Effets environnementaux et sanitaires de l'incinération des déchets biomédicaux au CNHU-HKM de Cotonou au Bénin en 2025 : qualité de l'air et effets perçus selon le modèle DPSEEA

Claude DJOGNINOU
Institut National Médico-Sanitaire (INMeS)
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
Josephat AVOCE
Organisation pour le Service et la Vie (OSV), Cotonou, Bénin
Gaël Mahoukpégo ADJIGNON
Institut National Médico-Sanitaire (INMeS)
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
Eusèbe AHOSSI, *Institut National Médico-Sanitaire (INMeS),*
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
Théodore SOUSSIA
Institut National Médico-Sanitaire (INMeS)
Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, Bénin
djogninou@yahoo.fr

Résumé

Cette étude visait à évaluer les effets environnementaux et sanitaires de l'incinération des déchets biomédicaux au CNHU-HKM de Cotonou. Nous avons mené une étude transversale descriptive (16-30 juin 2025), structurée par le modèle DPSEEA, qui a combiné une grille d'observation, douze relevés ponctuels de la qualité de l'air et un questionnaire soumis à 26 personnes travaillant autour de l'unité. Le seul incinérateur en service était un modèle traditionnel sans filtre, allumé à l'huile usagée. Le monoxyde de carbone allait de 21 à 32 ppm pendant l'incinération, contre 11 à 17 ppm en dehors. Les particules dépassaient les valeurs guides sur 24 h dans les deux situations, sans part attribuable à l'incinérateur. Les 22 personnes déclarant des effets citaient toutes des irritations respiratoires, et 65,38 % des enquêtés ignoraient l'emplacement de l'incinérateur. Moderniser l'équipement, gérer les mâchefers et informer les travailleurs riverains sont les priorités.

Mots clés : *déchets biomédicaux ; incinération ; qualité de l'air ; effets sanitaires perçus ; modèle DPSEEA ; Bénin*

Abstract

This study aimed to assess the environmental and health effects of biomedical waste incineration at the CNHU-HKM in Cotonou. We conducted a descriptive cross-sectional study (16-30 June 2025), structured by the DPSEEA model, which combined an observation grid, twelve spot air-quality readings and a questionnaire completed by 26 people working near the unit. The only incinerator in use was a traditional unit without a filter, lit with used engine oil. Carbon monoxide ranged from 21 to 32 ppm during incineration, compared with 11 to 17 ppm outside it. Particulate matter exceeded the 24-hour guideline values in both situations, with no share attributable to the incinerator. All 22 people reporting effects mentioned respiratory irritation, and 65.38% of respondents did not know where the incinerator was. Upgrading the equipment, managing bottom ash and informing nearby workers are the priorities.

Keywords: *biomedical waste; incineration; air quality; perceived health effects; DPSEEA model; Benin*

Introduction

Tout établissement de soins produit chaque jour des déchets, et une partie d'entre eux est dangereuse pour la santé et l'environnement. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) estime qu'environ 15 % des déchets issus des activités de soins sont dangereux, qu'ils soient infectieux, toxiques, cancérogènes, inflammables, corrosifs, réactifs, explosifs ou radioactifs (OMS, 2014 ; OMS, 2024). La pandémie de COVID-19 a rendu le problème plus visible. D'après l'analyse mondiale publiée par l'OMS en 2022, environ 87 000 tonnes d'équipements de protection individuelle ont été achetées entre mars 2020 et novembre 2021 par une initiative d'urgence des Nations unies, et 30 % des établissements de santé dans le monde, 60 % dans les pays les moins avancés, n'étaient pas équipés pour traiter les volumes de déchets qu'ils produisaient déjà (OMS, 2022). La gestion de ces déchets est aujourd'hui présentée comme un

problème de santé mondiale (Janik-Karpinska et al., 2023). Pour les déchets infectieux, l'incinération reste la filière la plus répandue, car elle réduit leur volume, leur poids et leur charge infectieuse (Benkhaled, 2021 ; OMS, 2025). Elle reporte toutefois une partie du risque sur l'air, le sol et les personnes qui vivent ou travaillent près des installations.

Les constats récents faits en Afrique de l'Ouest et au Bénin montrent une filière encore fragile. En Afrique subsaharienne, une méta-analyse évalue à 49,74 % la part des soignants qui appliquent de bonnes pratiques de gestion des déchets (Berihun et al., 2025). Au Togo, sur 264 formations sanitaires publiques, 17,8 % seulement atteignaient en 2024 un niveau de gestion acceptable (Niman et al., 2025). Au Bénin, l'évaluation conduite la même année à l'hôpital de zone de Djidja-Abomey-Agbangnizoun attribuait à la gestion des déchets d'activités de soins un score global de 41,6 %, jugé insuffisant, et relevait l'absence de documents de référence dans les services, le manque de moyens de transport et l'absence de coordination (Degbey et al., 2025). À Cotonou, une étude plus ancienne jugeait déjà mal gérés 53 % des déchets biomédicaux et signalait des incinérateurs inadaptés (Cledjo, 2012). Les particules mesurées dans la ville dépassent régulièrement les valeurs recommandées par l'OMS (Djossou et al., 2018 ; Kounouhewa et al., 2020), si bien que toute source locale de combustion s'ajoute à un air déjà chargé.

Au Centre National Hospitalier Universitaire Hubert Koutoukou Maga (CNHU-HKM) de Cotonou, l'un des principaux établissements de santé du Bénin, les déchets à risque infectieux sont incinérés à l'arrière de l'hôpital, au bord d'une rue animée. Chaque soir, la fumée se répand dans le voisinage, où vendeuses, conducteurs de taxi-moto et agents travaillent sans avoir été informés des risques. Les travaux de la sous-région portent surtout sur l'organisation de la filière, le tri et les connaissances des soignants ; on sait peu de choses des

émissions des incinérateurs hospitaliers, de l'exposition des personnes qui travaillent à côté et de leur perception du risque, et aucune donnée n'existait pour cette unité. Nous nous sommes donc demandé quels effets environnementaux et sanitaires l'incinération des déchets biomédicaux produit autour de l'unité du CNHU-HKM.

L'objectif général était d'évaluer les effets environnementaux et sanitaires de l'incinération des déchets biomédicaux au CNHU-HKM en 2025. Il s'agissait plus précisément de décrire le processus d'incinération, d'identifier les facteurs nocifs qui y sont liés et de déterminer ses effets sur l'environnement et sur la santé des personnes exposées. La question dépasse l'enceinte de l'hôpital, car une partie des personnes exposées sont des travailleurs du secteur informel que les messages d'hygiène hospitalière n'atteignent pas. L'article présente l'ancrage théorique, la revue de littérature et la méthodologie, puis les résultats, leur discussion et la conclusion.

1. Ancrage théorique : le modèle DPSEEA

1.1. Origine et postulats du modèle

L'étude s'appuie sur un seul modèle, le modèle DPSEEA (Driving forces, Pressures, State, Exposure, Effects, Actions ; en français : forces motrices, pressions, état, exposition, effets, actions). Il a été élaboré à l'OMS au milieu des années 1990 pour construire des indicateurs de santé environnementale (Kjellström et Corvalán, 1995 ; Briggs, 1999), puis développé comme outil d'aide à la décision (Corvalán et al., 2000). Il prolonge le modèle DPSIR (Driving forces, Pressures, State, Impacts, Responses) de l'Agence européenne pour l'environnement, qui suit la même logique mais s'arrête aux impacts sur les milieux (Smeets et Weterings, 1999). Après avoir comparé plusieurs cadres, Hambling et al. (2011) l'ont jugé le

mieux adapté pour relier un danger environnemental à ses effets sur la santé et pour situer les points d'intervention.

Le modèle repose sur quatre postulats. Le premier pose une chaîne causale orientée : des forces motrices (développement, démographie, organisation des services) engendrent des pressions (rejets, déchets), qui modifient l'état de l'environnement. Le deuxième fait de l'exposition le passage obligé entre l'environnement et la santé : un polluant n'agit que s'il rencontre des personnes, et une même pollution produit des effets différents selon la distance, la durée et la fréquence de cette rencontre. Le troisième admet que chaque maillon soit décrit par ses propres indicateurs, ce qui permet de suivre la chaîne même lorsque tous les maillons ne peuvent pas être mesurés avec la même précision. Le quatrième situe l'action à chaque maillon, une intervention sur les pressions protégeant plus de monde qu'une intervention sur les effets.

Nous avons préféré le DPSEEA au DPSIR parce qu'il distingue l'exposition et les effets sanitaires, deux niveaux qui intéressent directement une étude infirmière, et parce qu'il permet de traiter dans un même cadre des observations, des mesures et des déclarations. Au niveau de l'exposition, où se décident les comportements de protection, nous lui associons la notion de perception du risque. Selon Slovic (1987), un risque paraît d'autant plus grave qu'il est visible, subi et mal connu, indépendamment de sa gravité objective. Cette notion ne forme pas un second modèle : elle sert à lire la façon dont les personnes exposées vivent leur exposition.

1.2. Usage du modèle dans l'étude : variables, résultats et interprétation

Le modèle intervient à trois moments de l'étude. Il a guidé le choix des variables : à chaque maillon correspondent un groupe d'indicateurs et une source de données (tableau 1). Il ordonne la présentation des résultats, rangés des pressions vers les effets. Il

fixe enfin la règle d'interprétation : un lien entre deux maillons n'est retenu que s'il est cohérent dans le temps, dans l'espace et avec la littérature, et il reste un lien de plausibilité et non une preuve de causalité, puisque le dispositif est transversal et sans groupe témoin. Les forces motrices (l'activité continue d'un hôpital de référence) servent de contexte et n'ont pas été mesurées ; les actions sont abordées à travers les protections observées et les recommandations.

Tableau 1 : Modèle d'analyse : maillons du DPSEEA, concepts, indicateurs et sources

Maillon DPSEEA	Concept	Indicateurs retenus	Source des données
Forces motrices et pressions	Pratique d'incinération	Type d'incinérateur, combustible, température, durée du cycle, hauteur de cheminée, préstockage	Grille d'observation
État	Effets environnementaux	PM1,0, PM2,5, PM10, CO, CO2, O3, NO2, SO2, TVOC (total volatile organic compounds, composés organiques volatils totaux), formaldéhyde ; gestion des mâchefers ; nuisances perçues	Appareils de mesure, grille, questionnaire
Exposition	Exposition et perception du risque	Statut professionnel, ancienneté sur le site, fréquence de perception de la fumée, connaissance de la source, nocivité perçue	Questionnaire
Effets	Effets sanitaires	Symptômes respiratoires, oculaires, céphalées, fatigue, nausées, infections, éruptions cutanées	Questionnaire
Actions	Réponses	Mesures de protection observées, recommandations	Grille, questionnaire

Source : d'après Kjellström et Corvalán (1995) et Briggs (1999), adapté par les auteurs.

1.3. Clarification des concepts

Par déchets biomédicaux, on entend les déchets issus des activités de diagnostic, de suivi, de traitement et de recherche en médecine humaine et vétérinaire. On y distingue les déchets assimilés aux ordures ménagères et les déchets d'activités de

soins à risques infectieux (OMS, 2014 ; Benkhaled, 2021). L'incinération désigne ici le procédé thermique employé au CNHU-HKM pour détruire ces déchets. Sont considérés comme exposés les agents, commerçants et conducteurs présents près de l'unité. Les effets sanitaires correspondent aux manifestations que ces personnes déclarent, les effets environnementaux aux atteintes perçues ou mesurées de l'air, du sol et du cadre de vie. La perception du risque désigne le jugement que les enquêtés portent sur la nocivité de la fumée et sur sa source.

2. Revue de littérature

2.1. Pressions : des incinérateurs de petite taille et une filière défaillante

Dans les pays à ressources limitées, les petits incinérateurs tournent souvent à une température insuffisante, avec des cheminées basses et sans traitement des fumées (Batterman, 2004). Au Kenya, ceux de deux hôpitaux universitaires atteignaient en moyenne 746 et 811 °C, pour des rendements de combustion de 48,1 % et 60,8 %, loin du minimum national de 99 % (Njagi et al., 2012) ; à Dar es Salaam, quatre incinérateurs hospitaliers avaient des rendements de 51,4 à 60,0 % et des émissions gazeuses supérieures aux normes américaines (Honest et al., 2020).

En amont, le tri reste insuffisant. À Daloa, 71,1 % du personnel ne triait pas et une partie des déchets était brûlée à l'air libre (N'Guessan et al., 2021) ; le constat était proche dans sept hôpitaux de Lagos (Awodele et al., 2016) et dans des hôpitaux ghanéens (Odonkor et Mahami, 2020). La qualité de la gestion dépend aussi de la gouvernance : elle allait de pair au Togo avec des comités fonctionnels et du personnel formé (Niman et al., 2025), tandis que les cadres juridiques du Burkina Faso (Ouedraogo et al., 2025) et du Cameroun (Manga et al., 2008 ; Manga et al., 2011) présentent des lacunes.

2.2. État de l'environnement : émissions, résidus et air urbain

Brûler des déchets à basse température libère des dioxines, des furanes et des particules ; seuls les incinérateurs qui fonctionnent entre 850 et 1 100 °C avec épuration des gaz respectent les normes pour ces composés, et la combustion de matériaux contenant du plomb, du mercure ou du cadmium disperse des métaux toxiques (OMS, 2024). Les filtres retiennent mal les particules ultrafines (Reeks, 2023). Au Ghana, des métaux lourds contaminaient les sols autour d'un dépôt de mâchefers d'incinérateur hospitalier (Adama et al., 2016), et les mâchefers de deux incinérateurs dépassaient les limites admises (Debrah et Dinis, 2023).

Ces émissions s'ajoutent à un fond urbain mal documenté, les données de qualité de l'air restant rares en Afrique (Kalisa et al., 2023). Les particules sont élevées à Cotonou et à Abidjan (Djossou et al., 2018), y compris dans des écoles de Yopougon (Attoh-Touré et al., 2024), et les mesures continues faites à Cotonou dépassent les limites de l'OMS (Kounouhewa et al., 2020).

2.3. Exposition et effets : des preuves hétérogènes

Les effets sanitaires des incinérateurs sont moins établis. Les revues rapportent des troubles respiratoires et un excès de certains cancers chez les travailleurs et les riverains, mais avec des résultats hétérogènes, une exposition mesurée indirectement et des facteurs de confusion mal contrôlés (National Research Council, 2000 ; Hu et Shy, 2001), et les associations concernent surtout des installations anciennes ou mal entretenues (Tait et al., 2020). Les effets des polluants sont mieux connus : les particules fines accroissent la morbidité et la mortalité cardiorespiratoires (Pope et Dockery, 2006), d'où les valeurs guides abaissées en 2021 (OMS, 2021a), et le monoxyde de

carbone provoque céphalées et fatigue dès de faibles concentrations (Raub et al., 2000 ; OMS, 2010).

Se croire exposé augmente par ailleurs la déclaration de troubles (Udofia et al., 2017). Rares sont les études qui relient, sur un même site, mesures, perceptions et pratiques ; c'est cette lacune que nous avons voulu combler.

3. Méthodologie

3.1. Type d'étude et site

Il s'agit d'une étude transversale, qualifiée d'analytique dans le protocole et descriptive dans son analyse, qui a combiné observation directe, mesures de la qualité de l'air et enquête par questionnaire. Elle provient d'un rapport de fin de formation en sciences infirmières et obstétricales (Adjignon, 2025). Le CNHU-HKM se trouve au quartier Ahouanléko, dans le 12e Arrondissement de Cotonou, en face du palais de la Présidence de la République ; l'Institut National Médico-Sanitaire et la Faculté des Sciences de la Santé sont à l'ouest. L'unité d'incinération est installée à l'arrière de l'hôpital (latitude 6,3562786 ; longitude 2,4097013), entre une rue ouverte au public au nord, le laboratoire d'anatomie à l'est et la morgue à l'ouest. Elle dépend de la Clinique Universitaire d'Hygiène Hospitalière et reçoit les déchets d'activités de soins à risques infectieux, mais pas les déchets chimiques, pharmaceutiques ou radioactifs.

3.2. Population, critères et échantillonnage

La population d'étude regroupait le personnel de l'unité et les personnes qui exerçaient une activité autour de l'incinérateur. Nous avons inclus les membres de ces deux groupes présents sur le site pendant l'enquête et exclu ceux dont le questionnaire était incomplet. L'échantillonnage, non aléatoire, était exhaustif : chaque personne éligible rencontrée a été sollicitée. Faute de

base de sondage, et vu la taille réduite de la population, nous n'avons pas calculé de taille d'échantillon. Les 26 personnes retenues sont celles qui étaient présentes et ont accepté de participer.

3.3. Variables et instruments

Trois instruments ont été utilisés, chacun rattaché à un ou plusieurs maillons du modèle (tableau 1).

Grille d'observation. Elle portait sur 15 éléments : types de déchets, tri, étiquetage, équipements de protection, transport, stockage, fonctionnement de l'incinérateur, dispositifs antipollution, fumées et odeurs, formation du personnel, sécurité de la zone, nettoyage, gestion des résidus, impact sur l'environnement immédiat et horaires. Pour chacun, l'observateur notait un constat et une appréciation (oui, non, partiel, non observé). Elle renseignait les pressions et les actions.

Appareils de mesure. L'équipe disposait des appareils suivants : un analyseur de particules (Air Quality Detector 2CO11 CE) pour les particules PM1,0, PM2,5 et PM10 en µg/m³, les TVOC et le formaldéhyde (HCHO) en mg/m³, le dioxyde de carbone (CO2), la température (°C) et l'humidité relative (%) de l'air ; un appareil multifonction « 5 in 1 Multifunctional Environment Meter » pour la vitesse de l'air (m/s) ; un détecteur de dioxyde d'azote (NO2 Gas Detector, modèle BTH-90A) pour le NO2 en ppm ; un détecteur de dioxyde de soufre (Sulfur Dioxide Detector) pour le SO2 en ppm ; un analyseur de monoxyde de carbone (CO) et un analyseur d'ozone (O3), en ppm. Toutes les mesures étaient instantanées, lues en temps réel. Elles renseignaient l'état de l'environnement.

Questionnaire. Les questions étaient fermées, à choix unique ou multiple, avec parfois une réponse libre, et se répartissaient en cinq parties : informations générales ; connaissances et perceptions ; effets sanitaires perçus ; autres

impacts perçus ; suggestions. Aucun pré-test ni aucune validation formelle de l'instrument n'est mentionné. L'exposition n'a été approchée qu'indirectement, à travers le statut professionnel, l'ancienneté sur le site et la fréquence à laquelle les enquêtés disaient percevoir la fumée. Les effets étaient recueillis par une question à réponses multiples portant sur les symptômes ressentis ou observés chez d'autres personnes.

3.4. Déroulement de la collecte

Les données ont été recueillies du 16 au 30 juin 2025. Nous avons retenu quatre points de mesure, repérés par leurs coordonnées géographiques : l'un à 10 m au sud-est de l'unité, les autres sur ses côtés sud, est et nord. Les mesures étaient prises à 1,5-2 m du sol, toujours dans le même ordre (sud-est, sud, est, nord). Le 26 juin, pendant l'incinération, deux séries de quatre relevés ont été faites entre 18 h 45 et 19 h 25. Le 27 juin, hors incinération, une série de quatre relevés a été faite entre 14 h 13 et 14 h 23. Les conditions météorologiques et l'incinérateur en service étaient consignés. Le questionnaire a été administré via Google Forms, et l'observation a été complétée par des échanges avec les agents et des photographies du site.

3.5. Traitement et analyse

Après export vers Microsoft Excel, les données ont été résumées en effectifs et pourcentages. Pour chaque situation de mesure, nous avons calculé les valeurs minimales, maximales et moyennes, puis les avons comparées aux valeurs guides de l'OMS de 2021, qui sont des moyennes sur 24 h : 15 µg/m³ pour les PM2,5, 45 µg/m³ pour les PM10 et 4 mg/m³ (environ 3,5 ppm) pour le CO (OMS, 2021a ; OMS, 2021b). Pour les TVOC et le CO2, le protocole retenait les valeurs de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS).

Comme une mesure ponctuelle ne peut pas être rapportée directement à une moyenne sur 24 h, cette comparaison ne donne qu'un ordre de grandeur. L'analyse a suivi la chaîne du modèle : description des pressions à partir de la grille, comparaison des deux situations de mesure pour l'état, distribution des réponses pour l'exposition et les effets, puis confrontation des maillons entre eux. Nous en sommes restés à une analyse descriptive : avec un si petit échantillon, sans groupe témoin et avec peu de relevés, aucun test d'association n'était possible.

3.6. Considérations éthiques

La Direction générale du CNHU-HKM a autorisé la collecte (note de service n° 1044/MS/CNHU-HKM/PCME/SSMR du 13 juin 2025). Tous les participants ont donné un consentement libre et éclairé, et leurs données ont été traitées de façon confidentielle.

4. Résultats

4.1. Processus d'incinération : des pressions concentrées sur un seul équipement

Les déchets ménagers étaient remis à la Société de Gestion des Déchets et de la Salubrité, tandis que les déchets d'activités de soins, les plus nombreux, étaient collectés dans des sacs jaunes. Le tableau 2 reprend les étapes observées. L'incinérateur équipé d'un filtre était en panne, si bien que tout le travail reposait sur l'équipement traditionnel, qui n'en a pas. La combustion était lancée à l'huile de moteur usagée, et les mâchefers restaient sur le sol. L'incinération commençait à 18 h, à une heure où le commerce se poursuivait au nord de l'unité, dans une zone fréquentée par des vendeuses et des conducteurs de taxi-moto.

Tableau 2 : Étapes du processus d'incinération observées au CNHU-HKM, juin 2025

Étape	Constats
Tri et collecte	Sacs jaunes regroupés dans de grandes poubelles vertes, récupérés au chariot par les agents (gants, masques, bottes) ; pas de lieu de stockage intermédiaire
Équipement	Incinérateur semi-électrique avec filtre (en panne) et incinérateur traditionnel ; combustible : huile de moteur usagée
Incinération	Début à 18 h ; chaudière portée à 800-1 000 °C ; cycle d'environ 2 h (traditionnel) ou 1 h à 1 h 30 (semi-électrique) ; cheminée d'environ 5 m
Résidus	Mâchefers et déchets non entièrement calcinés déposés au sol, côté est de l'unité

Source : données d'observation, juin 2025.

4.2. Qualité de l'air : un signal net pour le CO, brouillé pour les particules

Il a plu sans interruption le 26 juin. L'air était immobile, la température allait de 25 à 28 °C et l'humidité de 83 à 90 %. Le 27 juin, on a relevé une température de 31 à 33 °C, une humidité de 67 à 80 % et une vitesse de l'air de 0,5 à 1,5 m/s (tableau 3).

Tableau 3 : Qualité de l'air autour de l'unité d'incinération, CNHU-HKM, juin 2025

Paramètre	Unité	Valeur de référence	Pendant l'incinération, 26/06 (n = 8) min-max (moyenne)	Hors incinération, 27/06 (n = 4) min-max (moyenne)
PM1,0	µg/m³	-	7-11 (8,63)	35-40 (38,00)
PM2,5	µg/m³	15 (24 h)	38-81 (48,38)	171-185 (179,50)
PM10	µg/m³	45 (24 h)	55-97 (68,38)	215-237 (224,50)
CO	ppm	3,5 (24 h)	21-32 (26,75)	11-17 (13,25)
CO2	ppm	1 000	400-412 (408,25)	403-414 (409,25)
Ozone	ppm	0,03-0,06 (8 h)	0,020-0,040 (0,029)	0,001-0,003 (0,003)
TVOC	mg/m³	0,3	0,005-0,1 (0,019)	0,006-0,015 (0,009)
Formaldéhyde	mg/m³	0,1	0,002-0,005 (0,004)	0,002-0,004 (0,003)
NO2 et SO2	µg/m³	-	0	0
Température ; humidité	°C ; %	-	25-28 ; 83-90	31-33 ; 67-80
Vitesse de l'air	m/s	-	0	0,5-1,5

Source : relevés ponctuels à 1,5-2 m du sol en quatre points, juin 2025 ; valeurs de référence OMS 2021 et INERIS retenues par le protocole ; moyennes calculées par les auteurs.

Seul le CO suivait le fonctionnement de l'incinérateur. Toutes ses valeurs ponctuelles dépassaient la valeur guide de l'OMS, qui est une moyenne sur 24 h et ne peut leur être comparée directement. Il allait de 21 à 32 ppm pendant l'incinération (moyenne 26,75 ppm), soit le double des valeurs hors incinération (11 à 17 ppm ; moyenne 13,25 ppm), avec des maxima (31 et 32 ppm) aux points sud-est et sud lors de la seconde série. Entre les deux séries, il a augmenté à trois points sur quatre.

Les particules évoluaient en sens inverse. Partout au-dessus des valeurs guides sur 24 h, elles étaient plus basses le soir de l'incinération (PM2,5 de 38 à 81 µg/m³ ; PM10 de 55 à 97 µg/m³, avec les pics aux points sud-est et sud) que l'après-

midi sans incinération (PM2,5 de 171 à 185 µg/m³ ; PM10 de 215 à 237 µg/m³), mais la pluie et l'air calme du 26 juin rendent les deux journées non comparables. L'ozone était plus élevé le soir de l'incinération, sans atteindre la valeur de référence ; le NO2 et le SO2 n'ont pas été détectés ; les TVOC, le formaldéhyde et le CO2 sont restés sous les seuils, un seul relevé de TVOC (0,1 mg/m³) se démarquant.

4.3. Profil, connaissances et perceptions : une exposition vécue mais mal comprise

Les enquêtés étaient pour la plupart des hommes (73,08 %) de 20 à 40 ans (84,62 %). Le personnel technique de gestion des déchets formait le groupe le plus nombreux (38,46 %), et la majorité travaillait sur le site depuis moins de six ans. En croisant les réponses, on voit apparaître un décalage : 80,77 % percevaient la fumée au moins de temps en temps et 92,31 % la jugeaient nocive, alors que 65,38 % ne savaient pas où se trouvait l'incinérateur et que 38,46 % pensaient qu'il brûlait des déchets ménagers (tableau 4).

Tableau 4 : Profil, connaissances et perceptions des enquêtés, CNHU-HKM, juin 2025 (N = 26)

Variable	Effectif	%
Sexe		
Masculin	19	73,08
Féminin	7	26,92
Âge (ans)		
Moins de 20	1	3,85
20-30	12	46,15
31-40	10	38,46
41-50	3	11,54
Niveau d'instruction		
Aucun	1	3,85
Primaire	7	26,92
Secondaire	15	57,69
Universitaire	3	11,54

Variable	Effectif	%
Statut professionnel		
Personnel technique (gestion des déchets)	10	38,46
Vendeuse	7	26,92
Conducteur de taxi-moto	6	23,08
Étudiant	2	7,69
Agent de sécurité	1	3,85
Ancienneté sur le site		
Moins de 1 an	6	23,08
1-5 ans	15	57,69
6-10 ans	4	15,38
Plus de 10 ans	1	3,85
Déchets supposés incinérés (réponses multiples)		
Infectieux	25	96,15
Anatomiques	23	88,46
Chimiques et pharmaceutiques	11	42,31
Ménagers	10	38,46
Radioactifs	2	7,69
Connaît l'emplacement de l'incinérateur	9	34,62
Perception de la fumée		
Jamais ou rarement	5	19,23
Parfois	8	30,77
Souvent	11	42,31
Toujours	2	7,69
Juge la fumée nocive (autres : ne sait pas)	24	92,31

Source : enquête par questionnaire, juin 2025 ; certains effectifs sont déduits des pourcentages rapportés.

4.4. Effets sanitaires et environnementaux perçus

Les pourcentages d'effets sanitaires portent sur les 22 enquêtés qui disaient avoir ressenti ou observé des effets. Tous mentionnaient des irritations respiratoires ; venaient ensuite les céphalées (63,64 %) et la fatigue (45,45 %). L'ensemble des enquêtés signalait des fumées noires et des odeurs, et 80,77 % des dépôts de suie ou de cendres (tableau 5).

Tableau 5 : Effets sanitaires et nuisances environnementales rapportés, CNHU-HKM, juin 2025

Effet rapporté	Effectif	%
Effets sanitaires ressentis ou observés (n = 22)		
Irritations respiratoires (toux, essoufflement)	22	100,00
Maux de tête fréquents	14	63,64
Fatigue inhabituelle	10	45,45
Irritations oculaires	9	40,91
Infections fréquentes	8	36,36
Nausées, vomissements	1	4,55
Éruptions cutanées ou allergies	0	0,00
Nuisances environnementales (N = 26)		
Pollution de l'air (fumées noires, odeurs)	26	100,00
Dépôts de suie ou de cendres	21	80,77
Maladies ou mortalité animales	1	3,85
Pollution de l'eau	0	0,00

Source : enquête par questionnaire, juin 2025 ; réponses multiples ; le dénominateur de 22 est déduit des pourcentages rapportés.

5. Discussion

5.1. Forces motrices et pressions : un équipement et une conduite à risque

Un hôpital de référence produit des déchets infectieux sans interruption : c'est la force motrice. Les pressions tiennent à la manière de les éliminer et correspondent au profil décrit par Batterman (2004) : conduite sans contrôle, cheminée basse, pas de traitement des fumées. La chaudière montait à 800-1 000 °C,

donc en partie sous le seuil de 850 °C associé au respect des normes pour les dioxines et les furanes (OMS, 2024), comme au Kenya (Njagi et al., 2012). L'absence de préstockage et la panne de l'incinérateur à filtre traduisent un défaut d'entretien déjà signalé à Cotonou (Cledjo, 2012) et encore relevé en 2024 dans un hôpital de zone béninois (Degbey et al., 2025). Les études de gouvernance expliquent pourquoi la situation perdure : la qualité de la gestion dépend de comités fonctionnels et de personnel formé (Niman et al., 2025), et les lacunes réglementaires laissent peu de moyens pour imposer l'entretien et le contrôle des émissions (Manga et al., 2008 ; Ouedraogo et al., 2025). Enfin, tout sac mal trié alourdit la charge à brûler sans bénéfice sanitaire (Windfeld et Brooks, 2015).

5.2. État de l'environnement : monoxyde de carbone, particules et résidus

Le doublement du CO pendant l'incinération signe une combustion incomplète, comme les rendements inférieurs à 61 % mesurés au Kenya (Njagi et al., 2012) et en Tanzanie (Honest et al., 2020). L'écart avec la revue de Tait et al. (2020), qui relève peu d'effets autour des incinérateurs récents, tient à l'âge et à la conduite des installations. L'air immobile du 26 juin a sans doute favorisé l'accumulation du panache, et les valeurs hors incinération, elles aussi au-dessus de la valeur guide, font penser au trafic et aux moteurs des taxi-motos stationnés au nord de l'unité.

Pour les particules, l'écart entre les deux journées tient au moins en partie à la météo : la pluie lessive l'atmosphère, surtout des grosses particules, et les concentrations remontent dans les 24 heures qui suivent (Zhou et al., 2021), tandis que le temps sec et venté du 27 juin a pu remettre en suspension les poussières de la ville. Les maxima de 185 µg/m³ (PM2,5) et 237 µg/m³ (PM10) ne peuvent donc pas être imputés à l'incinérateur ; ils concordent avec les niveaux mesurés à

Cotonou et à Abidjan (Djossou et al., 2018 ; Kounouhewa et al., 2020). L'incinérateur n'est qu'une source parmi d'autres, ce qui ne réduit pas l'exposition des personnes présentes (Pope et Dockery, 2006).

Les mâchefers laissés au sol, sous la pluie, ouvrent une autre voie de contamination, comme au Ghana, où mâchefers et sols voisins dépassaient les limites admises pour les métaux lourds (Adama et al., 2016 ; Debrah et Dinis, 2023). L'absence de pollution de l'eau dans les déclarations ne prouve rien, les enquêtés rapportant ce qu'ils voient, et les dioxines, les furanes et les métaux, les plus préoccupants à long terme, échappent aux appareils portables (National Research Council, 2000 ; OMS, 2024).

5.3. Exposition et effets : des plaintes cohérentes, une attribution incertaine

Céphalées et fatigue s'observent en cas d'exposition répétée au CO, même sans intoxication aiguë (Raub et al., 2000 ; OMS, 2010), et les irritations respiratoires cadrent avec l'inhalation de fumées et de particules (Pope et Dockery, 2006), comme chez les travailleurs et les riverains d'incinérateurs (Hu et Shy, 2001 ; Tait et al., 2020). L'attribution reste incertaine pour deux raisons. Sans groupe témoin, l'effet de l'incinérateur ne se distingue pas de celui de la pollution urbaine. Et comme les personnes qui se croient exposées déclarent un préjudice près de trois fois plus souvent (Udofia et al., 2017), un biais de déclaration est plausible chez nos enquêtés, dont 92,31 % jugeaient la fumée nocive. Le personnel technique, présent chaque soir au pied de l'équipement, reste le plus exposé, comme au Kenya (Njagi et al., 2012).

Le décalage entre perception et connaissance éclaire le maillon de l'exposition. Une fumée visible, subie et de source inconnue renforce la perception du danger (Slovic, 1987), sans entraîner de protection, faute de savoir d'où elle vient, quand elle

se dégage et quels gestes adopter. Ce manque d'information du public se retrouve au Cameroun (Manga et al., 2008) et au Ghana (Odonkor et Mahami, 2020). La population étant jeune et, pour la plupart, présente depuis moins de six ans, les effets à long terme décrits près des incinérateurs anciens (Tait et al., 2020) n'ont pas eu le temps d'apparaître, ce qui plaide pour la prévention.

5.4. Actions : implications pour la pratique, la formation, la gestion hospitalière et les politiques

Pour la pratique infirmière, les infirmiers de la Clinique Universitaire d'Hygiène Hospitalière peuvent vérifier que le personnel de l'unité porte des équipements adaptés aux fumées, et pas seulement au risque de piqûre, et informer vendeuses et conducteurs de taxi-moto des horaires et des gestes de protection. La formation infirmière gagnerait à intégrer la gestion des déchets de soins. Pour la Direction, les recommandations de l'OMS et de la Banque africaine de développement (BAD) prévoient la remise en service de l'incinérateur à filtre, l'abandon de l'huile usagée, un préstockage sécurisé, une aire pour les mâchefers et une signalisation (OMS, 2014 ; BAD, 2019) ; l'autoclave pourrait traiter une partie des déchets infectieux (Windfeld et Brooks, 2015), et une cheminée plus haute disperserait mieux les fumées sans en réduire la quantité. Pour les politiques publiques, surveiller l'air autour des hôpitaux et contrôler les émissions des incinérateurs prolongerait les mesures continues déjà menées à Cotonou (Kounouhewa et al., 2020).

5.5. Forces et limites

L'étude a le mérite de croiser trois sources de données sur un même site, de s'appuyer sur des mesures de terrain et de lire ses résultats à travers un cadre théorique explicite. Elle a aussi de nombreuses limites. Nous ne disposons que de douze relevés

instantanés, sur deux jours, alors que les valeurs guides sont des moyennes sur 24 h. Il n'y avait ni site témoin, ni mesures en amont et en aval du panache (la direction du vent n'a pas été notée), ni séries répétées dans le temps. Les deux situations comparées diffèrent par l'heure, la pluie et le vent. L'étalonnage des appareils et leurs seuils de détection ne sont pas documentés, et il se peut que l'absence de NO2 et de SO2 tienne à un seuil de détection trop élevé. Les dioxines, les furanes et les métaux n'ont pas été mesurés, et l'incinérateur semi-électrique était en panne. Aucun pré-test du questionnaire n'est documenté. Avec 26 personnes et sans groupe témoin, l'échantillon ne permet ni inférence ni mesure d'association. Enfin, les effets étaient déclarés, et la question mêlait les symptômes personnels et ceux observés chez d'autres.

5.6. Ce que disent les données du terrain : lecture d'ensemble et contribution sociale

Rapprochées les unes des autres, les données du terrain permettent de suivre la chaîne du modèle maillon par maillon. Au niveau des pressions, tous les déchets infectieux passaient par un incinérateur sans filtre, à cheminée basse, et les résidus restaient au sol : aucune de ces pressions ne dépend des personnes exposées, toutes relèvent de choix d'équipement et d'organisation.

Au niveau de l'état, le CO donne le signal le plus net. La plus basse valeur enregistrée pendant l'incinération (21 ppm) dépassait la plus haute valeur relevée en dehors (17 ppm), et la moyenne passait de 13,25 à 26,75 ppm. Entre la première série (18 h 45-19 h 00) et la seconde (19 h 14-19 h 25), le CO a gagné 9 ppm au point sud-est (de 22 à 31 ppm), 11 ppm au point sud (de 21 à 32 ppm) et 2 ppm au point est (de 25 à 27 ppm), alors qu'il baissait de 29 à 27 ppm au point nord, côté rue. Par air immobile, cette répartition évoque un panache qui s'accumule au sud et au sud-est de l'unité au fil de la combustion. Les

particules, à l'inverse, ne renseignent pas sur l'incinérateur, puisque leurs valeurs les plus fortes ont été relevées l'après-midi sans incinération.

Au niveau de l'exposition, 21 personnes sur 26 percevaient la fumée au moins de temps en temps et 24 la jugeaient nocive, mais 17 ne savaient pas où se trouvait l'incinérateur et 10 pensaient qu'il brûlait des déchets ménagers. Neuf personnes seulement connaissaient son emplacement, soit moins que les dix membres du personnel technique interrogés : soit cette catégorie déborde l'unité elle-même, soit la question a été mal comprise, ce qui invite à préciser l'outil. Comme l'incinération commence à 18 h, à l'heure où le commerce se poursuit au nord de l'unité, l'exposition coïncide avec le temps de travail des vendeuses et des conducteurs de taxi-moto. Au niveau des effets, 22 personnes sur 26 (84,62 %) déclaraient des troubles, en tête desquels les irritations respiratoires, les céphalées et la fatigue, compatibles avec le CO et les fumées. La concordance va dans le même sens à chaque maillon ; elle reste une concordance et non une preuve.

La contribution sociale de l'étude se lit dans ces chiffres. Elle rend visibles des personnes que les dispositifs de l'hôpital ne prennent pas en compte : 13 des 26 enquêtés sont des vendeuses et des conducteurs de taxi-moto, qui ne relèvent pas de la médecine du travail de l'établissement et respirent pourtant chaque soir la fumée d'un service public. Elle montre que leur premier besoin est une information simple (où se trouve la source, quand elle fonctionne, comment se protéger), que l'hôpital peut leur donner à faible coût. Elle fournit enfin à la Direction et aux services d'hygiène un état de référence chiffré, qui permettra de mesurer l'effet de la remise en service de l'incinérateur équipé d'un filtre, et une méthode légère que d'autres hôpitaux béninois peuvent reprendre.

Conclusion

Cette étude visait à évaluer les effets environnementaux et sanitaires de l'incinération des déchets biomédicaux au CNHU-HKM en 2025. Le modèle DPSEEA en a fourni le cadre : il a orienté le choix des variables, l'ordre des résultats et la règle d'interprétation, qui ne retient entre les maillons que des liens de plausibilité. La méthode, transversale et descriptive, associait à cette fin une grille d'observation, douze relevés ponctuels de l'air et un questionnaire soumis à 26 personnes.

Le premier objectif est atteint : le processus suivait les étapes attendues, mais il reposait sur un incinérateur traditionnel sans traitement des fumées, allumé à l'huile usagée, sans zone de préstockage, et les mâchefers restaient au sol. Pour le deuxième objectif, les facteurs nocifs identifiés sont le CO, qui passait de 11-17 ppm hors incinération à 21-32 ppm pendant l'incinération, un fond de particules élevé dont la part due à l'unité n'a pas pu être établie, et des résidus solides non gérés. Pour le troisième, les personnes qui travaillent autour de l'unité déclaraient surtout des irritations respiratoires, des céphalées et de la fatigue ; elles percevaient la fumée et la jugeaient nocive sans savoir, pour la plupart, d'où elle venait.

La discussion a rapproché ces constats de ceux des petits incinérateurs du Kenya, de Tanzanie et du Ghana, et rattaché les particules à la pollution urbaine de Cotonou. Faute de mesures sur 24 h, de témoins et de données sur les polluants persistants, les résultats décrivent des concordances, sans établir de causalité. L'apport de l'étude est d'avoir relié, sur un même site béninois, observations, mesures et perceptions dans un cadre théorique explicite. Sa portée pratique tient à l'état de référence qu'elle laisse à l'hôpital. Sa portée sociale tient aux personnes qu'elle rend visibles : vendeuses, conducteurs de taxi-moto et agents techniques, exposés chaque soir sans information ni suivi.

Les recommandations suivent les maillons du modèle. La Direction du CNHU-HKM devrait remettre en service l'incinérateur équipé d'un filtre, abandonner l'huile usagée, aménager une aire sécurisée pour le préstockage et les mâchefers, et signaler l'unité et ses horaires. La Clinique Universitaire d'Hygiène Hospitalière et ses infirmiers peuvent organiser avec la médecine du travail le suivi respiratoire du personnel de l'unité et informer les personnes qui travaillent aux abords. Les écoles infirmières ont intérêt à enseigner la gestion des déchets de soins. Il revient au ministère de la Santé et à celui du Cadre de vie de contrôler les émissions des incinérateurs hospitaliers et de surveiller la qualité de l'air autour des hôpitaux. Les personnes qui travaillent près de l'unité gagneraient à s'en tenir éloignées pendant les heures de fonctionnement.

En perspective, des mesures sur 24 h en amont et en aval du panache, avec un site témoin et le dosage des dioxines et des métaux dans les mâchefers, permettraient de comparer la situation avant et après la remise en service de l'incinérateur équipé d'un filtre.

Références bibliographiques

ADAMA Mariam, ESENA Reuben, FOSU-MENSAH Benedicta et al., 2016, « Heavy metal contamination of soils around a hospital waste incinerator bottom ash dumps site », in Journal of Environmental and Public Health, vol. 2016, art. 8926453.

ADJIGNON Gaël Mahoukpégo, 2025, « Effets environnementaux et sanitaires liés à la pratique de l'incinération des déchets biomédicaux au CNHU-HKM de Cotonou en 2025 », Rapport de fin de formation de licence en sciences infirmières et obstétricales, INMeS/Université d'Abomey-Calavi, Cotonou

ATTOH-TOURÉ H., OUSSOU K. R., COULIBALY M. et al., 2024, « Exposure of children to fine particles (PM2.5 and PM10) in schools in the health districts of Yopougon, Abidjan », in International Journal of Community Medicine and Public Health, vol. 11, N°3, pp. 1089-1094.

AWODELE Olufunsho, ADEWOYE Adeyinka Aderonke et OPARAH Azuka Cyril, 2016, « Assessment of medical waste management in seven hospitals in Lagos, Nigeria », in BMC Public Health, vol. 16, art. 269.

BANQUE AFRICAINE DE DÉVELOPPEMENT (BAD), 2019. *Guide de gestion des déchets biomédicaux issus des campagnes*, BAD, Abidjan

BATTERMAN Stuart, 2004. *Findings on an assessment of small-scale incinerators for health-care waste*, OMS, Genève

BENKHALED Mohammed-Amir, 2021, « La gestion des déchets hospitaliers », Mémoire de master en biodiversité et environnement, Université 8 Mai 1945, Guelma

BERIHUN G., WALLE Z., DESYE B. et al., 2025, « Healthcare waste management practices and associated factors among healthcare workers in Sub-Saharan Africa: a systematic review and meta-analysis », in PLoS ONE, vol. 20, art. e0334290.

BRIGGS David, 1999. *Environmental health indicators: framework and methodologies*, OMS, Genève

CLEDJO F. G. A. P., 2012, « Gestion des déchets biomédicaux à Cotonou : état des lieux et stratégies pour une gestion rationnelle », in Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé, vol. 13, N°2, pp. 121-128.

CORVALÁN Carlos, BRIGGS David et ZIELHUIS Gerhard (dir.), 2000. *Decision-making in environmental health: from evidence to action*, E & FN Spon pour l'OMS, Londres

DEBRAH Justice Kofi et DINIS Maria Alzira Pimenta, 2023, « Chemical characteristics of bottom ash from biomedical

waste incinerators in Ghana », in Environmental Monitoring and Assessment, vol. 195, N°5, art. 568.

DEGBEY Cyriaque Comlan, ANSUFOUDINE Boura Houmadi, CODJO-SEIGNON Karine et al., 2025, « Évaluation de la qualité de la gestion des déchets d'activités de soins à l'hôpital de zone sanitaire Djidja-Abomey-Agbangnizoun au Bénin en 2024 », in Hygiènes, vol. 33, N°3, pp. 215-222.

DJOSSOU J., LÉON J.-F., AKPO A. B. et al., 2018, « Mass concentration, optical depth and carbon composition of particulate matter in the major southern West African cities of Cotonou (Benin) and Abidjan (Côte d'Ivoire) », in Atmospheric Chemistry and Physics, vol. 18, N°9, pp. 6275-6291.

HAMBLING Tammy, WEINSTEIN Philip et SLANEY David, 2011, « A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health », in International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 8, N°7, pp. 2854-2875.

HONEST Anicetus, MANYELE Samwel, SARIA Josephat et al., 2020, « Assessment of air pollutant emissions from healthcare waste incinerators of different design features », in African Journal of Environmental Science and Technology, vol. 14, N°10, pp. 311-328.

HU S. W. et SHY C. M., 2001, « Health effects of waste incineration: a review of epidemiologic studies », in Journal of the Air & Waste Management Association, vol. 51, N°7, pp. 1100-1109.

JANIK-KARPINSKA Edyta, BRANCALEONI Rachele, NIEMCEWICZ Marcin et al., 2023, « Healthcare waste: a serious problem for global health », in Healthcare, vol. 11, N°2, art. 242.

KALISA E., CLARK M. L., NTAKIRUTIMANA T. et al., 2023, « Exposure to indoor and outdoor air pollution in schools

in Africa: current status, knowledge gaps, and a call to action », in Heliyon, vol. 9, N°8, art. e18450.

KJELLSTRÖM Tord et CORVALÁN Carlos, 1995, « Framework for the development of environmental health indicators », in World Health Statistics Quarterly, vol. 48, N°2, pp. 144-154.

KOUNOUHEWA Basile, KOTO N'GOBI Gabin, HOUNGUE Hervé et al., 2020, « Cotonou's next breath: particulate matter monitoring and capturing », in Scientific African, vol. 8, art. e00367.

MANGA Veronica Ebot, FORTON Osric Tening et READ Adam D., 2008, « Waste management in Cameroon: a new policy perspective? », in Resources, Conservation and Recycling, vol. 52, N°4, pp. 592-600.

MANGA Veronica Ebot, FORTON Osric Tening, MOFOR Linus A. et al., 2011, « Health care waste management in Cameroon: a case study from the Southwestern Region », in Resources, Conservation and Recycling, vol. 57, pp. 108-116.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2000. *Waste incineration and public health*, National Academies Press, Washington

N'GUESSAN Koffi, YÉO Kadoho Amy Julie, KOUASSI Kpangui et al., 2021, « Gestion des déchets solides du Centre Hospitalier Régional de Daloa (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) et des risques associés », in Environnement, Ingénierie & Développement, N°84.

NIMAN Sarakawa Abalo, KOLEDZI Edem Komi et KROU Nitale M'balikine, 2025, « Analysis of the correlation between the governance and quality of biomedical waste management in public health facilities in Togo, 2024 », in International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 22, N°7, art. 1089.

NJAGI N. A., OLOO M. A., KITHINJI J. et al., 2012, « Health-care waste incineration and related dangers to public

health: case study of the two teaching and referral hospitals in Kenya », in Journal of Community Health, vol. 37, N°6, pp. 1168-1171.

ODONKOR Stephen T. et MAHAMI Tahiru, 2020, « Healthcare waste management in Ghanaian hospitals: associated public health and environmental challenges », in Waste Management & Research, vol. 38, N°8, pp. 831-839.

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), BUREAU RÉGIONAL DE L'EUROPE, 2010. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, OMS, Copenhague

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2014. *Safe management of wastes from health-care activities*, 2e éd., OMS, Genève

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2021a. *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*, OMS, Genève

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2021b. *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules (PM2,5 et PM10), ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et monoxyde de carbone. Résumé d'orientation*, OMS, Genève

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2022. *Global analysis of health care waste in the context of COVID-19: status, impacts and recommendations*, OMS, Genève

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2024. *Health-care waste*, aide-mémoire du 24 octobre 2024, OMS, Genève

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS), 2025. *Pollution atmosphérique*, page thématique, OMS, Genève

OUEDRAOGO Wendsom Osée, GOMGNIMBOU P. K. Alain, GOMGNIMBOU Michel K. et al., 2025, « Analyse du

système normatif de la gestion des déchets biomédicaux au Burkina Faso : état des lieux et perspectives d'amélioration », in Science et Technique, Sciences de la Santé, vol. 48, N°2, pp. 79-94.

POPE C. Arden et DOCKERY Douglas W., 2006, « Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect », in Journal of the Air & Waste Management Association, vol. 56, N°6, pp. 709-742.

RAUB J. A., MATHIEU-NOLF M., HAMPSON N. B. et al., 2000, « Carbon monoxide poisoning: a public health perspective », in Toxicology, vol. 145, N°1, pp. 1-14.

REEKS M. W., 2023, « On the emission of ultra fine particles from municipal solid waste (MSW) incinerators », in arXiv, art. 2305.13029.

SLOVIC Paul, 1987, « Perception of risk », in Science, vol. 236, N°4799, pp. 280-285.

SMEETS Edith et WETERINGS Rob, 1999. *Environmental indicators: typology and overview*, Technical report N°25, Agence européenne pour l'environnement, Copenhague

TAIT Peter W., BREW James, CHE Angelina et al., 2020, « The health impacts of waste incineration: a systematic review », in Australian and New Zealand Journal of Public Health, vol. 44, N°1, pp. 40-48.

UDOFIA Emilia Asuquo, GULIS Gabriel et FOBIL Julius, 2017, « Solid medical waste: a cross sectional study of household disposal practices and reported harm in Southern Ghana », in BMC Public Health, vol. 17, art. 464.

WINDFELD Elliott Steen et BROOKS Marianne Su-Ling, 2015, « Medical waste management: a review », in Journal of Environmental Management, vol. 163, pp. 98-108.

ZHOU Bin, LIU Duanyang et YAN Wenlian, 2021, « A simple new method for calculating precipitation scavenging effect on particulate matter: based on five-year data in Eastern China », in Atmosphere, vol. 12, N°6, art. 759.