

ESTIMATION DES DANGERS DE DÉCHETS BIOMÉDICAUX
POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT AU BÉNIN
EN VUE DE LEUR GESTION

par

Pascal Billau

Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue
de l'obtention du grade de maître en environnement

CENTRE UNIVERSITAIRE DE FORMATION EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITE DE SHERBROOKE

Sherbrooke, Québec, Canada, Août 2008

Identification signalétique

Estimation des dangers des déchets biomédicaux pour la santé et l'environnement au Bénin en vue de leur gestion

Pascal Billau

Essai présenté en vue de l'obtention du grade de maître en environnement.

Université de Sherbrooke

Août 2008

Mots clés : déchets biomédicaux, évaluation, dangers, exposition et cheminement, santé humaine, environnement, économie, contamination, transmission, prolifération, vecteur de maladie, gestion, formation, tri, transport, élimination.

Les déchets biomédicaux, au même titre que les déchets de type ménagers ou autres, connaissent une production sans cesse croissante dans tous les pays et leurs dangers augmentent proportionnellement à la quantité produite. Une gestion convenable de ce type de déchets, en vue d'une élimination qui minimise les risques pour la santé et l'environnement, représente un coût élevé, ce qui accentue les problèmes dans les pays en voie de développement.

Cependant, le manque de moyens ne doit pas servir d'excuse pour l'inaction et la situation sanitaire relative aux déchets biomédicaux pourrait progresser positivement avec une meilleure prise de conscience des intervenants locaux et une amélioration de leur gestion.

Sommaire

Dans le contexte mondial actuel d'explosion démographique et de développement industriel, gérer les déchets de manière efficace devient une préoccupation de plus en plus importante pour l'ensemble de la communauté internationale.

Parmi tous les types de déchets, compte tenu du risque que ceux-ci représentent aussi bien pour l'environnement que pour la santé humaine, les déchets biomédicaux (DBM) méritent une attention particulière.

La pauvreté, l'environnement et la santé sont étroitement liés; subséquemment l'auteur intéressé par le développement international a choisi de se préoccuper des dangers représentés par les DBM dans un pays en voie de développement, à savoir le Bénin.

Pour mener à bien cette étude dont l'objectif final est de recommander un mode de gestion des DBM, il a fallu décomposer le travail en quatre parties essentielles : la catégorisation des DBM, l'évaluation des dangers associés à chaque type de déchets, la détermination des voies d'expositions ou de cheminement, surtout pour les individus à risques et finalement la gestion des dangers.

Il ressort de cette étude que les DBM représentent des dangers variés.

Ils peuvent être des plastiques avec des émissions potentielles de dioxines et furannes chlorés, des appareils médicaux avec mercure brisés ou rejetés dans l'environnement, des objets tranchants comme les seringues usagées avec leur potentiel de contamination et de propagation des hépatites et du sida ou des déchets radioactifs produits par les radionucléides utilisés pour le diagnostic et le traitement du cancer avec leur risque potentiel d'irradiation, dans tous les cas, des choix s'imposent quant au meilleur mode de gestion.

Afin de faciliter cette gestion et de permettre aux responsables de prendre les meilleures décisions possibles en connaissance de cause, il serait bon de compléter les bases de données locales actuelles, qui présentent de nombreuses lacunes, en effectuant des études et des analyses sur le terrain afin de réunir des données toxicologiques fiables sur lesquelles se baser pour la mise en œuvre d'actions spécifiques.

En plus des impacts directs sur la santé et l'environnement, les DBM ont également des impacts indirects, non négligeables, sur l'économie du pays.

En effet, lorsque la santé de la population est affectée par les DBM, le taux d'absentéisme augmente et l'efficacité au travail diminue. De plus, lorsqu'un traitement médical est nécessaire, cela occasionne des dépenses individuelles ou publiques.

La mauvaise gestion des DBM occasionne également des pertes au niveau de l'économie touristique, en dévalorisant l'environnement visuel et olfactif (décharge ou incinérateur) ou en occasionnant une perte de confiance des touristes lorsque de mauvaises conditions d'hygiène prévalent et lorsque le taux d'incidence des maladies associées augmente.

Il ressort de cette étude que le mode de gestion actuel des DBM à Cotonou est loin d'être satisfaisant et présente des dangers pour l'ensemble de la population. En particulier, les individus impliqués dans la manipulation des DBM à tous les niveaux de la chaîne représentent la partie de la population la plus exposée.

Pour réduire les dangers liés au dépôt dans les décharges ou ceux liés à l'incinération qui sont les voies d'éliminations principalement utilisées à Cotonou, il apparaît essentiel de mettre à profit les ressources locales et en particulier la main d'œuvre dont le coût est relativement bas par rapport à celui de nouveaux équipements.

En investissant dans la formation et en valorisant les efforts des personnes impliquées dans la chaîne de production et d'élimination des DBM, il est probable que l'on obtienne de bons résultats rapidement. Dans ce but, il est nécessaire de poursuivre le travail de coordination des intervenants initié par OXFAM Québec dans la capitale du Bénin.

A plus long terme, des investissements majeurs seront nécessaires et une analyse économique de la situation permettrait de préciser si une gestion intégrée régionale serait réalisable, c'est-à-dire si les pays limitrophes pourraient conjuguer leurs efforts et leurs moyens pour centraliser le traitement et l'élimination des DBM.

Cette option nécessiterait aussi de considérer différentes législations en vigueur et notamment les conventions internationales en ce qui concerne le transport des matières dangereuses, comme la convention de Bâle ou, dans un contexte panafricain, la convention de Bamako.

Quoi qu'il en soit et quels que soient les projets du Bénin au sujet des DBM, il serait bon d'approfondir le travail concernant l'aspect législatif afin de combler un ntuel vide juridique en la matière, car d'après l'auteur, il est raisonnable de penser que la mauvaise gestion des DBM aura des implications légales.

En effet, le personnel hospitalier, les malades ainsi que leurs familles sont susceptibles de contracter des maladies nosocomiales tandis que l'ensemble de la population quant à elle est exposée aux dangers des DBM lors de la consommation d'aliments contaminés, par inhalation, ingestion ou par tout type de contact direct ou indirect avec des DBM; ceci entraîne que les plaintes légales à ce sujet vont sans doute augmenter avec le temps.

Proposer un modèle de gestion est un problème complexe car il n'y a pas une solution, mais des pistes de solutions qui doivent intégrer à la fois les données scientifiques et technologiques, tout en tenant compte de la réalité sociale, politique, culturelle, économique et juridique du Bénin.

Remerciements

Avant tout, j'adresse ces remerciements à mon directeur d'essai, Dr Raymond Van Coillie qui a fait preuve de professionnalisme et qui m'a soutenu pour mener à bien ce travail, ainsi qu'à son épouse pour les conseils et corrections sur la forme du texte.

Merci également, pour leur implication et leur soutien technique, à messieurs Christian Alix, Michel Taché et Laurent Gauthier et aux membres de leurs équipes respectives.

Pour leur patience et leur sourire inconditionnel, et pour le temps qu'ils m'ont prêté tout au long de la maîtrise et qui ne reviendra pas, merci à mes jeunes enfants, Mathilde et Loïc.

Et merci enfin à ma conjointe, Kadiatou, pour ses encouragements à m'avoir poussé à m'inscrire à ce diplôme, et pour tous les sacrifices que cela comprend.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
1. Contexte :.....	2
2. État de la situation sanitaire à Cotonou.....	5
2.1 Généralités.....	5
2.2 Définition et sources de DBM à Cotonou	7
2.3 Rejets de DBM à Cotonou	10
2.4 Toxicologie potentielle des DBM.....	11
2.4.1 Sang et urine (hormones sexuelles et anovulants).....	11
2.4.2 Plastiques.....	12
2.4.3 Mercure	12
2.4.4 Antibiotiques tétracyclines	13
2.4.5 Analgésiques : aspirine et ibuprofène.....	13
2.4.6 Acétaminophènes	14
2.4.7 Objets tranchants.....	14
2.4.8 Agents parasites	15
2.4.9 Micro-organismes pathogènes (bactéries et virus)	16
2.4.10 Radionucléides	17
3 Estimation des dangers (éco) toxicologiques des DBM	21
3.1 Cheminements des DBM	21
3.1.1 Air	21
3.1.2 Sol	24
3.1.3 Eau.....	24
3.2 Effets des DBM sur l'environnement.....	28
3.3 Effets des DBM sur la santé humaine.....	29
3.4 Personnes exposées aux dangers des DBM.....	30
3.5 Maladies professionnelles liées aux DBM	31
3.6 Étude d'un exemple : personnel en contact avec les eaux usées	33
4 Technologies potentielles pour traiter les DBM	33
4.1 Désinfection chimique	33

4.2	Ozonation	34
4.3	Incinération.....	35
4.4	Four solaire local	40
4.5	Vapeur.....	42
4.6	Séparation des aiguilles et des seringues.....	42
4.7	Déchettes.....	42
4.8	Bio-oxydation	43
4.9	Irradiations	43
4.10	Récapitulatif des différentes méthodes potentiellement applicables aux DBM	44
5.	Évaluation des moyens et des besoins pour les DBM au Bénin	45
5.1	Pratiques locales	45
5.2	Impact de la médecine traditionnelle	46
6.	Gestion des dangers	46
6.1	Législations en vigueur	46
6.2	Plan de gestion	48
6.3	Suggestions pour la gestion des DBM	49
6.3.1	Suggestions spécifiques pour certaines catégories de DBM.....	52
6.3.2	Suggestions générales	54
6.3.3	Prochaines étapes.....	56
	CONCLUSION	57
	RÉFÉRENCES.....	58
	ANNEXE 1.....	66
	ANNEXE 2.....	70

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 2.1 : Carte géographique du Bénin	6
Figure 2.2 : Fréquence des déchets par nature à Cotonou	10
Figure 2.3 : Schistosomiase	15
Figure 2.4 : Proportions relatives des différentes sources d'expositions aux radionucléides.....	17
Figure 3.1 : Cycle biogéochimique conceptuel du mercure.....	22
Figure 3.2 : Sources et voies d'accès des médicaments dans l'environnement.....	26
Figure 4.1 : Schéma simplifié d'un incinérateur.....	36
Figure 4.2 : Appareil de combustion.....	37
Figure 4.3 : Incinérateur dans un bidon métallique avec cheminée.....	38
Figure 6.1 : Plan de gestion des DBM dans un programme minimal.....	49
Figure 6.2 : Modèle de gestion durable des déchets en Afrique de l'Ouest.	50
Figure 6.3 : Effets potentiels sur la santé de l'exposition à des substances provenant des décharges.	53
Figure 6.4 : Mode de transport traditionnel des matières recyclées.	55
Tableau 2.1 : Estimation de la quantité journalière de DBM produits à Cotonou.....	9
Tableau 2.2 : Proportions et charges des DBM au Bénin selon leur nature	11
Tableau 2.3 : Éléments radioactifs utilisés en biologie et leurs caractéristiques	19
Tableau 3.1 : Facteurs d'émission des PCDD et PCDF pour l'incinération de DBM .	23
Tableau 3.2 : Maladies pouvant être transmises via le sang et les selles	25
Tableau 3.3 : Récapitulatif concernant les antibiotiques et hormones dans le milieu aquatique	27
Tableau 3.4 : Écotoxicité aquatique de deux rejets biomédicaux.....	28
Tableau 3.5 : Maladies professionnelles liées aux DBM	31
Tableau 4.1 : Options technologiques potentiellement applicables aux DBM	44
Tableau 5.1 : Pratique du conditionnement par catégorie d'établissements de santé	45
Tableau 6.1 : Résumé des composantes du modèle de gestion durable des déchets.....	50
Tableau 6.2 : Résumé des enjeux du modèle de gestion durable des déchets	51

Liste des acronymes

AAS	Acide acétylsalicylique
ACM	Association canadienne médicale
ACDI	Agence canadienne de Développement international
AINS	Anti-inflammatoires non stéroïdiens
APC (S)	Système de contrôle de pollution (air pollution control system)
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
COV	Composés organiques volatils
DAS	Déchets d'activité de soins
DBM	Déchets biomédicaux
DHAB	Direction de l'hygiène et de l'assainissement de base
GIE	Groupement d'intérêt économique
IAGU	Institut africain de gestion urbaine
INRS	Institut national de recherche sur la sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (France)
INVS	Institut de veille sanitaire
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
LQE	Loi sur la qualité de l'environnement au Québec
MDDEP	ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONU	Organisation des Nations Unies
ONG	Organisme non gouvernemental
OXFAM	Oxford committee for famine relief
PCDD	Polychlorodibenzo- <i>para</i> -dioxines
PCDF	Dibenzofurannes polychlorées
PGDSM	Projet de gestion des déchets solides ménagers.
PGU	Bureau pour l'Afrique du programme de gestion urbaine
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
R.T.	Radiotoxicité

SIDA	Syndrome d'immunodéficience acquise
SRAS	Syndrome respiratoire aigu sévère.
TEQ	Concentration en équivalent toxique du 2,3,7,8 tétrachlorobenzo-para-dioxine (congénère le plus toxique des PCDD et PCDF)
UNSCEAR	Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants
USEPA	United States Environmental Protection Agency

Symboles et sigles

μCi	Microcurie
mSv	Millisievert
μg	Microgrammes
t	Tonne

INTRODUCTION

La production des déchets biomédicaux, tout comme les autres types de déchets, ne cesse d'augmenter dans le monde.

Ils représentent donc un danger aussi bien pour la santé humaine que pour l'environnement.

Quelle que soit la région du globe que l'on considère, en particulier un pays en voie de développement comme le Bénin, les dangers que les DBM représentent peuvent être amplifiés par une mauvaise gestion.

Par ailleurs, tel qu'explicité avec le SRAS ou la maladie de la « vache folle », la mondialisation de l'économie va de pair avec les dangers d'épidémie à l'échelle internationale.

À un autre niveau de raisonnement, Kandela (1998) souligne que la promotion et la protection de la santé sont inextricablement liées à la promotion et à la protection des droits et de la dignité humaine.

Cet essai va donc se pencher sur la situation relative aux DBM dans un pays en voie de développement, à savoir le Bénin.

Permettre une prise de conscience accrue des dangers, basée sur des données scientifiques fiables ainsi que sur des données techniques reconnues, et sensibiliser les différents acteurs au problème afin de trouver le meilleur mode de gestion possible en fonction du contexte, représentent l'objectif principal de l'auteur.

À cette fin, une estimation la plus précise possible, compte tenu de l'absence d'études et de données toxicologiques propres au Bénin, est effectuée. Le contexte social et culturel est préalablement décrit et l'état de la situation est évalué.

Bien que l'accent soit mis sur les aspects environnementaux et sanitaires, d'autres aspects importants sont considérés tout au long de cette étude, entre autres les aspects économiques et juridiques.

Une liste des différents DBM va être présentée et détaillée au cours de l'essai. Pour dresser cette liste, l'auteur a choisi des substances parmi un ensemble de DBM, d'une part, en fonction des quantités produites et, d'autre part, en fonction de la toxicité ou du danger potentiel représenté par la substance considérée.

Le cheminement ainsi que les maladies professionnelles liées aux DBM sont des critères importants à considérer dans le choix d'une méthode de gestion; conséquemment, une étude est effectuée dans ces domaines. De plus, les moyens financiers ayant un « poids évident dans la balance » pour le choix d'un équipement, différentes options technologiques sont proposées avec un constant souci de comparer l'efficacité technique, la rentabilité et les possibilités de mise en œuvre de la technologie en fonction des conditions locales.

Enfin, après avoir pris en considération l'ensemble de ces informations, l'auteur propose un modèle de gestion des DBM et suggère quelques recommandations en ce qui concerne la suite à donner à cet épineux problème.

Pour effectuer ce travail, l'auteur a bénéficié de l'appui d'intervenants, à savoir notamment l'organisation non gouvernementale OXFAM, Québec par l'intermédiaire de son responsable à Cotonou, Mr Laurent Gauthier, qui a fourni un certain nombre d'informations sur la situation sanitaire, juridique et autre.

Les informations provenant de plusieurs ministères fédéraux au Canada, tels que l'ACDI, Environnement Canada et Santé Canada, ont été mises à profit.

De plus, l'appui d'un spécialiste chargé de cours universitaires, Mr Raymond Van Coillie, Ph D expert en toxicologie de l'environnement, a été requis pour la supervision et tout type de conseils concernant cet essai.

Des articles de journaux et des revues spécialisées ont été consultés et une recherche via l'Internet a été effectuée, notamment afin d'avoir accès à certaines publications scientifiques en ligne telles que « The Lancet », « Elsevier-Chemosphere », etc.

Enfin, en mettant à profit le réseau des bibliothèques d'Environnement Canada, d'autres publications scientifiques (livres, résultats d'études) ont été consultées directement pour permettre de dresser une liste, se rapportant au sujet de cet essai, la plus pertinente et la plus exhaustive que possible en termes de références.

1. Contexte :

Ayant vécu plusieurs années en Afrique de l'Ouest, l'auteur désire partager quelques anecdotes et réalités locales afin de permettre une meilleure compréhension en vue d'un mode de gestion des déchets biomédicaux.

- Perdu dans la brousse en moto au Mali, l'auteur a posé la question suivante à un villageois croisé au détour d'un chemin :

Bonjour, la ville de Bamako est-elle par là ?

Oui, a-t-il répondu.

Ensuite, l'auteur lui a posé la même question en indiquant la direction opposée.

Sa réponse a été... la même affirmation.

Ce jour là, cette personne n'a ni cherché à indiquer la bonne direction, ni à se moquer de l'auteur, mais il a tout simplement voulu ne pas le décevoir ni le contredire (cette constatation a été confirmée par la suite).

Par conséquent, l'auteur pense qu'une affirmation ou un engagement pour l'acceptation d'un mode de gestion doit être clairement compris et pris en connaissance de cause.

- Dans un autre village, un puits était tari, ou plus exactement, la pompe ne fonctionnait plus. L'auteur a demandé au chef du village qui s'occupait de l'entretien du puits ce qu'il comptait faire ?

Il a tout simplement répondu que si la coopération française ne le remplaçait pas un jour, les Américains le feraient !

Ceci montre qu'il ne faut pas « imposer » un projet à une société si celle-ci n'a pas l'impression d'être réellement impliquée et si les responsabilités de chacun ne sont pas clairement définies. L'aspect social et l'apparente acceptation du projet ne doivent pas surestimer le potentiel pour la réussite, le suivi et l'implantation du projet.

- Durant le séjour en Côte d'Ivoire de l'auteur, il ne se passait pas un jour sans qu'il y ait une campagne de mise en garde contre le SIDA, à la télévision sous forme de film, par voie d'affiche et d'annonce publicitaire dans les rues, etc.

Pourtant, le SIDA semble continuer à faire du chemin et à se propager !

Pourquoi ?

À ce sujet, l'auteur a entendu les commentaires suivants :

« Le SIDA, c'est une invention des européens pour nous empêcher d'avoir des enfants ».

« Ici, on n'en meurt pas souvent car il y a très peu de SIDA ».

En effet, selon l'auteur, la mortalité n'est pas directement due au SIDA mais plutôt à des maladies opportunistes associées (sarcome de Kaposi, tuberculose, etc.)

De plus, les journaux rapportent souvent que les gens sont « morts de courte maladie », ce qui est associé, pour de nombreuses personnes, à une mort à la suite d'un empoisonnement ou « un mauvais sort » jeté par un marabout ou un sorcier local.

Ceci explicite, que, malgré le matraquage médiatique autour de la maladie, les croyances populaires sont fortes et ne permettent pas d'atteindre une efficacité optimale, à savoir l'atteinte d'objectifs « proportionnels » aux ressources.

- Enfin, il existe une sorte de prostitution diffuse où il est fréquent qu'une femme fasse « cadeau » de son corps au hasard des rencontres avec l'espoir que l'homme concerné lui fasse un « cadeau » en argent en retour.

Ce ne sont pas des prostituées comme celles d'Amérique du Nord mais tout simplement de jeunes femmes très ordinaires, des étudiantes incapables de subvenir à leurs besoins, même des mères de famille en mal d'espoir.

Il s'agit d'un drame dans une société où l'ascension sociale et économique est souvent prédéfinie dès la naissance. Ceci explique probablement qu'il existe autant d'églises, de confessions et de sectes différentes dans ce pays où « les médecins de l'âme et les marchands de rêves » ont de beaux jours devant eux !

Dans un contexte d'indépendance économique, le raccourci est rapide à prendre pour émettre un jugement de valeur et « jeter la pierre » à ce type de comportement.

Par contre, il est bon de réfléchir à deux fois avant de parler et de porter un jugement à ce sujet.

En effet, en fonction des priorités des individus (à quoi bon se préoccuper d'une maladie qui tuera dans cinq ans s'il faut supporter la faim demain... « Ventre creux n'a pas d'oreille »), un bon conseil, aussi pertinent soit-il, n'aura pas le même effet dans un contexte différent de priorités du moment.

Subséquentement, l'auteur souhaite vivement attirer l'attention sur le fait qu'un modèle de gestion des déchets biomédicaux ne suivra pas la même logique s'il est appliqué au Canada que s'il est appliqué au Bénin ; ceci est vrai également pour l'évaluation et la perception du danger.

2. État de la situation sanitaire à Cotonou

2.1 Généralités

Cotonou, capitale du Bénin (voir la figure 2.1), est construite sur un tapis d'ordures. Chaque terrain et chaque chaumière nouvellement érigée dans la métropole reposent sur un remblai de déchets. La ville étouffe chaque jour un peu plus sous le poids des détritiques qui jonchent les rues, les trottoirs, les marchés, les rives, les canalisations pluviales...

Près d'un million d'êtres humains grouillent dans les rues de Cotonou. Mais la ville ne compte ni site d'enfouissement, ni décharge, ni service de ramassage des ordures ménagères. Résultat : un paysage triste, nauséabond... et dangereux. Des seringues côtoient les terrains de jeux. Des femmes puisent de l'eau dans des puits alimentés par une nappe phréatique de qualité douteuse. Les amoncellements de détritiques servent de nids de propagation pour la vermine, les insectes et les maladies. Dans certains quartiers populaires, les berges de la jadis jolie lagune de Cotonou, tout près de l'Atlantique, sont autant de latrines à ciel ouvert !



Figure 2.1 : Carte géographique du Bénin

Source : <http://www.africa-onweb.com/pays/benin/carte.htm>

"Cotonou a atteint un seuil d'urbanisation tel qu'il ne reste plus un seul centimètre de terrain à lotir" (Gauthier, 2008). Les seuls endroits vacants ont des fonctions importantes pour l'environnement, comme les bas-fonds, les bassins ou les lieux d'évacuation des eaux. L'envahissement des déchets pose désormais un sérieux problème de santé publique.

Les déchets sont mis sur les berges et ils sont poussés dans l'eau! Cela a des impacts sur la santé et l'environnement et ceci ne peut plus continuer.

En attendant de trouver une solution plus durable, l'incinérateur du centre hospitalier de Cotonou brûle tous les déchets biomédicaux des cliniques et des établissements de santé environnants. Ironiquement, il est situé... à un jet de pierre de la cantine de l'hôpital. Malgré ses lacunes, l'incinérateur atteint des températures suffisamment élevées pour brûler convenablement les déchets biomédicaux (Oxfam Québec, 2006).

2.2 Définition et sources de DBM à Cotonou

La définition des DBM varie en fonction des pays et des institutions.

À défaut d'avoir une définition propre au Bénin, l'auteur présente ci-dessous celles du Québec et de l'Alberta.

- Au Québec, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs définit les DBM comme suit :

« Sont considérés comme des déchets biomédicaux, au sens du Règlement (LQE, 1999);

- tout déchet anatomique humain constitué d'une partie du corps ou d'un de ses organes, à l'exception des phanères, du sang et des liquides biologiques;
- tout déchet anatomique animal constitué d'un corps, d'une partie du corps ou d'un de ses organes, à l'exception des phanères, du sang et des liquides biologiques;
- tout déchet non anatomique constitué d'un des éléments suivants :

- un objet piquant, tranchant ou cassable mis en contact avec du sang, un liquide ou un tissu biologique, provenant de soins médicaux, dentaires ou vétérinaires ou d'un laboratoire de biologie médicale ou vétérinaire, ou de l'exercice de la thanatopraxie ;

- un tissu biologique, une culture cellulaire, une culture de micro-organismes ou le matériel en contact avec ce tissu ou cette culture, provenant d'un laboratoire de biologie médicale ou vétérinaire ;

- un vaccin de souche vivante ;

- un contenant de sang ou du matériel imbibé de sang, provenant de soins médicaux, d'un laboratoire de biologie médicale ou de l'exercice de la thanatopraxie » (MDDEP, 2002).

- En Alberta, la définition réglementaire est la suivante :

“Déchet biomédical” signifie déchet issue de :

(i) établissement de soin de santé (pour les humains);

(ii) établissement d'enseignement et de recherche médical ;

(iii) laboratoires de recherche ou d'analyse et

(iv) installations impliquées dans la recherche et la production de vaccins, et contenant ou susceptibles de contenir des agents pathogènes pouvant transmettre des maladies aux personnes qui y sont exposées (Alberta, 1996).

Par conséquent, cette catégorie de déchets n'indique pas que les médicaments périmés sont inclus car ces derniers représentent un domaine davantage pharmaceutique et chimique que biomédical. Toutefois, ils constituent un sujet d'inquiétude parmi les DBM dans les pays en voie de développement (ACM, 2003).

À ce sujet, l'auteur a pu constater durant ses années passées en Afrique de l'Ouest qu'il existe un véritable marché parallèle pour la vente des médicaments, notamment en ce qui concerne les médicaments périmés qui sont parfois récupérés (dans les poubelles ou ailleurs, c'est pourquoi il est recommandé de détruire les « anciens » médicaments et non pas de les jeter...) puis revendus sur le marché par des « pharmaciens improvisés ».

Ils se retrouvent dans des bocaux non identifiés et, pour quelques pièces de monnaie locale, le marchand les met en vente, sur un marché en plein air, exposés aussi bien à la poussière qu'au soleil. Cependant, dans un pays où certaines personnes peuvent parfois mourir de la malaria parce qu'elles vivent parfois avec moins d'un dollar par jour et ne peuvent par conséquent pas acheter des médicaments, il est sans doute difficile de lutter contre ce type de pratiques. La « chaîne des médicaments » soulève donc des enjeux économiques et politiques importants, qui représentent une thèse de doctorat et, sauf exception, ce sujet ne sera pas développé dans cet essai.

Par ailleurs, même si le sang ne fait pas systématiquement partie de la catégorie des DBM, il faut considérer à partir de l'expérience personnelle de l'auteur et de la catégorisation effectuée par une ONG locale (OXFAM Québec, 2006) qu'il y a rarement une dissociation entre le sang et les autres déchets issus des établissements de soins à Cotonou; ceci a amené l'auteur à décider d'inclure le sang dans cette étude.

Les sources de DBM à Cotonou sont présentées au tableau 2.1.

Tableau 2.1 : Estimation de la quantité journalière de DBM produits à Cotonou

Types d'établissements	Effectifs	Productions journalières par établissement en kg/j	Productions journalières en kg/j
Hôpitaux	5	407,68	2 038,40
Centres de Santé	31	134,26	4 162,06
Cliniques	43	103,95	4 469,85
Cabinets	390	32,55	12 694,50

Source : Oxfam Québec *et al* (2006).

2.3 Rejets de DBM à Cotonou

Les types de rejets à Cotonou sont illustrés à la figure 2.2 ci-dessous.

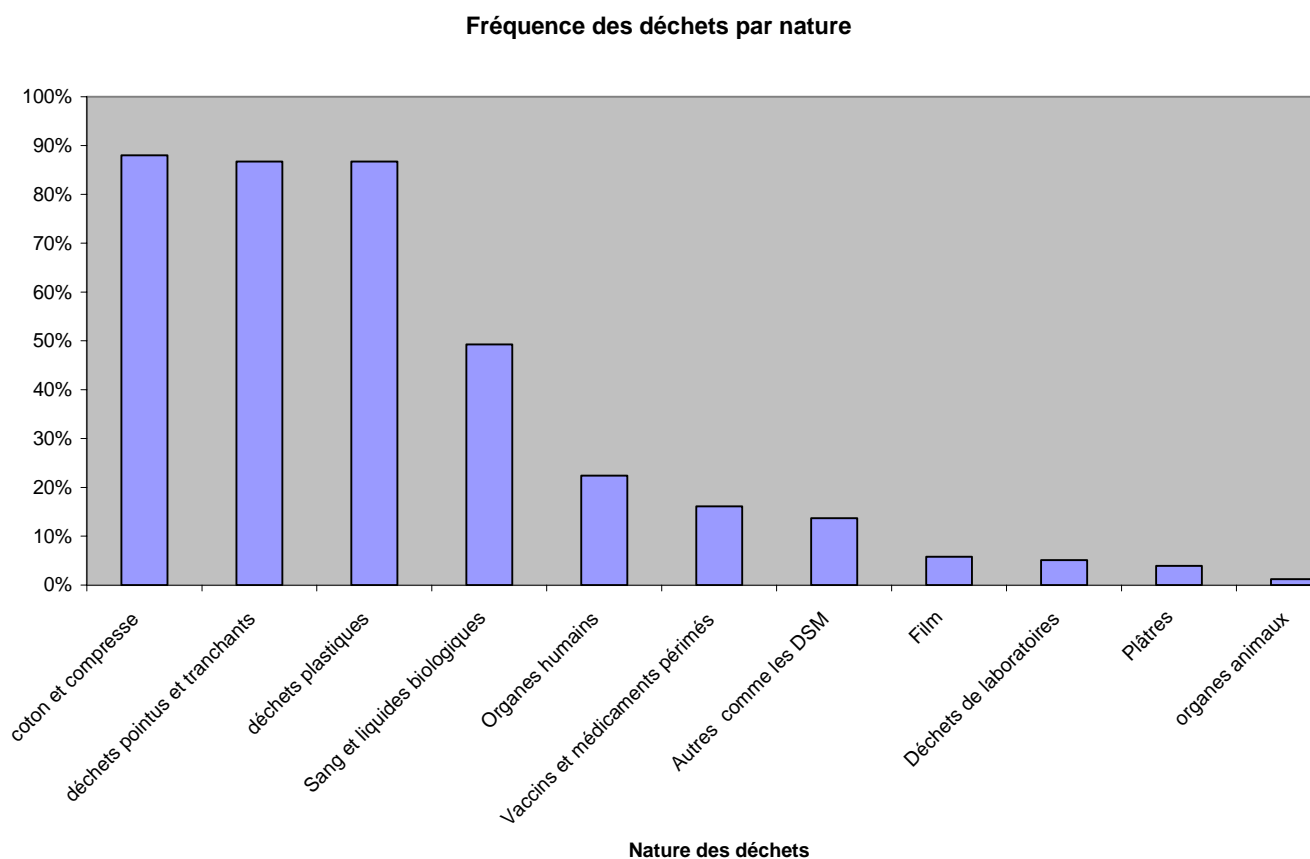


Figure 2.2 : Fréquence des déchets par nature à Cotonou

Source : Oxfam, Québec *et al* (2006).

Les quantités de rejets au Bénin sont indiquées au tableau 2.2.

Tableau 2.2 : Proportions et charges des DBM au Bénin selon leur nature

Nature des déchets	Proportions	Charges journalières en kg/j
Flacons et verres intacts	36 %	1215,72
Matériels en plastique	36 %	1215,72
Coton et compresses	15 %	506,55
Flacons et autres matériels en verre cassés	6 %	202,62
Objets pointus et/ou tranchants	3 %	101,31
Déchets anatomiques	2 %	67,54
Plâtres	1 %	33,77
Vaccins et médicaments périmés	1 %	33,77
Total	100 %	3 377,00

Source: Oxfam, Québec *et al* (2006).

2.4 Toxicologie potentielle des DBM

2.4.1 Sang et urine (hormones sexuelles et anovulants)

Bien que le sang ne soit pas considéré comme un DBM à part entière, les hormones qu'il transporte semblent être un sujet d'inquiétude pour l'environnement. Entre autres, les hormones sexuelles qui se trouvent dans les différents produits sanguins (sang en tant que tel mais aussi coton et compresses, liquides biologiques ou contenant contaminé par un produit sanguin...) de même que dans les organes humains, requièrent une étude plus approfondie de leurs effets dans l'environnement. Les urines peuvent également contenir des hormones sexuelles et des anovulants partiellement métabolisés.

À titre d'exemple, selon une récente étude scientifique (Robinson, Thomas et Van Coillie, 2006), les perturbateurs endocriniens causent plusieurs effets sur le développement et la reproduction tels la féminisation des mâles, l'induction de la vitellogenèse chez ces derniers et des phénomènes d'intersexualité.

Ils agissent par plusieurs mécanismes d'actions, notamment par fixation sur les récepteurs hormonaux ayant ainsi un effet mimétique avec les hormones endogènes.

2.4.2 Plastiques

Le matériel en plastique représente 36 % (tableau 2.2) des DBM produits à Cotonou selon une caractérisation des déchets biomédicaux effectuée à la suite d'une enquête d'un PGDSM (Projet de gestion des déchets solides ménagers) menée par l'ACDI et Oxfam Québec en août 2005. Sa masse de DBM produite chaque jour est estimée à 1215 kg. Les plastiques ont le potentiel de produire des dioxines et des furannes chlorés lors de leur incinération.

2.4.3 Mercure

Le mercure provenant des thermomètres, des amalgames dentaires, des dilateurs œsophagiens, des sondes gastriques et des sphygmomanomètres représente un sujet de préoccupation pour l'environnement et/ou la santé humaine (Saxena et Fisher, 1981)

L'exposition au mercure peut résulter de certaines pratiques chirurgicales telles que des renversements de mercure durant une mesure de pression sanguine ou des extractions d'occlusions intestinales (Environnement Canada, 2004).

À titre d'exemple, d'après une étude (Liberti *et al*, 1996), la quantité la plus importante de mercure produite durant toute une gamme de soins provient de la catégorie des « premiers soins ». La quantité reportée dans cette étude est de 13,76 mg/kg : cette valeur correspond aux caractéristiques physico-chimiques des déchets médicaux infectieux issus de différents services médicaux.

Le mercure de la dentisterie est un cas particulier. La raison principale pour laquelle les amalgames contenant du mercure sont utilisés en dentisterie est parce qu'ils sont moins chers que d'autres solutions de remplacement, telles que l'or, la porcelaine et des restaurations en composite blanc. De plus, les amalgames sont aussi très durables; conséquemment, les dentistes continueront à utiliser des amalgames dentaires contenant du mercure parce que ceux-ci sont relativement rapides et faciles à mettre en place et parce qu'il est souvent possible de les réparer (Environnement Canada, 2004).

Il est donc raisonnable de penser que, compte tenu de son coût (plus faible que celui des autres types d'amalgames) et de ses propriétés, ce type d'amalgames est largement utilisé dans les pays en voie de développement comme le Bénin.

2.4.4 Antibiotiques tétracyclines

Il existe trois programmes de recherche de l'Union européenne qui étudient le comportement et l'effet des substances pharmaceutiques rejetés dans l'environnement. Il s'agit des programmes REMPHARMAWATER, POSEIDON et ERAVMIS (2003). Ils mentionnent que la présence des substances pharmaceutiques dans le milieu aquatique et dans les sols a été confirmée; il est dès lors urgent de mieux connaître les risques liés à cette contamination pour l'environnement.

En ce qui concerne les options de traitement potentiel, un premier résultat fait apparaître que l'élimination des antibiotiques des eaux usées est plus efficace par ozonation ou irradiation avec des rayons ultraviolets (Ternes *et al*, 2002). Cependant, d'autres auteurs semblent mettre en doute la disponibilité et le côté pratique de ces deux méthodes. En effet, les méthodes d'extraction des produits pharmaceutiques des eaux usées et des installations de traitement d'eau potable, telles que l'ozonation et la filtration à travers des granules de charbon activé sont efficaces à petite échelle (Heberer *et al*, 2002 et Ternes *et al*, 2002) mais demeurent à l'heure actuelle très onéreuses.

2.4.5 Analgésiques : aspirine et ibuprofène

Bien qu'ils ne soient pas inclus dans les DBM, des analgésiques peuvent se retrouver dans les selles et urines d'humains. À ce titre, ils peuvent constituer des DBM : ceci vaut pour l'aspirine ou l'ibuprofène comme pour l'acétaminophène à la section 2.4.6.

L'acide acétylsalicylique (AAS) vendu sous différents noms et marques (Aspirine, Entrophène, Anacine, Novasen, etc.) et l'ibuprofène (Advil, Motrin IB, etc.) sont disponibles sans ordonnance; ils font également partie de la catégorie des anti-inflammatoires et ne devraient pas être pris en plus d'une ordonnance d'AINS (anti inflammatoire non stéroïdien), à cause du risque légèrement plus élevé d'effets secondaires.

L'ibuprofène est utilisé pour traiter l'inflammation et la douleur ; il fait baisser la fièvre et fluidifie le sang. Il est utilisé pour le traitement des douleurs légères à modérées (maux de tête et douleurs dentaires) et, dans certains cas, pour les règles douloureuses.

Ce produit fait partie des AINS qui bloquent la synthèse des prostaglandines, lesquelles sont responsables de la douleur et de l'inflammation (Ibuprofène, s.d).

L'ibuprofène est classé parmi les composés pharmaceutiques produits en très grande quantité. A titre d'exemple, en Angleterre en 2000, l'ibuprofène était classé parmi les trois composés pharmaceutiques les plus importants en termes de volume produit; sa quantité était supérieure à 100 tonnes par an (Jones *et al*, 2002).

2.4.6 Acétaminophènes

Les médicaments renfermant l'acétaminophène n'ont aucune propriété anti-inflammatoire et, par conséquent, n'entraînent aucun des effets secondaires courants de l'AAS ou de l'ibuprofène. L'acétaminophène est donc un médicament de choix parce qu'il peut être pris avec une ordonnance d'AINS prescrits afin d'obtenir un soulagement plus efficace de la douleur arthritique ou pour les maux de tête et la fièvre.

L'acétaminophène, comme l'AAS et l'ibuprofène, est également disponible sous forme de préparation combinée avec codéine ou relaxants musculaires ou les deux pour un soulagement plus efficace de la douleur. Divers médicaments utilisés pour soulager la fièvre et les douleurs dues au rhume en contiennent également. En général, la quantité d'acétaminophène que les médicaments combinés ou les médicaments pour le rhume contiennent est égale à deux comprimés d'acétaminophène de 325 mg chacun.

2.4.7 Objets tranchants

Cette catégorie est l'une des plus dangereuses parmi les DBM produits par les établissements de soins. Que ce soit durant un soin ou une vaccination, les injections sont responsables de la production de la plupart des objets tranchants infectieux.

Les résultats d'une étude (OMS, 2005a) effectuée en Inde par l'organisation mondiale de la santé montrent qu'il est primordial que les objets tranchants infectieux soient déposés dans des contenants résistants, désinfectés et « détruits » afin d'assurer la sécurité des travailleurs, et plus largement, de la communauté tout entière.

En outre, il existe des types de traitements alternatifs et des technologies d'élimination tels que les coupe-aiguilles, pour séparer l'aiguille de la seringue, la désinfection chimique, l'usage d'un autoclave ou de micro-onde ou l'encapsulation dans du ciment.

En plus des risques de blessure accidentelle, la réutilisation des seringues contaminées représente un risque majeur pour la santé publique. D'après des estimations antérieures (Kane *et al*, 2000) et des mises à jour récentes, l'OMS a estimé que 23 millions d'infections par les virus de l'hépatite B, de l'hépatite C et de l'immunodéficience humaine (VIH) avaient été provoquées en 2000 par des injections avec des seringues contaminées.

2.4.8 Agents parasites

Les selles et les urines humaines peuvent contenir des agents parasites qui risquent d'être captés par diverses personnes. Ceci est illustré à la figure 2.3 pour la schistosomiase due à des stades larvaires cercaires du mollusque gastéropode *Schistosomiasis spp.*

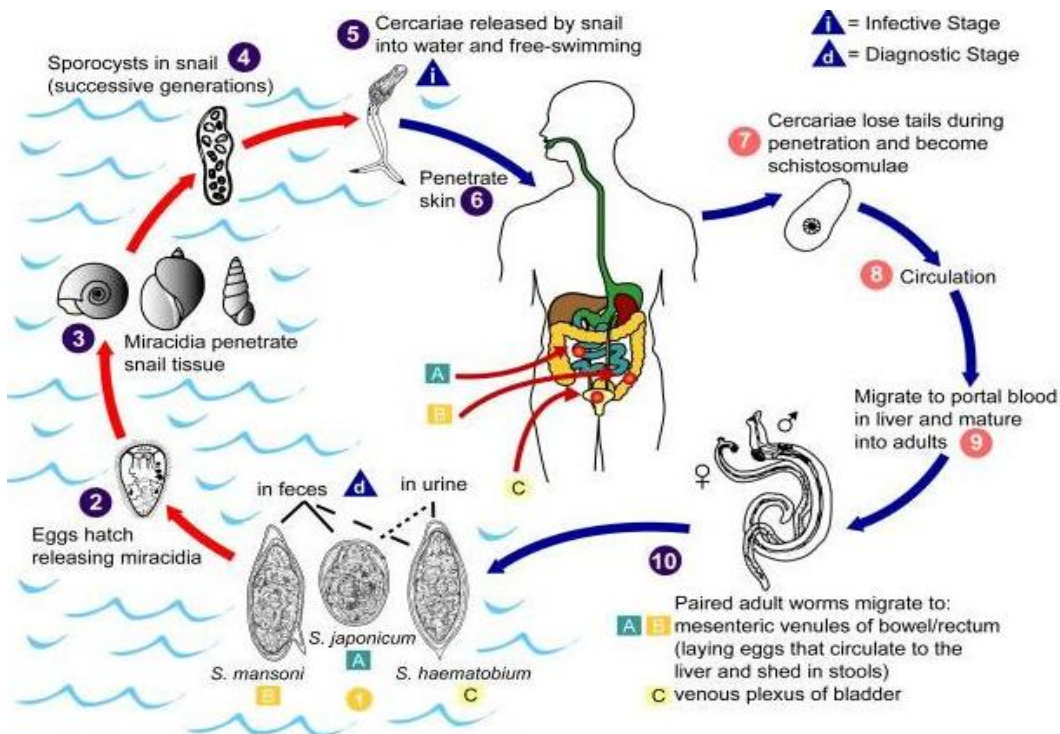


Figure 2.3 : Schistosomiase
Source : Schistosomiasis (s.d.)

En plus de la schistosomiase, d'autres agents parasites peuvent souiller des selles et (ou) des urines, notamment ceux qui sont responsables d'amibiase, de giardiasis, de trichosomiasis, de cryptosporidiasis et d'helminthiasis dues à des vers cestodes et trématodes.

2.4.9 Micro-organismes pathogènes (bactéries et virus)

En général, la capacité des micro-organismes pathogènes à survivre dans l'environnement dépend, d'une part, du type de micro-organismes et, d'autre part, de la résistance de ceux-ci aux conditions du milieu, tels que la température ambiante, l'humidité, l'exposition aux radiations ultra-violettes et enfin la disponibilité de matière organique pour la nutrition et la présence ou non de prédateurs.

À l'exception des déchets contenant des cultures pathogènes ou des excréments de malades infectés, la charge microbienne des DBM n'est pas très élevée ; de plus, les DBM ne semblent pas être un milieu favorisant la survie des éléments pathogènes car ils contiennent généralement des antiseptiques.

Des études ont montré que la concentration des micro-organismes dans les DBM n'était généralement pas plus élevée que dans les déchets domestiques et que leur taux de survie était faible.

La capacité de survie étant un élément déterminant du cycle de vie des micro-organismes, il est nécessaire d'évaluer également la capacité de dispersion de ces micro-organismes pathogènes dans l'environnement ; à cette fin, il faut prendre en considération le rôle des vecteurs de maladie tels que les rongeurs et les insectes. Ceci a une importance particulière pour la gestion des DBM aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des établissements de soins.

Par exemple, les rats, les mouches ou d'autres insectes qui se nourrissent et se reproduisent à partir des déchets organiques sont reconnus comme étant des vecteurs passifs d'éléments pathogènes ; leur effectif peut augmenter de manière exponentielle lorsque la gestion des déchets est négligée, ce qui peut augmenter la propagation et la transmission des maladies (WHO, s.d.).

2.4.10 Radionucléides

Les radionucléides présents dans l'environnement proviennent de sources naturelles et anthropiques (Whicker et Schultz, 1982).

Les retombées consécutives à l'essai d'armes nucléaires dans l'atmosphère constituent la principale source de radionucléides d'origine anthropique bien que ces apports aient beaucoup diminué depuis la signature, en 1963, du traité interdisant les essais nucléaires dans l'atmosphère. D'après une étude réalisée par Durham et Joshi (1979), les applications industrielles et médicales faisant couramment appel à des radionucléides contribuent très peu à la radioactivité des eaux. Cependant, Dielman (1978) croit que les quantités de radionucléides libérées par les effluents hospitaliers d'ici l'an 2000 seraient plus importantes que celles libérées par les industries nucléaires générant de l'énergie.

La figure 2.4 ci-dessous représente la proportion relative des différentes sources d'expositions aux radionucléides.

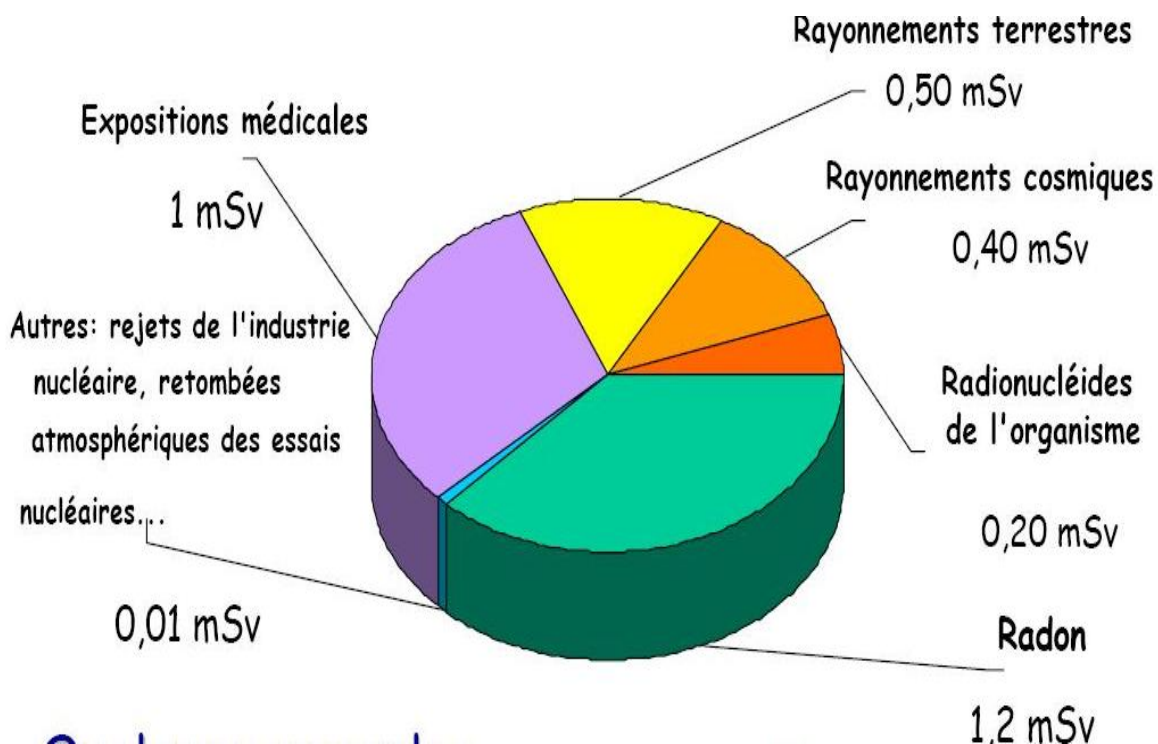


Figure 2.4 : Proportions relatives des différentes sources d'expositions aux radionucléides
Source : UNSCEAR (s.d.)

Dans le domaine médical, la radiothérapie est utilisée pour traiter certains types de cancers (Hoefnagel, 1998) où l'irradiation aux rayons gamma (exemple: ^{60}Co) peut être une méthode de décontamination des matières thermosensibles; son efficacité dépend de la pénétration des rayons dans les matières traitées, donc de la densité de la substance traitée et de la puissance de la source d'irradiation (Dychdala *et al*, 1991)

Il existe trois voies principales d'incorporation d'un composé radioactif: l'ingestion, la blessure et l'inhalation. La voie transcutanée est également possible mais à un degré moindre et uniquement en relation avec une activité professionnelle. En milieu hospitalier, les trois voies de contamination peuvent être rencontrées lors de l'administration de composés radio pharmaceutiques.

Une fraction des radionucléides absorbés est excrétée par les urines et les fèces en fonction de la voie d'entrée et de leur mode de transport dans le sang. Les radionucléides excrétés par voie urinaire proviennent de la circulation sanguine après filtration au niveau des glomérules rénaux. Après contamination par les voies aériennes, une fraction importante est excrétée par voie fécale à la suite d'une épuration mécanique mucociliaire rapide et déglutition (Poncy *et al*, 1997).

Un rayonnement ionisant excessif peut avoir des effets nocifs tant sur les êtres humains que sur la faune et la flore. Les effets sur la santé associés aux expositions aux rayonnements ionisants peuvent être répartis en deux catégories: ceux principalement liés à la mort des cellules, appelés effets déterministes (ou avec seuil) et ceux liés à la modification des cellules, appelés effets stochastiques (ou sans seuil).

Cependant, les scientifiques ne s'entendent pas sur l'effet de faibles doses, plus précisément sur l'existence d'un seuil limite (effet stochastique ou effet non stochastique) en dessous duquel il n'y a aucun effet pathologique perceptible (CIPR, 1977, 1979; Johnson et Tutiah, 1985; USEPA, 1981 et Whicker et Schultz, 1982).

En général, les organismes chargés de la radioprotection se basent sur l'hypothèse linéaire pour fixer des normes et des lignes directrices.

Dans le cas des effets déterministes, la gravité des effets, notamment la nausée, les brûlures de la peau ou le syndrome d'irradiation aigu, augmentent avec la dose une fois le seuil dépassé et, hormis quelques exceptions, se manifestent quelques jours ou quelques semaines après

l'exposition. Les effets stochastiques proviennent de l'endommagement de l'ADN cellulaire et peuvent se manifester plusieurs années après l'exposition. Les principaux effets préoccupants sont un risque accru de cancers chez les personnes exposées et des désordres génétiques potentiels dans leur progéniture.

Les effets stochastiques sont le principal danger pour la santé associé à l'exposition à de faibles doses de rayonnement, y compris celles dues à la consommation d'aliments et d'eau contaminée (Santé Canada, s.d.).

Le tableau 2.3 présente les différents éléments radioactifs les plus utilisés dans le domaine de la biologie et leurs caractéristiques.

Tableau 2.3 : Éléments radioactifs utilisés en biologie et leurs caractéristiques

Principaux radioéléments utilisés en biologie	Durée	Groupe de radio toxicité	Seuil de rejet par jour	Seuil absolu
³ H	12 ans	4 (R.T faible)	100 µCi	2 µCi/kg
³⁵ S	88 jours	4 (R.T faible)	100 µCi	2 µCi/kg
¹⁴ C	5730 ans	3 (R.T modérée)	10 µCi	2 µCi/kg
¹²⁵ I	60 jours	2 (R.T élevée)	1 µCi	2 µCi/kg

Source : modifié de <http://bioch.ap-hop-paris.fr/gbea/travaux/organisation%20generale/dechets/elimination%20dechets%20radio.html#IV%20->

Tritium 3

Ce radionucléide est utilisé pour le marquage de molécules pour les études de métabolisme de certaines substances en biologie ou en pharmacie (IRSN, s-d)

Comme pour les autres sources d'irradiations, l'exposition au tritium peut être cancérigène. Cependant, dans la mesure où l'irradiation se fait à « basse énergie » et que, lorsqu'une certaine quantité de tritium est ingérée, celui-ci est excrété par l'urine moins d'un mois après l'ingestion, le tritium est l'un des moins dangereux radionucléides (USEPA, s-d).

Carbone 14

Le *Carbone-14* est préconisé pour le marquage des molécules en médecine, en pharmacie et en biologie.

Iode 125

Les isotopes de l'iode sont classés parmi les radionucléides les plus couramment adoptés principalement dans le domaine médical.

Plusieurs isotopes sont utilisés en médecine : ^{131}I , ^{123}I , ^{125}I . L'*iode-131* est employé en thérapie et de moins en moins en diagnostic; cet isotope a servi lors des scintigraphies à partir des années 1950 et il est maintenant remplacé par le *technétium-99*. L'*iode-123* est privilégié pour les explorations fonctionnelles et morphologiques de la thyroïde. L'*iode-125* sert en radio immuno analyse, en diagnostic et en thérapie (CEA, s-d)

Cobalt 60

Ce radionucléide est utilisé en radiothérapie dans les hôpitaux et l'un de ses usages correspond au traitement des malformations des vaisseaux sanguins et de tumeurs du cerveau (USEPA, s-d). L'exposition aux rayons *gamma* à partir du *cobalt-60* entraîne une augmentation des risques de cancer.

À l'exception de l'usage médical pour lequel les avantages sont clairement définis, la source d'exposition potentielle la plus évidente correspond à la perte ou au vol de ce type de substance.

De plus, l'élimination des déchets radioactifs, bien que strictement contrôlée et réglementée, peut parfois présenter des lacunes, notamment pour des raisons de coût.

Dans ce cas, une partie de la population peut être exposée aux dangers des radiations et des accidents peuvent se produire.

Un exemple extrait de l'ouvrage de Wisner et Adams (2002) est décrit ci-après.

En septembre 1987, des récupérateurs de métaux ont détruit une canette provenant d'un appareil de radiothérapie situé dans une ancienne clinique médicale abandonnée dans la ville de Goiânia au Brésil. La canette contenait environ 1400 curies de *césium-137*. Pendant les deux semaines qui suivirent, des enfants jouèrent avec le chlorure de césium bleu luminescent.

Certaines personnes présentèrent immédiatement des signes visibles de lésions et problèmes dus aux radiations, à savoir une perte d'appétit, des nausées, des vomissements et des diarrhées.

Avant que les autorités ne soient mises au courant de la situation, plus de 250 personnes avaient été exposées ; 104 d'entre elles présentaient des signes évidents de contamination et quatre personnes moururent en moins de quatre semaines.

Dans le cas présent, les causes de cet accident étaient le manque de réglementation, l'ignorance des gens à propos des radiations ainsi que la lenteur de la réaction de l'administration compétente et son manque de ressources.

3 Estimation des dangers (éco) toxicologiques des DBM

3.1 Cheminements des DBM

Les rejets provenant des établissements de soins de santé peuvent potentiellement se retrouver dans l'air (de manière indirecte lors de l'incinération par exemple), dans le sol (lors de l'élimination dans des lieux d'enfouissement) et/ou dans l'eau (par lixiviation des déchets ou directement lors de l'évacuation des eaux usées).

D'après un rapport scientifique (Bound et Voulvoulis, 2004), la voie de pénétration la plus importante pour les produits pharmaceutiques dans l'environnement aquatique est celle des rejets provenant des installations de traitement des eaux usées. D'après ces auteurs, ceci s'explique par le fait qu'une grande partie des médicaments consommés par les malades traversent le corps avec peu ou pas de modification et aboutissent dans les eaux usées via l'urine et les excréments ; leur taux d'élimination varie en fonction de l'individu, du type de produit et du dosage de ce dernier. D'autres auteurs (Jones *et al*, 2001) confirment que plusieurs produits pharmaceutiques se retrouvent dans les effluents d'eaux usées.

3.1.1 Air

Le mercure, initialement rejeté dans les systèmes d'égouts municipaux à partir des résidus d'amalgames dentaires à base de mercure, peut passer à travers les installations de traitement

des eaux usées et être déversé directement dans des cours d'eau ou finir dans les boues d'épuration. Lorsque ces boues sont épandues sur un terrain, le mercure qui s'y trouve est adsorbé dans le sol ou se volatilise à partir du sol et est émis dans l'atmosphère. Si les boues d'épuration sont incinérées, le mercure qu'elles contiennent est partiellement rejeté dans l'atmosphère. L'incinération des déchets municipaux solides ou biomédicaux ouvre aussi au mercure une voie directe vers l'atmosphère. Une fois entré dans l'atmosphère, le mercure peut se déposer sur les sols ou les masses d'eau (voir la figure 3.1). Il est finalement absorbé par les poissons, la faune et les humains. À cause de la capacité du mercure à se déplacer sur de longues distances avec les courants venteux, le mercure rejeté d'une source ponctuelle peut être transporté régionalement ou même globalement et se déposer loin de la source (Environnement Canada, 2004).

La figure 3.1 ci-dessous représente le cycle biogéochimique du mercure.

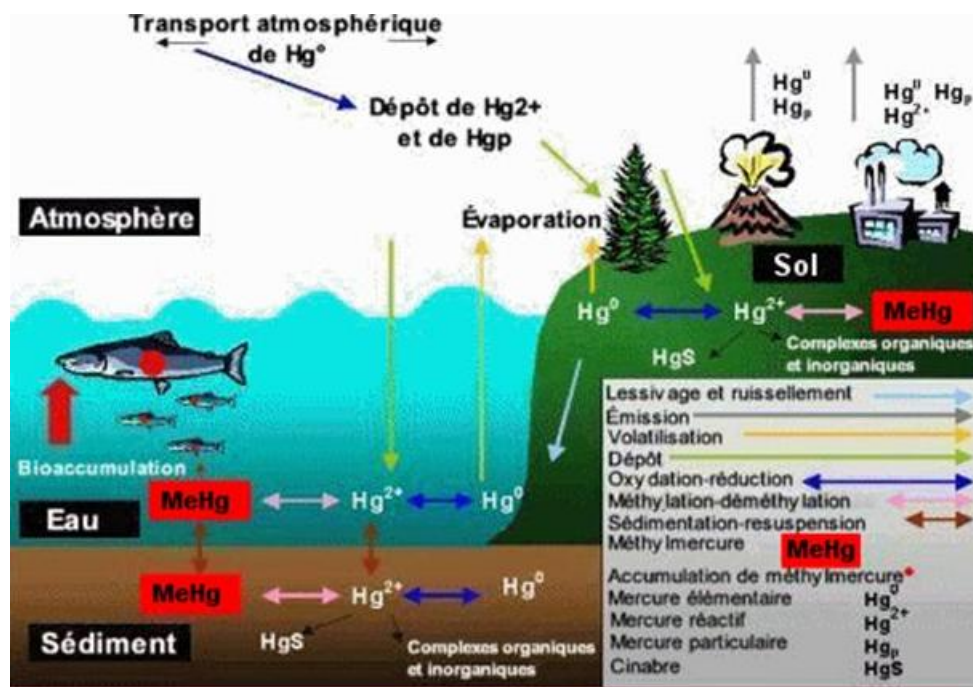


Figure 3.1 : Cycle biogéochimique conceptuel du mercure

Source: Environnement Canada, 2004.

Les émissions élevées de PCDD/PCDF provenant de l'incinération des DBM sont dues à l'utilisation d'opérations en « batch » ce qui implique de longues périodes de chauffe et de refroidissement du four et mène à des conditions pyrolytiques assez longues. Combiné à la haute valeur calorifique et souvent à une teneur élevée en plastiques halogénés, le potentiel de formation des PCDD/PCDF dans un incinérateur est généralement supérieur à celui des déchets solides municipaux. Les vecteurs principaux de rejet sont l'air et les résidus représentés par les cendres volantes. La quantité de cendres volantes due aux déchets médicaux est environ de 3 % (PNUE, 2001).

L'OMS a défini des apports limites tolérables pour les dioxines et les furannes chlorés, mais pas pour les émissions. Les limites d'émission doivent être fixées dans le cadre national. Un certain nombre de pays ont défini des limites d'émission, de 0,1 ng d'équivalent toxique/m³ en Europe à 0,1 ng - 5 ng d'équivalent toxique/m³ au Japon suivant la capacité de l'incinérateur (OMS, 2005b). Le tableau 3.1 ci-dessous présente les facteurs d'émission pour l'incinération des DBM.

Tableau 3.1 : Facteurs d'émission des PCDD et PCDF pour l'incinération de DBM

	Facteurs d'émissions µg TEQ/t	
	Déchets médicaux brûlés	
	Air	Résidus
Combustion en « batch » non contrôlée et sans système APC	40 000	200*
Combustion en « batch » contrôlée avec système APC minimal ou absent	3 000	20*
Combustion en « batch » contrôlée avec un bon système APC	525	920**
Combustion en continu (haute technologie) contrôlée avec un système APC sophistiqué	1	150**

*Concerne seulement les cendres résiduelles dans la chambre de combustion

** Concerne les cendres résiduelles et les cendres volantes combinées

Source : PNUE (2001)

3.1.2 Sol

L'épandage de boues d'épuration municipales comme matières résiduelles fertilisantes en agriculture peut amener des éléments pathogènes et des métaux lourds tels que le cadmium et des dioxines et furannes chlorés (Van Coillie et Laquerre, 2003).

En raison de leurs origines et compositions, les DBM peuvent contenir des produits chimiques toxiques, comme par exemple des métaux lourds ou des précurseurs qui peuvent se transformer en dioxines et furannes chlorés ; à ce sujet, l'incinération de DBM dans de petits incinérateurs mal contrôlés a été identifiée comme une source majeure de PCDD/PCDF (PNUE, 2001). Pour des sources émettrices comme les incinérateurs, on peut évaluer la zone périphérique, où les concentrations de dioxines et furannes chlorés sont les plus fortes, à l'aide de modélisation des données d'émission. Du fait, à cause de la forme particulière prédominante des PCDD et PCDF, leurs retombées atmosphériques contaminent de façon privilégiée les sols et les végétaux plutôt que l'air. Au niveau des sols, les PCDD et PCDF semblent peu migrer en profondeur et sont retrouvées généralement à 95 % dans les dix premiers centimètres de profondeur des sols cultivés ou pâturés (INVS, s-d).

3.1.3 Eau

Lorsque les déchets sont éliminés dans une fosse qui n'est pas isolée ou qui est trop proche des sources d'eau, l'eau peut être contaminée.

Dans les eaux usées, il y a deux catégories de déchets, à savoir l'urine et les fèces, ainsi que le sang et d'autres liquides biologiques rejetés directement à l'égout lors des opérations de nettoyage, en particulier dans le domaine chirurgical.

Les matières fécales sont susceptibles de véhiculer différents types de micro-organismes tels que des bactéries, des virus, des micro-champignons ainsi que d'autres parasites mentionnés à la section 2.4.8 ; les uns et les autres sont alors susceptibles d'affecter la santé des travailleurs des stations d'épuration des eaux usées (Dupont, 1996) et ensuite de se retrouver dans le milieu aquatique où ces eaux usées sont rejetées après une épuration insuffisante.

Le tableau 3.2 ci-dessous présente quelques-unes des maladies dues à des bactéries et des virus qui peuvent être transmis par l'intermédiaire du sang ou des sécrétions humaines (urine et fèces)

Tableau 3.2 : Maladies pouvant être transmises via le sang et les selles

Type of infection	Examples of causative organisms	Transmission vehicles
Gastroenteric infections	Enterobacteria, e.g. <i>Salmonella</i> , <i>Shigella</i> spp.; <i>Vibrio cholerae</i> ; helminths	Faeces and/or vomit
Respiratory infections	<i>Mycobacterium tuberculosis</i> ; measles virus; <i>Streptococcus pneumoniae</i>	Inhaled secretions; saliva
Ocular infection	Herpesvirus	Eye secretions
Genital infections	<i>Neisseria gonorrhoeae</i> ; herpesvirus	Genital secretions
Skin infections	<i>Streptococcus</i> spp.	Pus
Anthrax	<i>Bacillus anthracis</i>	Skin secretions
Meningitis	<i>Neisseria meningitidis</i>	Cerebrospinal fluid
Acquired immunodeficiency syndrome (AIDS)	Human immunodeficiency virus (HIV)	Blood, sexual secretions
Haemorrhagic fevers	Junin, Lassa, Ebola, and Marburg viruses	All bloody products and secretions
Septicaemia	<i>Staphylococcus</i> spp.	Blood
Bacteraemia	Coagulase-negative <i>Staphylococcus</i> spp.; <i>Staphylococcus aureus</i> ; <i>Enterobacter</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Klebsiella</i> , and <i>Streptococcus</i> spp.	
Candidaemia	<i>Candida albicans</i>	Blood
Viral hepatitis A	Hepatitis A virus	Faeces
Viral hepatitis B and C	Hepatitis B and C viruses	Blood and body fluids

Source : WHO (s.d)

De plus, les produits pharmaceutiques provenant d'établissements de soins peuvent également aboutir dans l'eau selon le cheminement représenté sur la figure 3.2 ci après.

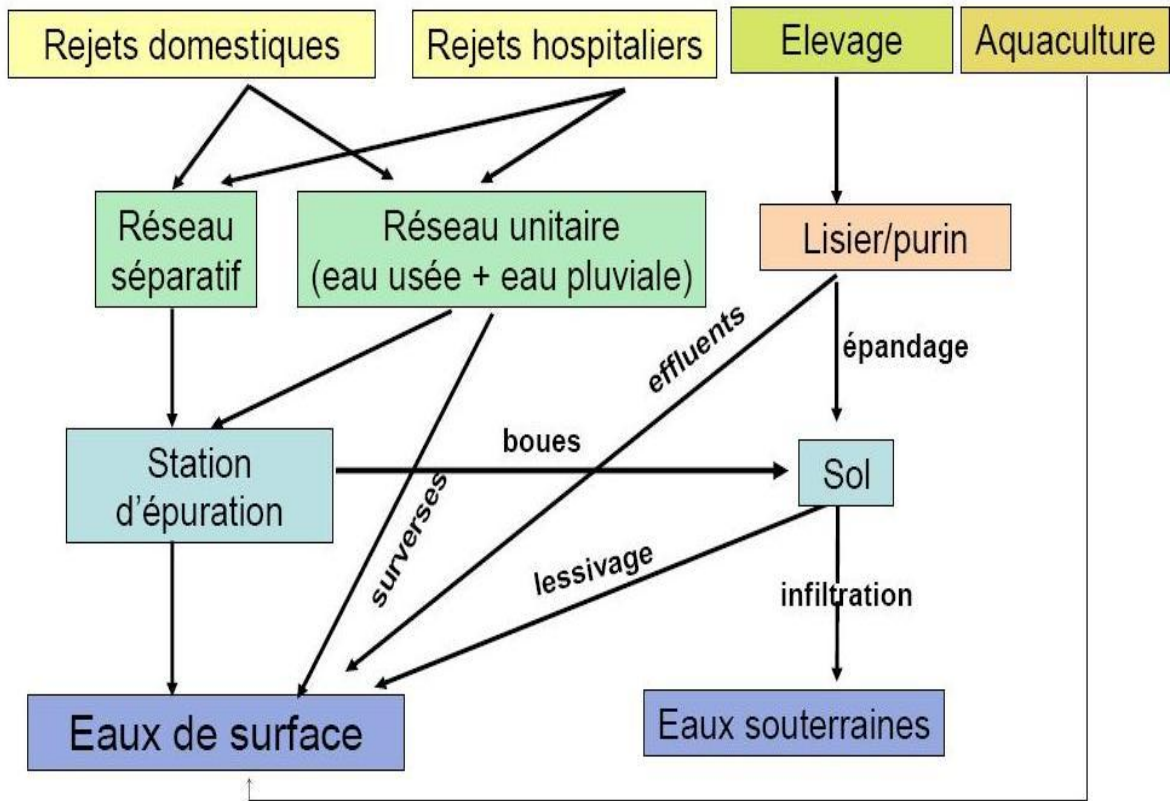


Figure 3.2 : Sources et voies d'accès des médicaments dans l'environnement
 Source : Rempharmwater, Poseidon et Erasmis, 2003.

Parmi les produits médicaux rejetés dans l'eau et l'environnement, deux sont particulièrement préoccupants, à savoir les hormones et le mercure des amalgames dentaires.

- Hormones

Certaines études ont montré que 38 à 83 % des hormones stéroïdes naturelles ou artificielles sont éliminées durant les procédés de traitement des eaux usées (Desbrow *et al*, 1998 et Fisher et Borland, 2003).

- Mercure

Des résidus d'amalgames et leur mercure sont rejetés dans l'environnement. À ce propos, une étude a conclu qu'environ 60 % des résidus d'amalgames ne sont pas recueillis par les systèmes de succion classiques (Watson *et al*, 2002).

Bien que la quantité de mercure rejetée dans l'environnement par un cabinet dentaire puisse paraître dérisoire, la multiplication de cette quantité par le nombre de dentistes entraîne une quantité totale de mercure rejeté considérable et présente un danger pour l'environnement et la santé humaine au Bénin.

À titre d'exemple, Watson *et al* (2002) ont fait les estimations suivantes concernant le mercure utilisé par 17 000 dentistes canadiens: 5 325 kg de mercure ont été inclus dans la préparation des obturations d'amalgames et 1 046 kg de mercure sont entrés dans les eaux usées en 2002; si tous les cabinets dentaires avaient utilisé des séparateurs conformes aux spécifications ISO, cette quantité aurait pu être réduite à seulement 16 kg. Afin d'avoir une vague estimation de la situation à Cotonou à ce sujet, une hypothèse est formulée, à savoir que la proportion d'amalgames dentaires contenant du mercure est la même au Canada et à Cotonou (valeur qu'il faudrait probablement ajuster en fonction du type d'équipement et de produits utilisés au Bénin dans le domaine de la dentisterie). Ensuite, en se basant sur les chiffres de la présence approximative d'une centaine de cabinets dentaires à Cotonou, il est possible d'évaluer une quantité de mercure rejeté dans les eaux usées à $100 * 1046 / 17\ 000$, soit 6 kg.

Un récapitulatif des cheminements aquatiques connus de plusieurs médicaments et hormones est présenté au tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Récapitulatif concernant les antibiotiques et hormones dans le milieu aquatique

Composés médicaux ou résidus	Usages thérapeutiques	Rejets et « devenirs »	Conditions et « vecteurs »
Aspirine	Analgésique	Rapidement et facilement biodégradable	Traitement des eaux usées
Œstrogène	Hormone	Persistance dans les sédiments	
Œstrogène et diethylstilbistrol	Hormones	Persistance dans les sédiments	
Ibuprofène	Analgésique	Intrinsèquement biodégradable	Traitement des eaux usées
Tétracycline	Antibiotique	Non dégradable	Traitement des

			eaux usées
Chlorotétracycline	Antibiotique et stimulateur de croissance	Après 30 jours à 30°C, 44% du produit sont encore présents (cette proportion augmente quand la température diminue)	

Source : Halling-Sorensen *et al* (1998)

3.2 Effets des DBM sur l'environnement

Les médicaments et les autres produits biomédicaux ont plusieurs effets dans l'environnement, lesquels sont illustrés pour deux d'entre eux dans le milieu aquatique au tableau 3.4

Tableau 3.4 : Écotoxicité aquatique de deux rejets biomédicaux

Groupes d'organismes	Effets notés des dioxines et furannes chlorés issus de la combustion des plastiques biomédicaux	Effets notés de l'acétaminophène
Amphibiens	accumulation, comportement, développement, croissance, physiologie, mortalité	
Annélides	accumulation, population	
Plantes aquatiques	accumulation	
Crustacés	accumulation, enzyme, histologie	mortalité
Poissons	accumulation, comportement alimentaire, développement, génétique, intoxication, morphologie, croissance, physiologie, reproduction, mortalité	biochimie, mortalité
Insectes	accumulation, développement, croissance, physiologie,	

	mortalité, reproduction	population,	
Mollusques	accumulation, reproduction		
Phytoplancton	accumulation, comportement		
Zooplancton	accumulation, reproduction	mortalité,	intoxication, mortalité

Source : pesticide (s.d)

Une attention particulière peut aussi être portée aux effets des dérivés des hormones sexuelles sur les espèces aquatiques. Selon une étude effectuée en Angleterre (Rodgers-Gray *et al*, 2000), il existe une corrélation directe entre l'exposition à un effluent rejeté par une usine de traitement d'eaux usées et la féminisation de certaines espèces, notamment le gardon (*Rutilus rutilus*) ou le gougeon (*Gobio gobio*), pour lesquels l'étude a montré une augmentation des protéines de vitellogenèse chez les mâles alors qu'elle a lieu d'ordinaire seulement chez les femelles ; ceci est relié à la présence d'anovulants dans les eaux usées.

3.3 Effets des DBM sur la santé humaine

Les déchets biomédicaux sont constitués d'une grande partie de déchets « classiques » ainsi que d'une petite proportion de déchets dangereux. Si les humains sont exposés aux déchets dangereux, des blessures ou des maladies sont possibles.

L'aspect dangereux des DBM peut être imputé à l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- ils contiennent des agents infectieux;
- ils sont génotoxiques;
- ils contiennent des substances chimiques ou pharmaceutiques toxiques ou dangereuses;
- ils sont radioactifs;
- ils sont contendants, coupants ou pointus.

Certaines catégories de personnes sont plus exposées que d'autres (voir la section 3.4) ; cependant, dans certains cas, une large part de la population peut être exposée aux dangers représentés par la filière recyclage-récupération des déchets au sens large.

Les bidons en plastique et autres contenants contaminés ou ayant été en contact avec des DBM sont susceptibles d'être récupérés et réutilisés via la filière des recycleurs-récupérateurs dans les dépotoirs pour être remis en service et contenir éventuellement, par la suite, de l'eau potable ou autre produit de consommation présentant un danger indirect pour la santé humaine. Par exemple, en Côte d'Ivoire en 2003 (le même scénario peut s'appliquer aujourd'hui au Bénin), des vendeurs d'ananas frais parcouraient la ville avec des fruits et des contenants en plastique ou en verre (très probablement des contenants provenant d'une filière de récupération, c'est-à-dire provenant d'un dépotoir ou d'une poubelle et sommairement rincé à l'eau) ; ensuite, les consommateurs choisissaient les fruits que le vendeur pressait sur place avec ses mains pour en extraire le jus et le vider dans ces contenants d'origine « douteuse »...raison pour laquelle il était fortement recommandé d'apporter sa propre bouteille. Les blessures ou contaminations par des seringues usagées sont très probables lorsque les DBM sont déposés dans des décharges non contrôlées auxquelles le public a largement accès; les enfants sont particulièrement exposés au contact avec des déchets infectieux. En 2002, les résultats d'une évaluation conduite par l'OMS dans 22 pays en développement ont montré que la proportion d'établissements de soins qui n'appliquent pas les méthodes appropriées d'élimination des déchets est de 18 % à 64 %.

En outre, une grande partie de la population achète et consomme des médicaments périmés, avec tous les risques que cela comprend pour la santé (et éventuellement pour l'environnement lors de leur élimination via l'urine et les selles).

3.4 Personnes exposées aux dangers des DBM

Les DBM présentent des dangers potentiels pour les personnes qui génèrent les DBM dans les établissements de soins ou les individus qui les manipulent ou qui y sont exposés à la suite d'une mauvaise gestion (faite de manière négligente et/ou avec un manque de moyens).

Les principaux groupes de personnes exposées aux dangers des DBM se distinguent comme suit :

- le personnel médical (les docteurs, les infirmières et infirmiers, le personnel auxiliaire de soins) ;
- les malades des établissements de soins et ceux qui reçoivent des soins à domicile;
- les visiteurs des établissements de soins (famille des malades...);
- le personnel qui fournit des services aux établissements de soins, tels que les blanchisseurs (linge sale souillé par du sang, des matières fécales ou autres), les nettoyeurs qui manipulent les déchets et ceux qui les transportent;
- le personnel qui travaille dans les sites d'élimination des déchets, tels que les dépotoirs ou les incinérateurs et les gens qui fouillent dans les décharges et récupèrent certains déchets.

Il ne faut pas négliger non plus les sources ponctuelles de DBM, c'est-à-dire ceux provenant des soins de base à domicile, ou ceux générés par l'utilisation de drogues illicites, avec des seringues utilisées pour les injections intraveineuses.

3.5 Maladies professionnelles liées aux DBM

Le tableau 3.5 expose les maladies professionnelles liées aux DBM

Tableau 3.5 : Maladies professionnelles liées aux DBM

Tous les travaux accomplis par le personnel de soins, de laboratoire, de service, d'entretien ou de services sociaux, en contact potentiel avec un agent infectieux	Fabrication et réparation des thermomètres et manomètres au mercure	Travaux d'entretien des fossés, des égouts, de récupération des déchets organiques, etc.
<i>Maladies liées à des agents infectieux ou parasitaires (contractées en milieu d'hospitalisation)</i>	<i>Maladies causées par le mercure et ses composés</i>	<i>Spirochétose (à l'exception des tréponématoses)</i>
a. Infections dues aux	a. Encéphalopathie aigue	a. Leptospirose

staphylocoques		
b. Infections dues à <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	b. Ataxie cérébreuse	b. Borreliose de Lyme (troubles neurologiques, cardiaques et articulaires)
c. Infections dues aux entérobactéries	c. Stomatite	
d. Infections dues aux pneumocoques	d. Coliques et diarrhées	
e. Infections dues aux streptocoques bêta-hémolytiques	e. Néphrite azotémique	
f. Infections dues aux méningocoques	f. Lésions eczématiformes	
g. Fièvres typhoïde et paratyphoïde		
h. Dysenterie bacillaire		
i. Choléra		
j. Fièvres hémorragiques		
k. Infections dues aux gonocoques		
l. Syphilis		
m. Infections par Herpès et (ou) le virus <i>Varicellae sp.</i>		
n. Gale		
o. Manifestations aiguës de l'amibiase		

Source : INRS (s.d)

3.6 Étude d'un exemple : personnel en contact avec les eaux usées

Selon une étude (Dupont, M, 1996), il existe différents modes de contamination potentielle des travailleurs des eaux usées, que ce soit par contamination cutanée, respiratoire ou digestive. Dans le cas de la contamination cutanée, elle peut se produire par contact direct avec des eaux usées ou des boues, par voie transcutanée pour certains germes et plus rarement par voie conjonctivale (Altmeyer *et al*, 1990). En ce qui concerne la contamination respiratoire, elle peut avoir lieu lors d'opérations de nettoyage ou par dispersion aérienne des boues séchées.

Quant à la contamination digestive, elle a lieu via des mains contaminées à la bouche ou indirectement des aliments ou cigarettes tenues dans les mains contaminées puis portées à la bouche. Elle est également possible par la déglutition des germes inhalés puis évacués par l'épithélium cilié vers le carrefour aéro-digestif (Altmeyer *et al*, 1990).

4 Technologies potentielles pour traiter les DBM

4.1 Désinfection chimique

La désinfection chimique consiste en général à verser un désinfectant chloré ou d'autres types de désinfectant sur les seringues et les autres déchets infectieux. On ignore dans quelle mesure les seringues sont encore dangereuses après un tel traitement, mais, en l'absence d'autres méthodes plus satisfaisantes, ce type de désinfection réduit à coup sûr le risque d'infection en cas de piqûre accidentelle.

La désinfection des DBM peut servir de prétraitement et peut être nécessaire avant l'application d'autres techniques de traitement, comme par exemple la diminution du volume des déchets par déchiquetage.

Cependant, le degré de sécurité de ces méthodes est mal connu (OMS, 2005b).

4.2 Ozonation

Cette technologie de stérilisation n'utilise pas la chaleur, ni la vapeur, ni les micro-ondes, ni les radiations.

Elle est basée sur la conversion de l'oxygène en ozone qui sert à stériliser les déchets ; ensuite, la partie d'ozone non utilisée, est retransformée en oxygène.

C'est donc une technologie dite « propre ».

Il existe notamment un appareil sur le marché dénommé OZONATOR (s.d) qui peut contenir 200kg de déchets par cycle de dix minutes.

Cette technologie semble convenir pour le traitement des DBM dangereux car, selon la description de l'entreprise qui commercialise l'appareil, il n'y a pas d'émissions. L'utilisation est simple, le temps de cycle est court et le coût semble relativement bas.

Un adulte peut faire fonctionner l'appareil qui est automatisé ; son fonctionnement ne nécessite pas beaucoup de formation. Le chargement se fait directement par un « bidon » en plastique dans lequel sont disposés les déchets ; celui-ci conduit à l'appareil par un système de roues. Le processus est informatisé et décrit comme parfaitement sécuritaire par le promoteur. Le traitement est basé sur le déchiquetage des déchets qui baignent constamment durant toute l'opération dans un nuage dense à un niveau concentré d'ozone.

À la fin du processus, tous les déchets ont été traités et le volume est réduit jusqu'à 90 %.

Ensuite, le matériel est automatiquement transféré dans un contenant scellé dans lequel l'ozone continue son action de désinfection sur les matériaux broyés. En plus de l'effet stérilisateur et de l'élimination des risques biologiques, ce traitement accélère la destruction de la structure moléculaire de n'importe quel plastique ou produit en latex présent dans le lot de déchets. À la fin du processus, les déchets résiduels sont transportés puis déposés dans un site d'enfouissement sanitaire; le contenant est ultérieurement retourné pour réutilisation dans le procédé de traitement.

Il existe une autre compagnie TSO3 qui fait la promotion de la stérilisation à l'ozone pour les instruments médicaux.

Voici ci-dessous quelques informations à ce sujet.

Quelles sont les différences avec un stérilisateur habituel?

- À la vapeur

Le contenant de 125 L à l'ozone est une « alternative » à la vapeur

Cela fonctionne à une température moins élevée (environ à 32°C) mais le temps de cycle est plus long. Le coût de l'opération est similaire.

- À l'oxyde d'éthylène.

Le contenant de 125 L fonctionne pendant un cycle bien plus court.

Le coût de l'opération est moins élevé. La capacité est identique.

- Au peroxyde d'hydrogène en plasma

Le contenant de 125 L coûte moins pour opérer. Il n'y a pas de stérilisateur à acheter.

C'est plus sécuritaire; il n'y a pas de risques de déversement ou de brûlure de la peau.

Le temps de cycle est plus long mais la « charge » est identique.

Le procédé coûte moins d'un \$US par cycle et seulement quelques dollars par semaine (TSO3, s-d).

4.3 Incinération

Il existe différents types d'incinérateurs, à savoir ceux à « chambre simple » ou ceux à pyrolyse aussi appelés incinérateurs à « double chambre ».

Ceux à « chambre simple » comprennent toute une gamme de modèles. Le modèle le plus simple est représenté ci-dessous et correspond à un bidon métallique avec cheminée.

Le schéma simplifié d'un incinérateur est exposé à la figure 4.1 et deux illustrations d'un incinérateur à « chambre simple » sont présentées aux figures 4.2 et 4.3

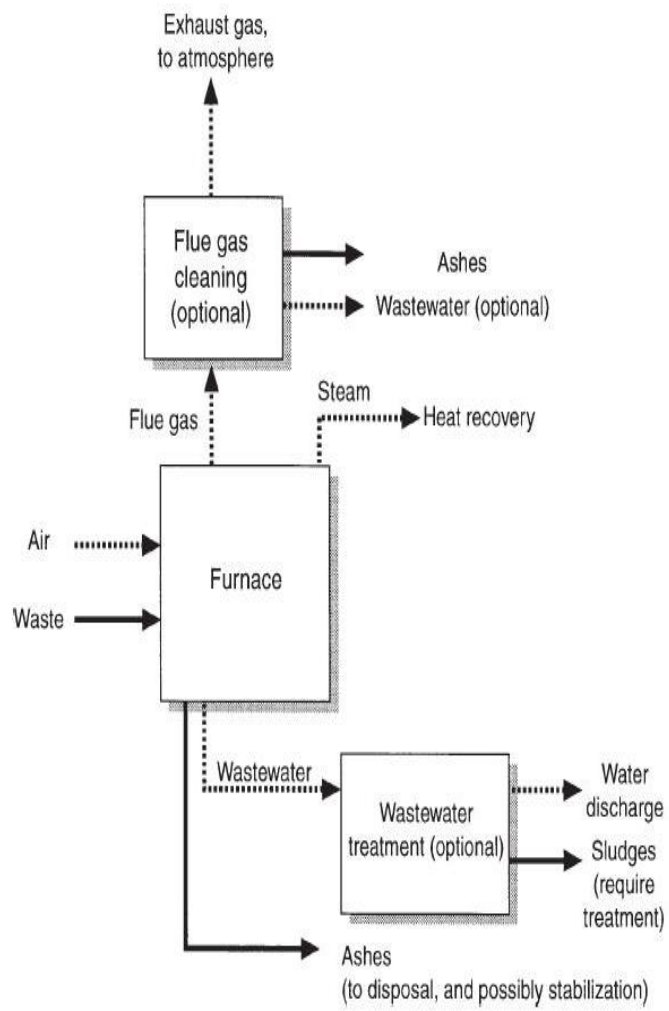


Figure 4.1 : Schéma simplifié d'un incinérateur

Source : WHO (s.d)



Figure 4.2 : Appareil de combustion

Source : WHO (s.d)



Figure 4.3 : Incinérateur dans un bidon métallique avec cheminée

Source : WHO (s.d.)

Cependant, ce modèle ne devrait être utilisé qu'en dernier ressort car la combustion y est incomplète, ce qui est susceptible de produire des émanations et fumées dangereuses ou toxiques.

Les types d'émissions atmosphériques susceptibles d'être dégagés sont des gaz acides, tels que le sulfure d'hydrogène (H_2S), le chlorure d'hydrogène (HCl), le fluorure d'hydrogène (HF),

des fumées noires, des cendres volantes particulaires, du monoxyde de carbone (CO), des oxydes nitreux (NOx), des métaux lourds et des composés organiques volatils (COV).

Afin de réduire au maximum ces dégagements, il est important d'entretenir l'incinérateur et de respecter les consignes pour opérer correctement.

De plus, il ne faut pas remplir l'appareil avec les produits correspondant à des sources de pollutions potentielles, ces produits devant être séparés des autres déchets aussitôt que possible dans la chaîne de production des déchets.

Ce type d'appareil devrait être considéré seulement dans les situations d'urgences, lors d'un risque accru de propagation d'épidémies; son emploi serait limité à l'incinération des déchets infectieux.

Cette situation ne semble donc pas forcément bien appropriée pour le cas des hôpitaux et centres de soins de Cotonou.

En effet, bien qu'il y ait une situation d'urgence en termes de gestion des DBM, il est probable que cette solution temporaire devienne une solution permanente pour les gestionnaires locaux qui pourraient se contenter de cette situation en justifiant leur action par la destruction et la réduction du volume des DBM ainsi que la réduction du risque infectieux. Par contre, l'augmentation importante des dangers associés aux émanations dangereuses et / ou toxiques est susceptible d'être occultée à une population qui est rarement informée de ce genre de dangers.

Un incinérateur en brique pourrait être utilisé dans les mêmes circonstances que précédemment.

Ici encore, l'efficacité de ce type d'appareil peut atteindre 80-90 %, détruire 99 % des micro-organismes et réduire considérablement le volume et la masse des déchets.

Cependant, de nombreuses substances chimiques et des résidus pharmaceutiques ne sont pas dégradés si la température ne dépasse pas 200° C.

De plus, comme dans le cas de l'incinérateur précédent, la combustion incomplète dégage une grande quantité de fumée noire, de cendres volantes et d'émanations toxiques.

Il y a aussi un incinérateur municipal pour l'incinération des DBM, lequel peut être économiquement attrayant si celui-ci n'est pas trop éloigné de l'hôpital.

Étant donné que la valeur calorifique des DBM est supérieure à celle des « déchets domestiques », l'incinération d'une faible proportion de DBM ne devrait pas affecter ou nuire aux incinérateurs municipaux.

Ceux-ci ont généralement une « double chambre »; la température durant le fonctionnement de la première « chambre » de combustion s'élève à 800° C tandis que la combustion des gaz dans la « deuxième chambre » a généralement lieu entre 1000° C et 1200° C.

Quel que soit le type d'incinérateur, il est important de respecter certaines règles d'utilisation avant d'éliminer des DBM car un incinérateur est inadapté pour :

- les déchets génotoxiques; dans ce cas, le traitement est inefficace pour ces déchets qui s'avèrent être très dangereux, mutagènes, tératogènes ou encore cancérogènes;
- les déchets radioactifs; en effet, le procédé ne modifie pas les propriétés radioactives des radionucléides et, de plus, cette méthode risque de disperser la source d'irradiation;
- les contenants sous pression qui pourraient exploser durant la combustion et endommager les installations;
- les plastiques halogénés tel que le PVC car les gaz de combustion peuvent contenir des dioxines et des furannes chlorés;
- les déchets contenant des métaux lourds; leur combustion dégage des substances toxiques à base de plomb, cadmium ou mercure dans l'atmosphère.

4.4 Four solaire local

D'après une étude indienne (Chitnis *et al*, 2003), les fours solaires sont susceptibles de constituer un moyen de désinfecter des DBM lorsque les solutions « classiques » ne sont pas applicables, en particulier dans les pays en voie de développement.

Afin de réduire le risque infectieux, les DBM devraient idéalement être désinfectés par des méthodes d'incinération ou de traitement par hydroclave ou par micro-ondes.

Cependant, compte tenu de leur coût, il est parfois difficile de les appliquer de manière systématique dans les pays en voie de développement.

Les auteurs de cette étude ont donc testé l'efficacité de la désinfection par l'énergie solaire. Cette source d'énergie étant gratuite et renouvelable, elle présente un intérêt évident pour de nombreux pays en voie de développement dont le Bénin.

L'idée des auteurs était d'utiliser de petits fours solaires métalliques communément utilisés pour la cuisson en Inde. Les tests ont été réalisés avec du matériel médical (compresses, seringues et cathéters) contaminé par des germes couramment rencontrés en milieu hospitalier (*Staphylococcus aureus*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Escherichia coli*). Le tout était enveloppé dans une couche de coton et placé à 10 h du matin dans des fours chauffés par le soleil depuis 7 h du matin. Afin de favoriser les échanges thermiques, les fours étaient remplis au tiers de leur capacité par le matériel infectieux et aux deux tiers par de l'eau.

La désinfection avait lieu de 10 h à 16 h. Les résultats indiquent que la température maximale atteinte était 88 °C. Après 6 h de désinfection, le nombre de bactéries avait diminué de sept unités logarithmiques.

Bien que la température atteinte ne permette pas la destruction des spores, les auteurs concluent néanmoins que cette technique de désinfection pourrait être utilisée par de petites cliniques et des centres de soins primaires. Le coût unitaire du four utilisé est de 37 \$ par rapport à 41 670 \$ pour un incinérateur, 13 000 \$ pour un appareil à micro-ondes et 68 750 \$ pour des hydroclaves.

En vue d'estimer la pertinence du four solaire pour le Bénin, il est opportun de fournir quelques données climatiques de ce pays.

Le sud du Bénin a un climat subéquatorial avec des températures variant de 18 à 35°C alors qu'au nord, le climat est tropical avec des températures atteignant les 45°C. Deux saisons cohabitent au sud, à savoir deux saisons sèches (décembre à mars et août à septembre) et deux pluvieuses (avril à juillet et octobre à novembre). Au nord, la saison sèche dure de novembre à mai ; la partie la plus chaude s'étend de mars à juin.

Source : <http://www.africa-onweb.com/tourisme/benin/index.html>

4.5 Vapeur

La vapeur nécessaire à la désinfection est produite par un appareil à micro-ondes ou par un autoclave

- Micro-ondes

La désinfection est due à l'action de la chaleur produite par des micro-ondes sur l'humidité contenue dans les déchets. Cependant, ce processus requiert de l'électricité, ce qui limite son application (OMS, 2005).

- Autoclave

L'autoclavage est un processus thermique à température peu élevée conçu pour mettre en contact directement la vapeur avec les déchets pendant un temps suffisant pour les désinfecter. L'autoclavage nécessite dans la plupart des cas l'électricité, ce qui limite son utilisation (OMS, 2005).

4.6 Séparation des aiguilles et des seringues

Les bonnes pratiques recommandent d'isoler les objets perforants au point d'utilisation. Dans certains pays, des coupe-aiguilles sont employés pour séparer l'aiguille de la seringue. Certains appareils fonctionnent à l'électricité (destruction par fusion) et ils ne peuvent pas être largement utilisés dans les pays en voie de développement tandis que d'autres dispositifs fonctionnent manuellement. Cependant, si ces dispositifs sont un moyen prometteur pour diminuer le volume des déchets perforants, les données concernant leur efficacité et leur sécurité doivent être obtenues avant de pouvoir les recommander (OMS, 2005).

4.7 Déchiqueteurs

Les déchiqueteurs coupent les objets perforants en petits morceaux; il est possible de fabriquer des déchiqueteurs simples à partir d'un moulin à grains à mains.

Le déchiquetage permet également le recyclage des matières plastiques. Cependant, cette technique demande du personnel compétent et, compte tenu du risque pour le personnel, seules les seringues et les aiguilles désinfectées devraient être ainsi traitées. De plus, lorsque

de grandes quantités d'aiguilles et de seringues sont disponibles, un système de collecte et de transport centralisé à partir des différents établissements est nécessaire (OMS, 2005).

4.8 Bio-oxydation

Une technologie dite « Bio-Oxidizer® system » est une méthode innovatrice pour le traitement des DBM car elle permet de traiter et d'éliminer une large gamme de DBM.

Conçue pour manipuler toutes les catégories de DBM, y compris les objets pointus, ce système est capable de traiter une quantité de déchets comprise entre 45 et 57 kilogrammes par heure, de détruire 100% des organismes pathogènes, virus et bactéries et de réduire la masse jusqu'à 95% et le volume jusqu'à 99%. Son fonctionnement est basé sur une électro pyrolyse de la matière organique suivie par deux étapes d'oxydation-réduction.

Bio-Oxidizer® system chauffe les solides et les liquides de manière électrique, ce qui aboutit à la formation de vapeurs qui sont ensuite oxydées. La matière résiduelle, qui représente moins de 5% de la masse et du volume de départ, est stérile et inerte et peut être éliminée comme un déchet municipal ou éventuellement recyclée comme agrégat pour la construction de routes par exemple.

Au niveau des dégagements, les émissions sont du dioxyde de carbone, de la vapeur d'eau et quelques éléments à l'état de traces.

Source: Bio-Oxidizer system. (s.d.).

4.9 Irradiations

L'irradiation aux rayons gamma, par exemple à l'aide de ^{60}Co , peut être une méthode de décontamination des matières thermosensibles. Son efficacité dépend de la pénétration des rayons gamma dans les matières traitées, donc de la densité de la substance traitée et de la puissance de la source d'irradiation (Dyschdala, G.R *et al*, 1991)

4.10 Récapitulatif des différentes méthodes potentiellement applicables aux DBM

L'annexe 2 présente un tableau détaillé avec une évaluation comparative des différentes technologies. Le tableau 4.1 ci-dessous présente une synthèse des options technologiques potentielles.

Tableau 4.1 : Options technologiques potentiellement applicables aux DBM

Options techniques	Déchets infectieux autres que matières plastiques	Déchets anatomiques	Déchets perforants	Déchets pharmaceutiques	Déchets chimiques
<i>SUR SITE</i>					
Enfouissement	Oui	Oui	Oui	Petites quantités	Petites quantités
Fosse d'enfouissement pour déchets perforants	Non	Non	Oui	Petites quantités	Non
Encapsulation	Non	Non	Oui	Oui	Petites quantités
Neutralisation	Non	Non	Non	Oui	Non
Incinération à basse température (<800°C) ¹	Oui	Oui	Non	Non	Non
Incinération à température moyenne (800-1000°C)	Oui	Oui	Oui	Non	Non
Incinération à haute température (>1000°C)	Oui	Oui	Oui	Petites quantités	Petites quantités
Autoclavage à la vapeur	Oui	Non	Oui	Non	Non
Traitement par micro-ondes	Oui	Non	Oui	Non	Non
Traitement chimique	Oui	Non	Oui	Non	Non
Elimination par le réseau d'eaux usées	Non	Non	Non	Petites quantités	Non
<i>HORS SITE</i>					
Décharge contrôlée	Oui	Non	Non	Petites quantités	Non
Autres méthodes				Retourner au fournisseur les médicaments dont la date limite de validité est atteinte	Retourner au fournisseur les produits chimiques inutilisés

¹ L'incinération à basse température ne doit être retenue pour les déchets infectieux que dans des situations d'urgence.

Source : OMS (2005b)

5. Évaluation des moyens et des besoins pour les DBM au Bénin

5.1 Pratiques locales

La collecte des poubelles au Bénin est évaluée au tableau 5.1.

Tableau 5.1 : Pratique du conditionnement par catégorie d'établissements de santé

Nombre de poubelles	Catégories d'établissements				
	Publique	Privée	Confessionnelle	ONG	Coopérative
1 ou 2	79,9%	82,5%	37,5%	85,4%	81%
3	15,4%	15,7%	60,7%	6,9%	19%
Plus de 3	4,7%	1,8%	1,8%	7,7%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

Source : Oxfam, Québec *et al*, 2006.

Parmi 516 structures ou personnes ayant répondu à une question sur le nombre de poubelles disponibles, les informations suivantes ont été obtenues :

380 ont deux poubelles	73,6 %
109 ont trois poubelles	21,1 %
Plus de trois poubelles	4,1 %
Moins de deux poubelles	1,0 %.

Le pourcentage de collecte où le nombre de poubelles disponibles est suffisant pour un conditionnement adéquat est limité à 21,1% (Oxfam Québec *et al*, 2006)

5.2 Impact de la médecine traditionnelle

Dans les pays en voie de développement, où plus d'un tiers de la population n'a pas accès aux services de santé primaire essentiels, la possibilité de faire appel à une médecine traditionnelle représente une manière non négligeable d'améliorer l'accès aux soins et le niveau de santé de la population à condition que cette médecine soit sécuritaire et efficace. Afin de respecter cette condition, il faut intégrer la médecine traditionnelle au système médical classique en vue de la rendre plus sûre et de permettre un suivi adéquat des malades.

En plus des préoccupations de qualité et de sécurité, la médecine traditionnelle soulève des problèmes de protection de la biodiversité (cueillette ou exploitation parfois abusive de certaines herbes médicinales...) ainsi que des questions de propriété intellectuelle et de protection du savoir traditionnel des communautés (WHO, 2008).

En outre, des pratiques médicales « parallèles » à la médecine classique peuvent entraîner des impacts parfois négatifs aussi bien sur la santé humaine que sur l'environnement.

6. Gestion des dangers

Selon certaines personnes concernées directement ou indirectement par cette gestion, la situation relative aux DBM en Afrique de l'Ouest est marquée par un désintérêt total des pouvoirs publics qui considèrent que la gestion de ces déchets engage la seule responsabilité des établissements producteurs (hôpitaux et autres formations sanitaires) ; cependant, ces derniers ne disposent pas de ressources financières et matérielles suffisantes pour assurer une prise en charge correcte de ces déchets dangereux (Mbengue, 1999).

6.1 Législations en vigueur

- Au Québec

LQE (Loi sur la qualité de l'environnement) 1999

Règlement sur les déchets biomédicaux

(L.R.Q., c. Q-2, a. 31, par. a à c, e à i, m et n, a. 46, par. f, a.70, par. 1°, 2° 5° et 8°, a. 109.1 et a. 124.1; 1999, c. 75, a. 29).

Quelques articles relatifs aux déchets biomédicaux sont présentés ci-dessous.

Les déchets biomédicaux anatomiques doivent être traités par incinération. Les déchets biomédicaux non anatomiques doivent être traités par désinfection ou incinération. Nul ne peut rejeter dans un réseau d'égout des déchets biomédicaux.

Une partie de la Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q-2) ne s'applique pas aux déchets biomédicaux entreposés sur le lieu de leur production.

Les déchets biomédicaux ne doivent pas être en contact avec d'autres types de matières résiduelles.

L'exploitant d'une installation de traitement de déchets biomédicaux, par désinfection ou incinération, dans un véhicule équipé à cette fin, doit, le quinzième jour de chaque mois, transmettre par écrit au ministre de l'Environnement et de la Faune un calendrier et un itinéraire des opérations de désinfection ou d'incinération projetées pour le mois suivant.

Après être éteintes et refroidies, les cendres produites par l'incinération de déchets biomédicaux doivent être déposées dans un conteneur ou un contenant rigide, fermé et étanche ». Québec (1999).

- Au Bénin

Le droit béninois de l'environnement est embryonnaire. Il est réduit pour le moment à quelques textes parcellaires et prend peu à peu de l'importance, notamment depuis la conférence de RIO. Cet aspect du droit s'incruste progressivement dans l'esprit des citoyens. Cette évolution correspond à la prise de conscience des enjeux environnementaux exprimés le plus souvent en termes de survie. Le jeune droit béninois puise ses sources dans la Constitution béninoise du 11 décembre 1990 plus particulièrement dans la Loi N° 98 -030 du 12 février 1999 intitulée Loi-cadre sur l'environnement en République du Bénin, et dans quelques décrets, arrêtés et guides produits récemment (Kana Gaba Boco, s.d.).

En ce qui concerne la mise en œuvre concrète de projets au Bénin, certains ont été exécutés par la DHAB. L'un d'entre eux est le projet intitulé: « Appui à la gestion des déchets bio médicaux dans les formations sanitaires ». Dans ce but, cinquante sept (57) incinérateurs ont été construits. De plus, un code de gestion des déchets biomédicaux a également été rédigé (Anonyme, 2002).

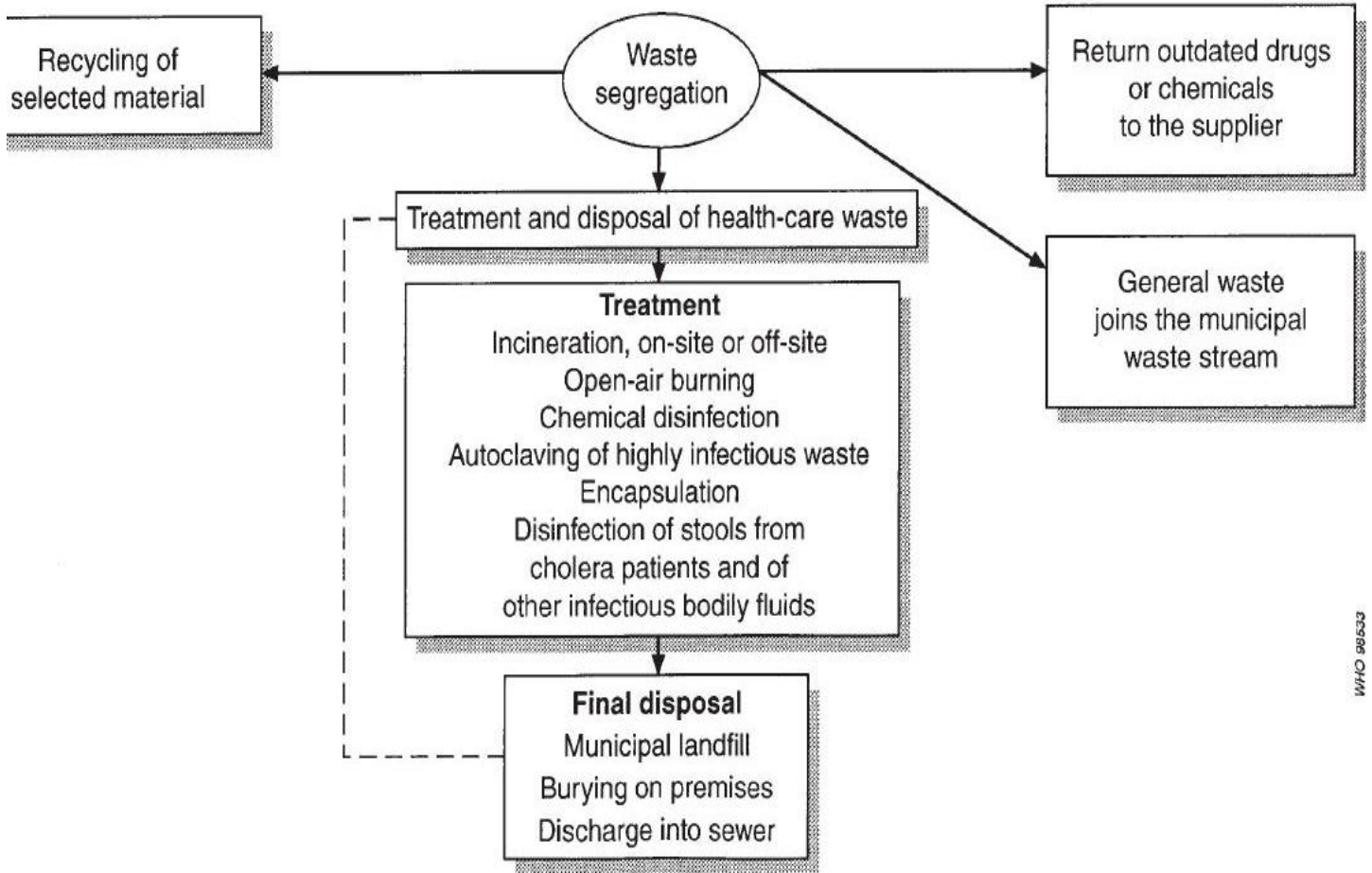
6.2 Plan de gestion

Un programme efficace de gestion des DBM fait partie intégrante du programme de contrôle des infections et, par conséquent, est directement lié à la qualité des soins prodigués aux malades ainsi qu'à l'état de santé et à la sécurité du personnel médical et autre qui travaille pour ou dans les établissements de soins. Si ce programme de contrôle est implanté de manière rigoureuse et sérieuse, un programme de gestion des DBM peut avoir un impact positif sur l'économie, comme par exemple la réduction des coûts liés au traitement et à l'élimination des déchets. De plus, ce type de programme peut également améliorer le prestige, la confiance et l'image de marque d'un établissement envers le personnel ou le système de soins en général.

Un plan de gestion des DBM est schématisé à la figure 6.1

Trois scénarios différents sont détaillés dans l'annexe 1.

- Zone urbaine sans accès à des installations de traitement de déchets modernes et agréées.
- Zone rurale sans accès à des installations de traitement ni à des installations d'élimination de déchets modernes et agréées.
- Activités de vaccination dans les centres de soins de santé primaire avec gestion des déchets constitués par les aiguilles/seringues utilisées.



WHO 98533

Figure 6.1 : Plan de gestion des DBM dans un programme minimal
Source : WHO (s.d.).

6.3 Suggestions pour la gestion des DBM

La gestion des DBM nécessite de considérer la réalité sociale et l'ensemble des enjeux locaux, à savoir aussi bien la situation économique et sanitaire que la situation juridique ou culturelle. La figure 6.2 ci-dessous représente un modèle de gestion durable des déchets en Afrique de l'Ouest et les tableaux 6.1 et 6.2 résument les différentes composantes et enjeux locaux de ce modèle de gestion.

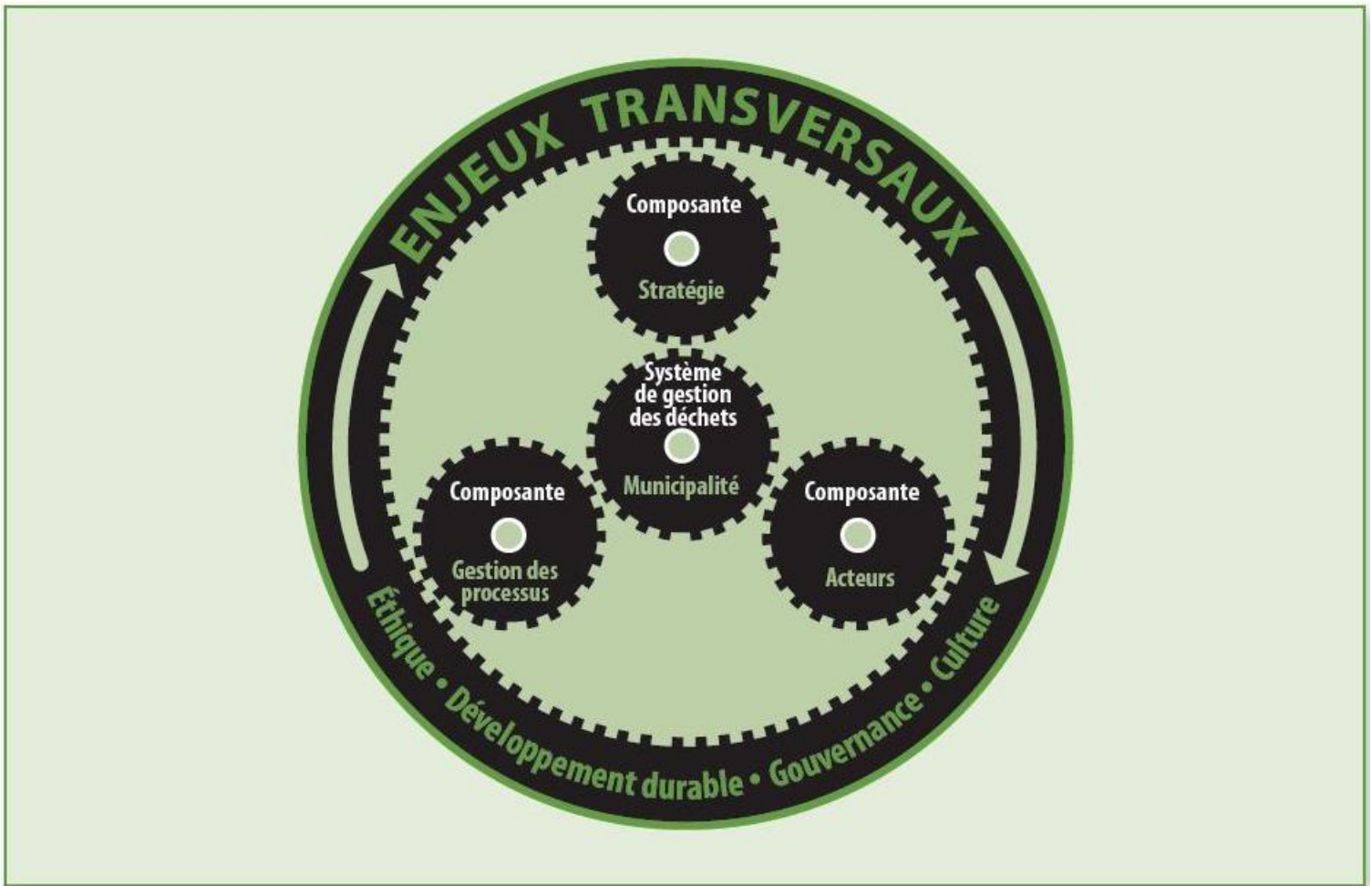


Figure 6.2 : Modèle de gestion durable des déchets en Afrique de l’Ouest

Source : Oxfam, Québec (s-d)

Tableau 6.1 : Résumé des composantes du modèle de gestion durable des déchets

Sommaire des composantes			
Stratégies	Gestion des processus	Acteurs	Système de gestion municipale
- Recherche des moyens les plus efficaces	- Manières de faire et modes de gestion	- Motivations, connaissances et compétences	- Implication de la mairie

<ul style="list-style-type: none"> - Plan : politique, juridique, financier, technique, environnemental. - Vision d'ensemble de l'organisation et de l'environnement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planification, organisation, mise en œuvre, suivi et contrôle. 	<ul style="list-style-type: none"> - Respect de l'égalité entre les sexes et application de mesures concrètes - Transfert des connaissances - Effort d'autonomie de la collectivité 	<ul style="list-style-type: none"> - Coordination des acteurs
---	--	--	--

Source : Oxfam, Québec (s-d)

Tableau 6.2 : Résumé des enjeux du modèle de gestion durable des déchets

Sommaire des enjeux			
Culture	Gouvernance	Éthique	Développement durable
<ul style="list-style-type: none"> - Valeurs différentes et comportements différents - Influence de la culture sur les idéologies - Impacts sur les pratiques de gestion 	<ul style="list-style-type: none"> - Pouvoir et hiérarchie- vs- décentralisation et participation - Miser sur les potentiels des acteurs locaux - Viser un cadre collectif d'action - Harmonisation de la société civile et du secteur public 	<ul style="list-style-type: none"> - Normes et valeurs qui servent de guide - Respect des droits des personnes 	<ul style="list-style-type: none"> - Respect de l'environnement - Amélioration des conditions de vie des citoyens

Source : Oxfam, Québec (s-d)

6.3.1 Suggestions spécifiques pour certaines catégories de DBM

Compte tenu des dangers représentés par les instruments médicaux contenant du mercure, il est important de veiller à ce que les instruments médicaux qui contiennent ce métal soient utilisés de manière sécuritaire et soient étiquetés correctement. La meilleure pratique consiste à veiller à ce que le personnel et les patients soient sensibilisés aux dangers de l'utilisation de ces instruments médicaux. Parmi les autres catégories de DBM, il y a des préoccupations de toxicovigilance pour les substances chimiques rejetées, comme les désinfectants utilisés, les produits à base de chlore ou encore les médicaments périmés qui peuvent tous être à l'origine d'un empoisonnement au niveau des enfants en particulier.

Un auteur (Arouko, 2002) pense qu'il est nécessaire de créer un centre d'information toxicologique à Cotonou (Bénin) afin de fournir des recommandations sur les empoisonnements et la toxicovigilance, d'effectuer des recherches et de promouvoir l'éducation dans ce domaine.

De même, d'après Laborde (2004), les centres antipoisons doivent faire face, en plus de leur fonction primaire de prévention et de soins en cas d'empoisonnement, au défi de la mondialisation qui nécessite un contrôle des voies d'expositions et une surveillance environnementale constante.

Le recyclage d'une grande quantité de produits et de contenants pouvant provenir d'un ménage, d'un site industriel, d'une exploitation agricole ou encore d'un hôpital sont susceptibles de créer des problèmes toxicologiques pour l'ensemble de la population, en particulier pour la population la plus pauvre vivant à proximité d'une décharge.

La figure 6.3 ci-dessous résume les effets potentiels sur la santé des différents polluants provenant d'une décharge au Kenya.

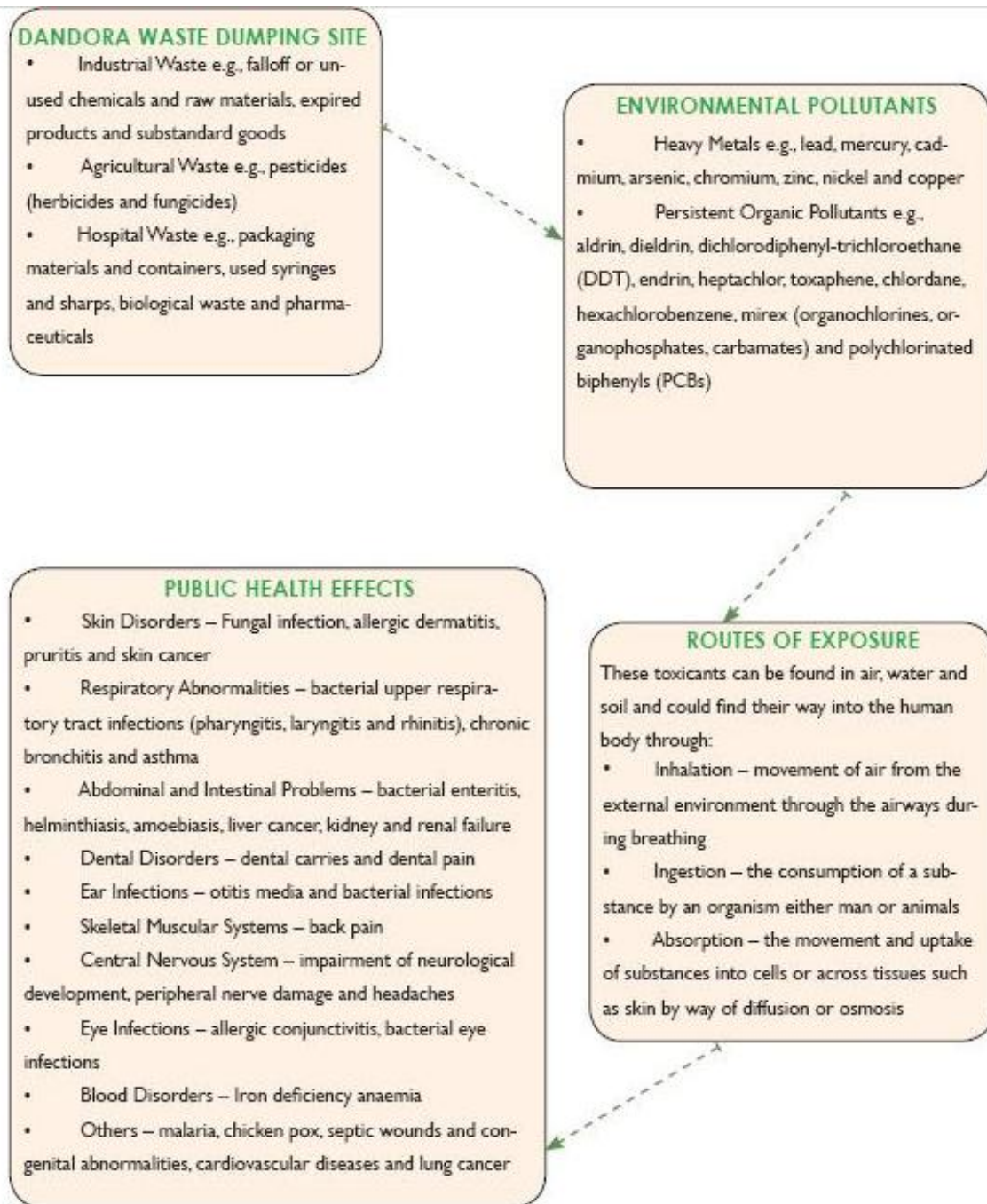


Figure 6.3 : Effets potentiels sur la santé de l'exposition à des substances provenant des décharges

Source : PNUE (s-d)

6.3.2 Suggestions générales

Pré-collecte

Celle-ci est effectuée par le personnel de l'hôpital (infirmiers, aides-soignants, manœuvres...) et comprend les trois opérations suivantes :

- récolter du matériel adéquat pour le tri en quantité et en qualité;
- privilégier le tri minimal, c'est-à-dire la séparation des déchets selon les deux catégories suivantes:
 - déchets de type ménagers et assimilables
 - déchets dangereux;
- évoluer vers le tri optimal, c'est-à-dire vers un tri plus détaillé des DBM avec un minimum de trois poubelles.

Collecte

- favoriser l'émergence de GIE (petites entreprises sous forme de groupement d'intérêt économique) spécialisées dans la collecte et le traitement *in situ* des déchets biomédicaux;
- aider la voirie (municipalité) par la mise en œuvre d'un programme spécial de gestion des DBM et coordonner les activités des différents intervenants impliqués dans la collecte (Oxfam Québec, 2006);
- avoir du matériel adéquat de protection.

Entreposage

Aménager dans toutes les structures sanitaires un lieu d'entreposage répondant à des normes de sécurité.

Transport

Disposer de moyens de transport des DBM à l'intérieur et à l'extérieur des structures sanitaires, lesquels moyens sont techniquement et financièrement adaptés.

À titre d'exemple, la photo ci-dessous (voir la figure 6.4) représente un modèle classique couramment utilisé pour le recyclage et le transport de certaines matières plastiques, à savoir le transport sur la tête des « femmes-récupératrices ». Parfois, la charge transportée peut peser jusqu'à 30 kg.



Figure 6.4 : Mode de transport traditionnel des matières recyclées.

Source : Oxfam Québec (s-d)

Traitement

- Équiper l'ensemble des Centres de santé de référence des hôpitaux et des Centres de santé communautaire en incinérateurs performants.
- Favoriser une polarisation à l'intérieur des communes afin de centraliser et coordonner la gestion des DBM.
- Renforcer les pratiques actuelles de désinfection afin de réduire le volume des DBM dangereux à traiter.

- Améliorer la récupération et le recyclage des DBM après l'élimination de leurs risques de contamination.

Formation

Une formation continue adaptée à la fonction doit cibler l'ensemble du personnel sanitaire afin de donner à chaque personne impliquée une base technique tout en entretenant un niveau de conscience élevé sur les dangers liés à la mauvaise gestion des déchets biomédicaux

6.3.3 Prochaines étapes

La plupart des étapes à suivre sont énumérées ci-dessus dans les suggestions générales; parmi celles-ci, selon l'expérience personnelle de l'auteur et les résultats de la présente recherche, il apparait important de :

- procéder à la vaccination adéquate du personnel impliqué, afin de réduire les risques de poliomyélite, tétanos, hépatite et autres maladies susceptibles d'être contractées par le personnel ou le public, en particulier lors de la manipulation d'objets tranchants tels que des seringues infectées, que ce soit en milieu hospitalier ou durant le transport et l'élimination des DBM;
- sensibiliser les responsables et intervenants de cette filière, ainsi que la population générale aux risques représentés par les DBM afin d'encourager les initiatives et d'augmenter la vigilance;
- effectuer des études éco toxicologiques sur le terrain afin d'avoir une base de données plus fiable pour cibler certaines actions concrètes.

CONCLUSION

À Cotonou, capitale du Bénin, la situation est loin d'être satisfaisante pour les DBM; ceci ressort dans les résultats de cette étude.

Par exemple, un établissement de soin sur cinq seulement possède le nombre de poubelles indispensables pour un conditionnement adéquat des DBM.

Certaines initiatives menées par des ONG locales (OXFAM, Québec) et par la DHAB permettent d'envisager l'avenir avec un relatif optimisme quant à l'évolution de la situation, mais il n'en demeure pas moins qu'il reste beaucoup de chemin à parcourir pour que les impacts des DBM sur la santé et l'environnement soient atténués et atteignent un niveau raisonnable, selon des normes internationales déterminées par l'OMS ou le PNUE.

Ce travail a permis de relever des lacunes dans les bases de données, en particulier les données toxicologiques; de plus, concernant la législation relativement récente nécessite probablement des améliorations.

Une vaste gamme de DBM et les dangers associés ont été identifiés tout au long de cette étude et différentes technologies de traitement et d'élimination ont été proposées avec un taux d'efficacité et des coûts variables.

Actuellement, l'incinération et l'enfouissement des DBM sont les voies d'élimination privilégiées mais, dans un contexte de développement durable, l'auteur suggère d'envisager un mode de gestion intégrée, c'est-à-dire une gestion débutant du lieu de production au lieu d'élimination finale et prenant en considération les ressources humaines, financières et technologiques.

De plus, le mode de gestion actuel présente de nombreux risques pour la santé des individus impliqués dans la chaîne des DBM et, dans une moindre mesure, pour le grand public.

Cet essai avait pour but de proposer un modèle de gestion des DBM au Bénin; ceci a été fait mais, comme pour tout modèle, il s'agit à présent de l'appliquer et de vérifier par l'expérimentation directe s'il répond aux attentes.

RÉFÉRENCES

Alberta (1996). Environmental Protection and Enhancement Act.

Waste control regulation. Alberta regulation 192/96.

[En ligne]. http://www.qp.gov.ab.ca/documents/Regs/1996_192.cfm

(page consultée le 20 janvier 2008).

Altemeyer, N., Abadia, G., Schmith, S. et LePrince A. (1990).

Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épurations des eaux usées.

INRS, Paris. DMT, 44 TC 34, p.372-387.

Anonyme (2002) Nations Unies. Sommet de Johannesburg : Profil du Bénin. [En ligne].

<http://www.un.org/esa/agenda21/natinfo/wssd/benin.pdf> , p 23.

(page consultée le 6 juillet 2008)

Arouko, H. (2002). *Installation d'un centre d'information toxicologique au Centre national*

hospitalier universitaire de Cotonou (Bénin). Bulletin de la Société de Pathologie

exotique, 95, p 214-216.

ACM. (Association canadienne médicale) (2003). *Élimination des déchets biomédicaux dans les pays en développement.*

[En ligne]. http://www.cma.ca/index.cfm?ci_id=30315 (page consultée le 15 avril 2008)

Bio-Oxidizer system (s.d.).

[En ligne] http://www.oxid-tech.com/bio_oxidizer/bio_oxidizer.html

(page consultée le 15 avril 2008).

Bound, J.P. and Voulvoulis, N. (2004).

Pharmaceuticals in the aquatic environment: a comparison of risk assessment strategies.

Chemosphere, 56, p.1143-1155.

CEA (Centre d'énergie atomique) Direction des sciences du vivant (s.d.). [En ligne].
<http://www-carmin.cea.fr/qui-sommes-nous/dossiers>, (page consultée le 02 juillet 2008).

Chitnis, V., Chitnis, S., Patil, S. et Chitnis, D. (2003). *Solar disinfection of infectious waste: A new approach for developing countries*. The Lancet, Research Letters, 362: p.1285- 1286.

CIPR (Commission internationale de Protection radiologique) (1977).
Recommendations of the International commission on radiological protection.
Annals of the ICRP, Pergamon Press, Oxford, U.K, ICRP, Publication 26.

Dielman, R.W. (1978). *A report on hospital effluent problems with low level radionuclides*.
Environment International, 1, p. 51-53.

Dupont, M. (1996). *Risques biologiques reliés au travail avec les eaux usées*. Ministère de la Santé et des Services sociaux au Québec. Direction de la Santé publique, Régie régionale de la Santé et des Services sociaux, Montréal-centre, 56 p.

Desbrow, C., Routledge, E.J., Brighty, G.C., Sumpter, J.P. and Waldock, M. (1998).
Identification of estrogenic chemicals in STW effluent.1. *Chemical fractionation and in vitro biological screening*. Environmental Science and Technology, 32, p.1549.

Dyschdala, G.R., Gottardi, W., Block, S.S., Wickramanayake, G.B., Larson, E.L., Morton, H.E., O'Connor, D.O., Rubino, J.R., Merianos, J.J., Lopes, J.A., Denton, G.W., Rossmore, H.W., May, O.W., Opperman, R.A., Gitlitz, M.H., Beiter, C.B., et Yeager, C.C. (1991).

Part III: *disinfectants and antiseptics* (section A: by chemical type).

In: *Disinfection, sterilization and preservation*.

Block, S.S. editor, Lea & Febiger, Malvern, PA, p 131-364.

Environnement Canada (2004). *Le mercure dans l'environnement*.

[En ligne]. <http://www.ec.gc.ca/MERCURY/SM/FR/sm-mcp.cfm?SELECT=SM>

(page consultée le 23 mars 2008).

Fisher, P.M.J. et Borland, R. (2003). *Gauging the pharmaceutical burden on Sydney's Environment : a preventative response*. Journal of Cleaner Production 11, p.315-320.

Gauthier, L. (2008) Article de presse et communication personnelle. Directeur du PGDSM, OXFAM, Québec. [En ligne] www.oxfam.qc.ca,

Halling-Sorensen, B, Nors nielsen, S, Lanzky, P.F, Ingerslev, F, Holten Lützhof, H.C et Jogersen, S.E.(1998). *Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment: a review*. Chemosphere, 36, p.357-393.

Heberer, T., Reddersen, K. et Mechlinski, A. (2002). *From municipal sewage to drinking water :fate and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment in urban areas*. Water Science and Technology, 46, p.81-88.

Hoefnagel, C.A. (1998) *Radionuclide cancer therapy*. Annals of Nuclear Medicine, 12, p. 61-70.

Ibuprofène (s.d.). [En ligne] <http://www.doctissimo.fr/medicament-IBUPROFENE.htm>

(page consultée le 18 avril 2008).

INRS (Institut national de Recherche sur la Sécurité) (s.d.). [En ligne]

<http://inrs.dev.optimedia.fr/mp3/> (page consultée le 6 mars 2008)

INVS (Institut de Veille sanitaire) (s.d.).[En ligne]

http://www.invs.sante.fr/publications/2006/etude_impregnation_dioxine/dioxine_65_q_reponses.pdf (page consultée le 07 juillet 2008)

IRSN (Institut de Radioprotection et de sûreté nucléaire) (s.d). [En ligne] <http://net-science.irsn.org/scripts/net-science/publigen/content/templates/show.asp?L=FR&P=2938>

(page consultée le 30 juin 2008).

Johnson, H. and Tutiah. (1985). *Nuclear information series- radiation is part of your life*.
Énergie atomique du Canada Limitée, Whiteshell Nuclear Research Establishment,
Pinawa (Manitoba).

Jones, O.A.H., Voulvoulis, N. and Lester, J.N. (2001). *Human pharmaceuticals in the aquatic environment: a review*. Environmental Technology, 22, p.1383-1394.

Jones, O.A.H., Voulvoulis, N. and Lester, J.N. (2002). *Aquatic environmental assessment of the top 25 English prescription pharmaceuticals*. Water Research, 36, p.5013-5022.

Kana Gaba Boco (s.d.). *Bénin*. [En ligne].

<http://www.cidce.org/pdf/livre%20rio/rapports%20nationaux/Benin.pdf> .

(Page consultée le 6 juillet 2008)

Kandela, P. (1998). *Medical journal and human rights*. The lancet, Research Letters, 352, p.57-59.

Kane, A et al. (2000). Bulletin de l'Organisation mondiale de la santé, Genève.
Recueil d'articles, 2, p.44-49.

Laborde, A.(2004). *New roles for poison centres in the developing countries*.
Toxicology, 198, p.273-277.

Liberti, L., Tursi, A., Costantino, N., Ferrara, L. and Nuzzo, G. (1996).
Optimization of infectious hospital waste in Italy.
Journal of the International Solid Wastes Association, 14, p.416-511.

Mbengue, M.F., 1999. *Déchets biomédicaux en Afrique de l'Ouest: problèmes de gestion et esquisse de solution*. Institut Africain de Gestion Urbaine (IAGU) et bureau pour l'Afrique du Programme de Gestion Urbaine (PGU). [En ligne].

<http://www.iagu.org/etudespub.asp> (Page consultée le 14 février 2008)

MDDEP (Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs) (2002).

Définition réglementaire des déchets biomédicaux.

Publication du Gouvernement du Québec [En ligne].

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/biomedicaux/index.htm#definition>

(Page consultée le 20 janvier 2008).

OXFAM (Oxford committee for famine relief), Québec, ACIDI et mairie de Cotonou (2006).

Rapport de l'enquête sur la production et la gestion des déchets biomédicaux dans la ville de Cotonou. Publié par OXFAM, Québec, 43 p.

OXFAM QUÉBEC (2006). <http://www.oxfam.qc.ca/html/presse/presse/reportages/benin.asp>.

(page consultée le 14 janvier 2008).

OXFAM QUÉBEC (s.d.). Un modèle de gestion communautaire des déchets solides ménagers en Afrique de l'Ouest. [En ligne].

<http://www.oxfam.qc.ca/GDSM/Guide-Benin-Oxfam.pdf>

(page consultée le 8 juillet 2008).

OZONATOR (s.d.)

http://ozonatorindustries.com/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=2

(page consultée le 6 mai 2008).

OMS (Organisation mondiale de la santé) (2005a). *Safe management of bio-medical sharps waste in India: A report on alternative treatment and non-burn disposal practices*.

OMS, Genève.

OMS (Organisation mondiale de la santé) (2005b). *Gestion des déchets d'activités de soins solides dans les centres de soins de santé primaires*. OMS, Genève, 2005.

Pesticide (s.d). [En ligne]. <http://www.pesticideinfo.org> (page consultée le 25 mars 2008).

PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) (s.d.). *Environmental pollution and impacts on public health: implications of the Dandora municipal dumping site in Nairobi, Kenya*. PNUE, Genève.

PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement) (2001). *Outil spécialisé pour l'identification et la quantification de rejets de dioxines et des furannes*. PNUE, Genève.

Poncy, J.L., Fritsch, P. et Masse, R. (1997) *Radiotoxicologie. Comptes rendus des séances de la Société de biologie et de ses filiales*, Paris, 191, p.765-775.

Québec (1999). *Règlement sur les déchets biomédicaux*, Québec, L.R.Q.c. Q-2, r.3.001
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/Q_2/Q2R3_001.HTM

Rempharmwater, Poseidon et Eravmis. (2003).
http://www.sisyph.jussieu.fr/internet/piren/rapports/2003/4_transfert_micropoll/rapport_4-2-4-MED_2004.pdf, (page consultée le 14 mai 2008)

Robinson, I., Thomas, O., et van Coillie, R. (2006).
Micropolluants émergents d'origine pharmaceutique en tant que perturbateurs endocriniens. Society of Experimental Toxicology and Chemistry.
St Laurent chapter, 10e colloque, 1 juin 2006, Québec.

Rodgers-Gray, T.P, Jobling, S., Morris, S., Kelly, C., Kirby, S., Janbakhsh, A., Harries, J.E, Waldock, M.J, Sumpter, J.P. and Tyler, C.R. (2000). *Long-term temporal changes in the estrogenic composition of treated sewage effluent and its biological effects on fish.* Environmental Science and Technology, 34, p.1521-1528.

Santé Canada. (s.d.). Contaminants environnementaux : rayonnement environnemental.
[En ligne] <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/index-fra.php#rad>.
(page consultée le 25 juin 2008)

Saxena, J. et Fisher, F. (1981). *Hazard Assessment of Chemicals*.
Collection Academic Press, New York, 461 p.

Schistosomiasis. [En ligne]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Schistosomiasis>
(page consultée le 10 avril 2008).

Ternes T., Meisenheimer M., MCDowel D., Sacher F., Brauch HJ., Haist-Gulde B., Preuss G., Wilme U. and Zulei-Seibert N. (2002). *Removal of pharmaceuticals during drinking water treatment.* Environmental Science and Technology, 36, p.3855-3863

TSO3, (2008). Entreprise de stérilisation à l’ozone. Communication personnelle avec Caroline Côté, directrice des communications le 9 mai 2008. [En ligne].
<http://www.tso3.com/en/index.php> (page consultée le 8 mai 2008).

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee for Effects of Acute Radiations) (s.d).
Tiré de la Présentation d’Ammerich, M. *Notions générales en radioprotection : Effets biologiques des rayonnements*. [En ligne].
<http://www.atsr-ri.asso.cc-pays-de-gex.fr/presentations/public/EffetsBiologiqRayonnements.pdf>.
(page consultée le 6 juin 2008)

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (s.d.).

[En ligne]. <http://www.epa.gov/radiation/radionuclides>

(page consultée le 30 juin 2008).

USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1981).

Radioactivity in Drinking Water. Office of Drinking Water,

U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., Report EPA 570/9-81-002

Van Coillie, R. et Laquerre, M. (2003). *Critères et risques du cadmium et des dioxines et furannes chlorés des matières résiduelles fertilisantes au Québec*.

Vecteur Environnement, 36, N°1, p.22-33.

Watson, P., Adegbembo, A. et Lugowski, S. (2002). *A study of the fate of mercury from the placement and removal of dental amalgam restorations*, Royal College of Dental Surgeons, Toronto, part 1, p.16-21.

Whicker, E.W. et Schultz, V. (1982). *Radioecology: nuclear energy and the environment*.

CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. Vol.I, chap 4, p.73-128.

WHO (World Health Organization) (2008). [En ligne]

<http://www.who.int/features/qa/20/en/print.html> . (page consultée le 27 février 2008).

WHO (World Health Organization) (s.d.). [En ligne].

[http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/020 to 030 , 077 to 112, 167 to 180.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/020_to_030_077_to_112_167_to_180.pdf) (page consultée le 2 février 2008).

Wisner, B. et Adams, J., 2002. *Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide*. World Health Organization, Genève, 196 p.

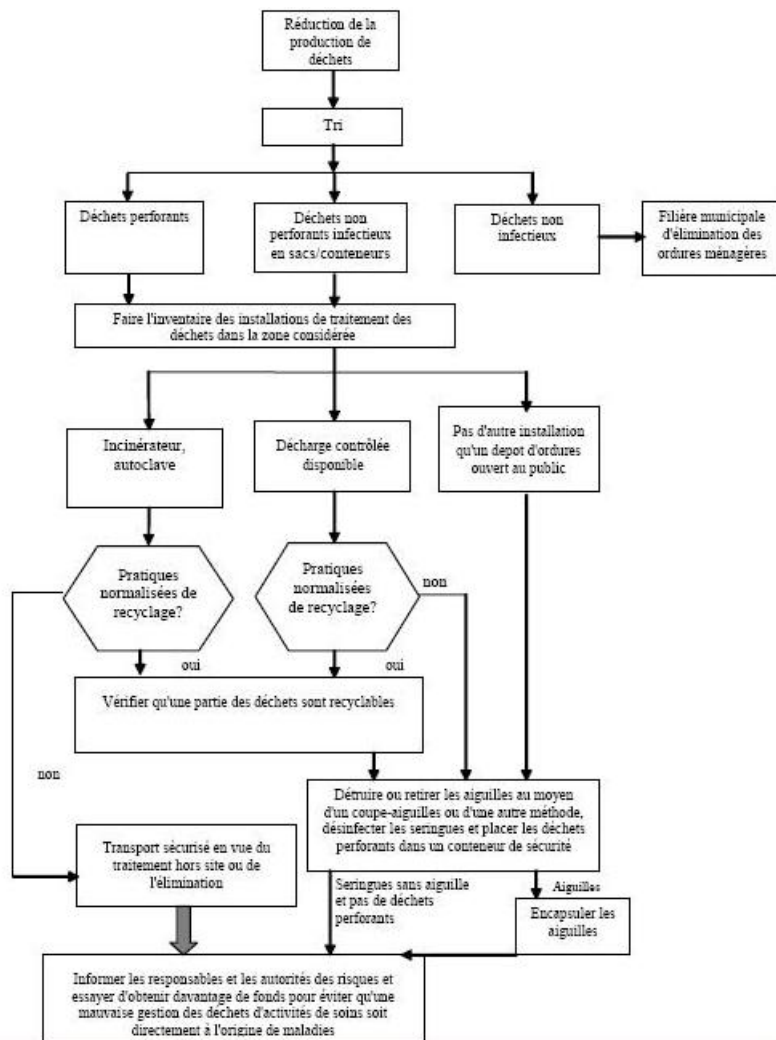
ANNEXE 1

TROIS SCÉNARIOS DE GESTION DES DBM EN FONCTION DU MILIEU

Tiré du guide d'aide à la décision (OMS, 2005b)

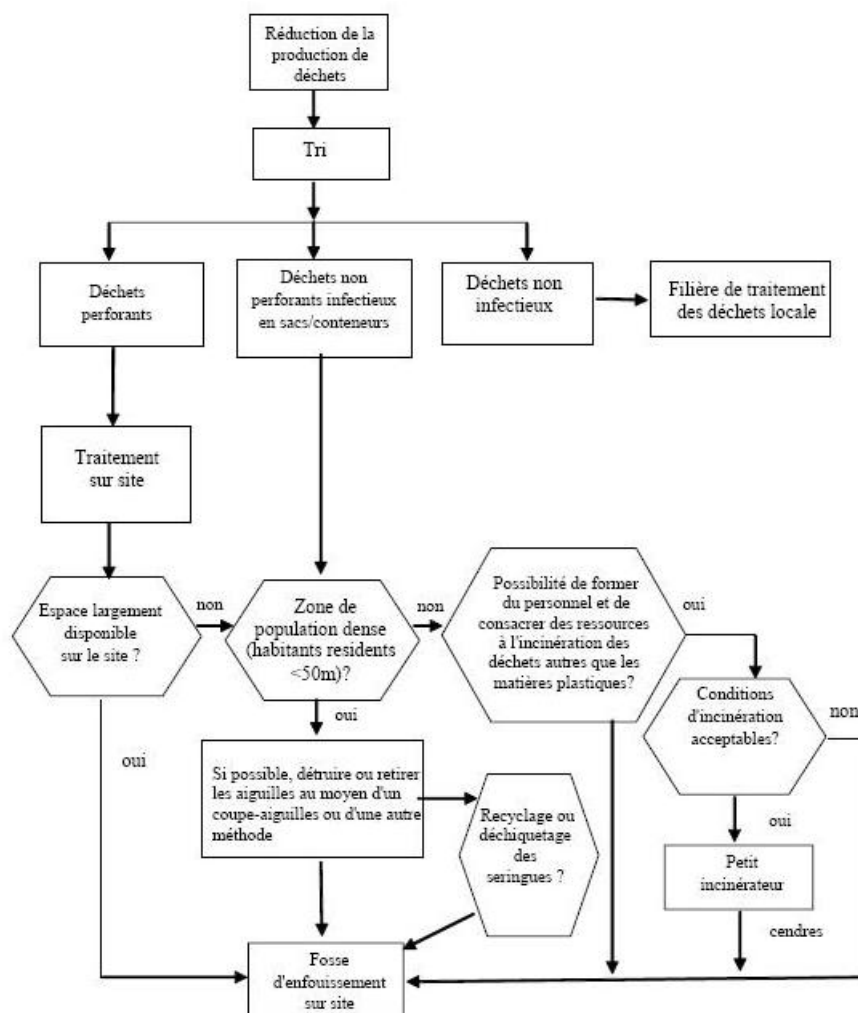
Scénario n° 1

- Zone urbaine sans accès à des installations de traitement des déchets modernes et agréées



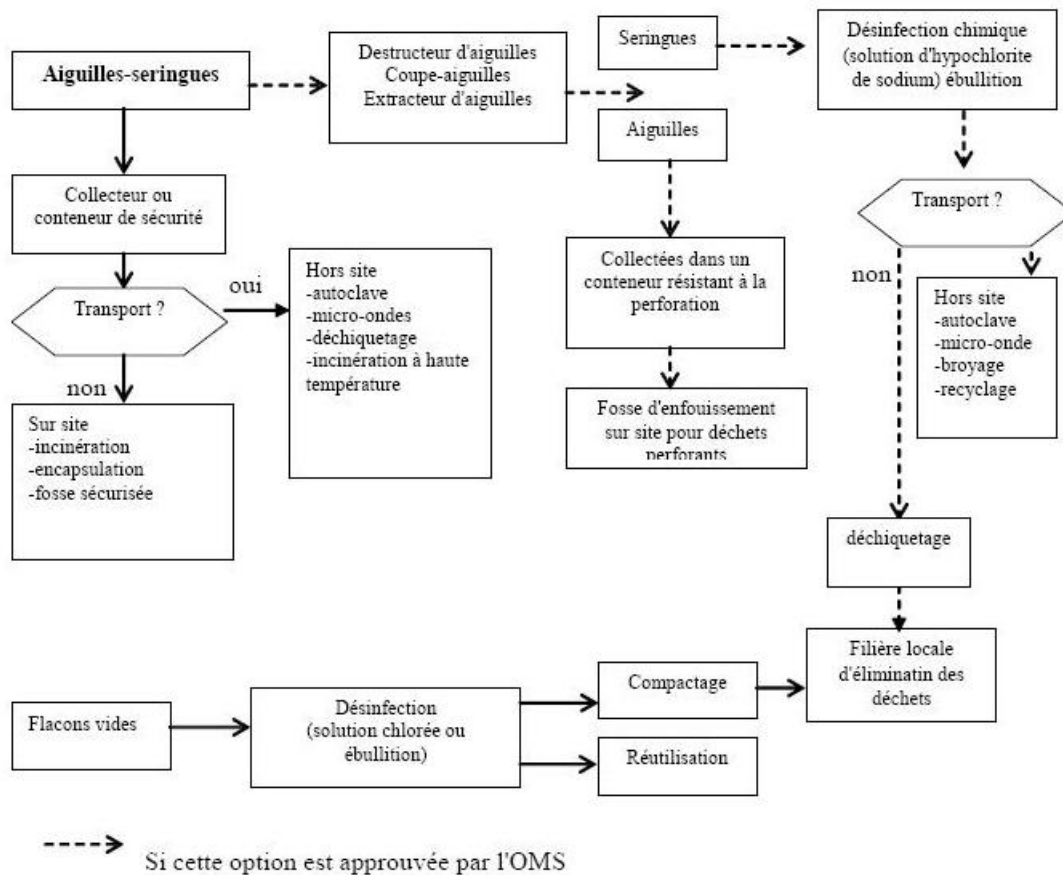
Scénario n° 2

- Zone rurale sans accès à des installations de traitement ni à des installations d'élimination des déchets modernes et agréées



Scénario n° 3

- Activités de vaccination dans les centres de soins de santé primaire – gestion des déchets constitués par les aiguilles/seringues utilisées



ANNEXE 2
ÉVALUATION COMPARATIVE DE DIFFÉRENTES OPTIONS TECHNIQUES
Modifié du guide d'aide à la décision (OMS, 2005b)

Options techniques sur site	Avantages	Inconvénients	Facteurs de décision	Performance	Coût
<p>Enfouissement</p> <p>Les côtés de la fosse seront recouverts d'un matériau ayant une faible perméabilité; la fosse sera couverte et clôturée. Une fois pleine, elle sera scellée au moyen de ciment, ou au moins les derniers 50 cm seront remplis de matériaux compacts et la zone sera identifiée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Techniquement facile ▪ Simple ▪ Adapté aux petites quantités de déchets ▪ Pas de pollution atmosphérique (pas de combustion) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espace disponible ▪ Pas de désinfection des déchets ▪ Risque pour la communauté si l'enfouissement n'est pas bien fait ▪ Risque d'accès de personnes non autorisées ▪ Pas de réduction du volume ▪ Peut être remplie rapidement ▪ Risque de pollution du sol et de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Profondeur des nappes phréatiques ▪ Taille ▪ Revêtement de la fosse ▪ Risques à la saison des pluies 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En fonction de la taille de la fosse 	<p>Faible coût de la construction</p> <p>Faible coût du ciment</p>
<p>Fosse d'enfouissement</p> <p>cimentée pour les déchets perforants</p> <p>Fosse couverte ne laissant qu'un accès limité pour les déchets perforants. Remplie de ciment une fois pleine.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faible coût ▪ Simple ▪ Adaptée aux grandes quantités d'aiguilles ▪ Pas de pollution atmosphérique (pas de combustion) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espace disponible ▪ Pas de désinfection des déchets ▪ Pas de réduction du volume ▪ Risque de pollution du sol et de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Profondeur des nappes phréatiques ▪ Profondeur, taille ▪ Structure 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aiguilles: 1 million/m3 ▪ Aiguilles + seringues: 30 000/m3 	<p>Coût de la construction: environ 50 \$/m3</p> <p>Faible coût du matériau de scellement</p>
<p>Encapsulation</p> <p>Les conteneurs de sécurité remplis ou les aiguilles désinfectées sont placés dans des récipients en plastique de haute densité ou des fûts métalliques. Une fois le conteneur plein, on ajoute un matériau qui enrobe les déchets: mousse plastique, sable, ciment ou argile. Après séchage, les conteneurs sont scellés et éliminés dans des décharges ou des fosses d'enfouissement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Techniquement facile ▪ Simple ▪ Empêche la réutilisation des aiguilles ▪ Empêche les accidents et infections par objets perforants des personnes chargées des déchets et des récupérateurs ▪ Pas de pollution atmosphérique (pas de combustion) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Espace disponible ▪ Pas de réduction du volume ▪ Pas de désinfection des déchets ▪ Risque de pollution du sol et de l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Scellement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Environ 3000 aiguilles-seringues dans un fût de 200 litres 	<p>Faible coût du matériel: conteneurs en plastique ou fûts métalliques</p> <p>Faible coût du matériau d'enrobage</p>
<p>Neutralisation</p> <p>Mélange des déchets avec du ciment avant de les éliminer de façon à réduire le risque de fuite de substances toxiques contenues dans les déchets.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simple ▪ Sans danger ▪ Peut servir aux déchets pharmaceutiques ▪ Pas de pollution atmosphérique (pas de combustion) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ne peut être appliquée aux déchets d'activités de soins infectieux 			<p>Coût du ciment seulement</p>

Options techniques sur site	Avantages	Inconvénients	Facteurs de décision	Performance	Coût
<p>Basse température (. < 400°C)</p> <p>Combustion en plein air des déchets dans des fosses, des fûts, des incinérateurs à chambre unique, etc. Les résidus et les cendres sont enfouis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction du volume et du poids des déchets ▪ Pas de formation poussée nécessaire ▪ Désinfection relativement efficace 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peut nécessiter un combustible ou des déchets secs pour mettre la combustion en route ▪ Combustion incomplète ▪ Risque de stérilisation incomplète ▪ Risque de piqûres par les aiguilles dans la mesure où elles ne sont pas détruites ▪ Émissions toxiques (métaux lourds, dioxines, furanes, cendres volantes) qui présentent un risque pour la santé et ne sont pas conformes à la réglementation sur l'hygiène de l'environnement ▪ Émission d'importantes fumées et risque d'incendie ▪ Production de cendres dangereuses contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furannes risquant de polluer le sol et l'eau ▪ Production des déchets Secondaires 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Déchets humides ▪ Remplissage de la chambre de combustion ▪ Obtention de la température/durée suffisante ▪ Maintenance et réparations 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 100-200 kg/jour ▪ Fût: 5-10 kg/jour 	<p>Prix d'achat d'un Incinérateur à chambre unique: jusqu'à 1000 \$ (US)</p>
<p>Incineration à température moyenne (800-1000°C)</p> <p>L'incineration à température relativement élevée (au-dessus de 800°C) ramène les déchets combustibles à des produits incombustibles et entraîne une baisse considérable du volume et du poids des déchets. La température élevée atteinte au cours de l'incineration garantit une combustion complète et la stérilisation des aiguilles utilisées. L'incineration produit une petite quantité de cendres et de déchets qui doivent être enfouis. note: option à court terme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction du volume et du poids des déchets ▪ Réduction du matériel infectieux ▪ Empêche la réutilisation des aiguilles ▪ Permet d'obtenir une stérilisation complète des déchets contaminés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peut nécessiter un combustible ou des déchets secs pour mettre l'incineration en route et entretenir des températures élevées ▪ Émissions toxiques possibles (métaux lourds, dioxines, furannes, cendres volantes) qui présentent un risque pour la santé et ne sont pas conformes à la réglementation sur l'hygiène et de l'environnement ▪ Possibilité de fumées épaisses ▪ Production de cendres dangereuses contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furannes risquant de polluer le sol et l'eau ▪ L'exploitation du système exige du personnel formé ▪ Risque de piqûre par les aiguilles dans la mesure où certaines peuvent ne pas être détruites 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Déchets humides ▪ Remplissage de la chambre de combustion ▪ Obtention de la température/durée d'incineration suffisante ▪ Maintenance et réparations ▪ Apport de combustible parfois nécessaire ▪ Densité de la population dans le voisinage ▪ L'exploitation et la maintenance exigent du personnel formé 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 10-50 kg/heure 	<p>Prix d'achat de l'incinérateur: 1000-15 000 \$ (US)</p>

Options techniques sur site	Avantages	Inconvénients	Facteurs de décision	Performance	Coût
<p>Incinération à haute température (>1000°C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Combustion complète et stérilisation du matériel d'injection ayant servi ▪ Émissions toxiques réduites ▪ Réduction considérable du volume des déchets 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût élevé de la construction, de l'exploitation et de la maintenance ▪ L'exploitation exige le courant électrique, du combustible et du personnel formé ▪ Émissions toxiques possibles (métaux lourds, dioxines, furannes, cendres volantes) qui présentent un risque pour la santé et ne sont pas conformes à la réglementation sur l'hygiène de l'environnement en l'absence de dispositifs de lutte contre la pollution ▪ Production de cendres dangereuses contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furannes risquant de polluer le sol et l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Déchets humides ▪ Remplissage de la chambre de combustion ▪ Obtention de la température/durée d'incinération suffisante ▪ Maintenance et réparations ▪ Apport de combustible parfois nécessaire ▪ L'exploitation et la maintenance exigent du personnel formé 	<p>50-500 kg / heure</p>	<p>Prix d'achat de l'incinérateur: US De 50 000 \$ (US) à 100 000 \$ (US) Coût de fonctionnement: combustible</p>
<p>Extracteur d'aiguilles</p> <p>L'aiguille utilisée est introduite dans un appareil qui sectionne ou qui tire sur l'aiguille pour la séparer de la seringue. Il existe divers modèles qui vont des pinces (déconseillé) à des boîtes fermées utilisées manuellement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empêche la réutilisation des seringues ▪ Il existe des modèles bon marché (certains peuvent être fabriqués localement) ▪ Réduction considérable du volume de la plupart des déchets dangereux, des aiguilles contaminées par exemple ▪ Les seringues en plastique peuvent être recyclées après désinfection ▪ Facile à utiliser 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Éclaboussures de liquides corporels susceptibles de présenter un risque important pour l'opérateur et de contaminer la zone de travail ▪ Certains modèles fonctionnent à l'électricité ▪ Les aiguilles et les seringues restent contaminées ▪ Risque de panne ▪ Les aiguilles risquent de sortir du récipient dans lequel elles sont recueillies ▪ Sécurité non établie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Le coupe-aiguilles doit être conçu de manière à ne pas permettre les éclaboussures de liquides corporels ▪ Doit être facile à utiliser ▪ Diminue le risque d'accidents professionnels pour les personnes chargées de l'élimination des déchets et pour les récupérateurs ▪ Doit être associé à une autre technique d'élimination des déchets (fosse d'enfouissement, par exemple) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durée de vie de la lame: 200 000 sections 	<p>Prix d'achat: 2-80 \$ (US)</p>
<p>Destructeur d'aiguilles</p> <p>L'aiguille est introduite dans une boîte fermée et vient en contact avec un système électrique qui la détruit. Les cendres sont recueillies dans un conteneur fixé à l'appareil. Plusieurs modèles existent dans le commerce.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Détruit presque complètement les aiguilles ▪ Les seringues en plastic peuvent être recyclées après désinfection ▪ Petit ▪ Complète désinfection de l'aiguille 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électricité nécessaire ▪ Une partie stérile de l'aiguille reste fixée à la seringue 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Électricité nécessaire ▪ Maintenance des contacts électriques 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résultat: il faut deux secondes pour détruire une aiguille 	<p>Prix d'achat: 100-150 \$ (US)</p>

Options techniques sur site	Avantages	Inconvénients	Facteurs de décision	Performance	Coût
<p>Autoclave</p> <p>Les déchets sont introduits dans un grand autoclave où ils sont stérilisés par la chaleur et sous pression. Il existe divers modèles commerciaux d'autoclave. Dans certains pays, il existe des autoclaves fabriqués localement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Permet de stériliser un grand nombre de types de déchets, le matériel d'injection usagé par exemple ▪ Pas de conséquence nuisible pour l'environnement ▪ Facilite le recyclage du plastique ▪ Associé au déchiquetage, permet de réduire le volume des déchets et de les traiter en toute sécurité comme des déchets ménagers solides ▪ Faible coût d'exploitation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électricité nécessaire ▪ Coût de l'investissement moyen à élevé ▪ L'exploitation et la maintenance nécessitent du personnel bien formé ▪ Susceptible d'émettre des vapeurs organiques volatiles au cours de la dépressurisation et de l'ouverture de la chambre ▪ Pas adapté à tous les types de déchets ▪ Apparence des déchets inchangée ▪ Poids des déchets inchangé ▪ Traitement ultérieur indispensable pour éviter la réutilisation (déchiquetage, par exemple) ▪ Les déchets stériles ainsi obtenus doivent cependant être éliminés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Obtention de la température/pression nécessaire ▪ Électricité nécessaire ▪ Pénétration par la vapeur ▪ Volume de la charge de déchets ▪ Durée du cycle de traitement ▪ Élimination de l'air de la chambre 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 12 kg/jour à 90 kg/heure 	<p>Prix d'achat: 500-50 000 \$ (US) Coût de fonctionnement: électricité</p>
<p>Micro-ondes</p> <p>Les micro-organismes sont détruits par l'action des micro-ondes qui chauffent rapidement l'eau contenue dans les déchets.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction importante du volume ▪ Les déchets ne sont pas reconnaissables ▪ Pas d'écoulement de liquide 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût d'investissement élevé ▪ Augmentation du poids des déchets ▪ N'est pas adapté à tous les types de déchets ▪ Contamination possible du déchiqueteur, exposition aux agents pathogènes ▪ Émissions aériennes non caractérisées 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Caractéristiques des déchets ▪ Déchets humides ▪ Puissance de la source de micro-ondes ▪ Durée de l'exposition au micro-ondes ▪ Mélanges de déchets 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 40 kg/jour à 250 kg/heure 	<p>Prix d'achat: 70 000-500 000 \$ (US) Coût de fonctionnement: électricité</p>
<p>Traitement chimique</p> <p>Traitement des déchets par des désinfectants chimiques, eau de javel par exemple (solution d'hypochlorite de sodium à 1 %).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Simple ▪ Relativement bon marché ▪ Désinfectants largement disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les désinfectants peuvent être corrosifs et doivent être manipulés avec précaution ▪ Pour obtenir une bonne désinfection, il faut respecter la concentration du désinfectant et la durée de contact ▪ Pas de diminution du volume des déchets ▪ Risque pour l'environnement lors de l'élimination des désinfectants ▪ Émissions aériennes non caractérisées 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Concentration du produit chimique ▪ Température et pH ▪ Temps de contact avec le produit chimique ▪ Mélange déchets/produit chimique ▪ Désinfectants nécessaires ▪ Traitement ultérieur/élimination nécessaires: encapsulation, enfouissement, etc. 	<p>Performance élevée</p>	<p>Coût du désinfectant seulement</p>

Options techniques sur site	Avantages	Inconvénients	Facteurs de décision	Performance	Coût
<p>Déchetage</p> <p>Après autoclavage, les déchets sont souvent introduits dans un déchiqueteur mécanique qui diminue le volume. Il existe divers modèles commerciaux fabriqués localement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réduction du volume des déchets ▪ Facilite le recyclage des matières plastiques ▪ Après autoclavage, les déchets peuvent être manipulés comme des déchets ménagers solides 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Électricité nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Électricité nécessaire 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 50 kg à plusieurs tonnes/heure 	<p>Coût du déchiqueteur: pour un broyeur à grains fabriqué localement, coût peu élevé; jusqu'à 100 000 \$ (US) pour un déchiqueteur ayant une capacité de 4 tonnes/heure</p>
<p>Fusion</p> <p>Les seringues et aiguilles utilisées sont placées dans un récipient métallique chauffé dans un four spécialement conçu. Les seringues fondent et forment une sorte de galette qui peut être éliminée sous forme de déchet solide. Peu de modèles dans le commerce.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Empêche la réutilisation/récupération des aiguilles ▪ Stérilise les seringues et les aiguilles usagées ▪ Les déchets traités sont considérés comme des déchets solides ▪ Volume des déchets considérablement réduit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consommation électrique importante ▪ Émissions de polluants aériens localisées possibles (la zone de travail doit être bien ventilée) ▪ Peu de modèles disponibles dans le commerce 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Électricité nécessaire 		<p>Consommation importante d'électricité</p>
<p>Décharge contrôlée</p> <p>Les déchets sont éliminés par enfouissement dans une décharge. Les décharges sont spécialement conçues pour éviter que les déchets contaminent l'environnement. L'accès du public aux décharges est limité. Du personnel formé gère les déchets apportés sur le site. La décharge est une installation contrôlée, contrairement au dépôt d'ordures, libre d'accès et non contrôlé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'impact négatif sur l'environnement est contrôlé ▪ Élimination finale des déchets loin du centre de santé 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Organisation du transport nécessaire ▪ Bonne exploitation et maintenance nécessaires pour éviter les risques pour l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tri correct des déchets ▪ Le transport à la décharge doit être sécurisé, en particulier si les déchets sont encore infectieux ou ne sont pas encapsulés/déchiquetés ▪ Les décharges doivent être correctement conçues pour éviter les risques pour l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dépend de l'espace disponible 	<p>Coûts variables avec l'installation</p>
<p>Recyclage des matières plastiques</p> <p>Les seringues en matière plastique sont recyclées pour produire d'autres objets en plastique (seaux, etc.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Générateur de ressources ▪ Sans risque pour l'environnement ▪ Les seringues usagées sont transformées en produits utiles 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les aiguilles ou une partie des aiguilles doivent être retirées ▪ Les seringues contaminées doivent être désinfectées avant le recyclage ▪ Besoins importants en matières plastiques recyclées ▪ Exige une infrastructure pour les produits plastiques recyclés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exige une industrie du recyclage désireuse d'acquérir des plastiques recyclés ▪ Exige des marchés pour les produits fabriqués à partir des matières plastiques recyclées 		<p>Prix d'achat du thermoplaste: 15 000 \$ (US) environ</p>