

Incinérateur de déchets médicaux à base de matériaux locaux : expérience de la campagne 2002 de vaccination anti-rougeole à Douala, Cameroun

Guévert E, Bita Fouda A, Mbous JA, Makoutode M, Bessaoud K

Délégation provinciale de la santé publique du Littoral, Douala, Cameroun.

Med Trop 2009 ; **69** : 245-250

RÉSUMÉ • Méthode de choix pour détruire les déchets biomédicaux, l'incinération consiste à les réduire en cendres par une combustion à $>800^{\circ}\text{C}$, détruisant les micro-organismes, supprimant les risques de blessure. L'incinérateur présenté, de type modulaire double chambre préconisé en pays en développement, répond aux principes de : fabrication artisanale peu coûteuse, combustion en excès d'air, réduction des risques d'accident ou de contamination, post-combustion des fumées, économie d'énergie, manipulation et entretien faciles, sécurité d'utilisation. L'incinérateur, en briques d'argile de fabrication locale, solidarisé par des cornières d'acier, comporte deux chambres pour la combustion et la post-combustion. Un réservoir de carburant et un ventilateur permettent d'activer la combustion. Le modèle fonctionne par fournées en cycles de 2 heures. La campagne de vaccination anti-rougeole (décembre 2002) devait produire pour 5 districts de Douala 800 000 seringues autobloquantes avec aiguilles. Immédiatement jetés dans des boîtes de sécurité de carton (contenance 5 litres, 1 Kg), ces déchets étaient acheminés jusqu'à l'incinérateur puis incinérés en 2 fournées quotidiennes. *Résultats*. La construction de l'incinérateur a coûté 3 500 000 FCFA (5 300 €). 5 816 boîtes ont été incinérées, soit 29 080 litres, 872 400 seringues, 6 281 Kg de déchets. Leur incinération a nécessité 126 fournées réalisées en 11 semaines. Les cendres (240 litres, soit 0,8 % du volume incinéré) ne contenaient pratiquement aucun résidu solide. La consommation de gazole a été négligeable. Les fumées n'ont jamais été abondantes, opaques, ou malodorantes. Les températures mesurées lors d'essais préalables dépassaient toujours 800°C . Selon l'OMS, les émissions toxiques sont négligeables au-delà de 700°C si l'incinérateur fonctionne moins de 2 heures quotidiennes. L'expérience devra être complétée par des travaux sur le contrôle des températures, la détermination de la composition des cendres et fumées, des essais en différentes conditions climatiques et d'utilisation.

MOTS-CLÉS • Incinerator. Medical waste. Incineration residues.

MEDICAL WASTE INCINERATOR CONSTRUCTED WITH LOCALLY PRODUCED MATERIALS: EXPERIENCE DURING THE IMMUNIZATION CAMPAIGN 2002 AGAINST MEASLES IN DOUALA, CAMEROON

ABSTRACT • Incineration is still the method of choice for disposal of biomedical waste. Combustion at 800°C eliminates all risk of injury by reducing the waste to ashes and destroying all microorganisms. The purpose of his report is to present a modular double-chambered incinerator in conformity with recommendations for developing countries. The incinerator described here provides the following advantages: suitability for low-cost artisanal construction, excess-air combustion, low risk of accidents and contamination, after-burner for smoke, energy efficiency, easy operation/maintenance, and safety. It is made from locally produced clay bricks reinforced with a steel frame and features two chambers for combustion and post-combustion. It functions on a batch basis with a 2-hour cycle. The immunization campaign against measles that was carried out in 5 districts of Douala in December 2002 produced 800,000 self-disabling syringes with needles. These by-products were immediately discarded in cardboard safety boxes (5-liter capacity, 1 kg) that were taken to the incinerator and burned at the rate of two batches per day. *Results*. The construction cost of the incinerator was 3,500,000 FCFA (5,300 €). A total of 5,816 boxes were incinerated, *i.e.*, 29,080 litres, 872,400 syringes, 6,281 kg. Incineration required 126 batches over a period of 11 weeks. The ashes (240 litres, *i.e.* 0.8 % of the total incinerated volume) were virtually free from solid residue. Fuel consumption was negligible. Smoke was never excessive, thick or odorous. Temperatures measured during preliminary trials were always above 800°C . According to the WHO, toxic emissions are negligible if incineration is carried out at temperatures higher than 700°C for less than 2 hours a day. Further study will be necessary to confirm this preliminary experience with regard to temperature control and smoke/ash composition and to test the incinerator in various climatic and operating conditions.

KEY WORDS • incinerator, medical wastes, incineration residues

L'abandon des matériels réutilisables au profit du matériel à usage unique contribue à l'accumulation des déchets médicaux tels que seringues et aiguilles, particulièrement au cours des campagnes de vaccination (1). Dans les pays en développement, les pratiques les plus fréquentes consistent à jeter les déchets médicaux dans un simple trou à ordures, ou à multiplier les formes ou les sites de stockage, dangereux et volumineux. La simple combustion à l'air libre est insuffisante, laisse des résidus abondants et dangereux, et

contribue aux risques environnementaux (2-4). L'incinération est la méthode de choix pour la destruction des déchets (5, 6) : elle consiste à les brûler et, par une température de combustion supérieure à 800°C , à les réduire en cendres, détruisant tous les micro-organismes, réduisant leur volume et leur poids, supprimant les risques de blessure et de coupure.

Parmi les nombreux modèles d'incinérateurs actuellement disponibles sur le marché, la plupart sont de type «industriel», difficilement accessibles, coûteux à l'entretien et au fonctionnement et dépendent des ressources en énergie, ce qui rend leur utilisation difficile dans les pays en développement (2, 5-8). On trouve maintenant dans le commerce de nouveaux incinérateurs de petite taille, au gaz ou électriques, qui permettent la destruction des boîtes de

• Correspondance : guevert_edouard@yahoo.fr

• Article reçu le 30/10/2008, définitivement accepté le 4/02/2009.

sécurité (5, 6). Ces derniers correspondent aux normes environnementales de l'Union Européenne, mais ne sont utilisables que dans des endroits disposant d'un approvisionnement régulier en gaz ou en électricité (9-11). Les incinérateurs à simple chambre de combustion sont incapables de répondre aux nécessités de la destruction totale des déchets et aux risques de pollution (12). L'incinérateur modulaire double chambre est aujourd'hui préconisé. Le plus couramment utilisé dans les hôpitaux et districts de santé en Afrique, le modèle Montfort, pose des problèmes d'entretien, de bonne utilisation, et son principe-même de fonctionnement pourrait être à l'origine d'une combustion insuffisante des déchets et des fumées et donc d'une production excessive de monoxyde de carbone, de dioxydes et de furanes (5, 6, 13-15).

Le modèle d'incinérateur expérimenté ici tente de répondre à l'ensemble de ces difficultés en se basant sur les principes suivants : fabrication artisanale peu coûteuse à base de matériaux locaux, fonctionnement en « excès d'air » pour attiser la combustion, élimination de tout risque d'accident ou de contamination à partir des résidus, post-combustion efficace des fumées, utilisation réduite de carburant ou de combustible, manipulation et entretien faciles permettant une appropriation par le personnel des districts de santé et garantissant la sécurité d'utilisation (5, 6, 16).

Le but de ce travail est donc de décrire ce modèle d'incinérateur artisanal et son utilisation lors des campagnes de vaccination contre la rougeole à Douala en 2002.

Méthodologie

L'incinérateur artisanal : construction (16)

La construction, simple, en briques de fabrication locale à base d'argile et de ciment réfractaire, est solidarisée par des cornières d'acier comme il est visible sur les figures 1 et 2. Elle se compose de deux chambres pour la combustion et la post-combustion, comme schématisé sur la figure 3.

Posée sur un socle de béton réfractaire de 400 mm de hauteur, la chambre de combustion grossièrement cubique, d'environ 1,5 m de côté, est percée de trois orifices : une entrée d'air, un échappement pour les fumées vers la chambre de post-combustion (Fig. 4), et le portillon par lequel sont introduits les déchets. Ce portillon est



Figure 1. Le portillon central ouvre sur la chambre de combustion, dans laquelle la grille est visible.



Figure 2. La chambre de post combustion, surmontée de sa cheminée, et l'ouverture permettant l'entrée d'air ou de combustible.

lui-même construit en briques et ciment réfractaires solidarisés par un cadre d'acier (Fig. 1).

La chambre de post-combustion, adjacente à la précédente, est également percée de 3 orifices : l'entrée des fumées arrivant de la première chambre à travers un jeu de chicanes, une ouverture permettant l'introduction de combustible et la sortie vers la cheminée (Fig. 2).

Un réservoir de carburant (pétrole lampant ou gazole) permet d'activer la combustion dans chacune des deux chambres selon le besoin. Un ventilateur est positionné devant l'entrée d'air de la chambre de combustion : il peut s'agir d'un ventilateur électrique ou d'un simple soufflet manuel de forge traditionnelle (Fig. 5).

L'ensemble est protégé des intempéries par un préau (Fig. 6).

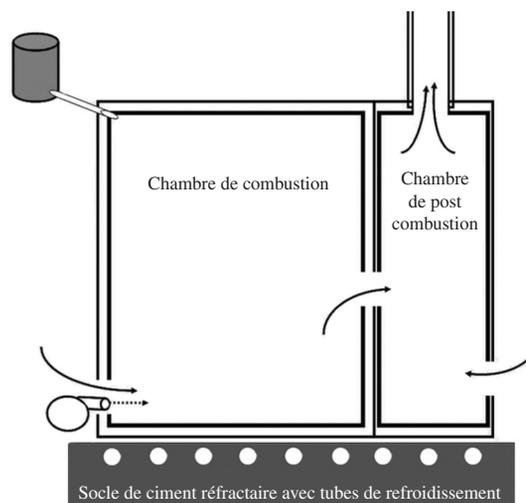


Figure 3. Représentation schématique des deux chambres de combustion avec leurs ouvertures, la cheminée, le ventilateur, et l'alimentation en carburant (représentée en haut à gauche de la figure). Les flèches indiquent la circulation de l'air.

Incinérateur de déchets médicaux à base de matériaux locaux...

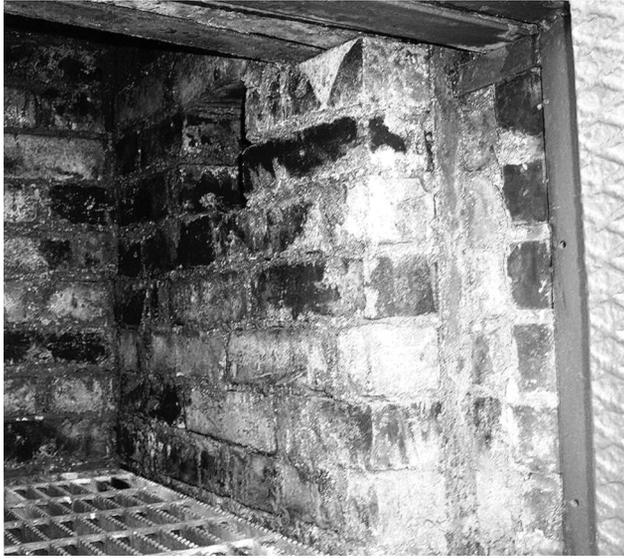


Figure 4. Vue de l'intérieur de la chambre de combustion. On distingue la grille sur laquelle sont déposés les déchets bio médicaux, et l'ouverture vers la chambre de post combustion.



Figure 5. Ouverture permettant l'entrée d'air dans la chambre de combustion. L'admission d'air peut être accrue par effet Venturi à la mise en service du ventilateur (ici un ventilateur électrique).

Le coût de la construction de l'incinérateur a pris en compte l'achat des matériaux et la main d'œuvre mais non les honoraires d'architecte ou d'expertise.

L'incinérateur artisanal : fonctionnement

Le modèle ici présenté fonctionne par fournées, en cycles de 2 heures environ. Les déchets à incinérer sont introduits par le portillon central et rangés sur une grille d'acier (Fig. 1 et 4). Dès la mise à feu, le portillon est refermé. La combustion se réalise en « excès d'air » grâce à l'ouverture et au ventilateur si nécessaire : l'entrée d'air suffit à la combustion des déchets secs par bon vent. Elle est complétée par le ventilateur ou le soufflet pour activer la combustion des déchets humides. L'injection de carburant vient activer la combustion en cas de nécessité. La température est maintenue dans la chambre de post combustion au moyen de carburant, de petit bois ou de charbon.



Figure 6. Vue d'ensemble de l'incinérateur sous son préau de protection, pendant une manipulation. On distingue au-dessus la cheminée, de briques réfractaires surmontée d'une buse, et le réservoir de carburant à gauche de la cheminée.

Le nettoyage de l'incinérateur et la préparation de la fournée durent environ 30 minutes, la combustion complète des déchets secs environ 60 minutes et le refroidissement 30 minutes.

Traitement des boîtes de sécurité

La campagne de vaccination anti rougeole de décembre 2002 concernait pour la ville de Douala près d'1 million d'enfants de 9 mois à 15 ans en 5 jours. L'un des 6 districts de santé, disposant de son propre incinérateur, n'a pas participé à cette étude. Le nombre attendu de seringues auto bloquantes (SAB) à éliminer dans le cadre de cette campagne était donc d'environ 800 000.

Les SAB étaient jetées dans une boîte de sécurité (BS) immédiatement après l'injection du vaccin, pour éviter tout risque de piqûre accidentelle. Les BS de carton (contenance 5 litres), homologuées par l'OMS et l'UNICEF, pouvaient contenir de 800 à 1 400 grammes (Fig. 7). Les districts de santé récupéraient les BS chaque soir auprès de toutes les équipes de vaccination, fixes et itinérantes, et les stockaient



Figure 7. Les boîtes de sécurité en carton, distribuées par l'UNICEF pour les campagnes de vaccination anti rougeole, d'une contenance de 5 litres et pouvant recevoir de 800 à 1 400 g de seringues auto bloquantes.

avant de les acheminer jusqu'à l'incinérateur au siège de la Délégation Provinciale de la Santé publique. Un infirmier responsable stockait les BS en attendant leur incinération, qu'il réalisait en 2 fournées quotidiennes.

Les températures avaient été mesurées lors d'essais préalables grâce à une sonde prêtée par l'industrie de l'aluminium (Alucam): elles dépassaient alors 800°C dans les deux chambres. Le thermomètre n'était plus disponible au moment de cette étude.

Une fois pour toutes, le centre fixe de vaccination de Deido a compté le nombre de SAB placées dans ses BS lors du premier jour de la campagne. Le poids moyen des BS a été mesuré lors des deux premières fournées de l'étude.

Ont été notés à chaque fournée : le nombre de BS, la durée d'incinération, la consommation globale de gazole, le volume, l'aspect et le contenu des cendres résiduelles. Les émissions de fumée n'ont fait l'objet que d'une appréciation subjective et sommaire. En l'absence d'opération de maintenance ou de réparation prévisible durant l'étude, les coûts de fonctionnement n'ont pas été évalués. La consommation de petit bois pour la post-combustion n'a pas été mesurée.

Résultats

Construction de l'incinérateur : l'achat des matériaux et la main d'œuvre (équivalent à 23 jours ouvrés) ont coûté 3 500 000 FCFA (environ 5 300 €).

Calculés sur la première journée de la campagne de vaccination, le contenu et le poids moyen des BS étaient respectivement de 150 SAB et de 1,080 Kg. A noter que les BS contenaient également des emballages de papier et des flacons de verre. Au total 5 816 BS ont été incinérées (29 080 litres), soit environ 872 400 seringues représentant 6 281 Kg de déchets.

L'incinération de l'ensemble des BS a nécessité 126 fournées moyennes de 46 BS réalisées en 11 semaines. Chaque séance comprenait : nettoyage de l'incinérateur, remplissage, mise à feu, incinération et refroidissement. Il se passait 90 minutes entre la fermeture de la porte de chargement (mise à feu) et son ouverture (après le refroidissement).

Le volume total de cendres recueillies a été de 240 litres, soit 0,8 % du volume incinéré. De petites quantités de résidus de plastique ou de flacons de verre non fondus ont été observées à l'issue de 11 séances sur 126. Ils ont été replacés dans la fournée suivante.

La consommation de gazole a été négligeable : le réservoir de 5 litres n'a pas été vidé au terme des 11 semaines de l'étude.

Selon les observations de l'infirmier responsable de l'incinérateur, les fumées n'ont jamais été abondantes, opaques, ou malodorantes.

Discussion

L'incinération contrôlée des déchets bio médicaux permet de réduire leur volume et les risques de contamination. L'incinération est historiquement la technique de traitement des déchets biomédicaux la plus utilisée et semble promise à le rester (8). L'incinérateur proposé ici a permis de détruire d'importantes quantités de déchets biomédicaux, les réduisant à un volume extrêmement faible de cendres sans produire de fumées abondantes ou épaisses.

Sa construction a été simple et rapide. La fabrication de briques d'argile mélangée au ciment réfractaire avant la cuisson est d'un coût très modeste et de réalisation facile, rapidement apprise par les maçons locaux. La construction a ainsi utilisé des matériaux peu coûteux : briques réfractaires de fabrication locale, cornières d'acier de fabrication artisanale, ciment réfractaire, ainsi que quelques accessoires comme les gonds pour le portillon, le ventilateur (facultatif), le petit réservoir de carburant avec ses tuyaux et robinets. Au total le coût de la construction est proche des plus faibles prix annoncés par ailleurs (1 500 à 15 000 US\$) (2,7). Les coûts d'entretien de l'incinérateur ont été insignifiants pendant la durée de l'étude. Sa manipulation, facile, a fait l'objet d'un apprentissage aisé et d'une appropriation immédiate mais il n'est pas possible d'évaluer les procédures ni les difficultés d'apprentissage car l'infirmier responsable de l'incinérateur avait participé à sa conception, sa mise au point, sa mise en route, et à l'élaboration du protocole de la présente étude.

Parmi les incinérateurs accessibles aux services de santé périphériques de pays en développement, les types d'incinérateurs modulaires reposent sur les deux principes différents : « starved air » et « air excess ». Dans les incinérateurs de type Montfort, couramment recommandés, notamment par l'Organisation Mondiale de la Santé pour les pays en développement, la combustion se fait en présence de peu d'oxygène (starved air) (8). Lorsque la quantité d'oxygène disponible est très inférieure aux besoins de la combustion des déchets organiques, le feu couve et engendre des fumées épaisses riches en déchets organiques ; au niveau de la chambre de post-combustion, l'injection d'air dans ces gaz chauds provoque alors une auto-combustion (13). Un brûleur et des entrées d'air sont nécessaires au niveau de chacune des deux chambres pour maintenir une température suffisante (10). Le modèle fonctionne généralement en utilisation continue, avec introduction de déchets jusqu'à 6 chargements de petits volumes par heure. Au contraire, le modèle ici testé fonctionne en excès d'air (air excess), ce qui garantit des températures de combustion élevées. Etant donné les flux importants d'air, le risque d'un séjour trop court des fumées dans la chambre de post combustion doit donc être prévenu par la construction de chicane entre les deux chambres. Ce modèle fonctionne par fournées de plusieurs heures, le chargement se faisant en une seule fois, après le nettoyage et l'élimination des cendres.

La disposition des chambres garantit la combustion des gaz et fumées, permettant d'atteindre des températures voisines de 1100°C si l'air disponible permet de dépasser les besoins théoriques en oxygène (17). Une valeur calorique des déchets d'environ 12 000 J/g est nécessaire pour soutenir la combustion : des déchets de moindre valeur calorique pourront brûler, comme par exemple le papier, mais non garantir une température suffisante sans addition de carburant ou de combustible. Or, à l'exception des déchets anatomiques, la valeur calorique des déchets d'activité de soins est comprise entre 13 000 J/g (tampons, coton) et 46 000 J/g (plastique) (8).

Les essais préliminaires à la présente étude avaient permis de vérifier l'atteinte régulière de températures supérieures à 800°C dans l'une et l'autre chambre. Ne disposant plus de thermomètre au cours de la campagne vaccinale de Douala en décembre 2002, il n'a pas été possible de mesurer les températures atteintes dans les conditions de l'étude. La combustion complète dont témoignent l'absence de fumées et le faible volume de résidus autorise à penser que les températures ont régulièrement dépassé 700 ou 800°C. Alors que des flacons de verre ayant contenu les vaccins et les solvants se trouvaient dans les BS, l'absence de verre dans les cendres, permet d'affirmer que les températures atteignaient habituellement

Incinérateur de déchets médicaux à base de matériaux locaux...

la zone de fusion du verre, qui va de 800 à 1 400°C. Ceci rejoint l'observation faite chez les artisans du Ghana et du Bénin qui fondent le verre de récupération et en produisent des perles dans les fours rustiques utilisés habituellement par les forgerons. Les études menées sur le modèle Mediburner et portant sur de petites fournées ont permis d'atteindre des températures de 530 à 1 200°C ; l'Université de Montfort rapporte des températures de 700 à 800°C pour ses modèles ; le Vulcan 160 pourrait atteindre des températures de 900°C mais on ne dispose pas de données expérimentales (5, 6). Les 4 incinérateurs simples testés par Rogers *et al.* en Afrique du Sud atteignaient, selon la source d'énergie : 400 à 700°C pour les incinérateurs à bois, 600 à 800°C pour l'électricité, et 800 à 900°C pour le gaz (11). Dans l'ensemble les températures atteintes au cours de la présente étude seraient donc égales et souvent supérieures à celles rapportées par Batterman *et al.* (5, 6).

L'objectif principal de l'incinération est de neutraliser les déchets infectieux, de détruire les dispositifs médicaux à usage unique, en particulier les aiguilles et seringues. Une température supérieure à 800°C garantit la combustion complète et la stérilisation des aiguilles. L'incinération ramène les déchets combustibles à des produits incombustibles et réduit considérablement le volume et le poids des déchets, sous la forme d'une petite quantité de cendres qui peuvent être simplement enfouies (9). Au cours de la présente étude, les volumes moyens de déchets biomédicaux traités ont été de 50 Kg par fournée, soit un maximum de 100 Kg par jour. Parmi les incinérateurs modulaires ayant fait l'objet d'études (5, 6), le modèle Westland (starved air à chargement continu) serait capable d'incinérer jusqu'à 50 kg/h par séances de 8 heures ; le Mediburner MBR 172 qui fonctionne au gaz propane, est dimensionné pour des fournées de 12 Kg par cycle de 2 heures environ mais les essais publiés rapportent des charges de 1,9 à 3,2 kg ; les petits modèles de Montfort, sont annoncés pour un rythme d'incinération de l'ordre de 12 Kg/heure mais la plupart des rapports font état d'un rythme moyen de 6 Kg/heure ; le grand Montfort, « hospitalier », annonce 50 Kg/heure. Les petits incinérateurs testés en Afrique du Sud n'atteignaient que 10 Kg /semaine (11). La performance du modèle testé à Douala correspondait donc largement à celles rapportées par ailleurs, qui vont de 10 à 50 Kg/heure (7, 10, 12).

En termes d'efficacité de l'incinération, la quantité de cendres résiduelles était inférieure à ce qui a été décrit (5, 6, 9) : 1,5 à 4,4 % pour les modèles de Montfort (18) contre 0,8 % dans le présent essai. En Afrique du Sud, les cendres représentaient 10,4 à 21,7% des volumes de déchets incinérés (11). Contrairement aux tests réalisés au Royaume Uni sur le Montfort Mark 8a dans des conditions expérimentales, les cendres du présent essai ne contenaient pratiquement pas de résidu identifiable, et lorsque ce fut le cas dans moins de 10% des séances, ces résidus, intégrés à la fournée suivante, n'ont plus été retrouvés. Il y a lieu de penser qu'une incinération plus complète a été obtenue par l'atteinte de températures plus élevées, en lien avec le principe de la combustion en excès d'air.

L'incinération produit de petites quantités de polluants comme les dioxines et les furanes et de métaux lourds sous forme de fumées ou de particules (8). Il a été bien démontré que les conditions requises pour la formation de dioxines et furanes sont la présence de microparticules dans les fumées, de chlore organique ou inorganique, d'ions métalliques pour catalyser les réactions de chloration et condensation, et une température de l'ordre de 200 à 500°C (8, 9, 19). Aussi bien les modèles théoriques que les études expérimentales ont permis de démontrer que la production de polluants

est maximale dans les zones des incinérateurs les plus pauvres en oxygène, ou dans les zones de moindre contact entre l'air et les déchets (19).

La zone de combustion proprement dite au sein des flammes est caractérisée par des températures de 1 000 à 1 800°C, permettant une destruction complète des composés organiques en produits stables tels que le dioxyde de carbone, l'eau, l'acide chlorhydrique et l'oxyde nitrique. La zone de flamme engendre aussi de grandes quantités de métaux vaporisés et de chlore inorganique. De même les cendres peuvent contenir des métaux lixiviables, des dioxines et des furanes risquant de polluer le sol et l'eau (20).

Selon l'OMS, l'émission de fumées toxiques (dioxines et furanes) ne peut pas être mesurée dans les conditions locales des pays en développement mais peut être considérée comme négligeable si les températures d'incinération dépassent 700°C et si l'incinérateur ne fonctionne pas plus de 2 heures par jour. D'un point de vue environnemental, l'incinération de déchets médicaux, sans être la solution idéale, est pourtant l'option la plus viable pour les pays en développement : à défaut de pouvoir appliquer les réglementations des pays industrialisés et la convention de Stockholm, et en l'absence de réglementations nationales adaptées, il est essentiel de réduire au minimum les risques de pollution atmosphérique, notamment en garantissant une température d'incinération supérieure à 800°C, en réalisant l'incinération hors des zones de peuplement intense et à distance des lieux de production des déchets biomédicaux (hôpitaux), et sans dépasser 2 heures d'incinération par jour (2, 5-9, 21, 22). Dans le cadre d'une campagne de vaccination de masse, l'importante production momentanée de déchets piquants imposait une utilisation intensive de l'incinérateur (11 semaines pour 5 jours de campagne) mais le maximum de 2 heures quotidiennes d'incinération a toujours pu être respecté.

La consommation de carburant a été insignifiante car le carton des BS et le plastique des seringues servaient de combustible à haute valeur calorifique. Mais l'utilisation du petit bois pour la chambre de post combustion n'a pas été mesurée.

Conclusion

Le modèle d'incinérateur testé, basé sur le principe de la combustion en excès d'air, a pu être construit à faible coût en utilisant des matériaux locaux. Il échappe à certains des inconvénients habituellement reprochés aux incinérateurs : les déchets sont totalement détruits malgré une faible consommation d'énergie et de combustible, la production de fumées est faible, les manipulations sont aisées et peu dangereuses en raison du modèle de construction compact, et d'un mode d'emploi simple (3, 7, 9).

Toutefois l'expérience reste incomplète et les prochains travaux devraient porter sur : le contrôle des températures, la composition des cendres et si possible des fumées, les essais en différentes conditions climatiques (saison sèche, saison humide, vents) ou d'utilisation (déchets contaminés non sélectionnés, activités hospitalières) car le type de déchets et leur homogénéité conditionne la pollution issue de l'incinération (23). Il sera également nécessaire de décrire précisément la maintenance de l'incinérateur, la fréquence des pannes, le délai, la durée, et les coûts des réparations, ainsi que sa durée de vie, pour apprécier sa disponibilité en situation réelle. Les modalités et supports d'apprentissage et de supervision du personnel technique devront être évalués (24). De même les essais en situation permettront d'estimer les capacités réelles d'incinération par rapport à la production des déchets d'activités de soins (10, 12),

et d'enregistrer les difficultés associées au fonctionnement de l'incinérateur : incidents, accidents, plaintes du personnel ou du voisinage.

Au prix de ces évaluations, les améliorations et la validation du modèle permettront d'intégrer l'incinération dans un système de gestion d'ensemble des déchets et dans une démarche d'hygiène et de sécurité des activités de soins (4, 9, 24).

Références

1. « Avant tout, ne pas nuire » Sécurité des injections : introduction de la seringue auto-bloquante par les systèmes de vaccination des pays en développement. Organisation Mondiale de la Santé ed, Genève, 2003, 41 p.
2. Pruess A, Giroult E, Rushbrook P. Safe management of wastes from healthcare activities. WHO ed, Geneva, 1999, 228 p.
3. Gestion des déchets produits par les injections au niveau des districts. Guide à l'intention des administrateurs sanitaires de district. Organisation Mondiale de la Santé ed, Genève, 2006, 21 p.
4. Heilig S, Kushner T, Thomasma D. Health care without harm: An ethical imperative. A consensus statement from Biomedical Ethicists in Support of Environmentally Sound Healthcare Practices. *West J Med* 2001 ; 175 : 222-3.
5. Batterman S. Assessment of Small-Scale Incinerators for Health Care Waste. Completed for : Water, Sanitation and Health. Protection of the Human Environment. WHO ed, Geneva, 2004, 69 p.
6. Batterman S. Findings on an Assessment of small-scale incinerators for health-care waste. Water Sanitation and Health - Protection of the Human Environment. WHO ed, Geneva, 2004, 65 p, disponible sur URL : www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/en/smincinerators.
7. Gestion des déchets d'activités de soins dans les centres de santé primaires. Guide d'aide à la décision. Vaccination, Vaccins et Produits Biologiques (IVB). Protection de l'Environnement Humain (PHE). Eau, Assainissement et Santé (WSH). OMS ed, Genève, 2005, 58 p.
8. Lee CC, Huffman GL. Medical Waste Management : incinération. *J Hazard Mater* 1996 ; 48 : 1-30.
9. OMS Région Afrique, IT Power India. Gestion du traitement des déchets médicaux. Directives. La construction, l'utilisation et la maintenance des unités de traitement des déchets. OMS ed, Harare Zimbabwe, 2005, 104 p.
10. Ahmed R. Hospital Waste Management in Pakistan. *Waste ed*, 1997, 103 p.
11. Rogers DE, Brent AC. Small-scale medical waste incinerators - experiences and trials in South Africa. *Waste Management* 2006 ; 26 : 1229-36.
12. Soncuya RT, Matias LB, Lapid DG. Hospital Waste Management in the Philippines, Two Case Studies in Manila. *Waste ed*, 1997, 65 p.
13. Picken DJ, Bennett MC. Incinerator Emissions. 2004. Report for WHO Geneva 2004, 4 p.
14. Bennett MC, Picken DJ. Implementing the DMU medical waste incinerator - the human factors. This paper appears in Appropriate Medical Technology for Developing Countries (Ref 2000/014). *IEE Seminar* 2000 ; 8 : 1-5.
15. Emmanuel J, McRae G, Mahmoudi F. Environmentally Responsible Management of Health Care Waste With a Focus on Immunization. *Waste ed*, 2002, 12 p.
16. Bitá Fouda A, Job MA, Guévert E. Incinérateur de déchets médicaux à base de matériaux locaux. *Développement et Santé* 2002 ; 161 : 29-31.
17. Shaaban AF. Process engineering design of pathological waste incinerator with an integrated combustion gases treatment unit. *J Hazard Mater* 2007 ; 145 : 195-202
18. Picken DJ. Emissions Tests on De Montfort Medical Waste Incinerators. Report for WHO Geneva, 2004, 4 p.
19. Cormier SA, Lomnicki S, Backes W, Dellinger B. Origin and health impacts of emissions of toxic by-products and fine particles from combustion and thermal treatment of hazardous wastes and materials. *Environ Health Perspect* 2006 ; 114 : 810-7.
20. Ibáñez R, Andrés A, Viguri JR, Ortiz I, Irabien JA. Characterisation and management of incinerator wastes. *J Hazard Mater* 2000 ; 79 : 215-27.
21. Fall NDI. La gestion des déchets biomédicaux au Sénégal : un vide juridique à combler. Manuscrit. 2005 ; 12 p, disponible sur URL : www.refer.sn/rds/IMG/pdf/5_FALLDIAYEDIOR-Photo.pdf Consulté le 13/09/2008.
22. Domingo JL. Public fear of dioxins from modern municipal waste incinerators is not justified. *Environ Health Perspect* 2002 ; 110 : A 288-9.
23. Alvim Ferraz MC, Afonso SA. Dioxin emission factors for the incineration of different medical waste types. *Arch Environ Contam Toxicol* 2003 ; 44 : 460-6.
24. Basel Action Network (BAN). Recommandations pour améliorer la gestion des déchets bio-médicaux. Technical Working Group of the Basel Convention. 1999, 12 p.