

MESURER L'EFFET DU POIDS DU FACTEUR ÉCONOMIQUE DANS LE
CHOIX D'UN PROCÉDÉ DE TRAITEMENT THERMIQUE DE DÉCHETS
BIOMÉDICAUX

Par

Steve Ivan TCHOUNGUI

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
COMME EXIGENCE PARTIELLE À L'OBTENTION DE LA MAÎTRISE
AVEC MÉMOIRE EN GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT
M. Sc. A

MONTRÉAL, LE 24 AVRIL 2022

ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

©Tous droits réservés, Steve Ivan TCHOUNGUI, 2022

©Tous droits réservés

Cette licence signifie qu'il est interdit de reproduire, d'enregistrer ou de diffuser en tout ou en partie, le présent document. Le lecteur qui désire imprimer ou conserver sur un autre media une partie importante de ce document, doit obligatoirement en demander l'autorisation à l'auteur.

PRÉSENTATION DU JURY
CE MÉMOIRE A ÉTÉ ÉVALUÉ
PAR UN JURY COMPOSÉ DE:

M. Robert Hausler, directeur de mémoire
Département du génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Mathias Glaus, président du jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

M. Frédéric Monette, membre du Jury
Département de génie de la construction à l'École de technologie supérieure

IL A FAIT L'OBJET D'UNE SOUTENANCE DEVANT JURY ET PUBLIC

LE 25 MARS 2022

À L'ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout d'abord mon directeur de maîtrise, Robert HAUSLER, d'avoir accepté de m'encadrer et d'avoir facilité mes démarches dans le cadre de la recherche de mon sujet de mémoire. Nos différents échanges, sa disponibilité et ses orientations ont été d'un très grand apport concernant le choix de ce sujet.

De plus, je voudrais exprimer ma gratitude à l'endroit de l'entraide universitaire mondiale canadienne pour m'avoir accordé la possibilité d'utiliser l'expérience de travail au Burkina Faso en vue de la rédaction de ce mémoire.

Des remerciements particuliers également à l'endroit de tous mes collègues, les membres de ma famille et mes amis dont le soutien indéfectible m'a accompagné tout au long de cette riche expérience.

Mesurer l'effet du poids du facteur économique dans le choix d'un procédé de traitement thermique de déchets biomédicaux

Steve Ivan TCHOUNGUI

RÉSUMÉ

La population mondiale ne cesse de croître et son rythme de production de déchets est dans le même temps revu à la hausse. Les établissements hospitaliers qui proposent des services préventifs, palliatifs et curatifs aux populations, avec pour conséquence une augmentation du volume de déchets biomédicaux issus de ces prestations ne font pas exception à cette réalité. De 10 à 25 % de la masse de ces déchets comporte un risque infectieux pour les individus et contribue à polluer l'environnement naturel. D'un autre côté, 75 à 90 % de ces déchets biomédicaux proviennent des services administratifs, du nettoyage et de l'entretien des locaux de services de santé. Il est important que ces déchets soient traités de manière adéquate pour mitiger les risques de maladie et de pollution qui leur sont associés.

Dès lors, le problème qui se pose est celui de la sélection d'un procédé de traitement qui répond à ces attentes formulées. Le recours à l'analyse de satisfaction devrait permettre, en intégrant des facteurs systémiques (économiques, environnementaux, sociaux, techniques) et en les combinant à des facteurs décisionnels (les critères d'évaluation, l'importance et la notation des critères) de choisir la meilleure solution possible. En procédant de cette façon, les biais potentiels des décideurs pourraient être mieux contrôlés dans ce type de processus décisionnel.

L'exploitation du cas à l'étude qui montre des résultats variés selon les simulations réalisées, permet d'apprécier le rôle du facteur économique ainsi que la possibilité de fixer un poids environnemental qui influencerait ce type de processus décisionnel. Ce sont des résultats qui pourraient contribuer à améliorer les prises de décisions actuelles et futures.

Mots clés : déchets biomédicaux, incinération, analyse de la satisfaction

Measure the effect of the weight of the economic factor in the choice of a treatment process

Steve Ivan TCHOUNGUI

ABSTRACT

The world's population is constantly growing, and its rate of waste production is also increasing. Hospitals that offer preventive, palliative, and curative services to populations, resulting in an increase in the volume of biomedical waste resulting from these services are no exception.

Between 10% and 25% of the mass of these wastes carries an infectious risk to individuals and contributes to polluting the natural environment. On the other hand, 75 to 90% of this biomedical waste comes from administrative services, cleaning and maintenance of health services premises. It is important that these wastes are treated appropriately to mitigate the associated risks of disease and pollution.

Therefore, the problem is the selection of a treatment process that meets these stated expectations. The use of satisfaction analysis should make it possible to integrate systemic factors (economic, environmental, social, technical) and combine them with decision factors (assessment criteria, importance and rating of criteria) to choose the best possible solution. By doing so, the potential biases of decision makers could be better controlled in this type of decision-making process.

The exploitation of the case under study, which shows various results according to the simulations carried out, makes it possible to assess the role of the economic factor as well as the possibility of setting an environmental weight that would influence this type of decision-making process. These are outcomes that could help improve current and future decision-making.

Keywords: biomedical waste, incineration, valorization, multicriteria analysis

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 ETAT DES CONNAISSANCES.....	7
1.1 Description et classification des déchets biomédicaux	7
1.2 Modèle de gestion des déchets : pays développés	9
1.3 Modèle de gestion des déchets : pays émergent	14
1.4 Modèle de gestion des déchets : pays en voie de développement	17
1.5 Les méthodes d'aide à la décision	19
1.6 Description des procédés de traitement	21
1.6.1 Incinérateur à chambre simple	22
1.6.2 Incinérateur à chambre double	22
1.6.3 Four rotatif	23
1.7 Étude de cas : cas du Burkina Faso	26
1.7.1 Situation géographique	26
1.7.2 Description du contexte d'application	26
1.7.3 Situation sécuritaire	27
1.7.4 Contexte règlementaire	28
1.7.5 Problématiques des pays en voie de développement	28
CHAPITRE 2 MÉTHODOLOGIE.....	31
2.1 Analyse de la satisfaction : les principales étapes	31
2.1.1 Description des catégories et critères d'évaluation.....	31
2.1.2 Niveau d'importance et pondération des critères.....	37
2.1.3 Poids des catégories	38
2.1.4 Sélection des procédés	39
2.1.5 Présentation des simulations	39
2.2 Méthode de sélection utilisée par le Burkina Faso et l'EUMC.....	40
CHAPITRE 3 RÉSULTATS	43
3.1 Simulation basée sur des préférences économiques	43
3.2 Simulation basée sur des préférences environnementales	44
3.3 Simulation basée sur des préférences sociales	46
3.4 Simulation basée sur des préférences techniques	47
3.5 Analyse de la sensibilité.....	48
CHAPITRE 4 DISCUSSION	53
4.1 Analyse des résultats	53
4.2 Pertinence de la méthode multicritère.....	54

4.3	Perspectives.....	56
	CONCLUSION.....	59
	ANNEXE I	61
	ANNEXE II	69
	LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	73

LISTE DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1.1	Classification des déchets biomédicaux..... 8
Tableau 1.2	Correspondance des technologies de traitement et types de déchets 24
Tableau 1.3	Avantages et inconvénients des procédés de traitement 25
Tableau 2.1	Description des critères économiques..... 32
Tableau 2.2	Description des critères environnementaux 34
Tableau 2.3	Description des critères sociaux..... 35
Tableau 2.4	Description des critères techniques..... 37
Tableau 2.5	Procès-verbal de sélection des prestataires pour le projet PASME 2 42
Tableau 3.1	Choix basé sur des préférences économiques 44
Tableau 3.2	Choix basé sur des préférences environnementales..... 45
Tableau 3.3	Choix basé sur des préférences sociales 46
Tableau 3.4	Choix basé sur des préférences techniques 47
Tableau 3.5	Sensibilité basée sur les préférences environnementales..... 49
Tableau 3.6	Sensibilité de la simulation basée sur les préférences sociales..... 49
Tableau 3.7	Sensibilité de la simulation basée sur les préférences techniques 50

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1.1	Textes organisant la prise en charge et l'élimination des DASRI..... 10
Figure 1.2	Schéma récapitulatif de la gestion des déchets biomédicaux 12
Figure 1.3	Synthèse du type des déchets biomédicaux 13
Figure 1.4	Les types de traitements des déchets biomédicaux recommandés..... 14
Figure 1.5	Caractérisation et classification des déchets biomédicaux 16
Figure 1.6	Méthodes de traitement et d'élimination des déchets biomédicaux 17
Figure 1.7	Fosse d'enfouissement des cendres d'incinération 19
Figure 1.8	Faso Incinérateur..... 19
Figure 1.9	Trois régions d'interventions de PASME 2 au Burkina Faso 27
Figure 2.1	Échelle de pondération adapté de la méthode de classement..... 38
Figure 3.1	Résultats de la simulation basée sur les préférences environnementales. 51
Figure 3.2	Effet du poids du facteur économique sur la simulation basée sur les préférences environnementales 51

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFD	Agence française de développement
AMC	Affaires mondiales du Canada
BAD	Banque africaine de développement
CIRAIG	Centre international de référence sur le cycle des produits, procédés et service
CMA	Centre médical avec antenne chirurgicale
CMED	Commission mondiale sur l'environnement et le développement
CNUE	Conférence des nations unies pour l'environnement
CRDI	Centre de recherches pour le développement international
CSPS	Centre de santé et de promotion sociale
DASRI	Déchets d'activités de soins à risque infectieux et assimilés
DAOM	Déchets assimilables aux ordures ménagères
DBM	Déchets biomédicaux
DDR	Déchets dangereux à risques
DS	District sanitaire
EPI	Équipement de protection individuel
ETBH	Entreprise de travaux de bâtiments & hydraulique/services
ETHAB	Étude de travaux en hydraulique, assainissement et bâtiments
EUMC	Entraide universitaire mondiale du Canada
GDBM	Gestion des déchets biomédicaux
ISO	International standard organisation

XVIII

INSD	Institut national de la statistique et de la démographie
OMS	Organisation mondiale de la santé
OQLF	Office québécois de la langue française
MDDEP	Ministère de l'environnement et la lutte contre les changements climatiques
MSSS	Ministère de la santé et des services sociaux
NOX	Oxyde d'azote
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PASME 2	Programme d'amélioration de la santé des mères et des enfants - phase 2
PCB	Polychlorobiphényle
PNDS	Plan national de développement sanitaire
PNUD	Programme des nations unies pour le développement
PNUE	Programme des nations unies pour l'environnement
SBS	Studies and building services
SMART	Simple multi-attribute rating technique
SO2	Dioxyde de soufre
TOPSIS	Technique pour l'ordre de préférence par similarité de solutions idéale
UN	United Nations
VIH	Virus de l'immunodéficience humaine
WHO	World health organisation
WUSC	World University Service of Canada

LISTE DES SYMBOLES ET UNITÉS DE MESURE

cm	Centimètre
HCl	Acide chlorhydrique
km	Kilomètre
m	Mètre
ng	Nanogramme
nm	Nanomètre
TEQ	Équivalent toxique international

INTRODUCTION

La population mondiale ne cesse de croître et son rythme de production de déchets est sans cesse revu à la hausse. Plus spécifiquement, les établissements hospitaliers qui assurent des activités de soins préventifs, curatifs et palliatifs pour améliorer la santé des populations ne font pas exception à cette réalité. Ces activités génèrent des déchets regroupés sous différentes catégories : infectieux, radioactifs, chimiques, anatomiques et pathologiques, etc. (Boubacar, 2011 ; PNUE, 2006). Par conséquent, si ces déchets ne sont pas triés, traités et éliminés adéquatement, ils exposent les populations à des risques de développer certaines maladies tels que l'Hépatite B, l'Hépatite C et le VIH (Boubacar, 2011 ; OMS, 2002 ; PNUE, 2004).

L'adoption d'un procédé de traitement et d'élimination de ces déchets contribuerait à minimiser les risques pour les populations de développer ces maladies et leur impact sur l'environnement naturel pourrait également être réduit. L'idée serait de renforcer les systèmes de santé actuels des pays en voie de développement dotés d'infrastructures vieillissantes et non fonctionnelles, en ayant recours à des procédés offrant un meilleur rendement dans le traitement des déchets biomédicaux tout respectant les considérations environnementales. Par conséquent, il faudrait disposer d'une méthode qui aide les décideurs à faire le meilleur choix possible en fonction de différentes composantes systémiques à leur disposition. Dans le même temps, il serait intéressant de déterminer l'effet du facteur économique, vis à vis des autres composantes systémiques et finalement sur la décision finale.

Question de recherche

L'approche traditionnelle d'élimination des résidus solides implique que les matériaux soient extraits, transformés, utilisés et finalement enfouis ou incinérés (Rojo, 2009 ; MDDEP, 2007 ; MEDD, 2004 ; ONU, 2002). Elle représente l'illustration fidèle du modèle réductionniste du traitement des déchets biomédicaux pratiqué dans la plupart des pays en voie de

développement. Le passage à une approche dite moderne qui mise sur des procédés qui permettent de valoriser les matières incinérées serait vivement recommandé. En revanche, il nécessite des ajustements qui passeraient par la modification du modèle économique en place. Ainsi, un changement de paradigme serait nécessaire pour considérer les déchets biomédicaux comme de la matière première et non plus comme des résidus ultimes dont il faut absolument se débarrasser, une idée semblable à celle de l'approche d'écologie industrielle suggérée par Frosch et Gallopoulos en 1989.

Le défi réside dans le changement de perception des décideurs par rapport à cette ressource (Clark, 2018). L'engagement à chacune des étapes du processus par les décideurs pourrait par exemple, permettre de mieux définir des cibles économiques atteignables et réalistes avec cette ressource pour inciter la société à adhérer à cette idée.

Comment le fait de disposer d'une méthode d'aide à la décision pourrait contribuer à mieux contrôler les biais subjectifs qui accompagnent le choix d'un procédé de traitement?

Autrement dit, comment cette méthode pourrait-elle favoriser une prise de décision en phase avec les attentes autour de ce type de processus décisionnel ?

Objectif

L'objectif de ce mémoire est de proposer, aux décideurs, une analyse de la satisfaction qui aide dans le choix d'un procédé de traitement des déchets biomédicaux. Cette méthode vise à identifier, analyser et comparer parmi les procédés disponibles le meilleur choix possible basé sur les préférences des décideurs. Par conséquent, le cas à l'étude devrait permettre de valider ou non la méthode proposée selon les résultats de simulation obtenus.

Ainsi, la combinaison des différents facteurs systémiques, décisionnels et leur pondération devraient permettre de valider ou non l'idée de remplacer l'incinérateur à chambre simple comme le meilleur procédé de traitement des déchets pour les populations du Burkina Faso. De plus, cette analyse de satisfaction pourrait contribuer à l'appréciation de l'effet du facteur économique dans ce type de processus décisionnel. Finalement, il serait également

intéressant de déterminer un poids environnemental afin que le choix du procédé effectué puisse être qualifié d'équitable pour l'environnement et les humains.

Enjeux

Il faudrait disposer d'un procédé de traitement qui traiterait efficacement les déchets biomédicaux et permettrait de mitiger les effets néfastes qu'ils peuvent occasionner sur l'environnement et sur la population. En d'autres termes, la solution retenue devrait contribuer à réduire les risques de contamination microbiologiques associés aux déchets biomédicaux. Elle pourrait également, offrir un meilleur contrôle sur les émissions de gaz à effet de serre issue de la combustion de ces déchets.

Structure du mémoire

Ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres qui se déclinent comme suit, Le chapitre 1 consacré à l'état des connaissances présente des modèles de gestion des déchets biomédicaux, des méthodes d'aide à la décision, les caractéristiques des procédés de traitement à évaluer et le cas à l'étude. Le chapitre 2 présente les principales étapes de l'analyse de la satisfaction ainsi que les scénarios de simulations à réaliser. Les résultats des différentes simulations et l'analyse de sensibilité sont présentés dans le chapitre 3. L'analyse des résultats, la pertinence de la méthode et les perspectives à explorer sont discutés dans le chapitre 4 et finalement, la synthèse des résultats et les perspectives à retenir complètent le document et en constituent la conclusion.

CHAPITRE 1

ETAT DES CONNAISSANCES

Ce chapitre présente une synthèse des catégories de déchets biomédicaux, les différents modèles de gestion des déchets biomédicaux, les principaux procédés à évaluer, les différentes méthodes d'aide à la décision existantes et nécessaires à la compréhension de la question de recherche. Par la suite, un portrait qui porte sur le cas du Burkina Faso étudié est développé.

1.1 Description et classification des déchets biomédicaux

Les établissements de soins de santé sont responsables de fournir des activités de soins préventifs, palliatifs et curatifs aux populations. Ce sont des activités qui génèrent une catégorie de déchets non dangereux ou généraux et une autre catégorie de déchets dangereux et infectieux. La proportion de déchets non dangereux assimilable à des déchets généraux est estimée à 85 % (OMS, 2000 ; OMS, 2017 ; Poirier-Parisé, 2017). Ce sont les déchets qui peuvent être produits lors de la construction des établissements hospitaliers, des déchets de restaurations et des déchets provenant de bureaux administratifs (OMS, 2017). D'un autre côté, les 15 % restants sont considérés comme dangereux et comportent un risque infectieux autant pour les populations que pour l'environnement (OMS, 2017 ; Poirier-Parisé, 2017). Le tableau 1.1 présente la description des déchets biomédicaux dangereux et des déchets non dangereux.

Tableau 1.1 Classification des déchets biomédicaux

Tiré de OMS (2017)

Catégories des déchets	Description et risques associés
Déchets biomédicaux dangereux	
Déchets infectieux	Les déchets connus ou suspectés de contenir des agents pathogènes et présentant un risque de transmission de maladies, ex : déchets et eaux usées contaminées par le sang et d'autres fluides corporels, y compris les déchets hautement infectieux tels que les cultures de laboratoire et les stocks microbiologiques; et les déchets dont les excréments et autres matériaux qui ont été en contact avec des patients infectés par des maladies hautement infectieuses dans des salles isolées.
Déchets piquants/coupants/ tranchants	Objets pointus usés ou non usés, ex : aiguille hypodermique, intraveineuse ou autre; seringues autobloquantes; seringues avec aiguilles fixées; sets de perfusion; scalpels; pipettes; couteaux ; lames; verre cassé.
Déchets pathologiques (anatomiques)	Tissus, organes ou fluides humains; parties du corps; fœtus; produits sanguins non utilisés.
Déchets pharmaceutiques, déchets cytotoxiques	Produits pharmaceutiques expirés ou qui ne sont plus nécessaires; articles contaminés ou contenant des produits pharmaceutiques. Déchets cytotoxiques contenant des substances ayant des propriétés génotoxiques, ex : déchets contenant des médicaments cytostatiques (souvent utilisés dans le traitement du cancer); produits chimiques génotoxiques.
Déchets chimiques Déchets pharmaceutiques, déchets cytotoxiques	Déchets contenant des substances chimiques, ex : réactifs de laboratoire; développeur de film; désinfectants périmés ou qui ne sont plus nécessaires; solvants; déchets avec une teneur élevée en métaux lourds, ex : batteries, thermomètres et tensiomètres cassés.
Déchets radioactifs	Déchets contenant des substances radioactives, ex : liquides non utilisés provenant de radiothérapie ou de recherches en laboratoire; verrerie, emballages ou papier absorbant contaminés; urines et excréments de patients traités ou testés avec des radionucléides non scellés; sources scellées
Déchets médicaux non dangereux ou généraux	
Autres déchets	Déchets qui ne posent aucun danger biologique, chimique, radioactif ou physique spécifique.

1.2 Modèle de gestion des déchets : pays développés

Cas de la France

Le décret n° 2016-1590 du 24 novembre 2016 modifiant le code de la santé publique et relatif aux déchets assimilés à des déchets d'activités de soins à risques infectieux et aux appareils de prétraitement par désinfection a, en son article 1, modifié les articles R. 1335-1 et R. 1335-8 du code de santé publique français. Ces textes identifient les déchets d'activités de soins et précisent leur mode de traitement. Par ailleurs, l'ordonnance n° 2020-920 du 29 juillet 2020 relative à la prévention et à la gestion des déchets a, en son article 3, modifie l'article L541-1-1 du code de l'environnement organisant les activités de collecte, de stockage, de transport et d'élimination des déchets issus d'activités de soins. Ces activités préventives ou curatives produisent des déchets qui peuvent être de nature non infectieuse et infectieuse. La prise en charge et l'élimination de ces déchets sont confiées aux producteurs desdits déchets et sont également encadrées par l'article R. 1335-2 du code de santé publique (modifié par décret n° 2010-1263 du 22 octobre 2010, art.1). L'article précise alors que les obligations mentionnées incombent :

1. à l'établissement de santé, l'établissement d'enseignement, l'établissement de recherche ou l'établissement industriel, lorsque ces déchets sont produits dans un tel établissement ;
2. à la personne morale pour le compte de laquelle un professionnel de santé exerce son activité productrice de déchets ;
3. dans les autres cas, à la personne physique qui exerce à titre professionnel l'activité productrice de déchets.

La figure 1.1 ci-après fait la synthèse des textes de loi qui organisent les précautions à prendre pour s'assurer de la bonne gestion des déchets d'activités de soins sur le territoire français.

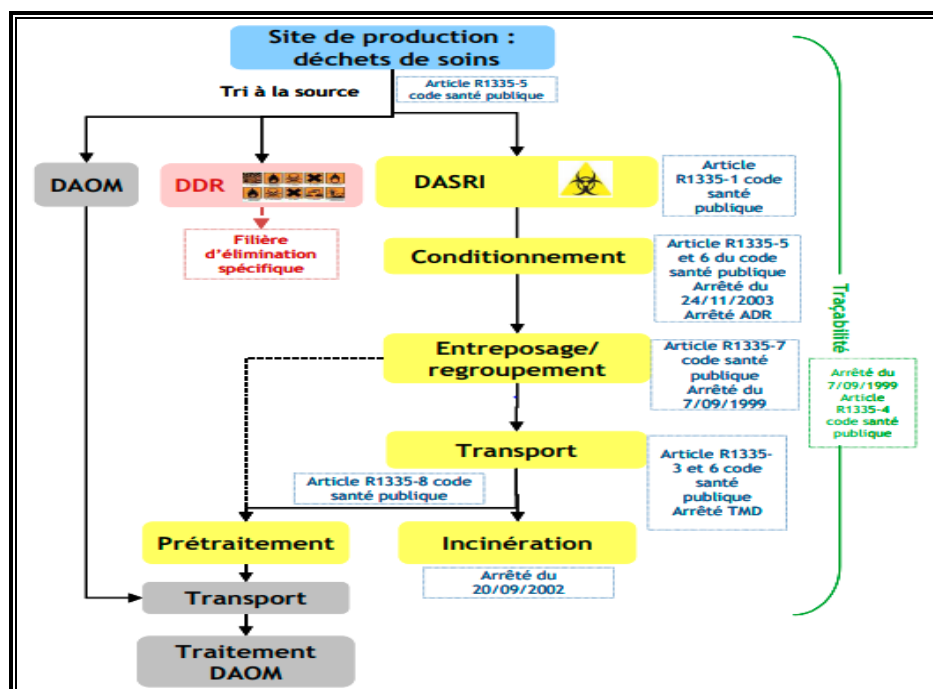


Figure 1.1 Textes organisant la prise en charge et l'élimination des DASRI
Tirée de l'ADEME (2012)

Selon l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), la France possède un gisement annuel de déchets biomédicaux compris entre 9000 et 13 000 t/an. La réglementation nationale française fixe les conditions de gestion de ces gisements sur l'ensemble du territoire. L'alinéa 2 de la loi de juillet 1992 relative à *l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement* qui organisait le transport des déchets tout en limitant les distances et les volumes transportés (loi no 92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classées pour la protection de l'environnement). Ces dispositions ont été reprises et réaménagées dans le Code de l'environnement, notamment en son article L 541. En revanche, l'accord européen 0.741.621 relatif au transport international des marchandises dangereuses par route conclu le 30 septembre 1957 à Genève et adopté en 2001 par la France encadre les flux de matières dangereuses entre pays membre et non membre de l'Union européenne. L'arrêté du 29 mai 2009 relatif aux transports de marchandises dangereuses par voies terrestres (dit « arrêté TMD »²) régleme lesdits

transports sur le territoire national. Ce dernier est modifié régulièrement consécutivement aux travaux de la Commission interministérielle du Transport des Marchandises Dangereuses (CITMD).

L'arrêté du 24 novembre 2003 fixe dès le moment de leur production, le conditionnement approprié pour les différents types de déchets, en se basant sur leur nature et le(s) risque(s) qui leur sont associés. La collecte et le transport des déchets peuvent être réalisés par des prestataires spécialisés ou par apport volontaire de professionnels de santé auprès de points de services identifiés (ADEME, 2012). À cet effet, pour respecter la réglementation en vigueur et s'assurer de la traçabilité du mouvement des déchets depuis leur production jusqu'à leur élimination, un bordereau de suivi est émis pour attester de la conformité du processus. Ce texte a fait l'objet de mise à jour régulière, dont la dernière remonte au 04 avril 2022 (Arrêté du 04 avril 2022, article 1).

L'arrêté du 7 septembre 1999 du code de santé publique français quant à lui fixe les modalités d'entreposage des déchets d'activité de soin. Ainsi, pour des quantités supérieures à 100 kg/semaine, les déchets ne peuvent être entreposés pendant plus de 72 heures. En revanche pour une quantité inférieure à 5 kg/mois, ils peuvent l'être pour trois mois (Légifrance, 1999). Ce texte a fait l'objet de mise à jour régulière, dont la dernière remonte au 20 avril 2020 (Arrêté du 20 avril 2020, article 1).

Le traitement et l'élimination des déchets obéit à une hiérarchie adoptée dans le but de réduire les coûts de traitement, limiter le prélèvement des matériaux et matières dans la nature et les nuisances produites (Damien, 2016). Ainsi, le prétraitement par désinfection (chimique, physique, thermique) qui vise à réduire la contamination microbiologique des déchets en modifiant leur apparence et l'incinération constitue les deux formes de traitement des déchets biomédicaux comportant un risque infectieux en France. Cependant, les déchets qui ne comportent pas de risque infectieux sont assimilés aux déchets ménagers et par la même occasion suivent la même filière de traitement et d'élimination. La figure 1.2 ci-dessous l'organisation des différentes filières de traitement.

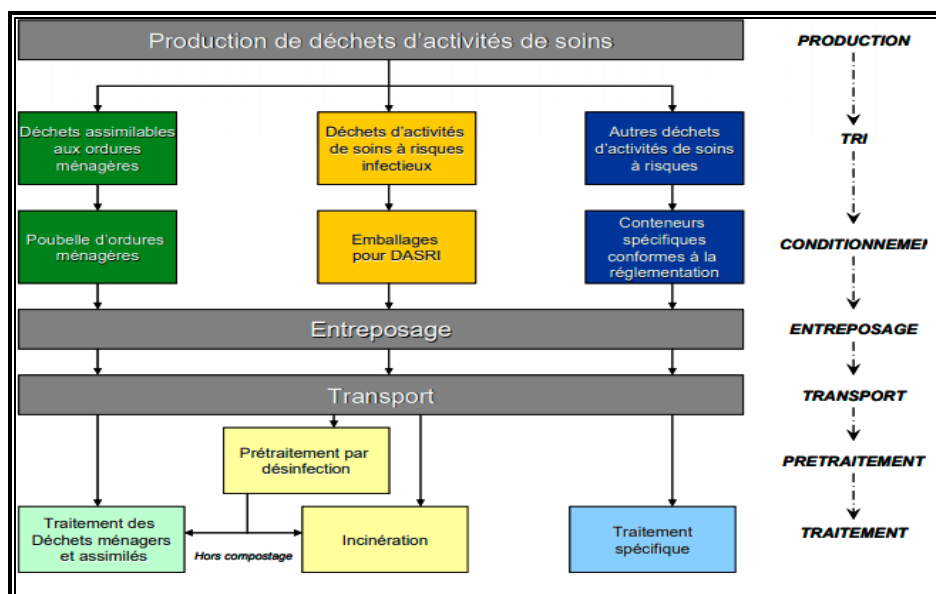


Figure 1.2 Schéma récapitulatif de la gestion des déchets biomédicaux
Tirée de l'ADEME (2012)

Cas du Québec

Le Règlement sur les déchets biomédicaux en son article 1 distingue les déchets anatomiques et non anatomiques dont la prise en charge implique des mécanismes de traitement et d'élimination distincts. Elle se fait autant sur le lieu de production ou en dehors du lieu de production desdits déchets. La provenance et la nature de ces déchets biomédicaux déterminent donc le type de prise en charge qui leur est associé.

Le Règlement sur les déchets biomédicaux en son article 6 stipule que les déchets biomédicaux non anatomiques sont traités par désinfection ou incinération. En revanche, l'article 5 du même règlement précise que les déchets biomédicaux anatomiques sont traités par incinération. Dans le premier cas, une disposition du règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (chapitre Q-2, R. 19) régit l'admissibilité de ces déchets préalablement désinfectés dans un site d'enfouissement. La désinfection ayant contribué à rendre les déchets biomédicaux non anatomiques assimilables aux ordures ménagères et favorisant leur miscibilité lors de leur élimination.

Le règlement autorise également l'enfouissement des cendres issues de l'incinération des deux types de déchets biomédicaux dans un lieu d'enfouissement technique. La figure 1.3 ci-après présente les différentes catégories qui regroupent les déchets régis par ce Règlement.



Figure 1.3 Synthèse du type des déchets biomédicaux

Tirée de Santé Synergie Environnement (2015)

La gestion des déchets biomédicaux sur leur lieu de production exige une séparation préalable vis-à-vis des déchets ordinaires. À la suite de quoi, ils sont placés dans des contenants sécuritaires et soigneusement identifiés avec un sigle biorisque (Boubacar, 2011). De cette manière, seules les personnes autorisées assurent la collecte, l'entreposage, le transport et l'élimination des déchets. Les déchets sont entreposés à une température inférieure à 4 °C dans l'attente du ramassage par une firme spécialisée.

La gestion des déchets biomédicaux hors du lieu de leur production implique des contraintes supplémentaires en plus de celles liées à l'entreposage des déchets. La référence est faite ici à la manutention, le transport et le traitement de ces déchets. Une firme spécialisée transporte des déchets emballés et étiquetés selon les normes réglementaires en vigueur d'un point A et les décharge vers un point B. La désinfection des contenants, conteneurs et véhicules utilisés requiert de disposer d'une installation adaptée et d'un personnel qualifié pour cette activité.

Les modes de traitements des déchets biomédicaux actuellement pratiqués au Québec et recommandés impliquent que les déchets biomédicaux non anatomiques traités à l'interne comme à l'externe le soient par autoclave. En revanche, les déchets biomédicaux anatomiques sont traités par incinération lorsqu'ils sont traités à l'externe. L'exploitant d'une installation d'incinération des déchets biomédicaux doit détenir une autorisation délivrée par l'autorité compétente (MSSS, 2017). La figure 1.4 ci-après présente les principaux types de traitements appropriés pour les déchets biomédicaux.








 PIQUANTS TRANCHANTS AIGUILLE, AMPOULE, VERRE BRISÉ, RASOIR, LAME, TROCARD, LAME DE BISTOURI, CISEAUX.....	 AUTOCLAVE	Selon les informations obtenues par SSE, au Québec, les déchets non anatomiques et piquants/tranchants sont stérilisés par autoclave, soit directement par l'établissement de santé qui possède un autoclave, soit par un sous-traitant, Stéricycle ou Daniels Sharpsmart.
 DÉCHETS ANATOMIQUES ORGANE OU PARTIE DU CORPS	 INCINÉRATION	Selon le Guide de gestion des déchets du réseau de la santé et des services sociaux publié en 2016 par le Ministère de la santé et des services sociaux (MSSS), [...] les déchets biomédicaux anatomiques (humains et animaux) doivent être traités par incinération.
 DÉCHETS NON ANATOMIQUES DÉCHETS INFECTIEUX, PRODUITS DU SANG, CULTURE, ÉQUIPEMENT DE PROTECTION, TUBULURES, VACCIN	  AUTOCLAVE INCINÉRATION	Les déchets biomédicaux non anatomiques doivent être traités par désinfection (autoclave) ou incinération. Le règlement interdit de compacter et de rejeter à l'égout des déchets biomédicaux.

Figure 1.4 Les types de traitements des déchets biomédicaux recommandés

Tirée de Santé Synergie Environnement (2015)

1.3 Modèle de gestion des déchets : pays émergent

Cas de l'Inde

Les déchets biomédicaux sont définis comme tous types de déchets solides ou liquides contenant des déchets infectieux, matériaux d'origine médicale, de laboratoire ou de recherche provenant d'activités telles que le diagnostic, la prévention et le traitement de maladies potentiellement infectieuses (Deepika et *al.*, 2021 ; Priya, 2018 ; Kumar, et *al.*, 2015).

Malgré les efforts du gouvernement indien à mettre en place des méthodes et des règles de prise en charge et d'élimination des déchets, c'est une problématique qui demeure d'actualité (Kumar, et *al.*, 2015 ; Deepika et *al.*, 2021). Cette gestion s'avère insuffisante pour endiguer le problème, d'où l'adoption de nouvelles approches parmi lesquelles, le

traitement à la source des déchets et le recyclage plutôt que leur élimination (Priya, 2018 ; Kumar et *al.*, 2015 ; Deepika et *al.*, 2021).

L'Inde génère environ 2 kg/lit/jour de déchets biomédicaux composé de déchets anatomiques, cytotoxiques et d'objets tranchants, qui, lorsqu'ils sont mal triés, provoquent différents types de maladies infectieuses mortelles comme le VIH et l'hépatite B et C, etc. Ils favorisent également des perturbations au niveau de l'environnement et par conséquent produisent des effets néfastes sur l'équilibre écologique (Deepika et *al.*, 2021 ; Priya, 2018 ; Kumar et *al.*, 2015).

Les déchets générés par les hôpitaux publics sont toujours en grande partie jetés à l'air libre, attendant d'être collectés avec les déchets généraux (Kumar et *al.*, 2015). Cette façon de faire contribue à augmenter les risques d'exposition encourus par les individus non protégés (gants, masques, bottes etc.) qui fouillent les décharges anarchiques à la recherche de matériel à recycler (Priya, 2018).

La figure 1.5 ci-dessous présente le code de couleurs adopté pour faciliter la ségrégation, la collecte, le transport et l'élimination des déchets par les producteurs pollueurs, afin de réduire, les risques de maladies infectieuses et les perturbations environnementales qu'ils pourraient engendrer.



Figure 1.5 Caractérisation et classification des déchets biomédicaux
Tiré de Priya (2018).

Le gouvernement indien a également entrepris depuis 2016, une réforme visant à mettre à jour les règles entourant la prise en charge et le traitement de ses déchets biomédicaux. Elles se résument dans la pratique d'une ségrégation à la source des déchets, l'adoption d'un système de code-barre pour faciliter la traçabilité des déchets, le respect d'un délai de 48 h pour le stockage des déchets anatomiques humains et animaux, la désinfection obligatoire des déchets par le producteur avant leur traitement et finalement l'adoption d'un standard d'émission de $0,1 \text{ ng TEQ/Nm}^3$ pour les dioxines et furanes avec un temps de résidence de deux secondes dans un incinérateur (Priya et *al.*, 2018). La figure 1.6 ci-dessous présente les principales options de traitement et d'élimination actuellement utilisés en inde.

Category	Waste Content	Components	Method of treatment and disposal
Category No. 1	Human Anatomical Waste	Human tissues, organs, body parts	Incineration /deep burial
Category No. 2	Animal Waste	Animal tissues, organs, body parts carcasses, bleeding parts, fluid, blood and experimental animals used in research, waste generated by veterinary hospitals colleges, discharge from hospitals, animal, Houses	Incineration /deep burial
Category No 3	Microbiology & Biotechnology Waste	Wastes from laboratory cultures, stocks or specimens of micro-organisms live or attenuated vaccines, human and animal cell culture used in research and infectious agents and industrial laboratories, wastes from production of biologicals, from research toxins, dishes and devices used for transfer of cultures	Local autoclaving/ micro waving/ incineration
Category No. 4	Waste sharps	Needles, syringes, scalpels, blades, glass, etc. that may cause puncture and cuts. This includes both used and unused sharps	Disinfections chemical treatment /autoclaving/micro waving and mutilation shredding
Category No. 5	Discarded Medicines and Cytotoxic drugs	Wastes comprising of outdated, contaminated and discarded medicines	Incineration / destruction & drugs disposal in secured landfills
Category No. 6	Solid Waste	Items contaminated with blood, and body fluids including cotton, dressings, soiled plaster casts, lines, beddings, other material contaminated with blood	Incineration , autoclaving/ micro waving
Category No. 7	Solid Waste	Wastes generated from disposable items other than the waste sharps such as tubing's, catheters, intravenous sets etc	Disinfections chemical treatment /autoclaving/micro waving and mutilation shredding
Category No. 8	Liquid Waste	Waste generated from laboratory and washing, cleaning, house-keeping and disinfecting activities	Disinfections by chemical treatment and discharge into drains
Category No. 9	Incineration Ash	Ash from incineration of any bio-medical waste	Disposal in municipal landfill
Category No. 10	Chemical Waste	Chemicals used in production of biologicals, chemicals used in disinfection, as insecticides, etc	Chemical treatment and discharges into drains

Figure 1.6 Méthodes de traitement et d'élimination des déchets biomédicaux

Tiré de Sharma (2019).

1.4 Modèle de gestion des déchets : pays en voie de développement

Cas du Burkina Faso

Les déchets biomédicaux sont définis comme des déchets cliniques provenant de soins médicaux dispensés dans des hôpitaux, centres médicaux et cliniques (Boubacar, 2011). Le Burkina Faso dispose d'un plan national de développement sanitaire qui encadre les axes d'intervention prioritaire en matière de santé sur l'ensemble du territoire. La stratégie de gestion des déchets biomédicaux qui fait partie des axes prioritaires du pays est pour le moment jugée insuffisante par les pouvoirs publics qui s'attèlent à renverser cette situation.

Actuellement, la gestion des déchets biomédicaux de nature solides se fait à l'aide d'incinérateur. Elle s'organise soit par regroupement de centre de santé et de promotion sociale (CSPS) ou par la gestion centralisée par district sanitaire. Dans le premier cas, l'incinérateur dessert alors plusieurs centres de santé et de promotion sociale rattachés à la même région administrative. Sachant que le Burkina Faso est divisé en 13 régions administratives subdivisées en collectivité territoriale organisée en districts sanitaires (Ministère de la Santé , 2020).

Chaque centre de santé et de promotion sociale abrite un incinérateur avec une fosse pour l'élimination des cendres issues de l'incinération (Figure 1.7) et d'une autre fosse pour l'enfouissement des déchets qui ne sont pas incinérés. La distance minimale des incinérateurs par rapport aux habitations est comprise entre 50 à 200 m autour du centre de santé et de promotion sociale (EUMC, 2018), afin d'éviter autant que possible l'exposition des populations locales à des émissions qui peuvent être dommageables pour leur santé.

La gestion centralisée par district sanitaire présente des similarités avec le mode de gestion par regroupement. Tous les déchets de la région convergent vers le site possédant l'incinérateur. Dans ce cas précis, l'incinérateur offre une plus grande capacité de traitement par rapport au premier modèle de gestion (Figure 1.8). Il est destiné aux centres médicaux avec antenne chirurgicale (CMA) qui démontrerait une fréquentation quotidienne plus importante et produirait de plus grandes quantités de déchets biomédicaux que les centres de santé et de promotion sociale.

L'enfouissement est pratiqué de manière complémentaire à l'activité d'incinération des déchets. Elle se fait soit sur le site du centre de santé et de promotion sociale ou alors à la décharge municipale.



Figure 1.7 Fosse d'enfouissement des cendres d'incinération
Tiré de EUMC (2018)



Figure 1.8 Faso Incinérateur
Tiré de EUMC (2018)

1.5 Les méthodes d'aide à la décision

Par le passé, l'approche monocritère qui consiste en l'appréciation d'une fonction unique telle que l'aspect économique et quantitatif d'une solution était privilégié lorsque des questions environnementales étaient mises sur la table (Maystre, 1997). Elle nécessitait que le problème soit bien posé, avec une logique mathématique pour qu'elle puisse aider dans la décision finale (Martel, 1999). Or par leur nature, les problèmes liés à l'environnement entraînent des conséquences multiples et complexes (sur le plan

économique, environnemental, social, politique, etc.) nécessitant l'intervention d'experts de diverses disciplines pour mitiger leurs effets. Selon Bouyssou (1993), la démarche multicritère est la conviction selon laquelle construire explicitement une réponse autour de plusieurs critères peut jouer un rôle positif dans le processus d'aide à la décision.

Il existe dans la littérature plusieurs méthodes multicritères qui peuvent être organisées autour de trois approches (Roy, 1985) :

1. l'approche du critère unique de synthèse, évacuant toute incomparabilité ;
2. l'approche du surclassement de synthèse acceptant l'incomparabilité ;
3. l'approche du jugement local interactif avec itérations essais-erreur.

L'approche du critère unique de synthèse

Elle est caractérisée par l'évaluation et la hiérarchisation d'actions, de scénarios ou d'hypothèses en fonction de critères d'évaluation définis (Topsis, SMART, etc.). L'ensemble des critères formulés sont agrégés sous la forme d'une fonction critère unique qui les synthétise (Taibi, 2015). Selon Scharlig (1985), cette méthode d'inspiration américaine transforme un problème multicritère en un problème monocritère. Le modèle québécois de gestion des déchets biomédicaux s'en inspire d'ailleurs dans son processus d'aide à la décision.

L'approche du surclassement de synthèse

Selon Roy (1985), elle modélise les préférences des décideurs à travers l'introduction de seuils de discrimination (indifférence, préférence) entre les différents critères définis afin d'établir des relations de surclassement. Elle oppose généralement des paires d'actions entre elles afin de déterminer s'il existe une relation de surclassement entre celles-ci (Taibi, 2015). Le modèle français de gestion des déchets biomédicaux y a recours dans son processus décisionnel. Dans cette approche, le dernier mot revient aux décideurs, car l'outil ne sert qu'à suggérer des recommandations. On peut citer à titre d'exemple la méthode Électre, Prométhée, GAIA, etc.

L'approche du jugement local

Elle nécessite en premier de déterminer une solution de départ qui par un processus de recherche itérative à l'aide d'informations glanées selon les préférences des décideurs permet de trouver une meilleure solution. Ce processus répétitif est caractérisé par des phases de calculs et de dialogues qui mènent donc à un compromis final qui va satisfaire le décideur (Kazitani, 2009).

D'autres méthodes comme l'analyse coût-bénéfice, ou encore l'analyse de la satisfaction supportent les prises de décision ainsi que la sélection de stratégie de gestion des déchets (Jovanovic et *al.*, 2016; Rojo, 2009). L'analyse coût-bénéfice est l'un des outils utilisés par les économistes pour déterminer l'efficacité économique d'une politique ou d'une proposition de politique particulière. Elle permet de quantifier les coûts et bénéfices d'une politique environnementale en termes monétaires (Atkinson et Mourato, 2015). Cependant, les coûts environnementaux d'un projet sont souvent complexes à déterminer, donc, il est recommandé d'utiliser cette méthode dans un but d'aide à la décision plutôt que pour l'évaluation des coûts (Rojo, 2009 ; CIRAIG, 2011).

D'un autre côté, l'analyse de la satisfaction possède l'avantage de proposer une solution simple à un problème complexe. La méthode est compréhensible, rationnelle et facilite le débat entre les différents acteurs impliqués (Taibi, 2015). En d'autres termes, c'est un exercice complexe parce que les décideurs doivent intégrer dans leur jugement, des critères (tangibles et intangibles) parfois contradictoires pour parvenir à une solution (Jovanovic et *al.*, 2016 ; Rojo, 2009 ; Taibi, 2015).

1.6 Description des procédés de traitement

Le choix d'un procédé de traitement thermique de déchets biomédicaux devrait contribuer à mitiger les risques microbiologiques qui leur sont associés et assurer un meilleur contrôle sur les gaz à effet de serre issus de leur combustion. Plusieurs procédés permettent de traiter de manière convenable les déchets biomédicaux, mais dans le cadre de ce mémoire, trois types d'incinérateurs fixés par le contexte du projet sont présentés.

1.6.1 Incinérateur à chambre simple

L'incinérateur à chambre unique est utilisé en grande majorité dans les pays à faible revenu (Billau, 2008 ; OMS, 2000). Ce procédé est très utilisé dans les pays à faible revenu, car il nécessite un entretien minimal (Boubacar, 2011; OMS, 2000). Il est adapté pour des centres de soins de santé produisant de petites quantités de déchets biomédicaux. Il réduit significativement (80-90 %) le volume et le poids des déchets et offre une certaine efficacité en matière de désinfection des déchets (CICR, 2011 ; Billau, 2008 ; PNUE, 2008). Cependant, à la lecture du tableau 1.2, les températures basses de combustions (300 et 400 °C) qu'il présente favorisent une combustion incomplète des déchets (Billau, 2008). Son processus de combustion incomplet contribuerait à l'émission d'une variété de polluants (dioxine, furanes), de métaux (plomb, mercure), de gaz acides (HCL, SO₂), du monoxyde de carbone et des oxydes d'azotes (Billau, 2008 ; PNUE, 2008). De plus, l'absence d'un système de contrôle de ces émissions feraient qu'ils contribuent à polluer l'air environnant (OMS, 2000 ; Boubacar, 2011). Ce type de procédé devrait être considéré comme l'ultime solution en matière de traitement et d'élimination des déchets infectieux, car il ne fait pas partie des meilleures pratiques d'incinération (PNUE, 2008 ; Billau, 2008).

1.6.2 Incinérateur à chambre double

L'incinérateur à chambre double dispose d'une chambre de combustion primaire et une chambre de combustion secondaire. Il permettrait de traiter convenablement tous les types de déchets biomédicaux (OMS, 2000 ; CICR, 2011). Il offre des températures élevées d'incinération comprise entre 800 à 1200 °C qui sont en général contrôlées et favorisent la destruction complète des déchets (OMS, 2000 ; CICR, 2011). Les déchets sont brûlés dans la chambre primaire de combustion. Les gaz produits et les déchets partiellement brûlés se retrouvent dans la deuxième chambre avec un apport en air plus important qui attise l'incinération. Le processus d'incinération pourrait s'accompagner de l'émission de gaz à effet de serre nocif (norme européenne : 0,1 ng TEQ/Nm³) pour

l'environnement et pour l'homme (PNUE, 2008 ; Ineris, 2001 ; Billau pascal, 2008). Toutefois, le procédé permettrait un meilleur contrôle de ces émissions dans l'environnement naturel et sur la santé des populations à l'aide d'un système de lavage des gaz produits qui pourrait lui être incorporé.

1.6.3 Four rotatif

L'incinération avec un four rotatif tout comme celui à chambre double permettent la récupération d'énergie (Dessau, 2006 ; PNUE, 2008). La composition hétérogène des déchets qu'il permet de traiter nécessite tout de même un prétraitement préalable, afin d'améliorer la combustion. Il dispose d'un four de combustion et d'une chambre secondaire de combustion dont les températures sont respectivement comprises entre 850 et 1450 °C (PNUE, 2008 ; CICR, 2011). Elles participent à la destruction complète de composés organiques, de déchets tranchants ou piquants et des microorganismes. Par ailleurs, il faut préciser que la teneur en cendres lourdes est faible et l'efficacité énergétique est de bonne qualité compte tenu de la nature des déchets incinérés (Dessau, 2006 ; PNUE, 2008). En revanche, il nécessite de disposer d'un personnel qualifié et d'un système de contrôle des émissions sophistiqué pour minimiser les gaz toxiques produits (OMS, 2000).

Le tableau 1.2 ci-après permet de se faire une idée sur les types de déchets qui peuvent être traités par les trois procédés qui viennent d'être décrits.

Tableau 1.2 Correspondance des technologies de traitement et types de déchets

Tiré de CICR (2011)

Catégorie de déchets/technique de traitement	1. Déchets piquants et tranchants	2a. Déchets présentant un danger de contamination	2b. Déchets anatomiques	2c. Déchets infectieux	3a. Déchets de médicaments	3d. Déchets chimiques
Four rotatif 900-1200° C	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Incinérateur pyrolytique ou à double chambre >800° C	oui	oui	oui	oui	non	non
Incinérateur à chambre unique 300-400° C	oui avec précautions	oui avec précautions	oui avec précautions	oui avec précautions	non	non
Désinfection chimique	oui	oui	non	oui	non	non
Autoclave	oui	oui	non	oui	non	non
Encapsulation	oui	non	non	non	oui	oui petites quantités
Fosse d'enfouissement sur site	oui	oui	oui	oui après décontamination	oui petites quantités	non
Fosse à aiguilles	oui	non	non	non	oui petites quantités	non
Décharges contrôlées hors site	oui petites quantités, avec encapsulation	oui avec précautions	non	oui après décontamination	non	non

Le tableau 1.3 ci-dessous présente un récapitulatif des avantages et des inconvénients des procédés associés au traitement des déchets biomédicaux. Ils sont regroupés en trois catégories : les incinérateurs à haute température (>1000°C), les incinérateurs à chambre double (800-900 °C) et les incinérateurs à chambre unique (300-400°C).

Tableau 1.3 Avantages et inconvénients des procédés de traitement

Tiré de CICR (2011)

Incinération	Avantages	Inconvénients
Incinérateur à haute température (> 1000° C) Four rotatif (>1200° C)	<ul style="list-style-type: none"> → Destruction complète des déchets. → Les déchets ne sont pas reconnaissables. → Réduction significative du volume et du poids des déchets. → Traitement de grandes quantités de déchets. → Émissions toxiques réduites. → Adapté à tous les types de déchets. 	<ul style="list-style-type: none"> → Coûts de construction élevés (25 000-100 000 francs suisses, 350 000 pour les fours rotatifs). → Coûts d'exploitation et de maintenance relativement élevés; ces coûts augmentent avec le niveau de sophistication du système de contrôle d'émissions. → Besoin de courant électrique, de personnel hautement qualifié, de combustible. → Production de cendres contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furanes.
Incinérateur à chambre double (800° C-900° C) Usine d'incinération des ordures ménagères	<ul style="list-style-type: none"> → Destruction totale des micro-organismes. → Réduction significative du volume et du poids des déchets (> 95 %). → Destruction de tous les types de déchets organiques (liquides et solides). → Traitement de grandes quantités de déchets. 	<ul style="list-style-type: none"> → Coûts d'investissement relativement élevés (15 000 francs suisses). → Besoin de combustible. → Nécessité d'un personnel qualifié et d'un suivi permanent. → Émission de gaz de cheminée toxiques (incluant dioxines et furanes). → Pas de destruction des déchets tranchants ou piquants. → Pas pour les déchets chimiques et pharmaceutiques. → Production de cendres contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furanes.
Incinérateur à chambre unique (300-400° C)	<ul style="list-style-type: none"> → Désinfection relativement efficace. → Réduction significative du volume et du poids des déchets. → Simple et bon marché (1000 francs suisses). 	<ul style="list-style-type: none"> → Besoin de combustible. → Combustion incomplète avec risque de stérilisation incomplète. → Émission significative de polluants atmosphériques. → Besoin de nettoyage périodique de la suie. → Inefficacité dans la destruction des substances chimiques ou pharmaceutiques thermiquement résistantes. → Pas de destruction des déchets tranchants ou piquants. → Production de cendres contenant des métaux lixiviés, des dioxines et des furanes.

1.7 Étude de cas : cas du Burkina Faso

1.7.1 Situation géographique

Le Burkina Faso est logé en Afrique subsaharienne occidentale, il est subdivisé en 13 régions, 45 provinces, 350 départements, 351 communes et 8 228 villages, une répartition qui s'étend sur une superficie d'environ 274 200 km. Il partage une frontière terrestre à l'Est avec le Niger, à l'Ouest et au Nord avec le Mali et au Sud avec le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Togo (Ministère de la santé, 2020). Le pays présente un climat chaud et humide favorable à la prolifération de certains vecteurs de maladies infectieuses. On y retrouve deux saisons avec une saison pluvieuse qui va du mois de mai à celui de septembre, suivi d'une saison sèche allant du mois d'octobre à celui d'avril.

1.7.2 Description du contexte d'application

Le programme d'amélioration de la santé des mères et des enfants phase 2 (PASME 2) financée par le gouvernement canadien par l'entremise d'Affaires mondiales Canada (AMC) est mis en œuvre au Burkina Faso par l'Entraide universitaire mondiale canadienne (EUMC). Son action vise principalement deux axes qui sont : l'amélioration de la prestation des services de santé essentiels fournis aux mères, aux femmes enceintes, aux nouveau-nés et aux enfants de moins de 5 ans et l'amélioration du taux d'utilisation des services essentiels par les mères, les femmes enceintes, les nouveau-nés et les enfants de moins de 5 ans (EUMC, 2018). Le PASME 2 a pour cible prioritaire les structures sanitaires périphériques organisées en districts. Huit districts appartenant à trois régions sont concernés dont deux dans la région du Nord (Yako et Gourcy), deux dans la région de l'Est (Bogandé et Manni) et finalement quatre dans la région du Centre ouest (Koudougou, Réo, Sabou et Tenado) (Figure 1.9).

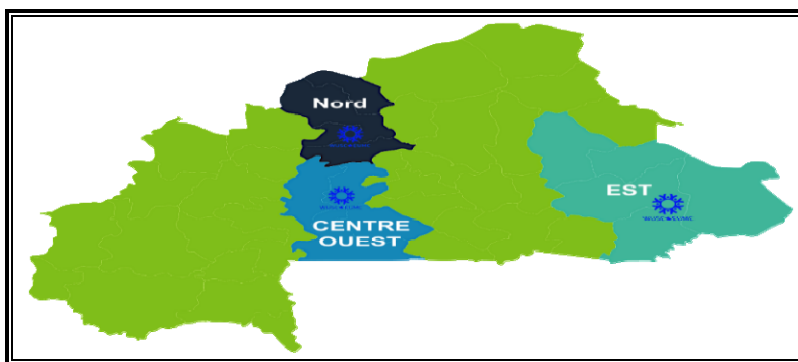


Figure 1.9 Trois régions d'interventions de PASME 2 au Burkina Faso

Tiré de EUMC (2018)

Une étude de base menée en novembre 2016 par l'entraide universitaire mondiale canadienne (EUMC) mets en avant l'incapacité des centres de santé et de promotion sociale (CSPS), à éliminer de manière conventionnelle leurs déchets biomédicaux. L'étude conclut sur la nécessité de doter les centres de santé et de promotion sociale bénéficiaires du programme en infrastructures de gestion des déchets (EUMC, 2018).

1.7.3 Situation sécuritaire

Malgré un climat pacifique qui a toujours régné dans ce pays, ces dernières années, le contexte sécuritaire du Burkina Faso a connu d'importants changements. Notamment, à la faveur de la crise sociopolitique d'octobre 2014 ponctuée par le départ du président Blaise Compaoré. Cette crise a conduit à une transition politique assez mouvementée déclenchée par ce coup d'État militaire. Progressivement, on a assisté à une montée graduelle de l'incivisme, de la naissance de mouvements terroristes qui ont contribué à la formation de groupe d'autodéfense communautaire (EUMC, 2018). Cet ensemble de facteurs a contribué à créer une instabilité notoire dans le pays, ce qui affecte quasiment tous les secteurs d'activités. Certaines régions bénéficiant de la construction d'ouvrages de gestion de déchets biomédicaux sont devenues complètement inaccessibles. Le terrorisme et le climat de terreur qui y prévaut actuellement pourraient y avoir contribué.

La progression des activités est donc parfois ralentie ou simplement stoppée et leur reprise est quasi incertaine.

1.7.4 Contexte règlementaire

Comme dans la plupart des pays en voie de développement, il existe une multitude de lois et règlements qui régissent et encadrent l'activité de gestion des déchets biomédicaux au Burkina Faso. En effet, le Burkina Faso est signataire de plusieurs conventions internationales, nationales et régionales (Ministère de la Santé, 2020). Quelques conventions qui encadrent de manière spécifique cette activité :

1. la convention de Bâle adopté en 1989 et entrée en vigueur en 1992 (UN, 2012) ;
2. la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (RIO, 1992) ;
3. déclaration de Rio de Janeiro sur l'environnement et le développement en 1992 ; (*Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement*, 1992) ;
4. la Convention de Bamako de janvier 1991, entrée en vigueur en 1998 (Ouguergouz, 1992).

En substance, ces conventions aident à encadrer les activités liées aux déchets à caractère dangereux à l'intérieur du pays tout comme leurs mouvements transfrontaliers. Elles protègent le pays contre un afflux incontrôlé de déchets à traiter d'origine extérieure.

1.7.5 Problématiques des pays en voie de développement

Le gouvernement du Burkina Faso avec l'appui de son partenaire extérieure a fait le choix d'améliorer l'offre de prestation de services de santé de la mère, du nouveau-né, de l'enfant et d'accroître l'utilisation de ces services par les femmes et leurs enfants. Une volonté d'encourager les femmes à consulter régulièrement afin de réduire la mortalité et la morbidité infantile (CRDI, 2009 ; Soubeiga, 2012). Il semblerait donc pertinent de prévoir que le niveau de fréquentation des centres de santé et de promotion sociale

augmente progressivement. Une augmentation qui serait proportionnelle à la quantité de déchets issue des activités des centres de soins de santé et de promotion sociale. L'autre problème qui se pose actuellement est celui de l'élimination des déchets contaminés issus de ceux-ci. Il faudrait s'assurer de bien planifier et exécuter leur prise en charge, car ces déchets pourraient être considérés comme des sources potentielles d'infection(s) et de pollution(s) pour la santé des personnes et de l'environnement naturel (OMS, 2000 ; Billau, 2008). Cependant, dans la pratique, la difficulté des décideurs réside dans la nécessité de concilier les considérations économiques, environnementales et sociales afin de se doter d'un système de gestion des déchets biomédicaux adéquat (Rojo, 2009).

CHAPITRE 2

MÉTHODOLOGIE

Dans un premier temps, les principales étapes de la méthode d'analyse de la satisfaction sont présentées. À la suite de quoi, les différentes simulations envisagées sont également abordées. Finalement, l'approche décisionnelle utilisée par l'Entraide universitaire mondiale canadienne et ses partenaires locaux du Burkina Faso est brièvement présentée.

2.1 Analyse de la satisfaction : les principales étapes

2.1.1 Description des catégories et critères d'évaluation

Les catégories d'évaluation devraient contribuer à l'évaluation et la classification des procédés sélectionnés pour les différentes simulations à développer. D'une certaine manière, elles devraient permettre d'identifier le procédé qui correspond au meilleur choix possible selon les préférences formulées. Ainsi, les données provenant de la revue de la littérature vont être utilisées pour définir les critères des catégories économiques, environnementales, sociales, et techniques retenues.

Catégorie économique

Elle devrait permettre d'opter pour le type de procédé qui pourrait offrir la possibilité de développer un tissu économique soutenable sur du long terme. En d'autres termes, elle doit aider à sélectionner un procédé qui pourrait augmenter les performances locales en matière de création de richesses, favorisant ainsi l'atteinte de cibles économiques telles que la création d'emplois, la création d'opportunités d'affaires ou encore l'innovation.

Critères économiques

Le tableau 2.1 ci-dessous présente la description détaillée des critères retenus pour l'évaluation de la catégorie économique. Ainsi, la faisabilité économique permettrait d'estimer les retombées (financières, économiques, sociale, etc.) en matière de développement d'un tissu économique viable auquel pourrait s'attendre la population locale. Moins les matériaux et les équipements nécessaires à la construction dudit procédé seraient disponibles localement, moins ce choix bénéficierait à la population locale. De même, moins les marchés de construction seraient attribués aux locaux, moins la pérennisation des emplois créés localement est concevable.

Tableau 2.1 Description des critères économiques

Critères	Explications
Développement de l'économie local	Peu de retombés économiques locales attendues, peu d'effet sur le pouvoir d'achat des habitants et sur l'attribution aux locaux des chantiers de construction.
Emplois	Peu d'emplois directs et indirects associés à l'activité sont créés et maintenus dans le temps.
Faisabilité économique	Peu de ressources disponibles (matériaux, équipements et expertises) en matière de construction, implémentation et maintien des systèmes de gestion choisis.
Impact sur la recherche et développement	Peu d'innovation possible avec le procédé si le transfert d'expertise ne suit pas (existence de plateformes d'échanges).
Valorisation potentielle des extrants	Peu de revenus sont associés aux extrants produits (gaz, électricité, matériaux, cendres etc.)
Niveau de collecte des déchets	Peu de régularité dans la collecte des déchets produits.
Perspectives économiques	Peu de création de nouveaux marchés et de nouvelles opportunités d'affaires (expertise, développement d'industrie nouvelle, attrait touristique,) entre les différents acteurs du secteur d'activité.

Toutefois, l'existence et l'utilisation de plateforme(s) de partage de connaissance(s) devraient contribuer à accélérer la recherche et le développement. Moins ces plateformes seraient disponibles pour une meilleure exploitation du procédé, moins leur utilisation serait optimale. Aussi, les possibilités de valorisation des extrants issus du processus de traitement des déchets diminueraient, car conditionnées par cet aspect, ce qui rendrait difficile l'appréciation des perspectives économiques liées à un tel investissement. Finalement, moins le réseau de collecte des déchets serait développé pour alimenter de manière régulière les installations de traitement, moins le procédé retenu devrait être rentable pour ses exploitants.

Catégorie environnementale

Cette catégorie devrait permettre d'apprécier les impacts environnementaux potentiels liés à l'utilisation d'un procédé de traitement de déchets biomédicaux. Pour cela, elle doit inclure des critères qui permettent d'estimer le bilan quantitatif des flux entrants (eau, énergie, matière première) et sortants (air, eau, déchet) du cycle de vie du procédé (Ramadan, 2021 ; ADEME-AMORCE ; 2005).

Critères environnementaux

Le tableau 2.2 ci-après présente la description détaillée des critères retenus pour l'évaluation de la catégorie environnementale. Ils correspondent aux indicateurs utilisés pour déterminer l'impact d'un produit ou d'un service sur l'environnement (Rojo, 2009 ; ADEME-AMORCE, 2005). Ils pourraient donc aider dans l'interprétation et la quantification des éléments du bilan de matière/énergie en termes d'impact(s) sur l'environnement d'une technologie (ADEME-AMORCE, 2005).

Tableau 2.2 Description des critères environnementaux

Critères	Description
La non-acidification atmosphérique	Peu d'impact des émissions atmosphériques sur l'environnement (eaux de surface, eaux souterraines sols, bâtiments, écosystèmes)
Consommation de ressources énergétiques	Les ressources énergétiques (transport, recyclage, production) consommées ont peu d'impact sur l'environnement
Pollution atmosphérique	Peu de formation de poussières, dioxines et furanes, de Nox et formation de smog
Pollution des eaux	Peu de rejets de matières en suspension et de risque d'eutrophisation possible
Pollution des sols	Peu de métaux lourds et de polluants organiques formés
Réchauffement Global	Les gaz à effet de serre (CO ₂ CH ₄ N ₂ O) produits contribuent peu au réchauffement
Écotoxicité de l'eau	Peu d'impact de la toxicité des émissions sur le milieu aquatique
Écotoxicité du sol	Peu d'impact de la toxicité des émissions sur le milieu terrestre.

Catégorie sociale

Les aspects sociaux sont difficilement quantifiables (Ascough *et al.*, 2008). Ils sont de plus en plus présents dans les analyses multicritères, d'où l'importance de disposer de critères qualitativement appréciables, pour une meilleure approximation (Ehrgott et al., 2010). Leur pertinence serait toute trouvée s'ils permettent de mieux cerner les enjeux locaux autour du processus décisionnel. La catégorie sociale permettrait donc l'analyse de critères dont la nature qualitative rend leur quantification difficile (Rojo, 2009).

Critères sociaux

Le tableau 2.3 ci-dessous présente la description détaillée des critères retenus pour l'évaluation de la catégorie sociale. Ainsi, la superficie d'implantation d'un procédé pourrait impacter le

quotidien des populations locales. Moins une surface importante serait requise pour celle-ci, plus les populations disposeraient d'espace(s) pour construire leur(s) habitation(s) ou encore faire de l'agriculture. D'un autre côté, le niveau de familiarisation des populations avec le procédé influence souvent son acceptation ou pas (Dessau, 2006 ; ADEME-AMORCE, 2005). Moins le procédé est connu, moins son adoption par les populations aurait des chances d'aboutir.

Tableau 2.3 Description des critères sociaux

Critères	Explications
Acceptation sociale	Peu de concertations et d'informations au sujet du procédé sont communiquées aux populations
Bénéfices sociaux du procédé	Peu de possibilité de nouveaux partenariats, d'échange(s) d'expertise(s) dans ce secteur d'activité (en termes de construction, implantation de système et gestion d'infrastructures).
Distance des habitations	Peu d'importance accordé à l'emplacement du procédé et à son impact sur le quotidien des habitants
Nuisances olfactives	Peu de moyens de mitigation nécessaires pour réduire les émissions d'odeurs.
Nuisances visuelles	Peu de moyens de mitigation nécessaires pour les émissions de poussières, fumées visibles.
Nuisances Sonores	Peu des moyens de mitigation nécessaires pour les émissions sonores.
Risque de santé et sécurité	Peu d'actions préventives existantes pour protéger les employés et les populations des risques de coupures, blessures et d'exposition à des fumées toxiques.
Superficie d'implantation de l'infrastructure	Peu d'espace physique nécessaire pour l'implantation du procédé.

En revanche, moins son implantation est distante des habitations, plus il influencerait positivement le quotidien des habitants, en réduisant, les distances qu'ils parcourent pour aller travailler (Rojo, 2009). Finalement, si la proximité influence l'acceptation du procédé par les populations, des mesures de sécurité réduisant les risques d'exposition

aux émissions, les risques de coupures et de blessures autour des lieux d'incinérations devraient être implémentés.

Catégorie technique

L'aspect technique est souvent associé à l'aspect économique, car son apport serait souvent négligé dans les aspects environnementaux et sociaux lors de l'évaluation du choix des technologies (Graedel, 1998 ; CIRAIG, 2007). Cependant, l'usage prolongé d'un procédé est une donnée qui pourrait impliquer plusieurs critères techniques spécifiques et ces derniers devraient être intégrés lors du processus de sélection du procédé. Ainsi, l'évaluation complète de cette catégorie permettrait de mieux saisir l'importance de cet aspect pour le processus décisionnel.

Critères techniques

Le tableau 2.4 ci-après présente la description détaillée des critères retenus pour l'évaluation de la catégorie technique. Moins un procédé nécessiterait des ressources (financières, humaines, techniques, etc.) pour réduire le volume et la quantité des déchets à incinérer, plus, il pourrait constituer un atout pour celui qui le possède. De plus, moins la maintenance dudit procédé serait fréquente et impliquerait de recourir à des experts externes, alors meilleure serait la qualité de l'investissement consenti. Si, à cela s'ajoutait un besoin de supervision réduit du travail de l'opérateur, moins les besoins en ressource(s) humaine(s) se feraient ressentir. D'un autre côté, moins le procédé prendrait en compte la composition des déchets, la valeur calorifique des déchets et la récupération d'énergie produite durant son fonctionnement. Moins la possibilité de récupérer et transformer cette énergie calorifique en électricité aurait des chances d'aboutir.

Tableau 2.4 Description des critères techniques

Critères	Explications
Qualification de l'opérateur	Peu de qualifications (niveau de scolarité, aptitudes, compétences) préalables exigées de l'opérateur pour effectuer son travail.
Facilité d'utilisation de l'incinérateur	Le niveau d'appropriation nécessaire pour l'utilisation du procédé est peu contraignant.
Fréquence d'entretien de l'incinérateur	L'entretien des infrastructures est peu fréquent et presque souvent peu nécessaire.
Efficacité de l'incinérateur	Peu de réduction de la quantité et du volume des déchets biomédicaux.
Intrants de l'incinérateur	Peu de ressources nécessaires (personnel, finances, matériels combustibles etc.) pour l'atteinte des objectifs fixés.
Composition des déchets	La nature des déchets hétérogène/ homogène est peu prise en compte.
Valeur calorifique des déchets	Le potentiel énergétique des déchets convertibles en électricité est peu pris en compte.
Récupération énergétique	La possibilité(s) de récupérer la chaleur calorifique dégagée pendant le processus d'incinération est peu prise en compte.

2.1.2 Niveau d'importance et pondération des critères

Au sujet de la hiérarchisation des critères dans les différentes catégories, elle repose sur la facilité avec laquelle le processus de quantification des critères est possible. Les critères avec une plus grande importance sont ceux que le procédé de traitement permettrait de mieux quantifiés par rapport aux autres peu quantifiables.

Le niveau d'importance des critères est compris dans un intervalle de 1 à 10. Une importance égale à 10 est attribuée au critère le plus important d'une catégorie donnée. Certains peuvent posséder le même niveau d'importance que celui du critère le plus important. Toutefois, les autres critères de la catégorie s'apprécient par rapport à ce dernier. En d'autres termes, un critère jugé un peu moins ou pas du tout important obtient

un poids inférieur au critère plus important. La figure 2.1 illustre l'échelle de pondération utilisée.

L'appréciation des critères reprend le même principe. Ainsi, un critère quantifiable pourrait se voir attribuer une note de 10, quand un critère un peu moins quantifiable obtiendrait un 7. Ces évaluations reposent sur l'analyse des données issues des différents rapports d'analyses environnementales du projet (voir Annexe I et II), de la revue de la littérature et des observations faites sur le terrain. La somme des notes de chacune des catégories devrait aider dans la détermination du meilleur choix possible.

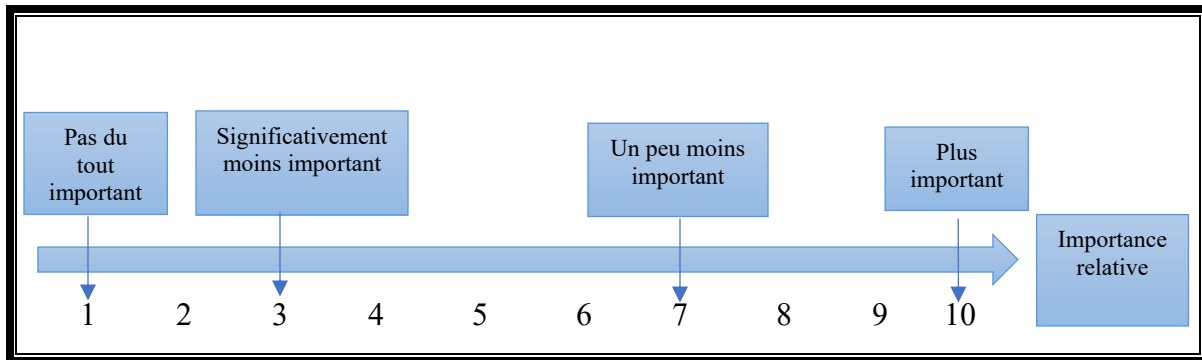


Figure 2.1 Échelle de pondération adaptée de la méthode de classement
Tirée de Ramadan (2021)

2.1.3 Poids des catégories

Le poids d'une catégorie s'obtient par le cumul du niveau d'importance individuel des critères qui la compose. Par la suite, les scores cumulés obtenus sont divisés par la somme des niveaux d'importance des catégories (environnementale, sociale, technique) qui représente la sphère humaine. La multiplication du résultat obtenu par le poids de la sphère humaine qui totalise 50 % facilite la détermination du poids relatif de la catégorie concernée. Le principe est répété subséquemment pour les catégories impliquées dans la simulation évaluée et reproduit pour les autres simulations. En revanche, le poids

catégorie environnementale est fixé à 50 % pour toutes les simulations pour respecter les attentes fixées par les décideurs.

2.1.4 Sélection des procédés

Le contexte du projet fixe par défaut les procédés à évaluer. Ainsi le procédé à chambre simple (type Bailleul) et celui à chambre double (le Faso incinérateur) sont sélectionnés. L'ajout du procédé de four rotatif vient étoffer la liste des alternatives disponibles pour tenter de résoudre les problèmes liés au traitement des déchets biomédicaux. Ce choix s'explique également par sa présence dans la plupart des systèmes de traitement des déchets biomédicaux dans le monde (Dessau, 2006 ; PNUE, 2008).

2.1.5 Présentation des simulations

Le processus décisionnel implique la participation de plusieurs dimensions lorsqu'il est question de problèmes environnementaux (Roy, 1985). D'où l'intérêt d'évaluer des modèles de simulation qui expriment les préférences des différents intervenants impliqués. De cette manière, les résultats obtenus permettraient de valider ou non leur concordance avec les attentes exprimées par les décideurs. Ainsi, les simulations suivantes sont proposées :

Simulation 1 : choix basé sur des préférences économiques

L'évaluation de cette simulation devrait permettre d'opter de préférence pour un procédé qui pourrait soutenir l'économie locale tout en respectant des considérations environnementales. La catégorie économique affiche un poids de 18 %, la catégorie environnementale affiche 50 %, quand les catégories sociales et techniques affichent respectivement 16 et 16 %.

Simulation 2 : Choix basé sur des préférences environnementales

La simulation offre la possibilité de sélectionner un procédé avec une préférence particulière pour celui qui mettrait en avant les considérations environnementales. La catégorie économique affiche un poids de 18 %, la catégorie environnementale affiche 50 %, quand les catégories sociales et techniques affichent respectivement 16 et 16 %.

Simulation 3 : Choix basé sur des préférences sociales

Dans cette simulation, le choix du procédé devrait permettre de répondre aux attentes sociales avec une importance particulière pour la satisfaction des populations locales, tout en respectant les considérations environnementales. La catégorie économique affiche un poids de 13 %, la catégorie environnementale affiche 50 %, quand les catégories sociales et techniques affichent respectivement 19 et 18 %.

Simulation 4 : Choix basé sur des préférences techniques

Cette simulation devrait permettre le choix d'un procédé avec une préférence pour celui offrant les meilleures garanties en matière de performances techniques, tout en respectant les considérations environnementales. La catégorie économique affiche un poids de 16 %, la catégorie environnementale affiche 50 %, quand les catégories sociales et techniques affichent respectivement 13 et 21 %.

2.2 Méthode de sélection utilisée par le Burkina Faso et l'EUMC

La méthode employée dans le cadre du projet PASME 2 met l'accent sur le choix d'un soumissionnaire qui sur la base de son expertise serait responsable de construire le procédé de traitement retenu. La sélection du procédé serait relégué au second plan. Implicitement, cela sous-entendrait que le choix du procédé est associé par défaut à celui du soumissionnaire. Par ailleurs, le soumissionnaire est présélectionné sur la base de son expérience dans la réalisation d'ouvrage de génie civil (EUMC, 2018). Elle tient compte également de variables comme l'environnement, l'énergie et les matériaux nécessaires à

la construction des incinérateurs (EUMC, 2018). Le processus de sélection du soumissionnaire repose sur l'évaluation faite par le comité formé par l'Entraide universitaire mondiale du Canada et le gouvernement du Burkina Faso.

Concrètement, l'examen des offres des soumissionnaires s'est focalisé sur l'analyse de critères techniques tels que la qualification générale du prestataire et sa qualité technique qui représente 70 % de l'évaluation finale. De plus, elle s'accompagne d'une analyse de critères financiers qui représente 30 % de l'évaluation finale (Tableau 2.5). En revanche, l'obtention d'une note minimale de 25/70 à l'examen technique conditionne la poursuite du processus d'évaluation pour l'ensemble des offres examinées. Le choix du soumissionnaire repose sur la formule suivante : Note finale : $0,3 \times \text{évaluations techniques} + 0,7 \times \text{évaluations financières}$. La soumission choisie correspond à celle ayant obtenu la note finale la plus élevée, jugée économiquement et techniquement satisfaisante (EUMC, 2018).

Toutefois, l'absence de pertinence de certains critères d'évaluations et l'ambiguïté de l'échelle de classification des soumissionnaires utilisée lors de ce processus de sélection suggèrent des insuffisances de la méthode. L'intérêt de réaliser une analyse de la satisfaction pour obtenir un résultat correspondant aux préférences exprimées par les décideurs est motivé par ses arguments.

Le tableau 2.5 ci-après montre un exemple du procès-verbal renfermant les critères retenus dans la sélection du prestataire responsable de la construction des incinérateurs à chambre simple dans la région de l'Est pour le compte du programme d'amélioration de la santé des mères et de l'enfant phase 2.

Tableau 2.5 Procès-verbal de sélection des prestataires pour le projet PASME 2
Tiré de EUMC (2018)

Critères	Points %	ETBH	ETHAB	SBS
A-Expérience du soumissionnaire	50	0	5	39
En matière de réalisation d'ouvrages de génie civil dans des centres de santé. Avoir réalisé 03 marchés similaires	10	0	0	4
Connaissance de la zone d'intervention : avoir déjà exécuté des travaux de génie civil dans au moins une des trois Régions du projet	5	0	0	0
Qualification du personnel (liste du personnel avec CV et diplôme du chef de chantier)	15	0	5	15
Le chef de chantier : BEP génie civil, 05 ans d'expérience, avoir déjà conduit des travaux de réalisation d'ouvrages de génie civil.	15	0	0	15
Matériel proposé (camion de ravitaillement). Joindre les cartes grises, les conventions de location et copies de reçus d'achat	5	0	0	5
Méthodologie, Organigramme et Crédibilité du plan	45	0	5	45
Fiabilité de la méthodologie et adéquation au CCTP	25	-	5	25
Organisation du chantier et Planning d'exécution	15	-	0	15
Belle initiative pour une finition des travaux dans le délai	5	-	0	5
Présentation et pertinence du dossier	5	-	2	4
Total note technique (compte 70%)	100	-	12	88
Note technique (NT x 70%)	70	0	8,4	61,6
Offre la moins disante (X) (18 124 000 FCFA)				
Offre du soumissionnaire				18 124 000
Total point offre financière				100
Note financière (-X/Y x 30%)		0	0	30
Note finale (NT + NF)		0	8	92
CLASSEMENT		Disqualifié	Exclu	1er

CHAPITRE 3

RÉSULTATS

Préalablement, avant d'analyser la sensibilité dans la recherche de la meilleure solution possible et d'examiner l'effet du facteur économique sur les simulations réalisées, il convient de présenter d'abord les résultats de chacune des simulations.

3.1 Simulation basée sur des préférences économiques

Le tableau 3.1 ci-dessous présente une simulation caractérisée par une préférence pour un procédé qui pourrait offrir la possibilité de créer des emplois, de valoriser des extrants et d'accélérer la recherche et le développement.

L'analyse des résultats révèle que le procédé de four rotatif affiche la pondération la plus élevée. Il constituerait donc la meilleure solution pour développer un tissu économique soutenable sur le long terme. Ainsi, l'économie locale pourrait bénéficier d'un transfert d'expertise, de la création d'emplois accompagnée de salaires compétitifs, de la promotion de la recherche et le développement, et entre autres de la valorisation énergétique des déchets.

Par ailleurs, la composition hétérogène des déchets (matières dangereuses et liquides visqueux) qu'il permet d'incinérer même si elle pourrait affecter la qualité de son rendement n'est pas à négligée (Dessau, 2006 ; PNUE, 2008).

Tableau 3.1 Choix basé sur des préférences économiques

Catégorie	Critères	Poids	Importance	Chambre simple		Chambre double		Four rotatif	
				Note	Cumul	Note	Cumul	Note	Cumul
Économique	Développement de l'économie local	18%	8	6	48	8	64	10	80
	Emplois		10	4	40	7	70	10	100
	Extrants		10	10	100	8	80	6	60
	Faisabilité économique		6	5	30	10	60	10	60
	Impact sur la recherche et développement		10	3	30	8	80	10	100
	Valorisation potentielle des extrants		8	6	48	10	80	10	80
	Niveau de collecte des déchets		6	8	48	10	60	10	60
	Perspectives économiques		8	3	24	7	56	8	64
	Sous-Total				368		550		604
	Sous-Total pondéré				66		99		109
Environnementale	Non-Acidification atmosphérique	50%	8	1	8	6	48	8	64
	Consommation de ressources énergétiques		8	10	80	7	56	4	32
	Pollution atmosphérique		6	2	12	5	30	8	48
	Pollution des eaux		6	2	12	6	36	8	48
	Pollution des sols		6	2	12	6	36	8	48
	Rechauffement Global		8	4	32	6	48	8	64
	Écotoxicité des eaux		4	1	4	6	24	8	32
	Écotoxicité du sol		4	1	4	6	24	4	16
	Sous-Total				164		302		352
	Sous-Total pondéré				82		151		176
Sociale	Acceptation sociale	16%	8	8	64	6	48	5	40
	Bénéfices sociaux		6	6	36	10	60	10	60
	Distance des habitations		8	8	64	6	48	5	40
	Nuisances olfactives		5	6	30	5	25	3	15
	Nuisances visuelles		5	7	35	6	30	5	25
	Nuisances Sonores		5	10	50	8	40	6	30
	Risque de santé et sécurité		6	4	24	8	48	10	60
	Superficie d'implantation de l'infrastructure		8	8	64	6	48	5	40
	Sous-Total				367		347		310
	Sous-Total pondéré				59		56		50
Technique	Composition des déchets	16%	8	3	24	8	64	6	48
	Efficacité de l'incinérateur		10	8	80	10	100	10	100
	Facilité d'utilisation de l'incinérateur		6	10	60	8	48	5	30
	Fréquence d'entretien de l'incinérateur		6	10	60	7	42	4	24
	Intrants de l'incinérateur		6	10	60	7	42	5	30
	Qualification de l'opérateur		4	10	40	8	32	6	24
	Récupération énergétique		8	1	8	10	80	10	80
	Valeur calorifique des déchets		8	1	8	10	80	8	64
	Sous-Total				340		488		400
	Sous-Total pondéré				54,4		78		64
	Total				1239		1687		1666
	Total Pondéré				261		384		398
	Rang				3e		2e		1er

3.2 Simulation basée sur des préférences environnementales

Le tableau 3.2 ci-après présente une simulation avec une préférence pour un procédé qui permettrait de satisfaire aux considérations environnementales. En d'autres termes, elle aiderait à sélectionner un procédé qui contribuerait le moins possible au réchauffement global, nécessiterait le moins de ressources énergétiques pour traiter les déchets et produirait le moins d'émissions atmosphériques dommageables pour l'environnement.

La chambre double affiche le meilleur pointage en matière de performances environnementales par rapport aux deux autres procédés. Il se pourrait que la mise en place de procédures de suivis, de contrôles des émissions polluantes et le traitement des déchets homogènes qui contribuent à améliorer son rendement énergétique puissent expliquer ce choix (PNUE, 2008).

Tableau 3.2 Choix basé des préférences environnementales

Catégorie	Critères	Poids	Importance	Chambre simple		Chambre double		Four rotatif	
				Note	Cumul	Note	Cumul	Note	Cumul
Économique	Développement de l'économie local	18%	8	4	32	7	56	10	80
	Emplois		10	3	30	6	60	10	100
	Extrants		8	5	40	8	64	10	80
	Faisabilité économique		10	10	100	6	60	4	40
	Impact sur la recherche et développement		7	2	14	7	49	8	56
	Valorisation potentielle des extrants		10	1	10	8	80	10	100
	Niveau de collecte des déchets		8	4	32	1	8	1	8
	Perspectives économiques		8	3	24	7	56	8	64
	Sous-Total				282		433		528
	Sous-Total pondéré				51		78		95
Environnementale	Non-Acidification atmosphérique	50%	10	7	70	6	60	4	40
	Consommation de ressources énergétiques		10	10	100	7	70	5	50
	Pollution atmosphérique		8	5	40	8	64	6	48
	Pollution des eaux		8	3	24	8	64	6	48
	Pollution des sols		8	4	32	8	64	6	48
	Rechauffement Global		10	8	80	6	60	6	60
	Écotoxicité des eaux		6	1	6	5	30	5	30
	Écotoxicité du sol		6	1	6	5	30	5	30
	Sous-Total				358		442		354
	Sous-Total pondéré				179		221		177
Sociale	Acceptation sociale	16%	10	8	80	5	50	3	30
	Bénéfices sociaux		8	5	40	10	80	10	80
	Distance des habitations		8	7	56	5	40	3	24
	Nuisances olfactives		7	8	56	5	35	3	21
	Nuisances visuelles		7	8	56	5	35	3	21
	Nuisances Sonores		7	8	56	5	35	3	21
	Risque de santé et sécurité		6	7	42	4	24	4	24
	Superficie d'implantation de l'infrastructure		10	8	80	5	50	3	30
	Sous-Total				466		349		251
	Sous-Total pondéré				75		56		40
Technique	Composition des déchets	16%	10	5	50	10	100	8	80
	Efficacité de l'incinérateur		10	8	80	10	100	10	100
	Facilité d'utilisation de l'incinérateur		6	10	60	8	48	6	36
	Fréquence d'entretien de l'incinérateur		8	10	80	7	56	5	40
	Intrants de l'incinérateur		7	10	70	7	49	6	42
	Qualification de l'opérateur		5	9	45	7	35	7	35
	Récupération énergétique		8	6	48	8	64	10	80
	Valeur calorifique des déchets		8	4	32	8	64	10	80
	Sous-Total				465		516		493
	Sous-Total pondéré				74		83		79
	Total				1571		1740		1626
	Total pondéré				379		437		391
					3e		1er		2e

3.3 Simulation basée sur des préférences sociales

Le tableau 3.3 ci-après présente une simulation avec un poids pour la catégorie sociale relativement supérieure à celui des deux autres catégories. Elle exprime une préférence pour un procédé qui permettrait de satisfaire les attentes des populations locales autour de la sélection dudit procédé.

Tableau 3.3 Choix basé sur des préférences sociales

Catégorie	Critères	Poids	Importance	Chambre simple		Chambre double		Four rotatif	
				Note	Cumul	Note	Cumul	Note	Cumul
Économique	Développement de l'économie local	13%	5	4	20	8	40	10	50
	Emplois		10	3	30	8	80	10	100
	Faisabilité économique		8	10	80	7	56	5	40
	Impact sur la recherche et développement		4	5	20	10	40	10	40
	Valorisation potentielle des extrants		6	6	36	10	60	10	60
	Niveau de collecte des déchets		6	4	24	3	18	1	6
	Perspectives économiques		5	4	20	6	30	8	40
	Sous-Total				230		324		336
	Sous-Total pondéré				30		42		44
Environnementale	Non-acidification atmosphérique	50%	5	3	15	7	35	5	25
	Consommation de ressources énergétiques		6	10	60	7	42	4	24
	Pollution atmosphérique		7	2	14	6	42	4	28
	Pollution des eaux		8	1	8	6	48	4	32
	Pollution des sols		8	1	8	6	48	4	32
	Rechauffement Global		10	1	10	5	50	3	30
	Écotoxicité des eaux		7	1	7	5	35	4	28
	Écotoxicité des sols		7	1	7	5	35	4	28
	Sous-Total				129		335		227
	Sous-Total pondéré				65		168		114
Sociale	Acceptation sociale	19%	10	10	100	7	70	6	60
	Bénéfices sociaux		8	5	40	8	64	10	80
	Distance des habitations		9	10	90	8	72	6	54
	Nuisances olfactives		7	8	56	6	42	4	28
	Nuisances visuelles		7	8	56	6	42	3	21
	Nuisances Sonores		7	10	70	8	56	6	42
	Risque de santé et sécurité		7	3	21	10	70	10	70
	Superficie d'implantation de l'infrastructure		10	10	100	6	60	5	50
	Sous-Total				533		476		405
	Sous-Total pondéré				101		90		77
Technique	Composition des déchets	18%	8	4	32	8	64	10	80
	Efficacité de l'incinérateur		10	8	80	10	100	10	100
	Facilité d'utilisation de l'incinérateur		7	10	70	7	49	5	35
	Fréquence d'entretien de l'incinérateur		8	10	80	8	64	4	32
	Intrants de l'incinérateur		8	8	64	5	40	3	24
	Qualification de l'opérateur		5	10	50	6	30	4	20
	Récupération énergétique		10	2	20	10	100	8	80
	Valeur calorifique des déchets		6	2	12	10	60	10	60
	Sous-Total				408		507		431
	Sous-Total Pondéré				73		91		78
	Total				1300		1642		1399
	Total pondéré				269		391		312
	Rang				3e		1er		2e

L'évaluation de la simulation montre que la chambre double est plus appropriée comme choix. Des arguments qui porteraient sur les considérations sociales tels que l'acceptation sociale, la proximité du lieu de travail et une surface d'implantation moins importante sont des éléments qui pourraient avoir pesé sur la balance.

3.4 Simulation basée sur des préférences techniques

Le tableau 3.4 ci-après présente une simulation avec un poids relativement élevé pour les critères techniques vis-à-vis des deux autres catégories. Elle exprime une préférence pour un procédé qui serait efficace, durable et dont l'apport économique est mesurable

Tableau 3.4 Choix basé sur des préférences techniques

Catégorie	Critères	Poids	Importance	Chambre simple		Chambre double		Four rotatif	
				Note	Cumul	Note	Cumul	Note	Cumul
Économique	Développement de l'économie local	16%	7	4	28	7	49	10	70
	Emplois		10	3	30	5	50	8	80
	Extrants		6	6	36	9	54	10	60
	Faisabilité Technologique		10	10	100	5	50	3	30
	Impact sur la recherche et développement		6	2	12	8	48	10	60
	Valorisation potentielle des extrants		8	3	24	10	80	10	80
	Niveau de collecte des déchets		8	5	40	7	56	7	56
	Perspectives économiques		7	4	28	8	56	10	70
	Sous-Total				298		443		506
	Sous-Total pondéré				48		71		81
Environnementale	Non-acidification atmosphérique	50%	8	4	32	8	64	6	48
	Consommation de ressources énergétiques		10	10	100	6	60	5	50
	Pollution atmosphérique		6	4	24	8	48	6	36
	Pollution des eaux		6	4	24	7	42	6	36
	Pollution des sols		6	4	24	7	42	5	30
	Rechauffement Global		8	8	64	7	56	7	56
	Écotoxicité des eaux		5	3	15	7	35	7	35
	Écotoxicité des sols		5	3	15	7	35	7	35
	Sous-Total				298		382		326
	Sous Total pondéré				149		191		163
Sociale	Acceptation sociale	13%	8	10	80	7	56	5	40
	Bénéfices sociaux		6	5	30	10	60	10	60
	Distance des habitations		7	8	56	7	49	5	35
	Nuisances olfactives		5	8	40	7	35	6	30
	Nuisances visuelles		5	8	40	7	35	6	30
	Nuisances Sonores		5	8	40	7	35	6	30
	Risque de santé et sécurité		5	7	35	7	35	7	35
	Superficie d'implantation de l'infrastructure		10	8	80	7	70	5	50
	Sous-Total				401		375		310
	Sous-Total pondéré				52		49		40
Technique	Capacité de l'incinérateur	21%	10	5	50	10	100	10	100
	Composition des déchets		10	5	50	10	100	10	100
	Efficacité de l'incinérateur		10	7	70	10	100	10	100
	Facilité d'utilisation de l'incinérateur		7	10	70	8	56	6	42
	Fréquence d'entretien de l'incinérateur		8	10	80	6	48	5	40
	Intrants de l'incinérateur		10	10	100	7	70	7	70
	Qualification de l'opérateur		7	10	70	7	49	6	42
	Récupération énergétique		10	4	40	8	80	10	100
	Valeur calorifique des déchets		10	3	30	7	70	10	100
	Sous-Total				560		673		694
	Sous-Total pondéré				118		141		146
	Total				1557		1873		1836
	Total pondéré				366		452		430
	Rang				3e		1er		2e

Le procédé de chambre double se révèle être sur le plan technique celui affichant le pointage, le plus élevé.

Les résultats des quatre simulations effectuées montrent que pour trois d'entre elles (environnementale, sociale et technique), le procédé à chambre double constituerait le meilleur choix possible. Cependant, pour la simulation basée sur les préférences économiques, le four rotatif se présenterait comme une autre alternative. Fort de ces résultats, la réalisation d'une analyse de sensibilité apparaît pertinente afin de mesurer l'effet que pourrait avoir le facteur économique sur ces simulations, mais surtout ce serait l'occasion de tester la sensibilité et la robustesse des résultats obtenus.

Pour ce faire, la sensibilité des trois simulations basées sur les préférences environnementales, sociales et techniques va être testée, parce que celles-ci présentent un résultat identique. Les résultats obtenus permettront de déterminer, le seuil du facteur économique à partir duquel un procédé autre que celui de la chambre double est observé.

3.5 Analyse de la sensibilité

L'analyse de sensibilité cherche à déterminer l'influence du poids attribué au facteur économique dans la recherche de la meilleure solution possible. Autrement dit, c'est un moyen de s'assurer de la stabilité ou non des résultats de nos différentes simulations vis-à-vis de ce paramètre. À cet effet, les trois simulations basées sur les préférences environnementales, sociales et techniques qui montrent un résultat identique sont reprises pour déterminer le seuil du poids économique à partir duquel un changement dans le choix du procédé est observé.

Le tableau 3.5 montre la sensibilité de la simulation basée sur les préférences environnementales. Dans ce cas précis, les sous-totaux obtenus dans les différentes catégories lors de cette simulation sont réutilisés et multipliés par des poids affectés arbitrairement aux facteurs économiques, sociaux et techniques. L'accent est surtout mis sur le poids du facteur économique afin d'observer son influence vers un éventuel procédé autre

que la chambre double. Le changement n'intervient que lorsque le facteur économique correspond à 48 %. C'est à ce moment précis que le four rotatif devient la meilleure alternative possible.

Tableau 3.5 Sensibilité basée sur les préférences environnementales

Catégorie	Poids de la catégorie	Choix			Choix pondérés		
		Chambre simple	Chambre double	Four rotatif	Chambre simple	Chambre double	Four rotatif
Économique	48%	282	433	528	135	208	253
Environnement	50%	358	442	354	179	221	177
Sociale	1%	466	349	251	5	3	3
Technique	1%	465	516	493	5	5	5
				somme	324	437	438
				Rang	3e	1er	2

En revanche, pour le tableau 3.6 qui montre la simulation qui met l'accent sur les préférences sociales, aucun changement n'est observé. Bien que le poids du facteur économique soit égal à 50 %, la chambre double demeure le meilleur choix possible.

Tableau 3.6 Sensibilité de la simulation basée sur les préférences sociales

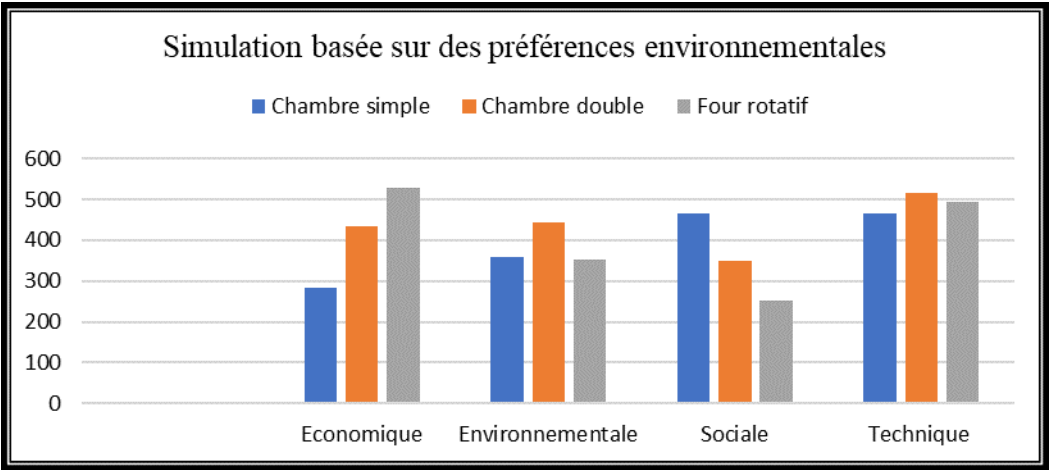
Catégorie	Poids de la catégorie	Choix			Choix pondérés		
		Chambre simple	Chambre double	Four rotatif	Chambre simple	Chambre double	Four rotatif
Économique	50%	230	324	336	115	162	168
Environnement	50%	129	335	227	65	168	114
Sociale	0%	533	476	405	0	0	0
Technique	0%	408	507	431	0	0	0
				somme	180	330	282
				Rang	3e	1er	2

Finalement, le tableau 3.7 montre la sensibilité de la simulation basée sur les préférences techniques. Le passage de la chambre double au four rotatif intervient également lorsque le facteur économique est égal à 48 %.

Tableau 3.7 Sensibilité de la simulation basée sur les préférences techniques

Catégorie	Poids de la catégorie	Choix			Choix pondérés		
		Chambre simple	Chambre double	Four rotatif	Chambre simple	Chambre double	Four rotatif
Économique	48%	298	443	506	143,04	213	242,88
Environnement	50%	298	382	326	149	191	163
Sociale	0%	401	375	310	0	0	0
Technique	2%	560	673	694	11	13	14
				somme	303	417	420
				Rang	3e	1er	2

La figure 3.1 ci-dessous reprend les résultats de la sensibilité de la simulation basée sur les préférences environnementales, car c’est elle répondrait aux considérations fixées par les décideurs. Elle montre que pour des valeurs de poids relatifs attribués aux catégories qui appartiennent à la sphère humaine (économique, sociale et technique), l’ensemble des catégories participe dans le choix de la chambre double. En revanche, la figure 3.2 démontre que le fait de tester la stabilité de ce choix en faisant varier uniquement le poids du facteur économique, le résultat résiste bien aux variables qui lui sont affectées. La permutation entre la chambre double et le four rotatif intervient tout de même lorsque le poids du facteur économique correspond à 48 %, mais elle se fait au détriment de l’apport des catégories sociales et techniques dans le résultat final.



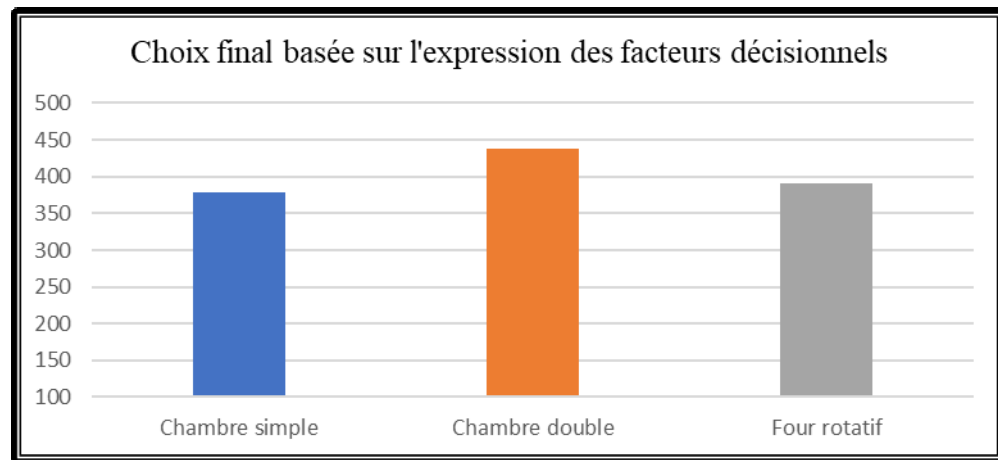


Figure 3.1 Résultats de la simulation basée sur les préférences environnementales

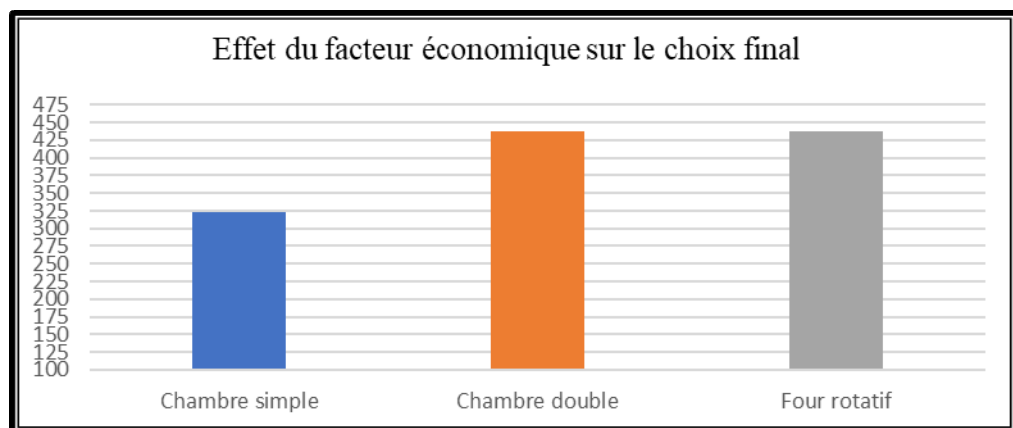
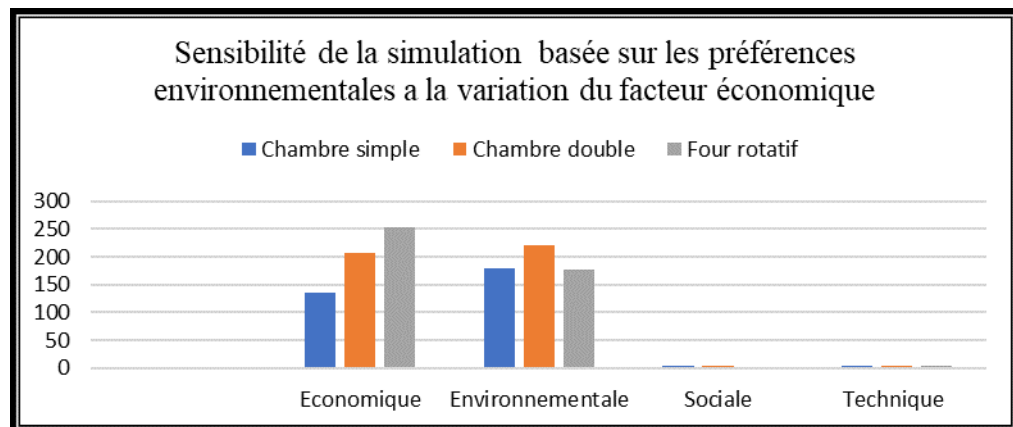


Figure 3.2 Effet du poids du facteur économique sur la simulation basée sur les préférences environnementales

CHAPITRE 4

DISCUSSION

Le présent chapitre aborde dans leur globalité les retombées de l'analyse des résultats obtenus lors des différentes simulations réalisées. Par la suite, la pertinence de l'analyse de la satisfaction appliquée et les pistes de solutions au sujet des différentes actions à entreprendre sont présentées.

4.1 Analyse des résultats

L'analyse et la synthèse des résultats obtenus lors des différentes simulations montrent l'importance d'intégrer les aspects économiques, environnementaux, sociaux et techniques au processus décisionnel. Ces facteurs contribueraient à l'obtention d'une pluralité de résultats qui s'oppose à un modèle décisionnel où le résultat semblerait figé sur un seul choix.

Par ailleurs, la transparence de l'analyse de la satisfaction permet de dépassionner les débats et facilite les échanges, les négociations ou encore les délibérations entre les différents intervenants (Taibi, 2015). De cette façon, les décideurs et les acteurs de la société civile sont assurés de travailler de concert afin d'arriver au meilleur choix de procédé possible.

Au sujet de la simulation basée sur les préférences économiques, le four rotatif représente le meilleur choix possible. Le procédé permet l'incinération des déchets de nature mixte tout en favorisant la récupération de l'énergie produite (Dessau, 2006 ; PNUE, 2008). D'un autre côté, pour les simulations basées sur les préférences environnementales, sociales et techniques, la chambre double correspond à la meilleure solution possible. Elle peut être équipée d'un système de lavage des gaz produits avant et après combustion (PNUE, 2008). De plus, elle offre également l'occasion de réaliser un suivi périodique et permanent

des émissions atmosphériques en sortie de cheminées vis-à-vis du seuil réglementaire recommandé (Ineris, 2001 ; PNUE, 2008).

D'ailleurs, comme le four rotatif, elle permettrait de produire de l'énergie électrique pour les installations à proximité avec une réduction des émissions atmosphériques dites polluantes (Dessau, 2006). Sur le plan technique, ces deux procédés feraient partie des meilleurs procédés de traitement des déchets biomédicaux (PNUE, 2008; OMS, 2000), parce qu'ils offriraient de meilleures performances environnementales ainsi que la conversion des déchets incinérés en énergie réutilisable.

L'intégration de l'aspect technique du procédé dans l'analyse de satisfaction contribuerait à prendre en compte les considérations actuelles et futures des populations. Ainsi, il pourrait y avoir des retombées économiques, environnementales, sociales et techniques comme la création d'emplois permanents, l'optimisation des surfaces d'implantation, la valorisation énergétique, le développement de nouveaux marchés et le suivi de performances environnementales, etc. (PNUE, 2008).

4.2 Pertinence de la méthode multicritère

Traditionnellement, l'approche unidimensionnelle délègue au décideur la responsabilité de choisir une solution optimale sur le plan économique pour résoudre un problème posé (Roy, 1985). Par conséquent, appréhender les impacts d'une telle décision dans l'immédiat, mais surtout les répercussions des biais subjectifs du décideur sur celle-ci paraient difficile. À titre d'exemple, certains critères d'évaluation choisis pour la présélection de prestataires dans la construction d'incinérateurs dans le cas du Burkina Faso présenteraient des limites. Ils ne seraient pour certains ni pertinents ni objectifs et leur apport serait difficilement appréciable. En guise d'exemple, il est possible de citer, la connaissance de la zone d'intervention par les prestataires. Aucun des prestataires présélectionnés n'a obtenu de pondération pour ce critère dans le tableau 2.5. Par conséquent, il devrait être remplacé par un autre plus pertinent.

D'autre part, le processus ayant conduit à la sélection du type de procédé à construire est introuvable. C'est une donnée qui contribuerait à rendre questionnable le processus décisionnel et par la même occasion supposerait une initiative unilatérale des décideurs.

De nos jours, l'approche multidimensionnelle est privilégiée pour résoudre les questions environnementales, car elle favorise des décisions consensuelles et soutenues dans le temps (Jovanovic, 2016 ; Rojo, 2009). L'analyse de satisfaction est meilleure que celle utilisée au Burkina Faso, car elle améliorerait la prise de décision. Elle mettrait en avant l'objectivité, la transparence et la durabilité du choix à faire. Des experts sont sollicités et amenés à interagir pour identifier des alternatives, définir, adopter des critères, et finalement, évaluer le meilleur choix possible en se basant sur les alternatives disponibles (Martunnen, 2011 ; Rojo, 2009). L'approche intègre le fait que les critères, leur formulation, le niveau d'importance et le poids des catégories soient issus d'un consensus entre les différents experts impliqués (Rojo, 2009 ; Jovanovic et *al.*, 2016). Dans la pratique, la formulation des critères est confiée à des experts et aux représentants de la population locale. L'attribution du poids des catégories devrait être l'unique responsabilité des experts de chacune des disciplines impliquées alors que la pondération des critères serait confiée à la population locale. De cette façon, le choix effectué est assuré de refléter autant les attentes des intervenants locaux que celles des décideurs, puisque ce sont eux qui vont vivre avec les bienfaits et les inconvénients associés au choix effectué. En procédant ainsi, la légitimité de l'approche pourrait difficilement être remise en question. Le respect de cette démarche pourrait assurer également la reproductibilité des résultats obtenus dans d'autres contextes d'application que celui présentement à l'étude.

Aussi, en conservant la structure de la méthode, la possibilité de rééquilibrer le poids des catégories économique, sociale et technique acquise à la cause humaine et celui de la catégorie environnementale représentant les intérêts de la nature pourrait être envisageable. La catégorie environnementale pèserait tout au plus 25 % dans certains processus décisionnels. Ainsi, l'objectif ultime serait de viser avant le début de tout processus décisionnel, un équilibre de poids entre la sphère humaine et la sphère environnementale.

Pour cela, un poids fixe de 50 % devrait être attribué à l'environnement et le 50 % restant à la sphère humaine.

Comme il est possible de le constater avec les résultats obtenus dans les simulations réalisées, cela donnerait lieu à une sorte de tri afin de ne conserver que les solutions en adéquation avec les attentes des décideurs. Aussi, à partir de ce moment, il serait également plus cohérent de parler de processus équitable.

4.3 Perspectives

En amont du processus décisionnel, il faudrait disposer d'une méthode standardisée pour le recrutement et la participation des intervenants. De cette manière, l'influence de certains réseaux douteux pourrait être neutralisée avant, pendant et après le processus décisionnel. La méthode DELPHI, bien que fastidieuse, pourrait être combinée à l'analyse de la satisfaction, parce qu'elle propose le recrutement anonyme des participants (Clément, 2006 ; ORSAS, 2018). Ainsi, les acteurs de la société civile, de l'administration et du personnel hospitalier légitimement représentatif, indépendants et au fait du problème devraient être recrutés par voie électronique. Le nombre de personnes retenu dépendra de l'étendue du groupe d'intervenants avec un minimum standard fixé à 25 personnes (ORSAS, 2018). Dans la pratique, le groupe composite d'acteurs (société civile et personnel hospitalier) devrait représenter 60 à 80 % respectivement tandis que le personnel administratif se situerait autour de 40 à 20 % du nombre total d'intervenants. Ainsi, leur recrutement serait difficilement questionnable dans les phases ultérieures.

Les propositions concernant l'adoption ou le retrait de critères d'évaluation leur seront soumis et en retour ils feront parvenir leur décision. C'est à ce moment précis que pour plus de transparence, en lieu et place d'un intermédiaire (expert) qui synthétise ces propositions sous forme d'indicateurs ou critères, la discussion et la délibération entre les acteurs devraient s'en charger. Ainsi, les propositions issues d'une convergence d'opinions et non par l'action d'un expert pourraient être celles à adopter. De cette manière, les critères retenus permettraient un meilleur arrimage du choix des procédés aux besoins futurs de la société.

La possibilité de récupérer l'énergie en sortie d'incinérateur est un exemple d'application que l'analyse de la satisfaction pourrait permettre d'évaluer. Ainsi, elle contribuerait à miser sur un procédé qui offre les meilleures perspectives sur cette question. Surtout que l'incinération des déchets constituerait la méthode de traitement des déchets privilégiée par les pays en voie de développement et ne possédant pas pour le moment d'alternatives fiables.

En effet, l'énergie calorifique produite à la sortie de l'incinérateur pourrait être récupérée pour chauffer de l'eau présente dans un échangeur de chaleur, la vapeur formée serait alors transformée en énergie électrique en faisant tourner un générateur (Dessau, 2006 ; Martinez, 2020). La vapeur obtenue pourrait également servir à stériliser les équipements, instruments médicaux, prétraiter des déchets avant leur traitement (désinfection microbiologique), effectuer le nettoyage des salles d'opération et répondre aux besoins de climatisation des centres de soins de santé.

L'électricité produite servirait pour l'éclairage des salles d'opération en plus d'alimenter le réseau domestique à proximité (en cas de pénurie). Si un surplus d'énergie est produit, il pourrait être revendu à la société de distribution d'électricité du pays ou mis en réserve dans des batteries pour une éventuelle utilisation ultérieure.

Finalement, il faudrait réaliser une analyse coût-bénéfice afin de déterminer le total des coûts et revenus que pourrait engendrer le choix du procédé qui présente un bilan économique, environnemental, social et technique convenable. Les conclusions de cette analyse pourraient aider à se prononcer dans ce type de processus décisionnel. Cet examen critique permettrait de fixer un montant maximal pour les soumissions d'appels d'offres futures. L'étape suivante devrait servir à intégrer l'analyse de la satisfaction à l'appel d'offres afin que les soumissionnaires prennent connaissance des critères qu'ils devraient remplir et par lesquels ils vont être évalués.

CONCLUSION

Ce mémoire a permis de mesurer l'effet du poids du facteur économique dans le choix d'un procédé de traitement thermique des déchets biomédicaux. L'analyse de satisfaction a permis d'intégrer les dimensions économiques, environnementales, sociales et techniques dans le processus décisionnel. Dans le même temps, la combinaison des différents facteurs décisionnels entre eux a permis de pondérer les simulations et classer les différents procédés évalués. Plus spécifiquement, les résultats de la pondération de différentes simulations montrent qu'en fixant le poids de l'environnement à 50 % dès le début du processus décisionnel, il servirait implicitement de tamis pour adopter une solution qui prendrait en compte les considérations environnementales. Il serait possible de noter ici, l'absence de la chambre simple parmi les résultats des différentes simulations réalisées afin de motiver cet argument.

L'analyse de sensibilité effectuée renforce l'idée de la stabilité des résultats obtenus malgré la fluctuation de poids exercée sur le facteur économique. Bien que pour les simulations basées sur les préférences environnementales et techniques, un choix différent de procédé soit observé, ce n'est pas le cas pour la simulation basée sur les critères sociaux. De plus, les changements observés impliquent de réduire l'apport des catégories sociales et techniques dans le processus décisionnel. Cependant, l'un des objectifs recherchés est justement l'expression de l'ensemble des facteurs décisionnels dans ce type de processus décisionnel. De cette manière, la décision pourrait être qualifiée d'équitable autant pour la sphère environnementale que la sphère humaine.

Par ailleurs, l'analyse de satisfaction serait essentielle, car elle intègre des intervenants du secteur privé, de la société civile et des fonctionnaires de l'état dès le départ. Ce sont eux qui devraient fixer les facteurs décisionnels et seraient impliqués dans leur pondération afin que le meilleur choix possible soit fait. D'une certaine manière, leur présence constituerait le

gage de la transparence à chacune des étapes du processus pour contrôler l'apparition de biais potentiels, ainsi que la reproductibilité de la méthode dans d'autres contextes d'application.

L'approche décisionnelle actuelle du Burkina Faso démontre à suffisance qu'elle favoriserait des biais traditionnels subjectifs du décideur. À titre d'exemple, le choix des critères d'évaluations et celui de recourir à la chambre simple comme le meilleur choix possible pourraient soulever des interrogations justifiées. La décision de recourir au procédé de traitement à chambre simple ne devrait être considérée que s'il pouvait être convertible en un procédé dont les installations locales permettraient la valorisation énergétique des déchets incinérés par exemple.

En appliquant l'analyse de la satisfaction et en tenant compte des considérations environnementales, le procédé à chambre double constituerait la meilleure solution possible. Il serait le gage d'un meilleur développement local qui respecterait l'environnement naturel. Par ailleurs, il devrait être associé à des programmes de formations du personnel, des missions d'inspection et de suivis des installations, afin que les bases d'une utilisation pérenne soient clairement établies.

Finalement, il pourrait être intéressant de reproduire l'expérience sous forme de projets pilotes avec d'autres pays en voie de développement bénéficiant de l'appui de certains organismes internationaux (OMS, AFD, PNUE, BAD etc.). De cette manière, une méthode standardisée pour le recrutement des intervenants pourrait être développée. De plus, il faudrait penser à l'adoption d'un poids environnemental fixé à 50 % dans les processus qui impliqueraient le choix d'un procédé. Aussi, il faudrait réaliser une analyse coût-bénéfice pour déterminer un montant maximal des soumissions pour les futurs appels d'offres. Aussi, il faudrait penser à intégrer cette analyse de satisfaction complète à l'appel d'offres ce qui faciliterait l'évaluation de la candidature des futurs soumissionnaires.

ANNEXE I

Analyse des effets liés aux incinérateurs : les milieux biophysique et humain analyse des effets positifs des incinérateurs sur les milieux biophysique et humain

Tableau AI. 1 Analyse des effets environnementaux et de leurs importances

Tiré de EUMC (2018)

Composantes	Effets positifs	Analyse des effets				
		Probabilité et risque	Valeur	Étendue géographique	Durée	Intensité
Air	- Baisse sensible du niveau de pollution, notamment celle liée aux métaux lourds, dioxines furanes, et PCB suite à la pratique d'une incinération appropriée des DBM - Réduction des mauvaises odeurs due à une meilleure prise en charge des DBM	Probable	Sensibilité	Globale	À court terme et cumulatif	Fort
Eau	- Baisse sensible, voire arrêt de la pollution suite à la disparition des dépôts des DBM pris en charge par l'incinération.	Probable	Sensibilité	Globale	À court terme et cumulatif	Fort
Sols	- Baisse sensible et progressive de la pollution, suite à la disparition des dépôts des DBM pris en charge par l'incinération.	Probable	Sensibilité	Globale	À court terme et cumulatif	Fort
Faune	- Réduction sensible, voire dissipation des risques de toxicité des polluants envers la faune, suite à une gestion favorable des DBM par incinération appropriée	Probable	Sensibilité	Globale	À court terme et cumulatif	Fort

Tableau AI. 1 Analyse des effets environnementaux et de leurs importances (suite)

Composantes	Effets positifs	Analyse des effets				
		Probabilité et risque	Valeur	Étendue géographique	Durée	Intensité
Flore	- Réduction sensible, voire dissipation des risques de toxicité des polluants envers les végétaux suite à une gestion favorable des DBM par incinération appropriée	Probable	Sensibilité	Globale	À court terme et cumulatif	Fort
Acteurs formels (personnel des centres de santé)	- Réduction sensible, voire abolition des risques sanitaires à l'endroit des acteurs formels des centres de santé suite à une gestion favorable des DBM par incinération	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort
Acteurs informels (personnes externes impliquées dans la manipulation des DBM)	- Réduction sensible, voire abolition des risques sanitaires envers les acteurs informels suite à une gestion favorable des DBM par incinération appropriée (réduction des risques infectieux, toxique et de traumatisme) - Réduction de l'exposition aux fumées et polluants	Probable	Sensibilité	Régionale	À court terme et cumulatif	Fort
Populations riveraines	- Réduction sensible, voire abolition des risques sanitaires suite à une gestion favorable des DBM par incinération appropriée (réduction des risques infectieux, toxique et de traumatisme) - Réduction de l'exposition aux fumées et polluants toxiques de	Probable	Sensibilité	Régionale	À court terme et cumulatif	Fort
Nuisances olfactives	- Réduction d'émission de fumées et de substances toxiques de l'incinération Réduction des odeurs suite la maîtrise des volumes des DBM	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort

Tableau AI. 1 Analyse des effets environnementaux et de leurs importances (suite et fin)

Composantes	Effets positifs	Analyse des effets				
		Probabilité et risque	Valeur	Étendue géographique	Durée	Intensité
Nuisances visuelles et paysagères	- Réduction sensible, voire épuisement des DBM solides	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort
Contexte socio-culturel	- Réduction voire suppression de l'exposition visuelle ou à la gestion inappropriée des DBM éthiquement non tolérés	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort

Tableau AI. 2 Analyse des effets négatifs sur les milieux biophysique et humain

Tiré de EUMC (2018)

Composantes	Effets négatifs	Analyse des effets				
		Probabilité et risque	Valeur	Étendue géographique	Durée	Intensité
Air	<ul style="list-style-type: none"> - Faible niveau de pollution, notamment liée aux métaux lourds, dioxines furanes, et PCB suite à la l'incinération des DBM - Production de cendres contenant des métaux, des dioxines et des furannes et pouvant être entraînées dans l'air par temps de vent fort 	Probable	Sensibilité	Globale	À court terme et cumulatif	Faible
Eau	<ul style="list-style-type: none"> - Faible dépôt de polluants (métaux lourds, dioxines furanes et PCB) dans les eaux de surface - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites d'implantation 	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Sols	<ul style="list-style-type: none"> - Faible dépôt de polluants (métaux lourds, dioxines furanes et PCB) dans les sols - Production de cendres contenant des métaux, des dioxines et des furannes et pouvant contaminer les sols voisins - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites d'implantation 	Probable	Sensibilité	Régionale	À court terme et cumulatif	Faible

Tableau-AI. 2 Analyse des effets négatifs sur les milieux biophysique et humain (suite et fin)

Composantes	Effets négatifs	Analyse des effets				
		Probabilité et risque	Valeur	Étendue géographique	Durée	Intensité
Faune	- Toxicité des polluants émanant des incinérateurs envers la faune - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites d'implantation	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Flore	- Toxicité des polluants émanant de l'incinérateur envers les végétaux - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des site d'implantation	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Acteurs formels (personnel des centres de santé)	- Risque d'exposition circonstancielle aux fumées et polluants toxiques de l'incinération - Risque d'explosion suite à la pratique d'un mauvais tri	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Moyen
Populations riveraines	- Risque d'exposition circonstancielle aux fumées et polluants toxiques de l'incinération	Possible	Sensibilité	Régionale	À court terme et cumulatif	Faible
Cultures vivrières et jardins potagers	- Contamination des cultures vivrières et des jardins potagers par les contaminants émanant des fumées et cendres des incinérateurs - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites d'implantation	Probable	Sensibilité	Régionale	À court terme et cumulatif	Moyen
Nuisances visuelles et paysagères	- Production occasionnelle de fumée observable au moment de l'incinération	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Contexte socio-culturel	- Incinération de déchets anatomopathologiques (tissu, liquides biologiques) éthiquement non tolérée	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible

Tableau AI. 3 Analyse des effets de l'environnement (y compris effets cumulatifs et effets accidentels potentiels) sur les incinérateurs

Tiré de EUMC (2018)

Analyse des effets négatifs de l'environnement sur les incinérateurs						
Composantes	Effets négatifs	Analyse des effets				
		Probabilité et risque	Valeur	Étendue géographique	Durée	Intensité
Vents	- Collision avec des objets transportés par les vents de grandes vitesses (tornades)	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Pluies	- Érosion et dégradation des murs des incinérateurs due à l'eau simple ou à l'acidité de l'eau des "pluies acides" - Inondation entraînant envahissement des incinérateurs par l'eau de grandes pluies	Probable	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Incendies/ court-circuit électrique	- Production de court-circuit électrique ou d'incendie pouvant endommager les incinérateurs	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort
Arbre	- Destruction partielle ou totale de l'incinérateur suite à l'impact de chute d'arbre situé à proximité de l'ouvrage	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort
Bâtiments mitoyens	- Destruction partielle ou totale de l'incinérateur suite à l'impact de chute de bâtiments mitoyens de l'ouvrage	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Fort
Les animaux de grande taille	- Attaque de l'ouvrage par les animaux en divagation	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible
Hommes, notamment enfants	- Dégradation des murs des incinérateurs après contacts avec des objets de jeu des enfants (jets de pierre par exemple)	Possible	Sensibilité	Locale	À court terme et cumulatif	Faible

Définition des effets potentiels

La durée de l'impact : la durée de l'impact précise sa dimension temporaire, soit la période pendant laquelle seront ressenties les modifications subies par les composantes environnementales. Ce facteur de durée est regroupé en trois classes : i) Momentanée (M) ; ii) Temporaire (T) et iii) Permanente (P).

Étendue de l'impact : elle exprime la portée ou le rayonnement spatial des effets générés par une intervention sur le milieu.

1. Régionale : l'impact s'étend sur les régions ou sur une large portion de ces régions ;
2. Locale : l'impact s'étend sur une superficie de la dimension d'un secteur, ou affecte la population d'un secteur;
3. Ponctuelle : l'impact s'étend sur une petite superficie inférieure à la dimension d'un secteur, ou n'affecte que quelques personnes ou un petit groupe de personnes.

Intensité de l'impact (ou son ampleur) : c'est le degré de perturbation engendré; elle correspond à l'ampleur des modifications qui affectent la dynamique interne et la fonction de l'élément environnemental touché :

1. Forte : l'activité affecte lourdement l'intégrité de la composante ou son utilisation et compromet sa pérennité ;
2. Moyenne : l'activité affecte sensiblement l'intégrité de la composante ou son utilisation, mais sans compromettre sa pérennité ;
3. Faible : l'activité affecte peu l'intégrité de la composante ou son utilisation.

Importance de l'impact peut être classée en trois catégories :

1. Forte : lorsque les composantes de l'élément environnemental touché risquent d'être détruites ou fortement modifiées;
2. Moyenne : quand elles sont modifiées sans toutefois que l'intégrité ni leur existence ne soient menacées;
3. Faible : lorsqu'elles ne sont que légèrement affectées

ANNEXE II

Analyse environnementale et effets environnementaux potentiels

Tableau AII. 1 Recommandations de l'analyse environnementale et les mesures prises par l'EUMC pour mitiger les effets

Tiré de EUMC (2018)

Effets négatifs identifiés	Mesures d'atténuation	Actions envisagées par l'Organisation
Section 1		
<p>- Pollution de l'air : les métaux lourds, les dioxines furanes et les PCB</p> <p>- Production de cendres contenant des métaux, des dioxines et des furanes et pouvant être entraînées dans l'air par temps de vent fort (harmatan)</p>	<p>a) Choisir un incinérateur adapté en fonction des types de DBM destinés à être pris en charge</p> <p>b) Pratiquer un tri adéquat des DBM à incinérer</p> <p>c) Former l'agent de gestion des DBM en bonne pratique d'incinération afin d'assurer une incinération adéquate des DBM (atteinte des températures optimales en peu de temps, éviter les zones de basses températures dans la chambre à combustion)</p> <p>d) Planter et entretenir les hauts arbres autour du site</p> <p>e) Éviter l'incinération par temps d'intempérie (grand vent, pluie)</p> <p>- Construire des fosses à cendres et collecter toutes les cendres issues de l'incinération des DBM pour y stocker</p>	<p>a) L'Organisation se réfère à la note circulaire du Ministère de la Santé qui indique le type d'incinérateur en fonction du centre médical</p> <p>b) Le personnel médical impliqué dans la gestion des déchets biomédicaux sera formé sur la bonne pratique de tri approprié au DBM</p> <p>c) La compagnie de construction prévoit former tous les opérateurs et gestionnaires sur l'opération et la maintenance d'infrastructure</p> <p>d) À la fin de la construction, les acteurs prévoient une journée d'activité de reboisement des lieux où les infrastructures ont été implantées</p> <p>e) Les incinérateurs seront protégés par une clôture et une toiture afin de réduire l'impact lié aux vents, pluie, érosion, etc.). En plus, les utilisateurs seront sensibilisés sur les mesures à prendre pour éviter l'utilisation d'incinérateur durant les mauvaises conditions de météo.</p> <p>f) Tout incinérateur construit sera muni d'une fosse à cendre afin de réduire la pollution de l'air, la surface du sol et la végétation</p>
Section 2		
<p>- Pollution des eaux et des sols par les polluants (métaux lourds, dioxines furanes et PCB)</p> <p>- Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites d'implantation</p> <p>- Production de cendres contenant des métaux, des dioxines et des furanes et pouvant contaminer les sols voisins</p>	<p>a) Pratiquer un tri adéquat des DBM à incinérer</p> <p>b) Former l'agent de gestion des DBM en bonne pratique d'incinération afin d'assurer une incinération adéquate des DBM (atteinte des températures optimales en peu de temps, éviter les zones de basses températures dans la chambre à combustion)</p> <p>c) Planter et entretenir les hauts arbres autour du site</p> <p>d) Construire des fosses à cendres appropriées et collecter toutes les cendres issues de l'incinération des DBM pour y stocker</p> <p>e) Éviter d'implanter un incinérateur à moins de 20 m d'un plan d'eau de surface ou de construire un plan d'eau de surface à moins de 20 m d'un incinérateur</p> <p>f) Éviter l'utilisation démesurée des produits phytosanitaires aux abords des sites d'implantation des ouvrages</p>	<p>a) similaire à la section 1 point (b) –pollution de l'air (ci-dessus)</p> <p>b) similaire à la section 1 point (c) –pollution de l'air (ci-dessus)</p> <p>c) similaire à la section 1 point (d) –pollution de l'air (ci-dessus)</p> <p>d) similaire à la section 1 point (f) –pollution de l'air (ci-dessus)</p> <p>e) Tous les incinérateurs seront implantés à plus de 20 m de la source d'eau (fontaine, forage, etc.).</p> <p>f) Les affiches d'interdiction d'usage de produits phytosanitaires autour d'infrastructure seront mises en place afin de minimiser les risques d'accident et/ou des pollutions</p> <p>g) Commentaire similaire à la section 1 point (e) – pollution de l'air (ci-dessus)</p>

Tableau AII. 1 Recommandations de l'analyse environnementale et les mesures prises par l'organisation pour mitiger les effets (suite)

Effets négatifs identifiés	Mesures d'atténuation	Actions envisagées par l'Organisation
Section 3		
<ul style="list-style-type: none"> - Toxicité des polluants émanant des incinérateurs envers la faune et la flore - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites d'implantation 	<ul style="list-style-type: none"> a) Réduire le niveau d'émission de polluants par la pratique d'une incinération appropriée 	<ul style="list-style-type: none"> a) Commentaire similaire à la section 1 (c) - pollution de l'air (ci-dessus) Pour réduire les risques liés à la pollution de la faune et la flore, le choix de l'emplacement des incinérateurs est fait de manière à : - Éviter la présence et le passage du bétail autour d'infrastructure - Éloigner l'incinérateur de la réserve à l'alimentation du bétail - Éloigner l'incinérateur de la zone de culture vivrière
Section 4		
<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'exposition du personnel de santé aux fumées et polluants toxiques de l'incinération - Risque d'explosion suite à la pratique d'un mauvais tri 	<ul style="list-style-type: none"> a) Doter les personnes directement impliquées dans la pratique de l'incinération des DBM d'équipements de protection adéquats b) Cibler des périodes de faible fréquentation du voisinage de l'implantation de l'incinérateur pour l'incinération des DBM c) Former les acteurs pour un tri adéquat évitant la présence de matériau explosif (bonbonnes vides de gaz, de produits d'insecticides ou tout autre flacon vide inflammable) dans les DBM destinés à l'incinération d) Réduire le niveau d'émission de polluants par la pratique d'une incinération appropriée e) Afficher les instructions destinées au personnel pour un bon tri des DBM f) Éviter de placer l'incinérateur très à côté des autres services du centre de santé et vis-versa 	<ul style="list-style-type: none"> a) Un fond pourra être alloué pour l'achat d'équipements de protection adéquats (masque, brouette, extincteur, habillement, pelle, etc.) afin de prévenir les accidents potentiels. f) Les instructions claires, les affiches et les directives en français et en langue locale seront mise en disposition des opérateurs afin de minimiser les risques des accidents et préserver l'environnement.
Section 5		
<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'exposition des populations riveraines aux fumées et polluants toxiques de l'incinération 	<ul style="list-style-type: none"> a) Réduire le niveau d'émission de polluants par la pratique d'une incinération appropriée b) Les habitations doivent être loin des sites d'implantation des incinérateurs 	<ul style="list-style-type: none"> a) La bonne pratique de tri et d'incinération sera un credo des opérateurs et utilisateurs. Lors de la formation et la sensibilisation, les instructions claires seront données. Par ailleurs, les affiches et les directives en français et en langue locale seront mises en disposition des opérateurs afin de minimiser les risques des accidents et préserver l'environnement
Section 6		
<ul style="list-style-type: none"> - Contamination des cultures vivrières et des jardins potagers par les contaminants émanant des fumées et cendres des incinérateurs - Effets cumulatifs possibles avec ceux des phytosanitaires utilisés dans les champs et jardins au voisinage des sites 	<ul style="list-style-type: none"> a) Réduire le niveau d'émission de polluants par la pratique d'une incinération appropriée b) Éviter la pratique de cultures vivrières et de jardins potagers aux voisinages immédiats des incinérateurs c) Éviter l'utilisation excessive inappropriée des pesticides autour du site d'implantation de l'incinérateur 	<ul style="list-style-type: none"> a) Voir (a) de la section 5 b) Un plaidoyer et une sensibilisation auprès de la population aideront à mitiger les risques potentiels d'intoxication à la chaîne alimentaire c) Les pesticides et autres produits toxiques seront interdits autour l'incinérateur

Tableau AII. 1 Recommandations de l'analyse environnementale et les mesures prises par l'organisation pour mitiger les effets (suite et fin)

Effets négatifs identifiés	Mesures d'atténuation	Actions envisagées par l'Organisation
Section 7		
- Production occasionnelle de fumée observable au moment de l'incinération	a) Optimiser les températures d'incinération pour des combustions complètes générant moins de fumées épaisses et noires	a) Les opérateurs seront formés pour surveiller la couleur des fumées lors d'incinération (ex. couleur noire signifie une mauvaise combustion et une émission excessive des polluants. Alternativement, l'absence ou peu de fumée signifie une bonne combustion et moins d'émission des polluants).
Section 8		
- Incinération de déchets anatomopathologiques (tissu, liquides biologiques) éthiquement non tolérée	a) Respecter les us et coutumes en matière de gestion des déchets anatomopathologiques en remettant pour enterrement certains tissus s'il le faut	a) Lors de la formation du personnel sur la gestion DBM, le volet sur la compétence interculturelle sera abordé pour améliorer la connaissance du personnel et faciliter le respect aux normes socioculturelles de la population locale

LISTE DE RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. (2005). *Optimisation de la gestion des déchets municipaux: comment évaluer les impacts environnementaux au moyen de l'analyse de cycle de vie*. Angers : AMORCE-ADEME.
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. (2012). *Tri des déchets d'activités de soins des professionnels de santé du secteur diffus*. Angers : ADEME.
- Ashikwe, N. S. (2016). *Modèle économétrique dynamique basé sur les lois de l'écosystème*. Mémoire de maîtrise en génie en Environnement, École de technologie supérieure, Montréal, 61 p. Repéré à <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/1759>
- Atkinson, G., & Mourato, S. (2015). Cost-benefit analysis and the environment. *Organisation for economic cooperation and development (OECD) environment working papers* (97). Doi: doi.org/10.1787/5jrp6w76tstg-en
- Bilau, P. (2008). *Estimation des dangers de déchets biomédicaux pour la santé et l'environnement au Bénin en vue de leur gestion*. Mémoire de maîtrise en Environnement, Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 86 p. Repéré à <http://hdl.handle.net/11143/7045>
- Booto Ekionea, J-P., Bernard, P., & Plaisent, M. (2011). Consensus par la méthode Delphi sur les concepts clés des capacités organisationnelles spécifiques de la gestion des connaissances. *Recherches qualitatives*, 29(3), 168-192 p
- Boubacar, P. (2011). *Options pour une meilleure prise en compte de la gestion des déchets biomédicaux dans un contexte caritatif*. Mémoire de maîtrise en Environnement, Centre Universitaire de Formation en Environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec 110.p Repéré à <http://hdl.handle.net/11143/7062>
- Clark, A. (2018). *Waste Management Minimization Strategies in Hospitals*. Doctoral dissertation in business administration, Walden University, Walden, 138 p. Repéré à ProQuest [Waste Management Minimization Strategies in Hospitals - ProQuest](#)
- Clément, O., & Madec, P. (2006). Un outil pour la construction d'indicateurs de développement durable: la méthode Delphi. Une expérience en aquaculture. *Natures Sciences Sociétés*, 14(3), 297-302 p
- Comité International de la Croix-Rouge (2011). *Manuel de gestion des déchets médicaux*. Genève, : Comité International de la Croix Rouge

- Damien, A. (2016). *Guide du traitement des déchets: Réglementation et choix des procédés*, (7e éd.) 512. Paris : Dunod
- Datta, P., Gursiman, M. & Chander J. (2018). Biomedical waste management in India: Critical appraisal. *Journal of laboratory physicians*, 10(1), 6–14. Doi: 10.4103/JLP.JLP_89_17
- Dessau, S. (2006). *Évaluation des choix technologiques de traitement des matières résiduelles pour l'agglomération de Montréal*. (Rapport final, n/réf. : 052-p004273-101-mr-r001-01). Montréal : Ville de Montréal
- Du Réseau D. L. S. (2017). *Guide de gestion des déchets du réseau de la santé et des services sociaux*. Montréal : Gouvernement du Québec
- Durif, M. (2001). *Méthode de surveillance des retombées des dioxines et furannes autour d'une UIOM (Rapport n° 716)*. Paris : Institut national de l'environnement industriel et des risques
- Entraide Universitaire Mondiale Canadienne. (2018). *Procès-verbal de dépouillement, pour la construction de 11 onze incinérateurs de type bailleul amélioré dans les csp des districts sanitaires de bogande et manni (burcaso – pasme ii - est)*. Document inédit, Projet Programme d'Amélioration de la Santé des Mères et des Enfants phase II, Ouagadougou, Burkina Faso
- Fournier, S., Dassens, A., Billeaud, D., & Rousseaux, P. (2005). Méthode d'aide à la décision dans le choix d'implantation d'une chaîne de traitement des déchets par incinération avec récupération d'énergie. *Déchets Sciences et Techniques*, 40, 25-35 p
- Jovanovic S., Savic J., Nebojsa B. G. & Djordjevic Z. (2016). Using multi-criteria decision making for selection of the optimal strategy for municipal solid waste management. *Waste Management & Research*, 34 (9), 884-895 p Doi: [10.1177/0734242X16654753](https://doi.org/10.1177/0734242X16654753)
- Kanyal D., Butola L. K., & Ambad R. (2021). Biomedical Waste Management in India-A Review. *Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology*, 15 (2), 109-113 p
- Kumar, S., Mazta, S. R., & Gupta, A. K. (2015). Comparing the biomedical waste management practices in major public and private sector hospitals of Shimla City. *International Journal of Scientific Study*. 2(11), 112-118 p
- Martel, J. M. (1999). L'aide multicritère à la décision: méthodes et applications. *CORS-SCRO Bulletin*, 31(1), 6-16 p
- Légifrance, (1992). *Loi no 92-646 du 13 juillet 1992 relative à l'élimination des déchets ainsi qu'aux installations classés pour la protection de l'environnement*. Repéré à <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000345400>

- Légifrance, (1999). *Arrêté du 7 septembre 1999 relatif aux modalités d'entreposage des déchets d'activités de soins à risques infectieux et assimilés et des pièces anatomiques*. Repéré à <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000213467/>
- Légifrance, (2001). *Arrêté du 1^{er} juin 2001 relatif au transport des marchandises dangereuses par route*. Repéré à <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000756455>
- Martinez-Leal, J. (2019). *Développement d'outils d'aide à la décision en conception pilotés par l'analyse multicritère de la valorisabilité du produit et l'outillage des lignes directrices d'écoconception pour la fin de vie*. Mémoire de doctorat en science des métiers de l'ingénieur, École nationale supérieure d'arts et métiers, 333 p. Repéré à <https://www.theses.fr/2019enam0062>
- May, J. & Rotenberg, S. (2021). Afrique subsaharienne: vers une baisse plus rapide de la fécondité ? *Population & Avenir*, 751, 14-16. <https://doi.org/10.3917/popav.751.0014>
- Ministère de l'environnement de l'économie verte et du changement climatique du Burkina Faso. (2018). *Rapport définitif d'analyse environnementale pour la construction des ouvrages des déchets biomédicaux pour la région du Centre Ouest (Reo, Sabou, Tenado, Koudougou)*. Document inédit, Direction régionale de l'environnement de l'économie verte et de changement climatique du centre-ouest, Ouagadougou, Burkina Faso
- Ministère de la santé. (2016). *Plan de lutte contre les maladies tropicales négligées 2016-2020* Ouagadougou : Ministère de la santé
- Ministère de la santé. (2017). *Guide de gestion des déchets biomédicaux issus des campagnes de prévention et de traitement de masse*. Ouagadougou : Ministère de la santé
- Ministère de la santé. (2017). *Plan triennal de gestion des déchets Biomédicaux*. Ouagadougou: Ministère de la santé
- Ministère de la santé. (2020). *Plan National de Développement Sanitaire 2011–2020*. Ouagadougou : Ministère de la santé
- N'Guessan, K., Yéo, K. A. J., Kouassi, K., & Barima, Y. S. S. (2021). Gestion des déchets solides du centre hospitalier régional de Daloa (centre-ouest de la côte d'ivoire) et des risques associés. *Environnement, Ingénierie & Développement*, 1 (84), 26-32. p <https://doi.org/10.46298/eid.2021.7212>
- Organisation mondiale de la santé. (2005). *Gestion du traitement des déchets médicaux : la construction, l'utilisation et la maintenance de l'unité de traitement des déchets, organisation mondiale de la santé*. Seattle : Organisation Mondiale de la Santé

- Organisation mondiale de la santé. (2017). *La gestion sécurisée des déchets médicaux (déchets d'activités de soins)*. Genève : Organisation Mondiale de la santé
- Organisation mondiale de la santé. (2019). *Préparation des Plans Nationaux de Gestion des Déchets de soins médicaux en Afrique subsaharienne. Manuel d'aide à la décision. Secrétariat de la Convention de Bâle, Série de la convention de Bâle (No. 2004/4)*. Genève : Organisation Mondiale de la Santé
- Observatoire régionale de la santé (ORSAS). (2009). *Méthode DELPHI: dossier documentaire*. Lorraine : Observatoire régionale de la santé
- Ouguergouz, F. (1992). La convention de Bamako sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux et sur le contrôle des mouvements transfrontaliers et la question des déchets dangereux produits en Afrique. *Annuaire français de droit international*, 38(1), 871-884. p Repéré à <https://doi.org/10.3406/afdi.1992.3099>
- Picard, H. L. (2019). *Gestion des déchets et production électrique en Afrique: l'incinération au service du développement durable*. Paris: Études de l'Institut Français des Relations Internationales
- Poirier-Parisé, C. (2017). *Processus de gestion des matières résiduelles de l'Hôpital québécois de demain*. Mémoire de maîtrise en Environnement, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 137 p. Repéré à [Processus de gestion des matières résiduelles de l'hôpital québécois de demain \(usherbrooke.ca\)](https://usherbrooke.ca/Processus%20de%20gestion%20des%20matieres%20residuelles%20de%20l%27hopital%20quebecois%20de%20demain)
- Programme des nations unies pour l'environnement (PNUE). (2008). Directives sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales en liaison avec l'article 5 et l'annexe C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Repéré à [DocH directives sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales en liaison avec l'article 5 et l'annexe C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants dlOnPTRltmpTarget \(pops.int\)](https://www.unep.org/fr/press/press-releases/2008/08/20080820-directives-sur-les-meilleures-techniques-disponibles-et-les-meilleures-pratiques-environnementales-en-liaison-avec-larticle-5-et-lannexe-c-de-la-convention-de-stockholm-sur-les-polluants-organiques-persistants)
- Ramadan, L. (2022). *Développement d'une approche holistique d'évaluation des projets de rénovation durable*. Mémoire de doctorat, Université de Lille, Lille, 221 p . Repéré à <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03561516/document>
- Rojo, G. (2009). *La gestion dynamique des déchets (GDD) : élaboration d'une approche intégrée d'aide à la décision visant à soutenir une gestion systémique et évolutive des déchets*. (Mémoire de doctorat, l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, Saint-Étienne, 217 p . Repéré à <https://espace.etsmtl.ca/id/eprint/78/>

- Sharma, N. K., & Sharma, D. L. (2019). Bio-Medical Waste Management: An Overview of Various Technologies. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 6 (1) 65-73. Repéré à http://ijrar.com/upload_issue/ijrar_issue_20543122.pdf
- Soubeiga, D. (2012). *Facteurs organisationnels associés à l'éducation prénatale et impact sur l'accouchement assisté dans deux contextes à risques maternels et néonataux élevés au Burkina Faso*. Mémoire de doctorat en santé publique, Université de Montréal, Montréal, 196 p . Repéré à <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/6991>
- Synergie santé environnement.(2019). Gestion des déchets biomédicaux et pharmaceutiques. *Synergie Santé Environnement, section Gestion des matières résiduelles-Projets pilotes*. Repéré à gmr.synergiesanteenvironnement.org/files/2019/02/biomdicaux-vfinale-copie.pdf
- Taibi, B. (2015). L'approche multicritère et la prise de décision dans les entreprises publiques, le cas de l'Algérie. *Les cahiers du GERAD*, G-2015-32. Repéré à <https://www.gerad.ca/en/papers/G-2015-32>
- United States Agency for International Development (USAID). (2014). *Guide de gestion des déchets de soins médicaux à l'attention des travailleurs de santé communautaires*. Arlington : United States Agency for International Development