des différences statistiquement significatives ont été retrouvées entre les concentrations de PM<sub>2,5</sub> en fonction des types de cuisines, de foyers et de combustibles.

Les détails des résultats de l'analyse bivariée se trouvent dans le *tableau 3*.

L'analyse multivariée a confirmé les différences statistiquement significatives entre les concentrations de PM<sub>2,5</sub> en fonction des types de cuisines, d'une part, et en fonction de la combinaison « foyer + combustible », d'autre part.

Les résultats de l'analyse multivariée sont dans le *tableau 4*.

## Discussions

### Caractéristiques de l'échantillon

Les résultats montrent que 37,5 % des ménages utilisaient la biomasse (bois ou charbon de bois) comme



Figure 4. Cuisson du repas à l'aide de foyer amélioré.

Figure 4. Cooking a meal over an improved fire.

**Tableau 2.** Moyennes, écarts-types, médianes, minima et maxima des  $PM_{2,5}$  en fonction des principales conditions de préparation des repas.

Table 2. Mean, standard deviation, median, minimum and maximum levels of  $PM_{2,5}$  according to main meal preparation conditions.

	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Écart-type ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Médiane ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Minimum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maximum ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Types de cuisines</i>					
Cuisine à l'air libre	110,69	163,48	23,00	0,04	458
Cuisine externe	11,75	19,09	0,26	0,00	66
Cuisine interne	8,84	17,65	0,04	0,00	65
<i>Types de foyers</i>					
Foyer à gaz	9,96	18,68	0,05	0,00	66
Foyer traditionnel	95,69	159,93	2,20	0,03	458
Foyer amélioré	16,52	21,27	6,81	0,04	57
<i>Types de combustibles</i>					
Bois	62,54	131,62	4,16	0,03	458
Charbon	27,62	27,52	28,00	0,04	57
Gaz	9,96	18,68	0,05	0,00	66
<i>Combinaisons foyers et combustibles</i>					
Foyer amélioré + bois	7,28	8,57	5,50	0,04	23
Foyer amélioré + charbon	27,62	27,52	28,00	0,04	57
Foyer traditionnel + bois	95,69	159,93	2,20	0,03	458
Foyer à gaz	9,96	18,68	0,05	0,00	66

principal combustible, tandis que 62,5 % utilisaient le gaz. Ces données étaient différentes de celles de l'ensemble de la commune de Ouagadougou : 50 % pour la biomasse et 50 % pour le gaz [16]. Ils indiquent une tendance plus accrue à l'utilisation du gaz comme principal combustible pour la cuisson des repas. Cet état de fait s'expliquerait par l'impact des activités de promotion de l'utilisation du gaz, mises en œuvre par le ministère en charge de l'Environnement [17]. Cette politique offre un double avantage, car elle permet de réduire considérablement l'exposition des populations aux polluants produits par la combustion de la biomasse et de protéger les forêts.

La biomasse était utilisée dans 17,86 % des ménages à l'aide de foyer traditionnel et dans 19,64 % à l'aide de foyer amélioré. Ces données dénotent une faible utilisation des foyers améliorés par rapport à leur disponibilité dans les ménages, qui était de 27,2 % selon les données de l'EDSBF-MICS IV.

Les proportions des cuisines à l'air libre (16,07 %), des cuisines à l'intérieur des maisons d'habitation (37,50 %) et des cuisines externes (46,43 %) sont différentes de celles trouvées en 2010 pour l'ensemble de la commune de Ouagadougou, qui étaient respectivement de 52,6 %, de 24,4 % et de 18,2 % [10]. On constate alors une réduction de la proportion des ménages utilisant des cuisines à l'air libre et une augmentation de la proportion des ménages utilisant des cuisines internes et des cuisines externes. La cuisine à l'air libre étant la principale pratique en milieu rural [10], les tendances observées lors de notre étude

indiqueraient l'abandon progressif de cette pratique en milieu urbain.

### Facteurs de fortes concentrations de $PM_{2,5}$ dans les cuisines

Les concentrations moyennes en 24 heures des  $PM_{2,5}$  pour l'ensemble des ménages inclus dans l'étude étaient de 26,55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur se situe au-dessus de la valeur seuil de l'OMS, qui est de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par 24 heures. Comparativement aux autres types de cuisines, les concentrations de  $PM_{2,5}$  étaient significativement plus élevées (analyses bivariée et multivariée) dans les ménages où la cuisine se fait à l'air libre ( $p < 0,01$ ). Deux principaux éléments pourraient expliquer cette situation. En effet, dans les ménages où le repas est préparé à l'air libre, seule la biomasse est utilisée comme combustible solide (bois ou charbon de bois). De plus, la mesure, étant faite pendant 24 heures, n'a pas seulement pris en compte les moments de préparation des repas. D'autres sources de production de particules, telles que l'air extérieur, pourraient aussi contribuer à la forte concentration des particules dans ces ménages qui cuisinent en plein air. En effet, la concentration des particules dans l'air extérieur de la ville de Ouagadougou est au-dessus des seuils de l'OMS [17, 18].

À l'analyse bivariée, les ménages utilisant les foyers traditionnels ou améliorés ont enregistré des concentrations de  $PM_{2,5}$  élevées, comparées à celles des ménages



**Tableau 3.** Résultats de l'analyse bivariée.

Table 3. Results of the bivariate analysis.

	Fréquence	Moyenne ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Écart-type ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	F	p-value
<i>Types de cuisines</i>					
Air libre	9	110,69	163,48	8,79	0,00
Externe	26	11,75	19,09		
Interne	21	8,84	17,65		
<i>Types de foyers</i>					
Gaz	35	9,96	18,68	6,29	0,00
Traditionnel	10	95,69	159,93		
Amélioré	11	16,52	21,27		
<i>Types de combustibles</i>					
Bois	16	62,54	131,62	2,93	0,06
Charbon	5	27,62	27,52		
Gaz	35	9,96	18,68		
<i>Biomasse versus gaz</i>					
Biomasse	21	54,22	115,66	4,97	0,03
Gaz	35	9,96	18,68		
<i>Conditions de préparation des repas</i>					
Cuisine à l'air libre + foyer amélioré + bois	3	7,69	13,26	1,47	0,21
Cuisine à l'air libre + foyer amélioré + charbon	4	82,52	132,03		
Cuisine externe + foyer amélioré + bois	3	0,87	2,70		
Cuisine externe + foyer amélioré + charbon	2	42,50	20,51		
Cuisine externe + foyer à gaz	14	11,64	20,70		
Cuisine externe + foyer traditionnel + bois	9	75,55	155,59		
Cuisine interne + gaz	21	8,84	17,65		
<i>Combinaisons foyers et combustibles</i>					
Foyer amélioré + bois	6	7,28	8,57	4,21	0,01
Foyer amélioré + charbon	5	27,62	27,52		
Foyer traditionnel + bois	10	95,69	159,93		
Foyer à gaz	35	9,96	18,68		

**Tableau 4.** Analyse multivariée.

Table 4. Multivariate analysis.

	Coefficient	Écart-type	t	p-value
<i>Types de cuisines</i>				
Cuisine à l'air libre				1 (ref)
Cuisine externe	-111,54	30,58	-3,65	0,00
Cuisine interne	-95,54	36,79	-2,60	0,01
<i>Types de foyers et combustibles</i>				
Gaz				1 (ref)
Foyer amélioré + charbon	-57,78	33,99	-1,70	0,10
Foyer traditionnel + bois	77,35	29,87	2,59	0,01
Foyer amélioré + bois	-51,75	33,64	-1,54	0,13
Température (°C)	-11,18	7,08	-1,58	0,12
Humidité (%)	-2,89	2,96	-0,98	0,33
Durée de cuisson des repas	-0,01	0,06	-0,13	0,90

utilisant le gaz ( $p < 0,01$ ). Il en est de même pour l'utilisation de la biomasse comparée à celle du gaz ( $p = 0,03$ ). Ces résultats sont en accord avec d'autres travaux antérieurs qui avaient démontré que l'utilisation du gaz réduisait considérablement les concentrations en polluants [19-22].

Les concentrations moyennes de  $PM_{2,5}$  sur 24 heures dans les ménages utilisant les foyers traditionnels et du bois étaient significativement plus élevées que pour les autres combinaisons « foyer + combustible ». L'implication du bois et des foyers traditionnels dans la production de fortes concentrations de  $PM_{2,5}$  a été déjà retrouvée dans plusieurs études [19-21].

### Risques sanitaires associés à l'exposition des facteurs de forte concentration de $PM_{2,5}$

Plusieurs études ont établi des preuves des effets nocifs sur la santé de l'exposition aux  $PM_{2,5}$  issues de la combustion de la biomasse à court et à long termes. Le degré de toxicité dépend de leur association à d'autres polluants. L'appareil respiratoire serait le plus concerné par les problèmes de santé liés à l'exposition aux  $PM_{2,5}$ . À court terme, les  $PM_{2,5}$  seraient responsables d'infections aiguës des voies respiratoires. À long terme, une exposition aux  $PM_{2,5}$ , au-delà des seuils de l'OMS, serait à l'origine de bronchopneumopathie chronique obstructive, de la réduction de la fonction respiratoire, de cancer du poumon et d'augmentation du risque de mortalité cardiopulmonaire [2, 23, 24]. Cela allant de l'ordre de 6 à 13 % par  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  d'exposition [25]. Également, les fortes concentrations de  $PM_{2,5}$  seraient associées à l'augmentation du taux de mutations placentaires [26] et à des altérations des gènes de réparation de l'ADN, avec à terme un risque augmenté pour l'enfant de développer des cancers.

Les concentrations moyennes de  $PM_{2,5}$  obtenues lors de notre étude étant largement supérieures au seuil fixé par l'OMS, les personnes exposées auraient donc des risques sanitaires importants allant des infections

respiratoires au développement de cancers. Cette situation serait plus grave chez les femmes et les enfants qui sont les plus exposés à la fumée issue de la combustion de la biomasse dans les cuisines [26, 27]. Des études longitudinales seraient nécessaires pour évaluer le risque sanitaire des populations exposées à ces fortes concentrations de  $PM_{2,5}$  dans les ménages de la ville de Ouagadougou.

## Conclusion

L'étude a montré que les concentrations de  $PM_{2,5}$  étaient significativement élevées dans l'air intérieur des ménages, comparativement aux valeurs seuils fixées par l'OMS. Les facteurs de ces fortes concentrations de  $PM_{2,5}$  étaient la cuisine à l'air libre, l'utilisation de foyers améliorés et de foyers traditionnels, ainsi que l'utilisation du bois. Cette situation exposerait les personnes à des risques sanitaires importants allant des infections respiratoires au développement de cancers. Ces résultats invitent à la prise de mesures efficaces afin de mettre à disposition des ménages de meilleures conditions de cuisson des repas (gaz, électricité) et de réduire l'exposition des habitants aux fortes concentrations de polluants. ■

## Remerciements et autres mentions

Nous remercions les personnes suivantes : Lingani Reine, Savadogo Charifa et Sylla Farida pour leurs contributions lors de la collecte des données, Millogo Tieba pour son appui au traitement des données.

**Financement** : nous remercions le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) qui a financé cette étude dans le cadre du projet « Chairepol » (projet CRDI 107347) de la Communauté de pratique en écosanté pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre (CoPES-AOC)/chaire Écosanté ; **liens d'intérêts** : les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêt.

## Références

1. Bruce N, Perez-Padilla R, Albalak R. *Health effects of indoor air pollution exposure in developing countries*. Geneva : WHO, 2002.
2. Naeher LP, Brauer M, Lipsett M, et al. Woodsmoke health effects: a review. *Inhal Toxicol* 2007 ; 19 (1) : 67-106.
3. OMS. *Directives de la qualité de l'air de l'Organisation mondiale de la santé*. Genève : OMS, 2015.
4. Smith KR, Mehta S, Maeusezahl-Fe M. Indoor air pollution from household use of solid fuels. In: *Comparative quantification*

*of health risks. Global and regional burden of disease attribution to selected major risk factors*. Geneva : World Health Organization, 2004.

5. WHO. *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks*. Geneva : World Health Organization, 2009.

6. Thorsson S, Holmer B, Andjelic A, Barregard L. Carbon monoxide concentrations in outdoor wood-fired kitchens in Ouagadougou, Burkina Faso – implications for women's and children's health. *Environ Monit Assess* 2014 ; 186 (17) : 4479-92.

7. Bruce N, Perez-Padilla R, Albalak R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bull World Health Organ* 2000 ; 78 (19) : 1078-92.
8. Clark ML, Reynolds SJ, Burch JB, Conway S, Bachand AM, Peel JL. Indoor air pollution, cookstove quality, and housing characteristics in two Honduran communities. *Environ Res* 2010 ; 110 (11) : 12-8.
9. Still D, MacCarty N. The effect of ventilation on carbon monoxide and particulate levels in a test kitchen. *Boil Point* 2006 ; (52) : 24-6.
10. Institut national de la statistique et de la démographie (INSD). *Enquête démographique et de santé et à indicateurs multiples (EDSBF-MICS IV)*. Ouagadougou/Burkina Faso : ministère de l'Économie et des Finances, 2010.
11. Kafando B, Savadogo P, Millogo T, Sana A, Kouanda S, Sondo B. Pollution de l'air intérieur et prévalence des infections respiratoires aiguës chez les enfants à Ouagadougou. *Sante Publique* 2018 ; 30 (14) : 12.
12. OMS. *Pollution à l'intérieur des habitations – la fumée qui tue*. Genève : OMS, 2004.
13. Mairie de Ouagadougou. *Analyse synthétique de l'énumération de la population de Ouagadougou 2012*. Ouagadougou : Mairie de Ouagadougou, 2012.
14. Observatoire de la population de Ouagadougou. *Rapport scientifique sur la caractérisation sociologique des quartiers de l'OPO*. Ouagadougou : ISSP, 2013.
15. Bruce N, McCracken J, Albalak R, et al. Impact of improved stoves, house construction and child location on levels. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2004 ; 14 (S1) : S26-33.
16. FONABES. *La gestion des forêts naturelles et l'approvisionnement durable en bois-énergie des villes du Sahel. Schéma directeur d'approvisionnement en combustibles domestiques de Ouagadougou*. Ouagadougou : ministère de l'Environnement, de l'Économie verte et du Changement climatique du Burkina Faso, 2017.
17. Ministère de l'Environnement et du Développement durable. *Rapport d'activités annuel 2011*. Ouagadougou : ministère de l'Environnement et du Développement durable, 2012.
18. Lindén J, Thorsson S, Boman J, Holmer B. *Urban climate and air pollution in Ouagadougou, Burkina Faso: an overview of results from five field studies*. Gothenburg : University of Gothenburg, 2012.
19. Bautista L, Adolfo C, Jill B, Matanoski G. Indoor charcoal smoke and acute respiratory infections in young children in the Dominican Republic. *Am J Epidemiol* 2009 ; 169 (15) : 572-80.
20. WHO. Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attribution to selected major risk factors. In : Majid E, Alan DL, Anthony R, Murray CJ, editors. *WHO library cataloguing-in-publication data, vol. 1*. Geneva : WHO, 2004.
21. Khalequzzaman M, Kamijima M, Kiyoshi S. Indoor air pollution and the health of children in biomass- and fossil-fuel users of Bangladesh: situation in two different seasons. *Environ Health Prev Med* 2010 ; 15 : 236-43.
22. Naeher LP, Leaderer BP, Smith KR. Particulate matter and carbon monoxide in Highland Guatemala: indoor and outdoor levels from traditional and improved wood stoves and gas stoves. *Indoor Air* 2000 ; 10 (13) : 200-5.
23. Peng Y, Brauer M, Cohen A, Richard TB. Ambient fine particulate matter exposure and cardiovascular mortality in China: a prospective cohort study. *The Lancet* 2015 ; 386 (S6).
24. Watts N, Adger WN, Agnolucci P, et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet* 2015 ; 386 : 1861-914.
25. Beelen R, Hoek G, Vanden Brandt PA, et al. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect* 2008 ; 116 (12) : 196-202.
26. Neven KY, Saenen ND, Tarentini L, et al. Placental promoter methylation of DNA repair genes and prenatal exposure to particulate air pollution: an ENVIRONAGE cohort study. *The Lancet Planetary Health* 2018 ; 2 (4) : 174-83.
27. WHO. *Reducing risks, promoting healthy life*. Geneva : World Health Organization, 2002.