



CONVENTION DE BALE

Distr. : générale
27 juillet 2011

Français
Original : anglais

**Conférence des Parties à la Convention de Bâle
sur le contrôle des mouvements transfrontières
de déchets dangereux et de leur élimination
Dixième réunion**

Cartagena (Colombie), 17-21 octobre 2011
Point 3 b) i) de l'ordre du jour provisoire*

**Questions relatives à l'application de la Convention :
questions scientifiques et techniques : directives techniques**

Directives techniques

Note du secrétariat

Additif

**Directives techniques sur le co-traitement des déchets
dangereux dans les fours à ciment**

1. Comme indiqué dans le document UNEP/CHW,10/6, on trouvera dans l'annexe à la présente note la version du 22 juillet 2011 du projet de directives techniques sur le co-traitement des déchets dangereux dans les fours à ciment qui a été présentée par le Gouvernement chilien pour examen par la Conférence des Parties. la Conférence des Parties.
2. On pourra consulter tous les commentaires faits par les Parties et les observateurs sur le site web de la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, à l'adresse : <http://www.basel.int/techmatters/code/comments.php?guidId=80>

* UNEP/CHW. 10/1.

Table des matières

I.	Introduction.....	Error! Bookmark not defined.
A.	Portée.....	Error! Bookmark not defined.
B.	Dispositions générales de la Convention de Bâle	Error! Bookmark not defined.1
C.	Présentation générale de la fabrication de ciment.....	Error! Bookmark not defined.
D.	Co-traitement des déchets dangereux en cimenterie	Error! Bookmark not defined.
II.	Orientations générales sur le co-traitement écologiquement rationnel dans les fours à ciment	Error! Bookmark not defined.
A.	Principes du co-traitement en cimenterie.....	Error! Bookmark not defined.
B.	Considérations générales relatives à la gestion écologiquement rationnelle.....	Error! Bookmark not defined.6
	1. Basel Convention.....	Error! Bookmark not defined.
	2. Convention de Stockholm	Error! Bookmark not defined.7
	3. Organisation de coopération et de développement économiques	Error! Bookmark not defined.
C.	Éléments à prendre en considération lors du choix de déchets pour le co-traitement	Error! Bookmark not defined.8
	1. Déchets dangereux se prêtant au co-traitement en cimenterie ...	Error! Bookmark not defined.8
	2. Récupération ou élimination sans co-traitement de déchets dans les fours à ciment	Error! Bookmark not defined.1
	3. Rendement de destruction des substances organiques dangereuses	Error! Bookmark not defined.3
D.	Assurance qualité/contrôle qualité.....	Error! Bookmark not defined.3
E.	Santé et sécurité	Error! Bookmark not defined.4
	1. Analyse des dangers	Error! Bookmark not defined.5
	2. Accès et prévention des risques.....	Error! Bookmark not defined.5
	3. Personal protective equipment.....	Error! Bookmark not defined.5
	4. Formation	Error! Bookmark not defined.5
	5. Suivi médical.....	Error! Bookmark not defined.6
	6. Interventions en cas d'urgence	Error! Bookmark not defined.6
F.	Communications et participation des parties prenantes	Error! Bookmark not defined.7
III.	Acceptation des déchets et prétraitements écologiquement rationnels.....	Error! Bookmark not defined.8
A.	Introduction.....	Error! Bookmark not defined.8
B.	Acceptation des déchets.....	Error! Bookmark not defined.8
	1. Pré-acceptation	Error! Bookmark not defined.8
	2. Acceptation sur le site	Error! Bookmark not defined.8
	3. Déchets non conformes	31
	4. Système de traçage sur le site	31
C.	Entreposage et manutention des déchets.....	Error! Bookmark not defined.2
	1. Considération afférente à la conception.....	Error! Bookmark not defined.2
	2. Considérations opérationnelles.....	Error! Bookmark not defined.3
D.	Pré-traitement des déchets	Error! Bookmark not defined.4
	1. Considérations conceptuelles	Error! Bookmark not defined.5
	2. Considérations opérationnelles.....	Error! Bookmark not defined.5
E.	Fermeture et déclassement des installations de pré-traitement	Error! Bookmark not defined.5
F.	Autres aspects environnementaux.....	Error! Bookmark not defined.
	1. Composés organiques volatils, odeurs et poussières	Error! Bookmark not defined.6
	2. Fûts et métaux ferreux	Error! Bookmark not defined.6
	3. Wastewater	Error! Bookmark not defined.7
G.	Surveillance et communication des émissions.....	Error! Bookmark not defined.7
IV.	Co-traitement écologiquement rationnel des déchets dangereux dans les fours à ciment ...	Error! Bookmark not defined.7
A.	Introduction.....	Error! Bookmark not defined.7

B.	Exigences opérationnelles.....	Error! Bookmark not defined.8
1.	Choix des points d'alimentation	Error! Bookmark not defined.8
2.	Contrôle du fonctionnement du four.....	40
C.	Aspects environnementaux	41
1.	Émissions atmosphériques.....	41
2.	Poussières des fours et des bypass.....	42
3.	Contrôle des produits finals.....	42
D.	Surveillance	Error! Bookmark not defined.4
1.	Surveillance du procédé.....	Error! Bookmark not defined.4
2.	Surveillance des émissions	Error! Bookmark not defined.5
3.	Surveillance de l'environnement	Error! Bookmark not defined.6
4.	Dispositions relatives à l'établissement des rapports.....	Error! Bookmark not defined.6
V.	Références.....	Error! Bookmark not defined.7

Annexes

Annexe I.....	52
Annexe II.....	61
Annexe III	62
Annexe IV	67
Annexe V	73

Glossaire

Analyse du cycle de vie : processus d'évaluation objective des impacts environnementaux associé à un produit, à un procédé ou à une activité qui consiste à déterminer et à quantifier l'énergie et les matières utilisées ainsi que les déchets rejetés dans l'environnement. On détermine l'impact de l'utilisation de l'énergie et des matières ainsi que des rejets dans l'environnement en vue d'évaluer et de mettre en œuvre les possibilités d'amélioration du point de vue environnemental. L'évaluation porte sur l'ensemble du cycle de vie du produit, du procédé ou de l'activité et englobe donc l'extraction et le traitement des matières premières; la fabrication, le transport et la distribution; l'emploi, le réemploi et la maintenance; le recyclage et l'élimination définitive.

Assurance de la qualité (AQ) : ensemble d'activités de gestion, notamment de planification, d'exécution, d'évaluation et d'établissement de rapports, destinées à faire en sorte que le produit final, par exemple les données environnementales, répond aux besoins de l'utilisateur pour ce qui est de leur type et de leur qualité.

Audit : évaluation systématique et indépendante des résultats par rapport aux objectifs.

Béton : matériau de construction obtenu en mélangeant un matériau cimentaire (comme le ciment Portland) avec des granulats (comme le sable et le gravier) et suffisamment d'eau ainsi que des additifs pour faire prendre le ciment et lier toute la masse.

Bypass pour alcalis : conduite située entre l'entrée du four côté matière et la tour de préchauffage. Une partie des gaz d'exhaure du four sont extraits par ce bypass et refroidis rapidement par de l'air ou de l'eau afin d'éviter une accumulation excessive d'alcalis, de chlorure et de soufre sur le cru. On l'appelle aussi « bypass des gaz d'exhaure du four ».

Calcination : élimination ou perte induite thermiquement de composés volatils liés chimiquement autres que l'eau. Dans la fabrication du ciment, renvoie à la décomposition thermique de la calcite (carbonate de calcium) et d'autres minéraux de carbonate qui donne un oxyde métallique (principalement le CaO) et du dioxyde de carbone.

Ciment hydraulique : type de ciment qui prend et durcit par interaction chimique avec l'eau, même sous l'eau.

Ciment Portland : ciment hydraulique obtenu en pulvérisant du clinker de ciment Portland, qui contient généralement du sulfate de calcium.

Ciment : matériau inorganique finement moulu qui, mélangé à de l'eau, forme une pâte qui prend et durcit par des réactions et des processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité sous l'eau.

Clinker de ciment Portland : matériau hydraulique composé au moins pour les deux tiers en masse de silicates de calcium (CaO)₃, SiO_2 et (CaO)₂, SiO_2 , le reste étant constitué d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et d'autres oxydes.

Clinkérisation : formation thermochimique des minéraux du clinker, en particulier réactions se produisant au-dessus d'environ 1 300° C; désigne aussi la zone du four où elle se produit. Elle est également appelée « cuisson ».

Combustibles (fossiles) classiques : combustibles carbonés non renouvelables, dont le charbon et le fioul, qui sont utilisés traditionnellement dans la fabrication du ciment.

Combustibles de remplacement : déchets à contenu énergétique récupérable utilisés comme combustibles dans un four à ciment en remplacement d'une partie des combustibles fossiles classiques comme le charbon. Ils sont aussi appelés notamment « combustibles secondaires », « combustibles de substitution » ou « combustibles tirés de déchets ».

Combustibles et matières premières de remplacement (AFR) : apports provenant de flux de déchets qui fournissent de l'énergie et/ou des matières premières pour la production de clinker.

Comparabilité : terme qualitatif exprimant le degré de confiance avec lequel un ensemble de données peut être comparé à un autre et combiné avec lui aux fins de la prise d'une ou de plusieurs décisions.

Contrôle de la qualité (CQ) : système global de techniques et d'activités opérationnelles assurant la qualité requise.

Co-traitement : utilisation de matières résiduelles appropriées dans les procédés de fabrication aux fins de la récupération d'énergie et/ou de ressources ainsi que de la réduction de l'utilisation de combustibles et/ou de matières premières classiques qui en résulte par substitution.

Déchets dangereux : déchets appartenant à l'une quelconque des catégories figurant à l'Annexe I de la Convention de Bâle (« Catégories de déchets à contrôler »), à moins qu'ils ne possèdent aucune des caractéristiques figurant à l'Annexe III de la Convention (« Liste des caractéristiques de danger ») : matières explosives; matières inflammables; matières solides inflammables; matières spontanément inflammables; matières ou déchets qui, au contact de l'eau, émettent des gaz inflammables; matières comburantes; peroxydes organiques; matières toxiques (aiguës); matières infectieuses; matières corrosives; matières libérant des gaz toxiques au contact de l'air ou de l'eau; matières toxiques (effets différés ou chroniques); matières écotoxiques; matières susceptibles après élimination de donner lieu, par quelque moyen que ce soit, à une autre substance, par exemple un produit de lixiviation, qui possède l'une des autres caractéristiques.

Déchets : substances ou objets éliminés, destinés à l'être ou devant l'être en vertu des dispositions du droit national.

Échantillon représentatif : échantillon d'un univers ou d'un ensemble (par exemple une pile de déchets) qui est censé présenter les propriétés moyennes de l'univers ou de l'ensemble.

Élimination : toute opération spécifiée à l'Annexe IV de la Convention de Bâle (« Opérations d'élimination »).

Essai d'incinération : test de contrôle des émissions effectué en vue de démontrer le respect des normes de performance concernant le rendement d'élimination par destruction (RED) et le rendement de destruction (RD) ainsi que des limites d'émissions réglementaires; sert de base pour l'établissement des limites d'exploitation admissibles.

Essai de contrôle des émissions : prélèvement manuel d'échantillons de gaz de cheminée, suivi de leur analyse chimique en vue de déterminer les concentrations de polluants.

Étude d'impact sur l'environnement (EIE) : examen, analyse et évaluation d'activités prévues en vue d'assurer un développement écologiquement rationnel et durable. Les critères de détermination de la nécessité d'une EIE devraient être clairement définis dans les sources juridiques ou les politiques.

Exactitude : concordance globale d'une mesure avec une valeur connue, compte tenu de l'erreur aléatoire et systématique (précision et biais) dans les opérations à la fois d'échantillonnage et d'analyse.

Exhaustivité : quantité de données valides qui doivent être fournies par un système de mesure.

Exploitant : toute personne physique ou morale qui exploite ou contrôle l'installation.

Four rotatif : four composé d'un long tube rotatif en acier légèrement incliné qui est garni de briques réfractaires. Il est alimenté en matières premières à sa partie supérieure et est chauffé par flammes à partir essentiellement de sa partie inférieure, d'où sort le produit (clinker).

Four vertical : four vertical, cylindrique ou à cheminée chauffé par le bas qui est alimenté par lots ou en continu par un mélange particulier de combustibles et de matières premières. Fondé sur un procédé faisant appel à une farine noire, qui ne permet pas d'utiliser des combustibles de remplacement, il est généralement considéré comme dépassé pour la fabrication du ciment.

Four : dispositif servant à fabriquer le clinker dans une cimenterie. Sauf indication contraire, on pourra supposer que ce terme renvoie à un four rotatif.

Gestion écologiquement rationnelle (GER) : prise de toutes les mesures possibles pour faire en sorte que les déchets dangereux et autres soient gérés d'une façon qui protégera la santé humaine et l'environnement contre tout effet nocif auquel ils pourraient donner lieu.

Granulats : matériaux particuliers utilisés en construction comme le sable, le gravier ainsi que la pierre et le laitier concassés.

Hierarchie (de gestion) des déchets : liste des stratégies de gestion des déchets par ordre de préférence, la prévention des déchets étant l'option la plus souhaitable et leur élimination l'approche qui l'est le moins. Il peut être nécessaire de déroger à cette hiérarchie dans le cas de flux de déchets déterminés pour des raisons de faisabilité technique, de viabilité économique et de protection de l'environnement.

Installation de coïncinération : aux termes de la Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil, toute installation fixe ou mobile dont l'objectif essentiel est de produire de l'énergie ou des produits matériels et qui utilise des déchets comme combustible habituel ou d'appoint, ou dans laquelle les déchets sont soumis à un traitement thermique en vue de leur élimination. Si la coïncinération a lieu de telle manière que l'objectif essentiel de l'installation n'est pas de produire de

l'énergie ou des produits matériels, mais plutôt d'appliquer aux déchets un traitement thermique, l'installation doit être considérée comme une installation d'incinération.

Ligne de production de clinker : partie de la cimenterie où l'on fabrique le clinker; comprend le four proprement dit, les préchauffeurs et précalcinateurs éventuels ainsi que le refroidisseur de clinker.

Manifeste : document d'expédition qui accompagne les déchets dangereux pendant leur transport depuis leur lieu de production jusqu'à l'installation d'élimination définitive en permettant ainsi de les suivre « du berceau à la tombe ».

Matières premières de remplacement : matières résiduaire contenant des minéraux utilisables comme le calcium, la silice, l'alumine et le fer, qui peuvent être utilisées dans le four en remplacement de matières premières comme l'argile, le schiste et le calcaire. Elles sont également appelées « matières premières secondaires » ou « matières premières de substitution ».

Meilleures techniques disponibles (MTD) : méthodes les plus efficaces de réduction des émissions et de l'impact sur l'environnement dans son ensemble.

Mélange cru/farine crue/cru : matières premières broyées, moulues, dosées et entièrement mélangées qui sont introduites dans la ligne de production de clinker.

où $W_{\text{entrée}}$ est le débit massique d'alimentation en un des principaux constituants organiques dangereux dans le flux de déchets introduits dans le four et $W_{\text{sortie cheminée}}$ le débit massique d'émission du même constituant dans les effluents gazeux avant rejet à l'atmosphère.

où $W_{\text{entrée}}$ est le débit massique d'alimentation en un des principaux constituants organiques dangereux dans le flux de déchets introduits dans le four et $W_{\text{sortie chambre de combustion}}$ le débit massique d'émission du même constituant sortant du four (en amont de l'ensemble des dispositifs antipollution atmosphérique). Le RD représente la fraction des composés organiques entrant dans le four qui est effectivement détruite; le RED représente la fraction des composés organiques entrant dans un four et émis dans l'atmosphère par la cheminée.

Poussières de bypass : poussières rejetées par les systèmes de bypass des fours avec préchauffeur en suspension, précalcinateur et préchauffeur à grille, qui sont composées de matières d'alimentation du four entièrement calcinées.

Poussières de four à ciment : matières fortement alcalines sous forme solide à grains fins qui sont éliminées des gaz d'exhaure des fours à ciment par les dispositifs antipollution atmosphérique. Elles sont constituées en grande partie de matières premières non réagies, notamment de mélange cru à divers stades de cuisson et de particules de clinker. Cette expression peut servir à désigner toute poussière émanant de fours à ciment, comme celles qui proviennent des systèmes de bypass.

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : pouvoir calorifique supérieur moins chaleur latente de vaporisation de l'eau par la combustion de l'hydrogène du combustible.

Pouvoir calorifique supérieur (PCS) : quantité maximum d'énergie qui peut être obtenue par la combustion d'un combustible, y compris l'énergie libérée lorsque la vapeur produite durant la combustion est condensée.

Pouvoir calorifique : quantité de chaleur par unité de masse produite par la combustion complète d'une substance donnée. Les pouvoirs calorifiques servent à définir les valeurs énergétiques des combustibles, habituellement en mégajoules par kilogramme (MJ/kg).

Précalcinateur : dispositif de la ligne de production de clinker, associé généralement à un pré-chauffeur, dans lequel une calcination allant de partielle à presque complète des minéraux de carbonate est assurée avant le four proprement dit et qui fait appel à une source de chaleur distincte. Un précalcinateur réduit la consommation de combustible du four qui peut ainsi être plus court car il n'a plus à assurer intégralement la calcination.

Préchauffeur : dispositif servant à chauffer le mélange cru avant qu'il parvienne dans le four à voie sèche proprement dit. Dans les fours modernes à voie sèche, le préchauffeur est couramment associé à un précalcinateur. Les préchauffeurs utilisent les gaz chauds émis par le four comme source de chaleur.

Précision : degré de concordance entre des mesures répétées de la même propriété dans des conditions identiques ou presque calculé sous la forme qu'une fourchette ou d'un écart type. Peut également être exprimé en pourcentage de la moyenne des mesures, par exemple de fourchette relative ou d'écart type relatif (coefficient de variation).

Pré-traitement : les combustibles et/ou matière première de remplacement ne possédant pas des caractéristiques uniformes doivent être soumis à une préparation à partir des différents flux de déchets avant d'être utilisés comme tels dans une cimenterie. Le processus de préparation, ou prétraitement, est nécessaire pour obtenir un flux de déchets qui soit conforme aux spécifications techniques et administratives applicables à la production de ciment et pour garantir le respect des normes environnementales.

Procédé à voie sèche : procédé technique de fabrication du ciment. Dans le procédé à voie sèche, les matières premières entrent dans le four à l'état sec après avoir été moulues en poudre fine appelée « cru ». Le procédé à voie sèche consomme moins d'énergie que le procédé à voie humide, dans lequel de l'eau est ajoutée aux matières premières lors du broyage pour former une pâte.

$$RD = [(W_{\text{entrée}} - W_{\text{sortie chambre de combustion}}) / W_{\text{entrée}}] \times 100$$

Récupération : toute opération grâce à laquelle des déchets sont employés utilement en remplacement d'autres matières qui seraient utilisées autrement pour remplir une fonction particulière, ou déchets préparés en vue de remplir cette fonction, dans l'installation ou dans l'économie en général.

$$RED = [(W_{\text{entrée}} - W_{\text{sortie cheminée}}) / W_{\text{entrée}}] \times 100$$

Rendement d'élimination par destruction (RED) : rendement d'élimination d'un composé organique donné. Mathématiquement, le RED se calcule comme suit :

Rendement de destruction (RD) : mesure du pourcentage d'un composé organique donné détruit par le processus de combustion. Mathématiquement, le RD se calcule comme suit :

Représentativité : terme qualitatif exprimant le degré avec lequel des données représentent exactement et précisément une caractéristique d'une population, les variations d'un paramètre à un point échantillonnage, l'état d'un processus ou l'état de l'environnement.

Système de chauffe : comprend le four, le refroidisseur et les équipements de combustion des combustibles.

Abréviations et acronymes

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (http://www.acgih.org)
AE	Agence pour l'environnement d'Angleterre et du pays Galles (http://www.environment-agency.gov.uk/)
APE	Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis (http://www.epa.gov/)
AQ	Assurance de la qualité
ASTM	American Society for Testing and Materials (http://www.astm.org/)
BEPRIP	Bureau européen pour la prévention et la réduction intégrées de la pollution (http://eippcb.jrc.es/)
BREF	Document de référence sur les meilleures techniques disponibles (publié par l'EIPPCB, http://eippcb.jrc.es/)
CCE	Contrôle continu des émissions
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement (http://www.ccme.ca/)
CEN	Comité européen de normalisation (http://www.cen.eu/)
CKD	Poussières de four à ciment
CMEDD	Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (http://www.wbcsd.org/)
COT	Composés organiques totaux
COV	Composé organique volatil
CQ	Contrôle de la qualité
EPI	Équipement de protection individuelle
EQ	Équivalent toxique
EQTI	Équivalent toxique international
FDS	Fiche de données de sécurité
GER	Gestion écologiquement rationnelle
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH, appelée maintenant Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (http://www.giz.de/)
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
HCT	Hydrocarbures totaux
LEA	Limite d'exposition admissible
MEP	Meilleure pratique environnementale
MTD	Meilleure technique disponible
NEA MTD	Niveau d'émissions associé à la MTD
NIOSH	Institut national pour la sécurité et la santé des travailleurs des États-Unis (http://www.cdc.gov/niosh/)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques (http://www.oecd.org/)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration of the United States (http://www.osha.gov/)
PAD	Plan d'analyse des déchets
PCB	Polychlorobiphényle
PCDD	Polychlorodibenzo-p-dioxine
PCDF	Polychlorodibenzofurane

PCI	Plasma à couplage inductif
PCIP	Prévention et contrôle intégrés de la pollution
PIC	Produit de combustion incomplète
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement (http://www.unep.org/)
POP	Polluant organique persistant
RD	Rendement de destruction
RED	Rendement d'élimination par destruction
SCB	Secrétariat de la Convention de Bâle (http://www.basel.int/)
UE	Union européenne
VLE	Valeur limite d'exposition
VLIEP	Valeur limite indicative d'exposition professionnelle
XRF	Fluorescence X

I. Introduction

A. Portée

1. Les directives techniques actuelles concernant le traitement écologiquement rationnel des déchets dangereux comme combustibles et matières premières de remplacement dans les fours à ciment se conforment aux décisions VIII/17 et IX/17 de la Conférence des Parties à la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination ainsi qu'à la décision OEWG-VII/9 du Groupe de travail à composition non limitée.
2. Le co-traitement des déchets dans des fours à ciment convenablement gérés permet de produire de l'énergie et de récupérer des matériaux au cours de la fabrication de ciment, offrant ainsi une option de valorisation écologiquement rationnelle pour de nombreux déchets. Pour les pays qui s'efforcent de parvenir à une plus grande autosuffisance en matière de gestion des déchets dangereux, en particulier les pays en développement dont l'infrastructure de gestion des déchets peut être peu développée, voire inexistante, il peut constituer une option pratique, économique et écologiquement plus intéressante que la mise en décharge et l'incinération. Le co-traitement de déchets dans des processus à forte intensité de ressources peut jouer un rôle important dans un système de gestion plus durable des matières premières et de l'énergie.
3. On entend par co-traitement l'utilisation de combustibles et/ou matières premières de remplacement aux fins de récupération d'énergie et/ou de ressources. Il diffère de la co-incinération, qui consiste à exploiter l'énergie produite par les déchets lors de leur élimination par traitement thermique pour produire des matériaux.
4. Bien que les présentes directives techniques se rapportent aux déchets dangereux visés par la Convention de Bâle, certaines d'entre elles peuvent également s'appliquer à d'autres déchets, étant donné que de nombreux critères autres que les caractéristiques de danger sont pris en compte lors de la détermination des déchets se prêtant à un co-traitement en cimenterie. Les directives ne couvrent pas l'utilisation de déchets comme matières premières de remplacement pour la production de clinker.

B. Dispositions générales de la Convention de Bâle

5. La Convention de Bâle entrée en vigueur le 5 mai 1992 stipule qu'un mouvement transfrontière de déchets (exportation, importation ou transit) n'est autorisé qu'à la condition que le mouvement lui-même et l'élimination des déchets dangereux ou autres déchets en question soient assurés de façon écologiquement rationnelle.
6. Au paragraphe 1 de son article 2 (« Définitions »), la Convention définit les déchets comme « des substances ou objets qu'on élimine, qu'on a l'intention d'éliminer ou qu'on est tenu d'éliminer en vertu des dispositions du droit national ». Au paragraphe 4, elle définit l'élimination comme « toute opération prévue à l'Annexe IV » de la Convention. Au paragraphe 8, elle définit la gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux ou d'autres déchets comme « toutes mesures pratiques permettant d'assurer que les déchets dangereux ou d'autres déchets sont gérés d'une manière qui garantisse la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets ».
7. Le paragraphe 1 de l'article 4 (« Obligations générales ») définit la procédure par laquelle les Parties exerçant leur droit d'interdire l'importation de déchets dangereux ou d'autres déchets en vue de leur élimination informent les autres Parties de leur décision. L'alinéa a) de ce paragraphe stipule que « les Parties exerçant leur droit d'interdire l'importation de déchets dangereux ou d'autres déchets en vue de leur élimination en informent les autres Parties conformément aux dispositions de l'article 13 ». L'alinéa b) prévoit que « les Parties interdisent ou ne permettent pas l'exportation de déchets dangereux et d'autres déchets dans les Parties qui ont interdit l'importation de tels déchets, lorsque cette interdiction a été notifiée conformément aux dispositions de l'alinéa a) ».
8. Les alinéas a) à d) du paragraphe 2 de l'article 4 énoncent les principales dispositions de la Convention de Bâle concernant la gestion écologiquement rationnelle des déchets, la réduction au minimum de leur production et les pratiques d'élimination atténuant leurs effets nocifs sur la santé humaine et sur l'environnement.

« Chaque Partie doit prendre les dispositions voulues pour :

- a) Veiller à ce que la production de déchets dangereux et d'autres déchets à l'intérieur du pays soit réduite au minimum, compte tenu des considérations sociales, techniques et économiques;

- b) Assurer la mise en place d'installations adéquates d'élimination qui devront, dans la mesure du possible, être situées à l'intérieur du pays, en vue d'une gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux et d'autres déchets en quelque lieu qu'ils soient éliminés;
- c) Veiller à ce que les personnes qui s'occupent de la gestion des déchets dangereux ou d'autres déchets à l'intérieur du pays prennent les mesures nécessaires pour prévenir la pollution résultant de cette gestion et, si une telle pollution se produit, pour en réduire au minimum les conséquences pour la santé humaine et l'environnement;
- d) Veiller à ce que les mouvements transfrontières de déchets dangereux et d'autres déchets soient réduits à un minimum compatible avec une gestion efficace et écologiquement rationnelle desdits déchets et qu'ils s'effectuent de manière à protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets nocifs qui pourraient en résulter. »

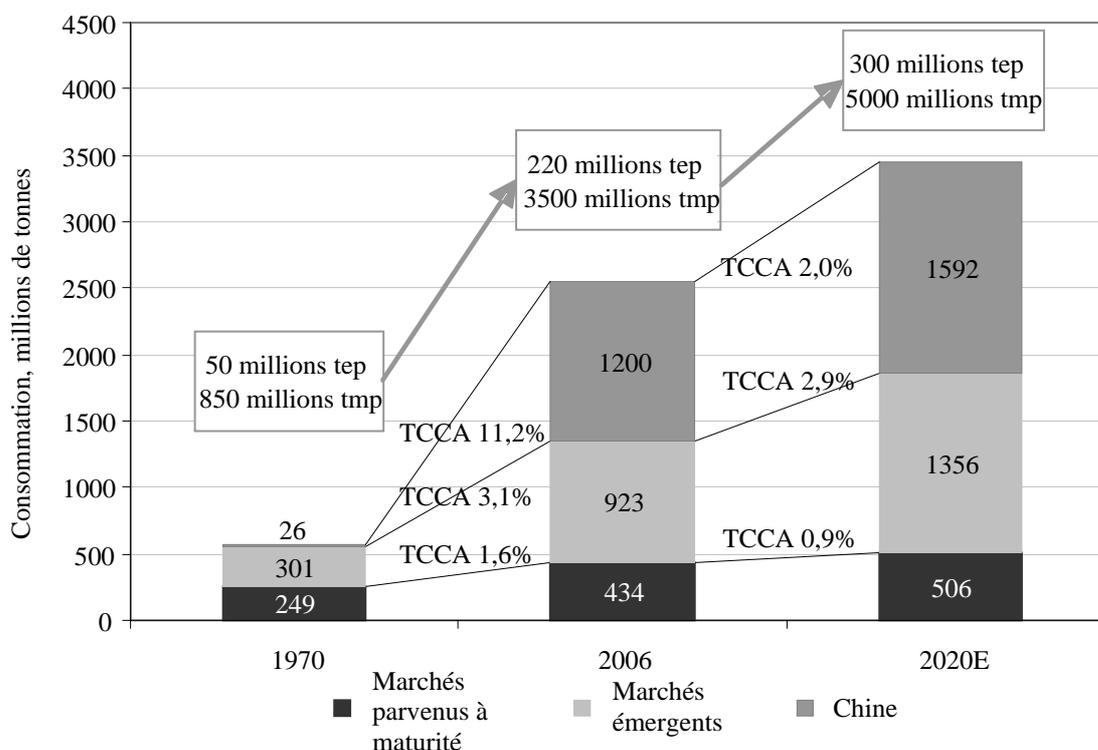
C. Présentation générale de la fabrication de ciment

9. Le ciment est une poudre inorganique non métallique fine qui s'agglomère et durcit en présence d'eau. C'est le principal élément constitutif du béton. Il se fabrique à partir d'un mélange soigneusement dosé de matériaux calcaires et argileux qui, après cuisson, calcination et frittage, se transforme en clinker de ciment que l'on fait refroidir rapidement avant de le broyer avec des additifs tels que le gypse (qui sert à retarder la prise) pour aboutir au produit final. Le procédé de fabrication le plus courant est celui du ciment Portland qui est décrit de façon plus détaillée dans l'annexe 1 des présentes directives.

10. La production de ciment est une activité à forte intensité de ressources : pour obtenir une tonne de ciment, il faut généralement de 1,5 à 1,7 tonne de roches ainsi que, pour chauffer les fours, qui doivent atteindre des températures supérieures à 2 000° C, l'équivalent de 60 à 130 kg de fioul et environ 105 KWh d'électricité (Loréa, 2007). Le poste de l'énergie représente 40 % des coûts de fabrication (EIPPCB, 2010).

11. En 2008, la production mondiale de ciment a été, selon les estimations, de 2,9 milliards de tonnes, la Chine comptant pour environ la moitié de ce chiffre (Da Hai et al, 2010; U. S. Geological Survey, 2009). On a calculé que la consommation mondiale atteindrait 3,4 milliards de tonnes d'ici à 2020 (figure I), ce qui signifie des accroissements correspondants des besoins en énergie et matières premières et des émissions de polluants (Degré, 2009).

Figure I
Évolution estimée de la consommation mondiale de ciment



Tep = tonnes d'équivalent pétrole (42 GJ); tmp = tonnes de matières premières; TCCA = taux composé de croissance annuelle

Source: Degré (2009)

12. La production du clinker est la phase qui a le plus d'impact sur l'environnement dans le processus de fabrication du ciment. Les émissions atmosphériques et les rejets terrestres de déchets produits par les cimenteries dépendent des procédés de fabrication qu'elles utilisent. Ces rejets peuvent comprendre des poussières de four qui n'ont pas pu être réinjectées dans le processus. Des rejets aquatiques peuvent également se produire dans certains cas atypiques. Le bruit et les odeurs peuvent en outre se révéler incommodants.

13. De tous les polluants atmosphériques émis par les cimenteries, les plus abondants sont les poussières, les oxydes d'azote (NO_x) et le dioxyde de soufre (SO₂) (EIPPCB, 2010). Des rejets d'oxydes de carbone (CO, CO₂), de polychlorodibenzodioxines (PCDD) et polychlorodibenzofuranes (PCDF), de composés organiques volatils (COV), de métaux et composés métalliques, de chlorure d'hydrogène (HCl), de fluorure d'hydrogène (HF) et d'autres substances ont également lieu. Il a été estimé que les cimenteries représentent environ 6 % de l'effectif mondial des sources stationnaires d'émissions de CO₂ (IPCC, 2005). La nature et la quantité des substances qu'elles émettent dans l'atmosphère dépendent de divers paramètres tels que les matières premières et combustibles ainsi que le procédé de fabrication utilisés.

14. L'extraction des ressources nécessaires pour la fabrication de ciment (combustibles fossiles, calcaire et autres minéraux) a également des incidences sur la qualité de l'environnement, la biodiversité, le paysage et l'épuisement des ressources non renouvelables ou à faible taux de renouvellement, à l'exemple des combustibles fossiles et des eaux souterraines (Battelle, 2002).

D. Co-traitement des déchets dangereux en cimenterie

15. Le co-traitement des déchets dans les industries à forte intensité de ressources aux fins de leur valorisation énergétique et matière dans des processus de fabrication permet de les substituer à des combustibles et matières premières classiques, dont la consommation s'en trouve ainsi réduite. Dans les cimenteries, il permet, en particulier, de récupérer à partir des déchets dangereux de l'énergie et des minéraux pour la fabrication de ciment.

16. Le co-traitement est un concept de développement durable basé sur les principes de l'écologie industrielle, qui se penche sur le rôle que l'industrie peut jouer dans la réduction des pressions s'exerçant sur l'environnement tout au long du cycle de vie des produits (Mutz et al, 2007; Karstensen, 2009a). Un des buts les plus importants de l'écologie industrielle est de faire des déchets d'une industrie les matières premières d'une autre (OECD, 2000). Le co-traitement de déchets en cimenterie en est un exemple positif inscrit dans une perspective d'avenir.

17. L'intérêt du co-traitement réside dans le fait que les déchets remplacent des matériaux dont on fait ainsi l'économie, ce qui contribue à la préservation des ressources naturelles. Dans la Convention de Bâle, cela se classe parmi les « opérations débouchant sur une possibilité de récupération, de recyclage, de réutilisation, de réemploi direct ou toute autre utilisation » de la partie B de l'annexe IV, dans la catégorie R1 (« Utilisation comme combustible (autrement qu'en incinération directe) ou autre moyen de produire de l'énergie »)¹ et/ou R5 (« Recyclage ou récupération d'autres matières inorganiques »).

18. La Convention de Bâle met les pays Parties dans l'obligation de gérer les déchets dangereux et autres déchets de façon écologiquement rationnelle. Or, dans ce domaine, le principe directeur pour l'établissement d'un système plus durable est la hiérarchie des pratiques de gestion des déchets et, en particulier, la prise en due considération de la protection de l'environnement et de la santé humaine, ce qui donne une place prépondérante à la prévention de l'apparition de déchets. Au cas où celle-ci ne serait pas possible, il faut essayer de réutiliser, recycler ou récupérer les déchets produits, plutôt que de les éliminer. Le co-traitement en cimenterie offre, par exemple, une possibilité de récupération écologiquement rationnelle de ressources qui est préférable à la mise en décharge.

19. Depuis le début des années 70, divers types de déchets sont, par exemple, utilisés avec succès en Australie, au Canada, en Europe, au Japon et aux États-Unis, à la place de combustibles fossiles et matières premières classiques (GTZ/Holcim, 2006). Les expériences de diverses juridictions dans le domaine de l'utilisation de déchets dangereux et autres déchets comme combustibles ou matières premières de substitution ont été passées en revue, entre autres, par le Conseil canadien des

¹ Conformément à l'arrêt du 13 février 2003 de la Cour de justice des Communautés européennes dans l'affaire C-458/00.

ministres de l'environnement (CCME, 1996), l'Environment Agency du Royaume-Uni (1999a), Twigger et al. (2001), et Karstensen (2007a).

20. Bien que les pratiques varient d'une usine à l'autre, la fabrication de ciment peut consommer des quantités considérables de déchets en tant que combustibles et matières premières. Cette consommation s'explique par les caractéristiques de fonctionnement des fours à ciment, qui provoquent une décomposition complète des matières premières en oxydes, lesquels se recombinaient ensuite pour donner les minéraux formant le clinker. Ces caractéristiques peuvent se résumer comme suit pour les déchets dangereux et autres introduits dans les fours à ciment en des points d'alimentation appropriés (EIPPCB, 2010) :

- a) Température maximale : environ 2 000°C (température de flamme dans la chambre de combustion principale) pour les fours rotatifs;
- b) Temps de séjour des gaz : environ 8 s à des températures supérieures à 1 200°C pour les fours rotatifs;
- c) Température des matériaux dans la zone de clinkérisation : environ 1 450°C pour les fours rotatifs;
- d) Atmosphère oxydante pour les fours rotatifs;
- e) Temps de séjour des gaz supérieur à 2 s dans la chambre de combustion secondaire à des températures supérieures à 850°C, dans le précalcinateur, les temps de séjour sont proportionnellement plus longs et les températures plus élevées;
- f) Température des solides dans la chambre de combustion secondaire et/ou le calcinateur : 850°C.
- g) Brûlage uniforme même en cas de fluctuations de la charge grâce aux températures élevées et aux temps de séjour suffisamment longs;
- h) Destruction des polluants organiques grâce aux températures élevées et aux temps de séjour suffisamment longs;
- i) Adsorption d'éléments gazeux tels que le HF, le HCl et le SO₂ sur les réactifs alcalins;
- j) Forte capacité de rétention des métaux lourds liés aux particules;
- k) Court temps de séjour des gaz de combustion dans la gamme de températures connue pour favoriser la reformation des polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofuranes;
- l) Valorisation énergétique et matière simultanée grâce à l'incorporation intégrale des cendres dans le clinker;
- m) Aucune production de déchets spécifiques à un produit donné grâce à l'intégration complète des matériaux dans le clinker (mais certaines cimenteries jettent les poussières de four ou de dérivation (bypass));
- n) Incorporation chimico-minéralogique des métaux lourds non volatils dans le clinker.

21. L'utilisation de déchets dangereux et autres dans la fabrication de ciment peut présenter de nombreux avantages : récupération de leur contenu énergétique et de leurs matériaux, conservation des combustibles fossiles non renouvelables et des ressources naturelles, réduction des émissions de CO₂, réduction des coûts de fabrication et utilisation d'une technologie existante pour traiter des déchets dangereux (voir par exemple Mantus, 1992; Battelle, 2002; WBCSD, 2005; Karstensen, 2007b), pour ne citer que ces exemples.

22. Le plus direct de ces avantages, du point de vue des cimenteries, est la possibilité d'exploiter le contenu énergétique de ces déchets au lieu de recourir à des combustibles fossiles (Murray et Price, 2008), ce qui réduit la dépendance envers ces derniers et permet d'économiser les ressources. Les quantités de combustibles fossiles dont la consommation est ainsi évitée dépendent, entre autres, du pouvoir calorifique et de la teneur en eau des combustibles de remplacement.

23. De plus, les combustibles de remplacement peuvent avoir une plus faible teneur (massique) en carbone que les combustibles fossiles et inclure des matières premières nécessitant sensiblement moins d'énergie (et de combustible) que le CaCO₃ pour fournir une partie du CaO nécessaire à la fabrication du clinker (Van Oss, 2005). La réduction des émissions de CO₂ qui peut en résulter est donc un autre avantage direct du co-traitement en cimenterie. Par rapport à un scénario d'incinération sans récupération d'énergie, l'intégration du co-traitement en cimenterie dans une stratégie globale de

gestion des déchets offre un moyen potentiel de réduire les émissions globales nettes de CO₂ (EA, 1999b; CEMBUREAU, 2009).

24. L'utilisation de matières premières de remplacement réduit l'exploitation des ressources naturelles et l'empreinte écologique de ces activités (WBCSD, 2005; CEMBUREAU, 2009).

25. La possibilité d'utiliser les fours à ciment existants pour le co-traitement des déchets dont la production ne peut être réduite à un minimum ou qui ne peuvent pas être recyclés élimine la nécessité d'investir dans des incinérateurs ou sites d'enfouissement spécialisés (GTZ/Holcim, 2006; Murray et Price, 2008). Et, contrairement aux cendres produites par de tels incinérateurs, celles provenant des déchets dangereux co-traités dans les fours à ciment sont incorporées dans le clinker, de sorte qu'elles ne nécessitent aucune gestion supplémentaire.

26. Il est de la plus haute importance que le co-traitement de déchets dangereux en cimenterie se fasse selon les meilleures techniques disponibles et les critères applicables en matière d'intrants, de procédés et de mesures antipollution. À ce propos, la prévention et la réduction au minimum des rejets de polluants organiques persistants résultant d'une production intentionnelle sont abordées dans l'article 5 de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Le Secrétariat de la Convention a publié des directives sur les meilleures techniques disponibles et des orientations provisoires sur les meilleures pratiques environnementales qui ont été adoptées par la Conférence des Parties dans sa décision SC-3/5. De même, les documents de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les industries de fabrication du ciment, de la chaux et de la magnésie (EIPPCB, 2010) et les industries de traitement des déchets (EIPPCB, 2006) ainsi que sur les principes généraux de surveillance (EIPPCB, 2003) produits par la Commission européenne sont des sources particulièrement pertinentes.

27. Ces documents présentent les résultats d'un échange d'informations coordonné par la Commission européenne qui a eu lieu en application de la directive 2008/1/CE (Directive relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution) entre les États membres de l'Union européenne, les industries concernées et des organisations non gouvernementales de protection de l'environnement. Ils fournissent aux États membres de l'Union européenne des orientations sur les meilleures techniques disponibles et les niveaux d'émission associés et d'autres informations utiles concernant chaque secteur.

28. Un cadre juridique et réglementaire national approprié dans lequel les activités de gestion des déchets dangereux peuvent être planifiées et exécutées sans risque devrait garantir le traitement correct des déchets à toutes les étapes des opérations, depuis leur production jusqu'à leur élimination. Les Parties aux conventions de Bâle et de Stockholm devraient également se pencher sur leurs réglementations, normes et procédures nationales afin de s'assurer qu'elles sont conformes aux dispositions de ces conventions et aux obligations qu'elles créent, y compris celles qui ont trait à la gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux.

29. Le co-traitement de tels déchets ne devrait se faire que dans des fours satisfaisant pleinement aux obligations définies dans les permis et à la réglementation applicable au niveau local. Les installations de co-traitement de déchets dangereux et d'autres déchets situées dans l'Union européenne doivent, par exemple, se conformer à la Directive 2000/76/CE sur l'incinération des déchets (qui sera remplacée en janvier 2014 par la Directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles) et à la Directive 2008/98/EC relative aux déchets.

II. Orientations générales sur le co-traitement écologiquement rationnel dans les fours à ciment

A. Principes du co-traitement en cimenterie

30. Il est admis que, lorsqu'il est pratiqué de manière sûre et écologiquement rationnelle, le co-traitement des déchets dangereux et autres en cimenterie a des effets positifs de portée considérable sur l'environnement (CEMBUREAU, 1999a; 2009). Pour éviter la possibilité d'une mauvaise planification pouvant causer un accroissement des émissions de polluants ou l'adoption d'une méthode moins écologique de gestion des déchets, la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH et Holcim Group Support Ltd ont élaboré un ensemble de principes généraux (GTZ/Holcim, 2006) résumant brièvement à l'intention des planificateurs et des parties intéressées les principaux points à prendre en considération dans les projets de co-traitement (tableau 1).

31. Le World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2005) a également défini des principes similaires. Karstensen (2008a, 2009a) a énoncé des prescriptions générales

concernant les fours à ciment régulièrement utilisés pour le co-traitement de déchets dangereux que le Département des affaires environnementales et du tourisme du Gouvernement sud-africain a adoptées en 2009 dans son cadre pour la pratique du co-traitement en cimenterie (tableau 2).

Tableau 1
Principes généraux du co-traitement de déchets dangereux et autres déchets en cimenterie

<i>Principe</i>	<i>Description</i>
La hiérarchie de gestion des déchets devrait être respectée	<ul style="list-style-type: none"> - Le co-traitement des déchets en cimenterie ne devrait être entrepris qu'en l'absence d'autres méthodes de valorisation écologiquement et économiquement plus viables - Le co-traitement devrait être considéré comme faisant partie intégrante de la gestion des déchets - Le co-traitement devrait se faire conformément aux dispositions des Conventions de Bâle et de Stockholm et des autres accords internationaux sur l'environnement pertinents
Il faut éviter les émissions additionnelles et les incidences négatives sur la santé humaine	<ul style="list-style-type: none"> - Il faut prévenir ou réduire au minimum les effets néfastes de la pollution sur l'environnement et la santé humaine - Les émissions atmosphériques produites lors du co-traitement ne doivent pas être statistiquement plus élevées qu'en fonctionnement normal
La qualité du ciment produit doit rester inchangée	<ul style="list-style-type: none"> - Le produit (clinker, ciment, béton) ne doit pas être utilisé pour piéger les métaux lourds - Le produit ne doit avoir aucun impact négatif sur l'environnement (constaté lors des essais de lixiviation, par exemple) - La qualité du produit doit permettre une récupération en fin de vie
Les entreprises assurant le co-traitement doivent être compétentes	<ul style="list-style-type: none"> - Elles doivent veiller au respect de toutes les législations et réglementations - Elles doivent posséder de bons antécédents en matière de respect des normes environnementales et de sécurité - Elles doivent disposer d'un personnel, de procédés et de systèmes affectés à la préservation de l'environnement, de la santé et de la sécurité - Elles doivent être capables de contrôler les intrants et le processus de production - Elles doivent entretenir de bonnes relations avec le public et les autres parties concernées par les programmes locaux, nationaux et internationaux de gestion des déchets
La mise en œuvre du co-traitement doit tenir compte des circonstances nationales	<ul style="list-style-type: none"> - Les réglementations et procédures doivent être adaptées aux exigences et besoins spécifiques du pays - La mise en œuvre doit tenir compte de la nécessité éventuelle d'acquiescer les capacités nécessaires et d'adopter des arrangements institutionnels - L'introduction du co-traitement doit cadrer avec les autres processus de réforme structurelle de la gestion des déchets du pays concerné

Source : GTZ/Holcim (2006)

Tableau 2
Prescriptions générales concernant le co-traitement des déchets dangereux et autres déchets en cimenterie

1)	Possession d'un rapport approuvé d'évaluation de l'impact sur l'environnement et de l'ensemble des permissions, licences, autorisations et permis requies aux niveaux local et national;
2)	Respect de toutes les réglementations nationales et locales;
3)	Emplacement, infrastructure technique, entreposage et matériel de traitement adéquats;
4)	Approvisionnement fiable en électricité et en eau;
5)	Application des meilleures techniques disponibles en matière de prévention et réduction des émissions de polluants atmosphériques pour garantir le respect des réglementations et des exigences du permis (constatée le suivi régulier des niveaux de référence);
6)	Traitement/refroidissement des gaz évacués et températures peu élevées (< 200 °C) dans les dispositifs antipollution pour prévenir la formation de dioxines;

- 7) Une structure de gestion et organisationnelle claire définissant sans ambiguïté les responsabilités, la chaîne hiérarchique et le mécanisme de rétroinformation;
- 8) Un système de notification des erreurs (mesures préventives et correctives) pour les employés;
- 9) Des employés qualifiés possédant les compétences nécessaires pour gérer les déchets et les questions de santé, de sécurité et d'environnement;
- 10) Des équipements et procédures d'urgence et de sécurité adéquats, et des entraînements réguliers;
- 11) Des services agréés de collecte, transport et manutention des déchets dangereux;
- 12) Des méthodes permettant de recevoir les déchets dangereux, de les entreposer et de les introduire dans les fours en toute sécurité;
- 13) Des laboratoires et des équipements adéquats pour l'acceptation des déchets dangereux et le contrôle de la charge;
- 14) Enregistrement adéquat des données sur les déchets et les émissions;
- 15) Des méthodes adéquates de contrôle de la qualité du produit;
- 16) Application d'un système de gestion de l'environnement incluant un programme d'amélioration continue;
- 17) Des audits indépendants (sanctionnés par le gouvernement ou autres) et des systèmes de surveillance des émissions et de communication d'informations;
- 18) Des dialogues entre les parties prenantes, la communauté et les autorités et des mécanismes de réponse aux observations et plaintes;
- 19) Transparence en matière de performances et présentation à intervalles réguliers de rapports de vérification de la conformité.

Adapté de South African Government Department of Environmental Affairs and Tourism (2009) et Karstensen (2009a).

B. Considérations générales relatives à la gestion écologiquement rationnelle

32. La gestion écologiquement rationnelle est un concept de politique générale pour lequel il n'existe pas, à l'heure actuelle, de définition universelle claire. Néanmoins, les dispositions des conventions de Bâle et de Stockholm relatives à la gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux, ainsi que les critères de performance de base de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (qui sont examinés dans les trois sous-sections suivantes) fournissent des orientations internationales à l'appui des efforts de gestion écologiquement rationnelle entrepris dans différents pays et par certaines industries.

1. Convention de Bâle

33. Le paragraphe 8 de l'article 2 de la Convention de Bâle définit la gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux ou d'autres déchets comme « toutes mesures pratiques permettant d'assurer que les déchets dangereux ou d'autres déchets sont gérés d'une manière qui garantisse la protection de la santé humaine et de l'environnement contre les effets nuisibles que peuvent avoir ces déchets ».

34. Le paragraphe 2 b) de l'article 4 exige que chaque Partie prenne les dispositions voulues pour « assurer la mise en place d'installations adéquates d'élimination qui devront, dans la mesure du possible, être situées à l'intérieur du pays, en vue d'une gestion écologiquement rationnelle des déchets dangereux ou d'autres déchets en quelque lieu qu'ils soient éliminés » et le paragraphe 2 c) stipule que chaque Partie doit « veiller à ce que les personnes qui s'occupent de la gestion des déchets dangereux ou d'autres déchets à l'intérieur du pays prennent les mesures nécessaires pour prévenir la pollution résultant de cette gestion et, si une telle pollution se produit, pour en réduire au minimum les conséquences pour la santé humaine et l'environnement ».

35. Le paragraphe 8 de l'article 4 exige « que les déchets dangereux ou d'autres déchets dont l'exportation est prévue soient gérés selon des méthodes écologiquement rationnelles dans l'État d'importation ou ailleurs. À leur première réunion, les Parties arrêteront des directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets entrant dans le cadre de la présente Convention ». Les présentes directives ont pour objet de fournir une définition plus précise de la gestion écologiquement rationnelle dans le cas du co-traitement de déchets dangereux en cimenterie, en précisant notamment le traitement et les méthodes d'élimination appropriés pour ces flux de déchets.

36. Plusieurs principes essentiels pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets ont été formulés dans le Document-cadre de 1994 sur la préparation de directives techniques pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets visés par la Convention de Bâle.

37. Pour parvenir à une gestion écologiquement rationnelle des déchets, ce document recommande un certain nombre de conditions juridiques, institutionnelles et techniques (critères de gestion écologiquement rationnelle) à remplir, à savoir :

- a) Qu'il existe une infrastructure réglementaire et coercitive garantissant le respect des règles applicables;
- b) Qu'il existe des sites ou installations agréés possédant les moyens techniques et le savoir-faire en matière de lutte antipollution nécessaires pour traiter les déchets dangereux de la manière envisagée, compte tenu notamment des technologies et des mesures de lutte antipollution disponibles dans le pays exportateur;
- c) Qu'il soit exigé des exploitants des sites ou installations gérant des déchets dangereux qu'ils surveillent, le cas échéant, les effets de ces activités;
- d) Que des mesures appropriées soient prises dans les cas où la surveillance montre que la gestion de déchets dangereux a entraîné des rejets inacceptables;
- e) Que les personnes s'occupant de la gestion de déchets dangereux aient les compétences et la formation requises pour exercer leurs fonctions.

38. La Déclaration de Bâle adoptée en 1999 par la Conférence des Parties à la Convention à sa cinquième réunion appelle les Parties à intensifier et renforcer leurs efforts de coopération pour parvenir à une gestion écologiquement rationnelle, notamment dans les domaines suivants : prévention, réduction, recyclage, récupération et élimination des déchets dangereux et autres déchets visés par la Convention de Bâle, en tenant compte des aspects sociaux, technologiques et économiques; et réduction plus poussée des mouvements transfrontières de déchets dangereux et autres déchets visés par la Convention de Bâle.

39. Elle énumère un certain nombre d'activités qui devraient être menées dans ce contexte, notamment les suivantes :

- a) Identification et quantification des types de déchets produits au niveau national;
- b) Recours aux meilleures pratiques, telles que l'adoption de méthodes ou démarches de production moins polluantes, pour éviter ou réduire au minimum la production de déchets dangereux et réduire leur toxicité;
- c) Mise en place de sites ou d'installations agréés pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets et, en particulier, des déchets dangereux.

2. Convention de Stockholm

40. Bien que le terme « gestion écologiquement rationnelle » ne soit pas défini dans la Convention de Stockholm, la Conférence des Parties est censée déterminer, en coopération avec les organes appropriés de la Convention de Bâle, les méthodes écologiquement rationnelles d'élimination des déchets constitués de POP, en contenant ou contaminés par ces substances.

3. Organisation de coopération et de développement économiques

41. L'OCDE a adopté une recommandation relative à la gestion écologique des déchets qui comprend divers éléments, dont les critères de performance de base des orientations pour la gestion écologique des déchets dans les installations de récupération des déchets, parmi lesquels certains sont applicables en amont de la collecte, du transport, du traitement et du stockage, et d'autres en aval du stockage, du traitement et de l'élimination des résidus correspondants.

42. Selon ces critères, les installations devraient :

- a) S'inscrire dans un système de management environnemental;
- b) Prendre les mesures permettant de garantir l'hygiène et la sécurité au travail et dans l'environnement;
- c) Avoir un programme adapté de mesures, de relevés et de rapports;
- d) Disposer d'un programme de formation adapté pour le personnel;
- e) Avoir un plan d'intervention d'urgence approprié;
- f) Avoir un plan de fermeture et de suivi.

C. Éléments à prendre en considération lors du choix de déchets pour le co-traitement

43. En raison des rigoureux contrôles de la qualité auxquels les produits cimentiers sont soumis et de la nature du processus de fabrication, seuls des déchets dangereux et non dangereux soigneusement sélectionnés conviennent pour un co-traitement (WBCSD, 2005). Selon le BREF publié par la Commission européenne pour ce secteur, la meilleure technique disponible consiste à sélectionner et contrôler minutieusement toutes les substances introduites dans le four pour éviter et/ou limiter les émissions (EIPPCB, 2010).

44. Lors de la détermination de l'aptitude d'un déchet dangereux au co-traitement, il est nécessaire de tenir compte de la composition chimique du ciment et des risques pour l'environnement ou la santé et la sécurité du public. Une approche prenant en considération toutes les étapes de la chaîne de récupération des déchets dangereux est recommandée pour évaluer les opérations de récupération disponibles.

45. En règle générale, le co-traitement de déchets dangereux en cimenterie devrait ajouter de la valeur au processus de fabrication, par exemple sous forme d'apport d'énergie ou de minéraux, tout en respectant les réglementations applicables et les exigences stipulées dans le permis. Bien que les déchets à forte teneur en métaux ne se prêtent généralement pas au co-traitement, étant donné que les caractéristiques de fonctionnement des fours à ciment sont variables, la composition exacte des déchets admissibles dépendra de l'aptitude de chaque unité à se charger des différents types de déchets.

46. L'utilisation de fours à ciment pour des opérations d'élimination ne débouchant pas sur une récupération de ressources (destruction ou transformation irréversibles des éléments dangereux des déchets considérés) ne devrait être envisagée que si elle présente des avantages écologiques (par exemple, réduction des NO_x par refroidissement de la température de la flamme) ou si aucune autre option d'élimination économique et écologiquement rationnelle n'existe au niveau local.

47. Dans l'éventualité d'une telle utilisation, il faut soigneusement évaluer les autres voies d'élimination possibles, se conformer à des normes draconiennes en matière d'environnement, de santé et de sécurité et veiller à ce que la qualité du produit final ne souffre pas. Dans les pays où le produit final n'est pas soumis à des exigences strictes il importe d'autant plus d'appliquer les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales (PNUE 2007).

48. En raison de leur hétérogénéité, il peut être nécessaire de mélanger différents flux de déchets dangereux et d'autres déchets pour obtenir une charge homogène répondant aux spécifications requises pour le co-traitement. Cette opération ne devrait toutefois pas servir à contourner les restrictions réglementaires en abaissant le taux de substances dangereuses d'un flux. En règle générale, il convient de faire en sorte qu'elle ne conduise pas à l'application d'une méthode d'élimination inappropriée (c'est-à-dire écologiquement non rationnelle) (EIPPCB)².

1. Déchets dangereux se prêtant au co-traitement en cimenterie

49. Les déchets dangereux qui se prêtent à un co-traitement en cimenterie sont très nombreux mais, comme les émissions des fours à ciment varient d'une installation à l'autre, les types de déchets qu'on peut utiliser diffèrent également. Plusieurs facteurs influent sur leur sélection, dont : la nature des déchets en question; leurs caractéristiques dangereuses; les opérations de gestion de déchets disponibles; le fonctionnement du four; la composition des matières premières et des combustibles; les points d'introduction des déchets; les dispositifs de nettoyage des gaz de combustion; la qualité du clinker obtenu; les impacts globaux sur l'environnement; la probabilité que des polluants organiques persistants se forment et s'échappent; les considérations particulières relatives à la gestion des déchets; et l'acceptation du public et du gouvernement (Van Oss et Padovani, 2003; GTZ/Holcim, 2006; UNEP, 2007; EIPPCB, 2010).

50. L'exploitant devrait élaborer une procédure d'évaluation des déchets pour déterminer leurs impacts potentiels sur la santé et la sécurité des travailleurs et du public ainsi que sur les émissions, les opérations et la qualité du produit. Les variables dont il convient de tenir compte lors de la sélection des déchets sont, entre autres (WBCSD, 2005; PNUE, 2007) :

² Dans l'Union européenne, les dispositions de la Directive 2008/98/CE concernant les mélanges de déchets dangereux s'appliquent.

- a) Fonctionnement du four :
- i) Teneur en alcalis (sodium, potassium, etc.), en soufre et en chlore : des quantités trop élevées de ces substances peuvent conduire à une accumulation et à des blocages du système de four. S'il est impossible de les capturer dans le clinker ou les poussières de four (CKD), un bypass peut être nécessaire pour évacuer les quantités excédentaires des systèmes de préchauffage/précalcination. Une forte teneur en alcalis peut également limiter la possibilité de recyclage des CKD dans le four lui-même.
 - ii) Pouvoir calorifique : c'est le paramètre essentiel déterminant l'énergie fournie au processus;
 - iii) Teneur en eau : le taux d'humidité global peut avoir une incidence sur le rendement, l'efficacité et la consommation d'énergie. La teneur en eau des déchets doit être rapprochée de celle des combustibles et/ou matières premières classiques;
 - iv) Teneur en cendres : elle influe sur la composition chimique du ciment et peut nécessiter un ajustement de la composition du cru.
 - v) Débit des gaz de combustion et débit d'alimentation en déchets : le temps de séjour doit suffire pour détruire les composés organiques et prévenir une combustion incomplète due à une surcharge de déchets;
 - vi) Stabilité du fonctionnement (par exemple, durée et fréquence des interruptions de service dus à des pics de CO), et état (liquide, solide), pré-traitement (déchetage, broyage) et homogénéité des déchets;
- b) Émissions :
- i) Taux de matière organique : les constituants organiques des déchets sont associés aux émissions de CO₂ et peuvent entraîner des émissions de CO et d'autres produits de combustion incomplète si les déchets sont introduits à des points d'alimentation inappropriés ou lorsque les conditions de fonctionnement sont instables;
 - ii) Teneur en chlore : les chlorures peuvent se combiner avec les alcalis pour former des particules fines difficiles à contrôler. Dans certains cas, ils se combinent avec l'ammoniac présent dans la charge de calcaire, ce qui produit des panaches séparés et hautement visibles de fines particules à forte teneur en chlorure d'ammonium;
 - iii) Teneur en métaux : parce qu'ils ne sont pas volatils, la plupart des métaux lourds sortent indemnes du processus de cuisson et aboutissent dans le clinker. Les métaux volatils introduits dans le four seront partiellement recyclés en interne par évaporation et condensation jusqu'à ce qu'ils atteignent l'équilibre, le reste étant évacué dans les gaz de combustion. Le thallium et le mercure ainsi que leurs composés sont très volatils, de même que, à un moindre degré, le cadmium, le plomb, le sélénium et leurs composés. Il est nécessaire de tenir compte du fait que les dispositifs de dépoussiérage ne capturent que la fraction des métaux lourds et de leurs composés qui se trouve adsorbée sur des particules. Une attention particulière doit également être accordée à l'efficacité du système de nettoyage des gaz de combustion si les déchets utilisés comprennent du bois traité avec des agents de préservation contenant du cuivre, du chrome ou de l'arsenic. Le mercure est un métal très volatil qui, en fonction de la température des gaz de combustion, se retrouve adsorbé sur des particules ou sous forme de vapeurs dans les dispositifs antipollution atmosphérique (EIPPCB, 2010);
 - iv) Dans les systèmes équipés d'un bypass pour alcalis, l'évacuation des poussières de ce dernier peut se faire soit par une cheminée d'extraction séparée, soit par celle du four. D'après l'Agence américaine pour la protection de l'environnement (USEPA) (1998), les mêmes polluants atmosphériques dangereux se rencontrent dans les deux. Un contrôle approprié des effluents gazeux similaire à celui exigé pour la cheminée d'extraction principale est donc également nécessaire pour la cheminée d'extraction du bypass dans les installations qui en possèdent un (PNUE, 2007);

- v) Les matières premières, combustibles ou déchets possédant une forte teneur en soufre peuvent causer des rejets de SO₂.
- c) Qualité du clinker, du ciment et du produit final
 - i) Un taux élevé de phosphate peut augmenter le temps de prise;
 - ii) Un taux élevé de fluor aura des incidences sur le temps de prise et le durcissement;
 - iii) Un taux élevé de chlore, de soufre ou d'alcalis peut nuire à la qualité globale du produit;
- iv) Le thallium et le chrome peuvent amoindrir la qualité du ciment et causer des réactions allergiques chez les utilisateurs sensibles. Dans les débris de béton, il est possible que le chrome se laisse plus souvent entraîner par lixiviation que les autres métaux (Van der Sloot et al, 2008). Le calcaire, le sable et l'argile contiennent tous du chrome, ce qui fait qu'il apparaît inévitablement dans le ciment et ce, à des taux très variables.³ L'Institut norvégien de médecine du travail (Kjuus et al. , 2003) a passé en revue plusieurs études portant sur l'allergie au chromate, en particulier chez les travailleurs du bâtiment. Il a trouvé que le chrome présent dans le ciment provient principalement des matières premières, des briques réfractaires des fours et de l'acier des broyeurs. La contribution relative de ces facteurs peut varier en fonction de la teneur en chrome des matières premières et des conditions de fabrication. Aussi bien les combustibles classiques que ceux de remplacement en sont des sources mineurs (EIPPCB, 2010). L'exposition à du ciment humide de faible pH peut provoquer la « gale du ciment », une dermatite irritative ou allergique due au contact avec le chrome (Kjuus et al, 2003). Dans l'Union européenne, il est interdit d'utiliser et de commercialiser des ciments ou préparations contenant du ciment susceptibles d'entrer en contact avec la peau qui possèdent à l'état hydraté une teneur en chrome soluble (VI) supérieure à 0,0002 % de leur poids sec.⁴ Comme les principales sources de chromate sont les matières premières, l'adjonction d'un réducteur au produit fini s'impose pour abaisser sa teneur en chrome (VI). Les principaux réducteurs utilisés en Europe sont le sulfate ferreux et le sulfate d'étain (EIPPCB, 2010).
- v) Éléments lixiviables présents à l'état de traces : tous les matériaux classiques et autres constituant la charge contiennent des métaux lourds mais, sauf pour le chrome, les concentrations de ces métaux lixiviés à partir du béton sont, dans certaines conditions, proches des valeurs fixées dans les normes pour l'eau potable (GTZ/Holcim, 2006).

51. Les déchets ne répondent pas tous aux conditions requises pour le co-traitement en cimenterie. Seuls ceux dont la composition, le contenu énergétique et la valeur minéralogique sont connus se prêtent à ce type de valorisation. De même, il faut se pencher sur tous les problèmes en matière de santé et de sécurité spécifiques à chaque installation et tenir dûment compte de la hiérarchie de gestion des déchets. La co-incinération ne devrait être appliquée que si toutes les conditions et exigences préalables touchant à l'environnement, à la santé, aux aspects socio-économiques et à l'opération, sont respectées (PNUE, 2007).

52. Les directives sur les meilleures techniques disponibles et les orientations provisoires sur les meilleures pratiques environnementales publiées par le Secrétariat de la Convention de Stockholm déconseillent le co-traitement en cimenterie des déchets suivants (PNUE, 2007) :

- a) Déchets radioactifs ou nucléaires;
- b) Déchets d'équipements électriques et électroniques (e-déchets);
- c) Batteries complètes;
- d) Déchets corrosifs, y compris acides minéraux;
- e) Explosifs;
- f) Déchets contenant du cyanure;

³ Les concentrations des éléments présents à l'état de traces dans les matières premières classiques sont données à titre d'information dans l'annexe 2.

⁴ Directive 2003/53/CE du Parlement européen et du Conseil du 18 juin 2003 portant vingt-sixième modification de la directive 76/769/CEE du Conseil concernant la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (nonylphénol, éthoxylate de nonylphénol et ciment)

- g) Déchets contenant de l'amiant;
- h) Déchets médicaux infectieux;
- i) Armes chimiques ou armes biologiques destinées à la destruction;
- j) Déchets contenant du mercure;
- k) Déchets de composition inconnue ou imprévisible, y compris ordures municipales non triées.

53. Chaque installation peut en outre exclure d'autres déchets, en fonction des circonstances locales.

54. En général, ces déchets sont déconseillés en raison de préoccupations liées à la santé et à la sécurité, au fonctionnement des fours, à la qualité du clinker et aux émissions atmosphériques. Ils le sont également lorsqu'une autre option de gestion est disponible.

55. Les cimenteries ne sont pas conçues ni équipées pour faire face aux exigences sanitaires se rattachant à la gestion de déchets radioactifs. Pour éliminer les radionucléides, on préfère une méthode d'encapsulation consistant à les concentrer (réduire leur volume) et à les conditionner de manière à prévenir ou à réduire substantiellement leur dispersion dans l'environnement.

56. Les déchets d'équipements électriques et électroniques contiennent des ressources de grande valeur comme, par exemple, des métaux précieux qu'il serait préférable de recycler. Le co-traitement des éléments en plastique peut éventuellement s'envisager mais seulement après qu'ils ont été convenablement démontés et triés.

57. Le co-traitement de batteries conduirait à des concentrations de polluant dans le ciment et les émissions atmosphériques. Les batteries contiennent également des ressources de grande valeur telles que le plomb, qu'il vaut mieux recycler.

58. Les déchets corrosifs peuvent attaquer et encrasser le matériel, en particulier dans le cas des systèmes de prétraitement, de stockage et d'injection, qui ne sont habituellement pas conçus pour ce genre de déchets. Les déchets à forte teneur en chlore et soufre tels que certains acides minéraux peuvent également avoir un effet néfaste sur la production et la qualité du clinker. Par ailleurs, un taux élevé de soufre peut donner lieu à des dégagements de SO_x (PNUE, 2007).

59. Les déchets explosifs ne devraient pas être admis au co-traitement, étant donné les effets négatifs qu'ils exercent sur la stabilité du processus. Ils posent également des problèmes en matière de sécurité des travailleurs liés au risque d'explosions incontrôlées durant leur transport et leur prétraitement.

60. En raison de sa grande volatilité, le mercure constitue un problème du point de vue des émissions atmosphériques. Les apports de déchets contenant du mercure devraient être contrôlés et limités autant que possible. En outre, comme cette mesure ne suffit pas pour garantir un faible niveau d'émissions, il convient d'envisager l'établissement d'un plafond d'émissions.

2. Récupération ou élimination sans co-traitement de déchets dans les fours à ciment

61. Tout flux sélectionné de déchets à contenu énergétique récupérable qui est conforme aux spécifications peut s'utiliser dans un four à ciment en remplacement d'une partie des combustibles classiques. De même, les déchets contenant des éléments utiles tels que calcium, silice, alumine et fer peuvent s'utiliser pour remplacer des matières premières telles que l'argile, le schiste et le calcaire. Les déchets qui répondent à ces deux exigences peuvent se prêter à une valorisation énergétique et matière.

62. Par contre, la combustion de déchets dans un four à ciment sans aucune substitution, à seule fin de détruire ou transformer irréversiblement les substances dangereuses qu'il s'contiennent, ne devrait pas être considérée comme une opération de récupération⁵.

63. Pour distinguer entre les opérations qui permettent de récupérer des ressources et les autres, il peut être nécessaire de mettre au point des critères d'évaluation de la contribution des déchets au

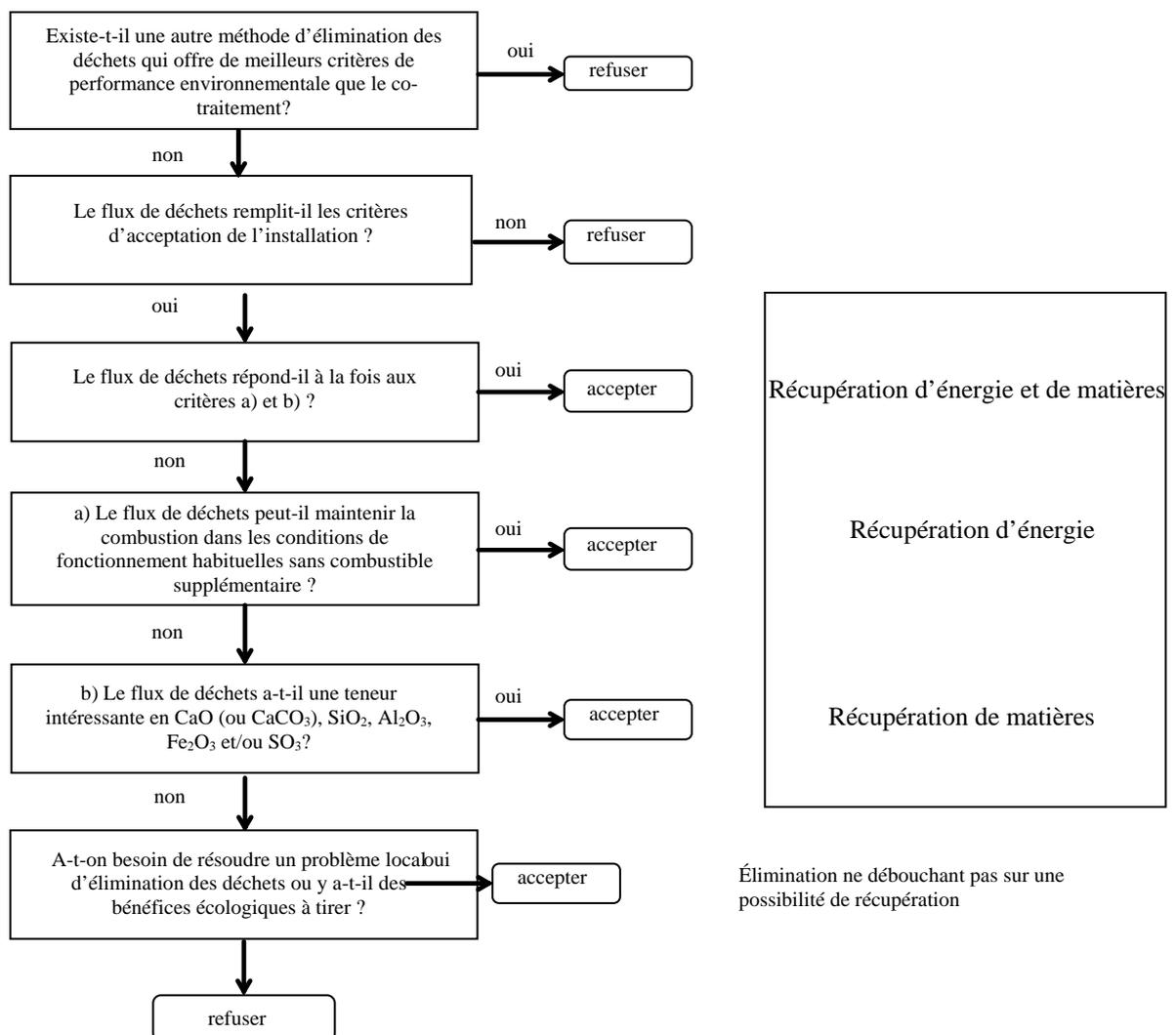
⁵ Dans la Convention de Bâle, le terme "élimination" désigne aussi bien les opérations énumérées dans l'Annexe IV. A (opérations ne débouchant pas sur une possibilité de récupération, de recyclage, de réutilisation, de réemploi direct ou toute autre utilisation) que celles figurant dans l'Annexe IV. B (opérations débouchant sur une possibilité de récupération). Toutefois, dans certains pays, seules les opérations de l'Annexe IV. A, c'est-à-dire celles qui ne permettent pas une récupération, sont considérées comme une élimination. La destruction des déchets dangereux peut être classée dans les catégories R1 ou D10 de l'Annexe IV.

processus de production, qui sont exposés dans la figure II. Certaines démarches utilisant le pouvoir calorifique supérieur ou inférieur des déchets pour calculer leur contenu énergétique et leur composition chimique (cendres, CaO ou CaCO₃, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃ et/ou eau) pour estimer leur valeur minérale ont été proposées (Zeevalkink, 1997; Koppejan et Zeevalkink, 2002; GTZ/Holcim, 2006). Un exemple est fourni dans l'annexe 2 des présentes directives.

64. En tout état de cause, les déchets ne possédant aucune valeur énergétique ou minérale ne devraient pas entrer en ligne de compte pour le co-traitement, mais ils peuvent être éliminés dans les fours à ciment, grâce aux températures élevées, aux temps de séjour importants et aux conditions d'oxydation qu'on y trouve. À la demande des autorités nationales ou locales, les fours à ciment peuvent servir à détruire ou transformer irréversiblement des déchets dangereux particulièrement problématiques, tels que les stocks de pesticides périmés. Il s'agit toutefois d'une activité qui sort du cadre du co-traitement et qui doit être évaluée au cas par cas et convenue d'un commun accord par les autorités réglementaires et les exploitants. Des essais d'incinération peuvent alors être nécessaires pour vérifier que les critères de performance sont remplis.

65. Il convient toutefois de noter que les fours à ciment sont principalement des procédés de production de clinker et que leurs conditions de fonctionnement ne sont pas toujours idéales pour la destruction des déchets. Par exemple, ils opèrent généralement à de plus faibles concentrations d'oxygène et des taux de monoxyde de carbone plus élevés que les incinérateurs bien réglés, alors que la destruction des déchets organiques nécessite de hautes températures pendant des durées assez longues et un bon mélange des composés organiques avec l'oxygène. Une introduction des déchets au mauvais endroit ou un trop faible niveau d'oxygène peut parfois empêcher leur destruction adéquate. La conception et l'exploitation des fours sont cruciales pour cette application (PNUE, 2007).

Figure II
Arbre de décision pour l'acceptation des déchets



3. Rendement de destruction des substances organiques dangereuses

66. Pour garantir la destruction des déchets de POP, il convient d'effectuer des essais d'incinération supervisés par des professionnels et des vérificateurs indépendants (Karstensen, 2008a). L'exploitant devrait préalablement démontrer à la satisfaction des autorités compétentes que les opérations normales sont bien maîtrisées et que des mesures de protection contre un fonctionnement anormal potentiellement dommageable pour l'environnement sont en place. Les exigences du tableau 2 devraient être consciencieusement prises en compte.

67. Un essai d'incinération doit être mené pour déterminer le rendement de destruction (RD) et le rendement d'élimination par destruction (RED) de l'installation et vérifier son aptitude à détruire les POP de manière irréversible et écologiquement rationnelle. Pour cela, on détermine le principal constituant organique dangereux des déchets considérés et on procède ensuite à des prélèvements et analyses d'échantillons pour déterminer les quantités de cet élément présentes à l'entrée du four et dans les émissions. Un essai comporte généralement plusieurs séries de tests, une pour chacune des différentes conditions d'exploitation de l'installation. Chaque test est généralement répété trois fois.

68. Durant l'essai, on détermine les limites d'exploitation, en l'occurrence la charge maximale de déchets dangereux et la capacité de production maximale du four, paramètres qui peuvent affecter le RED ou RD mesuré en fonctionnement normal (Karstensen, 2009b). Les limites autorisées pour ces paramètres sont établies à l'issue de l'essai.

69. La possibilité d'utiliser les fours à ciment pour assurer la destruction thermique des biphenyles polychlorés (PCB) a été étudiée dans de nombreux pays. Les RED obtenus à partir de plusieurs essais indiquent qu'une destruction efficace des PCB est possible avec des fours bien conçus exploités correctement. Dans de nombreuses juridictions (par exemple, dans le cadre de la loi américaine sur la réglementation des substances toxiques), un RED de 99 9999 % est exigé pour les PCB, valeur dont on pourrait se servir comme norme indicative pour les meilleures techniques disponibles (PNUE, 2007).

70. Les installations devraient démontrer leur aptitude à détruire (combustion) ou extraire (dépôt dans le réseau d'aération ou les dispositifs antipollution) au moins 99 9999 % des POP visés. Les émissions de PCDD/PCDF lors des tests devraient en outre être inférieures à 0,1 ng TEG/Nm³ ⁶ (SBC, 2007). Les limites d'émission existantes devraient également être respectées.

71. Karstensen (2009b) a proposé une méthode différente utilisant un seul essai d'incinération dans les conditions les plus défavorables pour fournir les mêmes informations qualitatives. Cette méthode exige la détermination préalable des émissions de référence du four en l'absence de déchets dangereux, qui est suivie d'un test destiné à mesurer le rendement de destruction et les émissions de polluants lorsque la charge contient des polluants. Les deux tests sont menés dans les conditions normales d'exploitation, en respectant la limite de 0,1 ng TEQ/Nm³ pour les PCDD/PCDF et les autres exigences réglementaires. Cette méthode de vérification des performances, combinée à des dispositions adéquates en matière de sécurité, de contrôle des intrants et de procédures opérationnelles, permettrait d'obtenir un niveau de protection de l'environnement égal à celui exigé par la réglementation en vigueur dans l'Union européenne (GTZ/Holcim, 2006). Elle a servi à établir le RED d'une cimenterie du Viet Nam, qui s'est avéré être de 99 9999969 % pour le fenobucarb et de 99 9999832 % pour le fipronil (Karstensen et al, 2006).

72. Une compilation des résultats des vérifications des performances et des essais d'incinération dans des fours à ciment est disponible dans l'annexe 3 des présentes directives.

D. Assurance qualité/contrôle qualité

73. Il convient de mettre en place un programme étendu d'assurance qualité (AQ) et de contrôle de la qualité (CQ) destiné à faire en sorte que le produit soit aux normes et que l'utilisation de déchets dangereux ne soit pas préjudiciable au fonctionnement de l'usine, ainsi qu'à assurer la protection de l'environnement et à réduire les risques en matière de santé et de sécurité. L'AQ est nécessaire pour garantir le bien-fondé technique, la validité statistique et l'enregistrement correct des données et des décisions résultantes.

74. Un plan d'AQ devrait être établi pour aider à l'obtention des degrés de précision, d'exactitude et d'exhaustivité requis en matière de surveillance, d'échantillonnage et de données analytiques, ainsi que pour définir le cadre d'évaluation de la qualité des données. Il devrait couvrir les flux de déchets et de matières premières traités dans l'installation et contenir des instructions détaillées concernant les points suivants :

⁶ Volume de gaz sec à 11 % de teneur en O₂, 101,3 kPa et 273,15 K.

- a) Structure organisationnelle et responsabilités;
- b) Objectifs en matière d'AQ pour les mesures de la précision, de l'exactitude, de l'exhaustivité, de la représentativité et de la comparabilité des données;
- c) Procédures d'échantillonnage;
- d) Traitement et garde des échantillons;
- e) Procédures d'analyse;
- f) Nature (témoins, marqueurs, doubles, etc.) et fréquence des tests de CQ;
- g) Vérification, inspection et entretien des instruments/équipements;
- h) Procédures et fréquence d'étalonnage des instruments/équipements;
- i) Examen, vérification, validation et communication des données.

75. Un laboratoire, ainsi que des infrastructures, équipements et instruments adéquats et maintenus en bon état devraient être disponibles afin que toutes les analyses nécessaires puissent être faites en temps voulu. Il convient d'envisager des tests périodiques du laboratoire pour évaluer et améliorer les performances.

76. La santé et la sécurité devraient être prises en considération lors de l'échantillonnage. Les employés chargés de cette opération nécessitent une formation portant sur les dangers associés aux déchets, les procédures de manutention et les vêtements et équipements de protection. Ils devraient être pleinement conscients des procédures d'AQ et de CQ applicables.

77. Les meilleures techniques disponibles en matière de contrôle de la qualité des déchets dans les processus de fabrication du ciment consistent à (EIPPCB, 2010) :

- a) Mettre en œuvre des systèmes d'AQ pour garantir les caractéristiques des déchets, et analyser tout déchet destiné à être utilisé comme matière première et/ou comme combustible dans un four à ciment du point de vue de la constance de la qualité, de critères physiques comme la formation d'émissions, la granulométrie, la réactivité, la combustibilité, la valeur calorifique, etc., et de critères chimiques comme la teneur en chlore, en soufre, en alcalis et en phosphates et la teneur en métaux utiles;
- b) Contrôler le nombre des paramètres importants pour tout déchet destiné à être utilisé comme matière première et/ou combustible dans un four à ciment, notamment chlore, métaux (cadmium, mercure, thallium par exemple), soufre, teneur totale en halogènes;
- c) Mettre en œuvre des systèmes d'AQ pour chaque charge de déchets.

78. Des audits internes devraient être menés à une fréquence permettant d'assurer que les procédures d'AQ et de CQ sont utilisées et que le personnel s'y conforme. Des audits indépendants par des tiers devraient avoir lieu au moins une fois par an ou selon les besoins pour déterminer l'efficacité du système qualité. Les rapports d'audit devraient être soumis à la direction, qui devrait être tenue de remédier aux lacunes observées.

E. Santé et sécurité

79. La santé et la sécurité devraient être une priorité consciente tout au long de la gestion des déchets dangereux et devraient être intégrées dans tous les aspects des opérations. Les exigences globales et spécifiques concernant le personnel, la chaîne hiérarchique et les rôles et responsabilités individuels devraient, tous, être clairement définis.

80. Il convient d'élaborer un programme relatif à la santé et à la sécurité pour identifier, évaluer et maîtriser les risques sanitaires liés aux opérations concernant les déchets dangereux et planifier les éventuelles interventions d'urgence. Le contenu et la portée de ce programme devraient être proportionnel au type et au degré des dangers et risques associés à chaque opération.

81. Une documentation et des informations adéquates sur la manutention sans risque des déchets dangereux, les procédures opérationnelles et les mesures pour faire face aux imprévus devraient être disponibles. La direction de l'installation devrait veiller, en faisant preuve d'ouverture et de transparence, à ce que le personnel soit pleinement informé des mesures et normes en matière de santé et de sécurité. Les employés et les fournisseurs devraient recevoir à l'avance des consignes claires de sécurité et pour les cas d'urgence.

82. Dans l'Union européenne, la meilleure technique disponible consiste, entre autres, à appliquer des mesures de gestion de la sécurité pour la manutention, le stockage et l'introduction de

déchets dangereux dans le four, notamment une approche basée sur les risques en fonction de la source et du type de déchets pour l'étiquetage, le contrôle, l'échantillonnage et l'essai des déchets à traiter. (EIPPCB, 2010)

1. Analyse des dangers

83. Il convient de déterminer les dangers et les expositions potentielles et de mettre en place des contrôles appropriés pour préserver la santé et la sécurité des employés. Les dangers nécessitant l'utilisation d'équipements de protection individuelle devraient être identifiés. Il est recommandé de faire établir des analyses des risques professionnels (ARP), analyses de la sécurité des tâches (AST), rapports d'analyse de la sécurité, analyses préliminaires des risques (APR) et analyses des postes, tâches et dangers.

2. Accès et prévention des risques

84. Pour prévenir ou limiter l'exposition des travailleurs à des dangers, il convient d'envisager les possibilités suivantes, par ordre de préférence :

a) Des mesures techniques permettant de prévenir l'exposition des travailleurs en éliminant ou en isolant le danger comme, par exemple, un système d'aération ou des équipements de manutention télécommandés;

b) Des mesures administratives visant à gérer le contact des travailleurs avec les sources de danger et à établir des procédures de travail sans risque comme, par exemple, la prévention de l'accès non autorisé ou sans protection aux déchets dangereux se trouvant sur le site;

c) Des équipements de protection individuelle lorsque les mesures techniques et administratives ne sont pas faisables ou n'éliminent pas totalement le danger.

85. Ces méthodes ont pour but de réduire et maintenir le niveau d'exposition des employés en dessous des valeurs limites d'exposition professionnelle fixées par la réglementation nationale. Au cas où de telles limites n'auraient pas été définies, il convient d'envisager l'adoption de niveaux d'exposition internationalement reconnus comme,

86. par exemple, les valeurs limites admissibles (Threshold Limit Value - TLV) définies dans les lignes directrices de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) concernant l'exposition professionnelle; celles données par le National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH) des États-Unis dans son Pocket Guide to Chemical Hazards; les limites d'exposition admissible (Permissible Exposure Limits - PEL) de l'Occupational Safety and Health Administration des États-Unis; ou les valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle (VLIIEP) de l'Union européenne.

87. Pour les substances dangereuses et risques sanitaires pour lesquels il n'existe aucune limite d'exposition admissible ou applicable, les exploitants pourraient se reporter à la littérature disponible ou aux fiches de données de sécurité (FDS) pour les orienter dans la détermination d'un niveau de protection approprié.

3. Équipements de protection individuelle

88. Là où il est impossible de mettre en place des mesures techniques permettant de ramener l'exposition aux limites admissibles, des équipements de protection individuelle devraient être fournis aux employés, fournisseurs et visiteurs. Ces équipements devraient être choisis de façon à protéger contre tout danger existant ou potentiel et devraient être adaptés aux conditions et à la durée d'utilisation prévues.

89. Tous les membres du personnel chargé des déchets dangereux devraient être entièrement au courant des points suivants : sélection et utilisation, entretien et rangement, décontamination et élimination, formation et ajustage correct, procédures de pose et de dépose, inspection, contrôle en cours d'usage, évaluation du programme et limitations des équipements.

4. Formation

90. Il convient de former les employés de manière effective au niveau correspondant à leurs fonctions et responsabilités avant de leur permettre de participer à des opérations se rapportant à des déchets dangereux qui pourraient les exposer à des substances dangereuses ou à des risques pour la santé ou la sécurité. Les activités de formation devraient être adéquatement suivies et documentées en termes de programme, durée et participants.

91. La formation devrait couvrir les risques du point de vue de la sécurité et de la santé et autres dangers présents sur le site, l'utilisation des équipements de protection individuelle, les pratiques

permettant de réduire au minimum les risques sur les lieux de travail, l'utilisation sans risque des mesures et équipements techniques de prévention de l'exposition des travailleurs, et le suivi médical, y compris l'identification des symptômes et signes d'une surexposition. Les responsables des interventions d'urgence devraient également recevoir une formation appropriée.

5. Suivi médical

92. Il convient de mettre en place un programme de suivi médical pour évaluer et contrôler l'état de santé des employés avant leur recrutement et sur la durée de leur engagement. Un programme efficace devrait au minimum prévoir les éléments suivants :

- a) Un examen médical préalable au recrutement pour, d'une part, déterminer l'aptitude à l'emploi et, en particulier, à travailler vêtu d'équipements de protection individuelle et, d'autre part, obtenir des données qui serviront de référence en cas d'exposition;
- b) Des bilans médicaux périodiques (dont le contenu et la fréquence dépendent de la nature du travail et de l'exposition) pour déterminer les tendances biologiques pouvant constituer des signes avant-coureurs d'une intoxication chronique;
- c) Des dispositions pour les traitements d'urgence et les traitements d'attaque ne constituant pas une urgence.

6. Interventions en cas d'urgence

93. Il convient d'établir des plans et procédures d'urgence pour la protection du personnel et du public avant le début des opérations se rapportant à des déchets dangereux. Un plan d'intervention d'urgence prévoyant des mesures appropriées pour la gestion sur site des situations d'urgence et la coordination des secours hors site devrait être en place. Ce plan devrait, au minimum, aborder les points suivants :

- a) Planification préalable des interventions en cas d'urgence et coordination avec les services d'intervention extérieurs;
- b) Rôles, structure hiérarchique, formation et procédures de communication du personnel;
- c) Procédures d'identification et de prévention des urgences;
- d) Distances de sécurité et lieux de refuge;
- e) Procédures de sécurité et de contrôle du site;
- f) Voies et procédures d'évacuation;
- g) Plan du site mettant en évidence les zones de danger, la topographie et l'accessibilité du site, les populations ou milieux environnants susceptibles de courir un risque;
- h) Procédures de décontamination;
- i) Procédures de traitement médical d'urgence et de premiers secours;
- j) Équipements de protection individuelle et d'intervention d'urgence disponibles sur le site;
- k) Procédures d'alerte et d'intervention;
- l) Documentation et communication d'informations aux autorités locales;
- m) Critique des procédures d'intervention et de suivi.

94. Des équipements de secours tels que : extincteurs, appareils respiratoires autonomes, adsorbants et équipements d'urgence en cas de déversement, ainsi que des cabines de douche et des stations de lavage oculaire, devraient être placés dans le voisinage immédiat des zones d'entreposage et de traitement des déchets dangereux.

95. Les procédures du plan devraient faire l'objet d'exercices d'entraînement et de simulations réguliers et devraient être révisés périodiquement pour tenir compte des évolutions de la situation ou des nouvelles informations.

96. Des dispositions devraient être prises pour familiariser les autorités locales et les services d'intervention extérieurs avec l'agencement de l'installation, les propriétés des déchets dangereux traités dans cette dernière et les dangers associés, les zones d'activité normales, les accès à l'installation et les itinéraires d'évacuation possibles. Les arrangements convenus avec les autorités locales, les hôpitaux et les services d'intervention extérieurs devraient être décrits dans le plan d'intervention d'urgence.

F. Communications et participation des parties prenantes

97. Les parties prenantes sont ceux qui se considèrent susceptibles d'être touchés par les opérations d'une installation. Il peut s'agir de particuliers ou de groupes d'envergure locale, nationale ou internationale : voisins, organisations communautaires, employés, syndicats, organismes gouvernementaux, médias, organisations non gouvernementales, fournisseurs et investisseurs.

98. La communication publique est la fourniture d'informations par le biais des médias, y compris les brochures, les sites web, les journaux, la radio et la télévision. La participation des parties prenantes, en l'occurrence les membres de la communauté et autres s'intéressant à l'installation, s'obtient par le biais de réunions publiques, présentations, comités consultatifs et démarches personnelles. Les deux devraient faire partie des opérations normales de l'usine.

99. Les installations devraient avoir des objectifs précis de collaboration avec les parties prenantes. Cela implique un calendrier de participation réaliste, la mise à disposition des ressources nécessaires et une volonté de trouver des solutions mutuellement avantageuses. Des conseils pour la conception et la mise au point d'un plan de communication et de participation des parties prenantes sont donnés dans EPA (1996), Hund et al (2002), et The Environment Council (2007), entre autres.

100. Les exploitants et les autorités réglementaires devraient être prêts à se pencher sur les préoccupations du public concernant les impacts potentiels du co-traitement et s'efforcer de mettre en place des méthodes de communication efficaces pour expliquer ces activités. Les exploitants qui comptent utiliser des déchets dangereux devraient fournir toutes les informations nécessaires pour permettre aux parties prenantes d'en comprendre les tenants et aboutissants et les mesures qui seraient mises en place pour éviter les impacts négatifs.

III. Acceptation des déchets et prétraitements écologiquement rationnels

A. Introduction

101. En raison de l'hétérogénéité des données, un pré-traitement est nécessaire pour produire un flux de déchets relativement uniforme en vue du co-traitement dans les fours à ciment. Ce flux de déchets devrait répondre aux exigences techniques et administratives applicables à la fabrication des ciments et garantir le respect des normes environnementales prescrites.⁷ Dans certains cas, comme par exemple les huiles et pneus usés, les déchets peuvent être utilisés tels quels sans pré-traitement.

102. Il faudrait veiller à choisir des déchets appropriés, qui soient collectés directement auprès des producteurs, ou par le biais d'intermédiaires. Les exploitants devraient veiller à ce que seuls les déchets dangereux provenant de parties fiables soient acceptés et refuser les livraisons de déchets inappropriés.

103. L'intégrité de l'ensemble des participants, tout au long de la chaîne d'approvisionnement, devrait être prise en considération. Ainsi, il ne faudrait recourir qu'à des compagnies de transport qualifiées, autorisées et agréées, pour éviter tout accident ou incident résultant de l'incompatibilité entre des déchets mal étiquetés ou mal identifiés qui seraient mélangés ou entreposés ensemble.

104. Ces recommandations ne constituent que des indications générales. Les exigences spécifiques en matière de manutention devraient être identifiées sur la base des caractéristiques chimiques et biologiques des flux de déchets individuels, de leurs effets sur l'environnement et la santé, de la sécurité du personnel, et du respect des conditions d'obtention des autorisations et de la réglementation locale.

B. Acceptation des déchets

105. Une connaissance préalable des déchets est nécessaire pour veiller à ce que ceux-ci répondent aux conditions de l'autorisation et n'aient pas d'effets adverses sur le processus. Les producteurs de déchets dangereux devraient dans la plupart des circonstances en connaître la composition et la nature, et les problèmes qui y sont associés, pour veiller à ce que toutes les informations pertinentes soient transmises à ceux qui participent ultérieurement à leur gestion.

106. L'acceptation des déchets, dangereux et non dangereux, se fait en deux étapes : une pré-acceptation (ou tri) et une acceptation sur le site. La pré-acceptation suppose la fourniture d'informations et d'échantillons représentatifs des déchets pour permettre aux opérateurs de

⁷ Un prétraitement doit avoir lieu parce que c'est une exigence technique requise de l'exploitant du four pour garantir une charge homogène et stable et ne pas circonvier les procédures d'acceptation des déchets.

déterminer s'ils sont appropriés avant que des arrangements ne soient mis en place pour leur acceptation. La deuxième phase concerne la procédure à suivre lorsque les déchets arrivent à l'installation pour confirmer les caractéristiques précédemment approuvées.

107. Il est impératif de trier adéquatement les échantillons de déchets avant de les accepter et de confirmer leur composition à leur arrivée à l'installation, faute de quoi il pourrait s'ensuivre des problèmes. Ces problèmes pourraient résulter de modes d'entreposage inappropriés, d'un mélange de substances incompatibles ou d'une accumulation de déchets.

1. Pré-acceptation

108. Un protocole de pré-acceptation, ou un tri préalable à l'expédition, devrait garantir que seuls les flux de déchets dangereux manutentionnés correctement et en toute sécurité soient approuvés pour expédition vers l'installation. Un tel protocole est nécessaire pour :

- a) Assurer le respect des règlements en vigueur en rejetant les déchets inappropriés;
- b) Confirmer la composition des déchets et identifier les paramètres de vérification qui peuvent servir à tester les déchets arrivant à l'installation;
- c) Identifier toute substance présente dans les déchets qui pourrait en affecter le traitement, ou réagir avec d'autres réactifs;
- d) Définir avec exactitude l'éventail des dangers présenté par le déchet.

109. L'exploitant devrait obtenir des informations sur la nature du procédé qui a produit le déchet, y compris sa variabilité. Les autres descriptifs requis sont : la composition (substances chimiques en présence et concentration individuelle); les exigences en matière de manutention et les déchets qui y sont associés; la quantité et la forme des déchets (solide, liquide, boueuse); échantillons des techniques d'entreposage et de préservation. L'idéal serait que ces informations soient fournies par des producteurs de déchets. À défaut, un système qui permettrait de vérifier les informations fournies par les intermédiaires devrait être envisagé.

110. Des systèmes pour la fourniture et l'analyse des essais représentatifs de déchets devraient être en place. L'échantillon de déchets devrait être pris en charge par un technicien compétent et l'analyse effectuée par un laboratoire, de préférence accrédité, doté de méthodes robustes en matière d'assurance et contrôle de la qualité (AQ/CQ) et d'un bon système d'archivage; une procédure de chaîne de garde devrait être envisagée. L'exploitant devrait effectuer une caractérisation complète (profilage) et des essais concernant le traitement prévu pour chaque nouveau déchet. Aucun déchet ne devrait être accepté sans échantillonnage et test préalable, à l'exception des produits non contaminés qui sont inutilisés, périmés ou hors spécification, pour lesquels il existe des fiches de données de sécurité ou fiches de données de produit.

111. Un plan d'analyse des déchets devrait être établi et mis à jour pour documenter les procédures utilisées pour obtenir des échantillons de déchets représentatifs et effectuer une analyse physique et chimique détaillée. Ce plan devrait prévoir des mesures visant à identifier les déchets potentiellement réactifs et incompatibles.⁸ Il devrait prévoir de tester un échantillon représentatif pour confirmer que le déchet peut être utilisé dans l'installation concernée (pré-acceptation) et pour en vérifier les éléments constitutifs (acceptation). De nouveaux tests des échantillons prélevés pendant ou après le pré-traitement ou le mélange des déchets devraient être effectués pour vérifier la qualité du flux résultant.

112. Les exploitants devraient veiller à ce que l'évaluation technique soit réalisée par du personnel qualifié et expérimenté au fait des capacités de l'installation.

113. Un registre de toutes les opérations de pré-acceptation devrait être conservé sur les lieux aux fins de vérification au stade de l'acceptation des déchets. Les informations pertinentes devraient être enregistrées et référencées, disponibles à tout moment, revues périodiquement et mises à jour pour tenir compte de toute modification du flux de déchets.

2. Acceptation sur le site

114. La vérification et les essais réalisés sur le site devraient confirmer les caractéristiques des déchets par rapport aux informations de pré-acceptation. Les procédures d'acceptation devraient permettre :

⁸ Le document de l'Agence américaine pour la protection de l'environnement intitulé « A Method of Determining the Compatibility of Hazardous Wastes » (EPA-600/2-80-076) contient des procédures pour évaluer qualitativement la compatibilité entre diverses catégories de déchets.

- a) D'accueillir les déchets pré-approuvés arrivant sur le site, grâce à un système de réservation qui permettrait de vérifier que la capacité de l'installation est suffisante pour les accueillir;
- b) De contrôler la circulation;
- c) De vérifier les documents arrivant avec la cargaison;
- d) D'inspecter, échantillonner et tester la cargaison;
- e) De rejeter les déchets indésirables et de prévoir une procédure permettant de signaler les cas de non-conformité;
- f) De tenir les registres voulus;
- g) De revoir périodiquement les informations de pré-acceptation.

115. Aucun déchet ne devrait être accepté s'il n'est accompagné d'informations écrites qui en identifient la source, la composition et le degré de dangerosité.

116. Lorsque les installations prévoient un service d'urgence, par exemple pour nettoyer les déversements ou la récupération de déchets dangereux abandonnés, il se pourrait que l'exploitant se trouve dans l'incapacité d'adhérer aux procédures établies en matière de pré-acceptation ou d'acceptation. En pareil cas, l'exploitant devrait signaler immédiatement cet incident aux autorités compétentes.

a) Arrivée

117. Si la capacité d'entreposage est suffisante et si le site est doté des effectifs nécessaires, du personnel possédant les qualifications et la formation appropriées devrait superviser la réception des déchets dangereux. Tous les déchets reçus devraient être traités comme inconnus et dangereux jusqu'à ce que l'on ait vérifié qu'ils répondent aux spécifications requises.

118. Les déchets dangereux devraient être accompagnés d'une description indiquant : le nom et l'adresse du producteur; le nom et l'adresse du transporteur; la classification et la description des déchets; le volume et le poids des déchets; les dangers posés par ces déchets (inflammabilité, réactivité, toxicité ou corrosivité).

119. La documentation accompagnant la cargaison devrait être examinée et approuvée, y compris le manifeste concernant les déchets dangereux, le cas échéant. Tout manque de concordance devrait être résolu avant que les déchets ne soient acceptés. Si ce n'est pas possible, les déchets devraient être rejetés et renvoyés au producteur d'origine, ou à sa demande, acheminés vers une autre installation.

120. Les cargaisons de déchets devraient autant que possible être inspectées. Tous les conteneurs devraient être clairement étiquetés conformément aux règlements applicables au transport des marchandises dangereuses et vérifiés pour confirmer les quantités par rapport aux documents d'accompagnement. Les conteneurs devraient être équipés de couvercles bien adaptés; les bouchons et les valves devraient être sécurisés et en place, et ils devraient être inspectés afin de détecter les fuites éventuelles, les trous et la corrosion. Toute conteneur ou fût endommagé, corrodé ou non étiqueté devrait être jugé « non conforme » et traité en conséquence.

121. Toutes les cargaisons à l'arrivée devraient être pesées, à moins qu'il n'existe un système volumétrique fiable lié aux données gravimétriques spécifiques.

b) Inspection

122. Les déchets ne devraient être acceptés sur le site de l'installation qu'après une inspection approfondie. On ne devrait pas se fier exclusivement aux informations fournies par écrit. Une vérification physique et une confirmation par voie d'analyse devraient être entreprises pour s'assurer que les déchets répondent aux spécifications de l'autorisation et aux exigences réglementaires. Tous les déchets, qu'ils soient destinés à être traités ou entreposés, devraient être échantillonnés et faire l'objet de vérification et de tests, selon la fréquence et le protocole définis dans le Plan d'acceptation des déchets, à l'exception des produits inutilisés, périmés, hors spécifications ou non contaminés.

123. La vérification et les tests sur le site ont pour but de confirmer :

- a) L'identité et la description des déchets;
- b) La cohérence avec les informations de pré-acceptation;
- c) La conformité avec l'autorisation de l'installation.

124. Les techniques d'inspection peuvent aller d'une simple évaluation visuelle à une analyse chimique complète. L'étendue des procédures adoptées dépendra de la composition et de la variation

physique et chimique des déchets; des difficultés connues avec certains types de déchets ou avec les déchets provenant d'une certaine origine; des sensibilités propres à l'installation concernée, sachant que certaines substances sont connues pour causer des difficultés opérationnelles; et de l'existence ou de l'absence d'une spécification faisant l'objet d'un contrôle de la qualité, pour le déchet concerné, entre autres. (Karstensen, 2008a)

125. L'installation devrait être dotée d'une zone de réception ou d'échantillonnage où les déchets en conteneurs peuvent être déchargés si l'espace disponible est suffisant pour ce faire, et provisoirement entreposés pour prélèvement et analyse d'échantillons. Les déchets devraient être séparés immédiatement pour éliminer tout danger pouvant résulter d'une incompatibilité. Les échantillons devraient, dans le meilleur des cas, être prélevés dans les 24 heures suivant le déchargement. Durant cette période, les déchets dangereux ne devraient être ni mis en vrac ni mélangés. Les déchets en vrac devraient être inspectés et acceptés pour traitement avant d'être déchargés.

126. L'échantillonnage devrait se faire conformément à la législation nationale applicable en la matière, si elle existe, ou avec les normes internationales en vigueur. L'échantillonnage devrait être supervisé par du personnel de laboratoire et, dans les pays où il n'existe pas de règlement en la matière, du personnel qualifié devrait être désigné à cet effet. L'échantillonnage devrait se faire selon des procédures bien établies telles que celles élaborées par la Société américaine pour les essais et les matériaux (ASTM), le Comité européen de normalisation (CEN), et l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis (AEP des États-Unis). Un registre du régime d'échantillonnage appliqué à chaque chargement et une justification de l'option retenue devraient être tenus à jour.

127. Les échantillons devraient être analysés par un laboratoire ayant un programme robuste en matière d'assurance et contrôle de la qualité, notamment un système d'enregistrement approprié et des évaluations indépendantes. L'analyse devrait être effectuée dans les délais requis par les procédures de l'installation concernée. Dans le cas des déchets dangereux, ceci exige souvent la présence d'un laboratoire sur le site.

128. Généralement, les déchets devraient être échantillonnés et analysés pour y détecter la présence d'un petit nombre de paramètres chimiques et physiques clés (analyse d'empreintes) pour confirmer la composition des déchets indiquée sur le manifeste ou autre document qui les accompagne. Le choix des paramètres clés doit reposer sur une connaissance suffisante des profils de déchets et des données de test pour assurer une représentation exacte de la réalité. Le choix des paramètres d'empreinte doit prendre en considération les paramètres qui permettent d'identifier les déchets non autorisés; de déterminer si les déchets considérés peuvent être acceptés compte tenu des limites opérationnelles de l'installation; de déceler les réactivités ou incompatibilités éventuelles; d'indiquer toute modification de la composition des déchets survenue lors du transport ou de l'entreposage. Si les résultats des tests d'empreinte d'un flux de déchets donné dépassent les seuils de tolérance établis, ce flux de déchets peut être réévalué pour déterminer s'il peut être accepté, le cas échéant, afin d'éviter des mouvements superflus de déchets entre le producteur et l'installation. Une telle réévaluation devrait prendre en considération les conditions de l'installation pour l'entreposage et le traitement; une analyse des paramètres additionnels jugés appropriés par l'exploitant et établis dans le Plan d'acceptation des déchets; les exigences imposés par l'autorisation.

129. L'inspection peut comporter : une évaluation des paramètres de combustion; des tests de mélange sur les déchets liquides avant leur entreposage; le contrôle du point d'inflammabilité; et l'analyse des déchets pour en connaître la composition élémentaire, par exemple les techniques PCI, XRF et/ou toute autre technique appropriée, selon les types de déchets et leurs caractéristiques, et les critères d'acceptation des déchets de l'installation considérée (Karstensen, 2008a).

130. Les déchets ne devraient être transportés vers la zone d'entreposage qu'après leur acceptation. Au cas où l'inspection ou l'analyse révéleraient que les critères d'acceptation ne sont pas remplis, par exemple du fait de la présence de fûts endommagés ou non étiquetés, les chargements devraient être entreposés dans une zone de quarantaine, affectée à l'entreposage des déchets qui ne sont pas en conformité, et traités comme il convient.

131. Toutes les aires de manutention des déchets dangereux devraient comporter une surface imperméable comportant un système de drainage étanche. Il faudra veiller à ce que les substances incompatibles n'entrent pas en contact du fait de fuites provenant de l'échantillonnage, par exemple, au sein d'un puisard desservant le point d'échantillonnage. Des substances absorbantes devraient être disponibles.

132. Conformément à la législation et à la pratique nationales, des dispositions appropriées devraient être prises pour vérifier que les déchets reçus ne sont pas radioactifs, en recourant par exemple à un scintillateur plastique.

133. Une fois accepté, les conteneurs de déchets dangereux devraient être étiquetés avec indication de leur date d'arrivée et de la classe de danger principale. Lorsque les conteneurs sont groupés, la date d'arrivée du premier lot de déchets en vrac devrait être indiquée sur son conteneur. Chaque conteneur devrait se voir attribuer un numéro de référence unique pour qu'on puisse en suivre la trace sur les lieux.

3. Déchets non conformes

134. L'exploitant devrait s'appuyer sur des critères clairs et sans ambiguïté pour rejeter des déchets, y compris les déchets qui ne répondent pas aux critères d'acceptation ainsi que les fûts endommagés, corrodés ou non étiquetés. La procédure suivie pour détecter et signaler les cas de non-conformité devrait comporter une notification écrite adressée aux clients ou au producteur de déchets, ainsi qu'aux autorités compétentes.

135. L'exploitant devrait aussi s'appuyer sur une politique claire et sans ambiguïté pour l'entreposage des déchets rejetés, à hauteur d'un volume maximal, puis leur élimination. Cette politique a pour but :

- a) D'identifier les dangers posés par les déchets rejetés;
- b) D'étiqueter les déchets rejetés en indiquant toutes les informations nécessaires pour qu'ils puissent être entreposés dans de bonnes conditions ainsi que les dispositions à prendre pour séparer les déchets qui doivent l'être;
- c) Séparer et entreposer les déchets rejetés en toute sécurité en attendant qu'ils soient enlevés, si possible, dans les cinq jours ouvrables qui suivent.

136. Les déchets qui ne répondent pas aux critères d'acceptation de l'installation devraient être renvoyés à leur producteur, à moins qu'il ne soit convenu avec ce dernier de réexpédier les déchets rejetés vers une autre destination autorisée.

4. Système de traçage sur le site

137. Un système interne de traçage des déchets et une procédure de contrôle des stocks devraient être en place, dès le stade de la pré-acceptation, pour pouvoir suivre les déchets à tous les stades du processus et pour permettre à l'exploitant :

- a) De préparer le mélange de déchets le plus approprié;
- b) De prévenir les réactions indésirables ou inattendues;
- c) De veiller à ce qu'il n'y ait pas d'émissions ou, s'il y en a, à ce qu'elles allaient réduire;
- d) De gérer les déchets du début à la fin.

138. Le système de traçage, qui peut être manuel ou électronique, ou les deux, devrait permettre de suivre les déchets à tous les stades des opérations (acceptation, stockage, traitement, élimination hors site). L'exploitant doit pouvoir à tout moment localiser un déchet particulier sur le site, et la durée de sa présence en ce lieu. Les registres doivent être tenus dans un endroit éloigné des activités dangereuses pour qu'ils puissent être accessibles en cas d'urgence.

139. Dès lors qu'un déchet est entreposé en vrac ou que son traitement a commencé, il devient impossible d'en suivre la trace. Toutefois, des registres devraient être tenus à jour pour qu'on en sache suffisamment sur les déchets qui se trouvent dans tel ou tel entrepôt. Par exemple, pour éviter toute incompatibilité avec des déchets à l'arrivée, il est nécessaire de surveiller l'accumulation des boues résiduaires.

140. S'agissant des déchets liquides en vrac, le contrôle des stocks devraient prévoir la tenue d'un registre indiquant le cheminement suivi par ces déchets tout au long du processus. Les déchets en fût devraient être étiquetés individuellement pour que l'on sache où ils se trouvent et depuis combien temps ils sont entreposés.

141. Le système de traçage des déchets sur les lieux de l'installation devrait donc permettre de tenir un registre complet de toutes les opérations à tous les stades (pré-acceptation, acceptation, entreposage, traitement, enlèvement hors du site). Les registres devraient être tenus à jour pour indiquer les livraisons, le traitement sur le site, et les envois. Le système de traçage devrait donc

fonctionner comme un inventaire des déchets et un système de contrôle des stocks, et comporter au minimum les éléments ci-après :

- a) Un numéro de référence unique;
- b) Les coordonnées du producteur de déchets et des détenteurs intermédiaires de ces déchets;
- c) La date d'arrivée sur le site;
- d) Les résultats des analyses de pré-acceptation et d'acceptation;
- e) Le type et la taille des conteneurs;
- f) La nature et la quantité des déchets sur le site, y compris l'identification des dangers qu'ils présentent;
- g) Une indication du lieu où les déchets se situent physiquement;
- h) L'identité des membres du personnel qui ont pris la décision d'accepter ou de rejeter des déchets.

142. Le système adopté devrait être structuré de manière à indiquer :

- a) La quantité totale des déchets présents sur le site à tout moment (en unité appropriée);
- b) La ventilation des quantités des déchets entreposés en attendant leur traitement sur le site;
- c) La ventilation des quantités de déchets entreposés sur le site dans l'attente d'un transfert;
- d) La ventilation des quantités de déchets par classe de danger;
- e) La localisation des déchets sur le plan du site;
- f) La quantité de déchets sur le site au regard de la quantité totale permise;
- g) La durée de la présence des déchets sur le site par rapport à la durée autorisée.

C. Entreposage et manutention des déchets

143. L'exploitant devrait aussi établir des systèmes et procédures pour le transfert des déchets jugés appropriés vers un entrepôt adéquat.

144. Les éléments à prendre en considération pour entreposer les déchets sur les lieux de l'installation sont :

- a) L'emplacement des entrepôts;
- b) L'infrastructure des zones d'entrepôt;
- c) L'état des réservoirs, des fûts, des cuves et autres conteneurs;
- d) Le contrôle des stocks;
- e) L'entreposage en fonction du type de déchets;
- f) La sécurité des lieux;
- g) Les risques d'incendie.

145. Des informations requises concernant le stockage de l'entreposage du déchet se trouvent également dans le BREF relatif aux industries de traitement des déchets (Bureau européen pour la prévention et le contrôle intégrés de la pollution (BEPRIP, 2006)).

1. Considération afférente à la conception

146. Les zones de transfert et d'entreposage devraient être conçues de manière ce qu'on puisse faire face à des déversements accidentels. Ceci suppose que :

- a) Pour empêcher les déversements de s'étendre ou de s'infiltrer dans le sol, les aires d'entreposage devraient être confinées de manière adéquate et être étanches, imperméables et résistantes aux déchets entreposés;
- b) Tous les déversements devraient être collectés, placés dans un conteneur approprié et entreposés en vue d'être éliminés dans le four;
- c) En cas de déversements, il faut empêcher les déchets incompatibles de se mélanger;

- d) Tous les raccords entre réservoirs devraient pouvoir être obturés par des valves. Le trop-plein devrait être dirigé vers un système de drainage confiné, tel qu'un périmètre délimité ou autre réceptacle;
- e) Les équipements et les dispositifs installés devraient, autant que possible, être étanches;
- f) Des mesures visant à détecter les fuites en vue de prendre les mesures correctives qui s'imposent devraient être prévues;
- g) Il faudra empêcher le lixiviat contaminé d'entrer dans les réservoirs d'orage et les cours d'eau. Tout lixiviat devrait être collecté et entreposé en vue de son élimination dans le four;
- h) Des systèmes d'alarme adéquat permettant de signaler les anomalies devraient être prévus.

147. Les aires d'entreposage devraient être conçues de manière à ce que la qualité des déchets puisse rester stable pendant toute la période pendant laquelle ils sont entreposés. Des aires d'entreposage séparées devraient être prévues pour prévenir tout incident qui pourrait résulter du contact entre déchets incompatibles, afin d'éviter tout escalade en cas d'incident. Les besoins d'entreposage d'une installation particulière devront faire l'objet d'une évaluation complète des risques.

148. À l'intérieur de l'installation, les spécifications des aires d'entreposage devraient refléter les propriétés des déchets qui posent les plus grands risques acceptables. En règle générale, les critères d'entreposage devraient également tenir compte des aspects inconnus de la nature et de la composition des déchets, qui pourraient créer des risques et des incertitudes supplémentaires. Dans beaucoup de cas, cette incertitude signifie que les spécifications des systèmes d'entreposage des déchets sont plus strictes que pour des matières premières dont les caractéristiques sont bien connues.

149. Les déchets en conteneurs devraient être entreposés dans un endroit couvert qui les protège de la chaleur, du rayonnement solaire direct et de la pluie, à moins que l'on ne sache que les déchets considérés ne sont pas affectés par de telles conditions ambiantes.

150. Pour les déchets en conteneurs, les aires d'entreposage devraient être conçues de manière à prévenir l'accumulation de déchets dangereux au-delà de la durée d'entreposage permise. S'agissant des déchets liquides, il faudrait envisager de les remuer ou de les agiter pour empêcher les dépôts solides. Selon les caractéristiques des déchets, il se pourrait que certains réservoirs doivent être chauffés et isolés.

151. La construction, le choix des matériaux et la conception des équipements tels que les réservoirs, conduites, vannes et joints d'étanchéité devraient être adaptés aux caractéristiques des déchets. Ils devraient offrir une barrière suffisante à la corrosion et permettre le nettoyage et l'échantillonnage.

152. La ventilation devrait être suffisante au regard des directives applicables à l'exposition sur les lieux de travail. Une surveillance périodique devrait être envisagée pour les déchets entreposés à ciel ouvert susceptibles d'émettre des composés organiques volatils.

153. Un système de protection contre l'incendie approuvé par les autorités locales, comme par exemple par une brigade locale de sapeurs-pompiers, devrait être en place. Des systèmes de détection automatique d'incendie devraient être installés dans les aires d'entreposage des déchets ainsi que dans les zones où se trouvent des filtres à manche et des dépoussiéreurs électrostatiques, dans les salles électriques et les salles de contrôle, ainsi que dans toute autre zone où un incendie pourrait se déclarer. Dans les fosses, on peut utiliser un appareil de mesure automatique de la température à la surface des déchets pour déclencher une alarme acoustique en cas de variations des températures.

154. Des systèmes automatiques d'extinction d'incendie devraient être en place dans les zones d'entreposage des déchets liquides inflammables et autres zones à risques. Les extincteurs à mousses à gaz carbonique présentent des avantages dans certaines circonstances, par exemple dans le cas de liquides inflammables. D'autres systèmes sont couramment utilisés, notamment les systèmes à eau avec moniteur, les canons à eau/mousse, ou les systèmes à poudre sèche.

2 Considérations opérationnelles

155. Des procédures et instructions écrites pour le déchargement, la manutention et le stockage des déchets sur le site devraient être en place. Il faudrait garantir que les déchets chimiques incompatibles soient séparés. Le respect de ces règles devrait être vérifié régulièrement.

156. Pour éviter les manœuvres supplémentaires en matière de manutention et de transfert, les déchets dangereux devraient être entreposés dans les mêmes conteneurs (fûts) utilisés pour leur livraison.

157. Les routes que doivent emprunter les véhicules transportant les déchets dangereux devraient être clairement indiquées au sein de l'installation. Le transport des déchets sur les lieux devrait réduire au minimum les risques pour la santé et la sécurité des employés, le public et l'environnement. L'exploitant devrait veiller à ce que les véhicules soient appropriés et conformes aux règlements pertinents.

158. Tous les chargements devraient être identifiés correctement, séparés en fonction de la compatibilité (afin que tout déversement éventuel ne crée pas de danger pour la sécurité chimique), et arrimés pour empêcher qu'ils puissent glisser ou se déplacer pendant le transport. Le personnel devrait être instruit et formé à utiliser le matériel et comme il doit l'être, et ne pas dépasser la capacité nominale des conteneurs, des véhicules et autres matériels.

159. Une signalisation appropriée indiquant la nature des déchets dangereux devrait être en place dans tous les lieux d'entreposage et de stockage et sur les réservoirs.

160. Les conteneurs doivent être maintenus en bonne état, exempts de bosses, et ne pas fuir ou gonfler, et être fermés lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Les aires d'entreposage des conteneurs devraient être inspectées au moins une fois par semaine.

161. Les travaux d'entretien devraient être autorisés par la direction de l'installation et exécutés après que la zone a été vérifiée par un superviseur et que toutes les précautions nécessaires ont été prises. Des procédures et instructions spéciales, ainsi qu'une formation, devraient être en place pour les opérations de routine, par exemple :

- a) Pour le travail en hauteur, des systèmes appropriés et l'utilisation de harnais de sécurité;
- b) Une entrée en espace confiné en cas de présence d'air de mauvaise qualité, de mélanges explosifs, de poussières et autres dangers;
- c) Le verrouillage du circuit électrique pour empêcher toute réactivation accidentelle du matériel électrique en cours d'entretien;
- d) Des précautions pour les travaux à haute température (soudage, découpage, etc.) dans les aires qui pourraient contenir des matières inflammables.

162. Les mesures de sécurité suivantes devraient être envisagées :

- e) Éviter de placer dans des aires d'entreposage des matières combustibles non contrôlées;
- f) S'il existe un risque qui n'a pas pu être évité ou contrôlé, des signaux de sécurité et d'informations standard devraient être mis en place;
- g) Des douches et des stations de lavage oculaires d'urgence devraient être installées sur les lieux de travail être immédiatement accessible en cas d'exposition à des déchets dangereux. Il pourrait s'avérer nécessaire d'envisager d'installer plusieurs douches d'urgence, en fonction de la distance à parcourir pour accéder aux douches et de la possibilité que plus d'une personne soient affectées en même temps;
- h) Des systèmes d'alarme adéquats devraient être mis en place pour alerter l'ensemble du personnel en cas de situations d'urgence;
- i) Le matériel de communication sur le site doit être entretenu pour que, en cas d'incendie, la salle de contrôle et la brigade locale des sapeurs-pompiers puissent être contactés immédiatement;
- j) Le matériel électrique devrait être relié à la terre et doté de dispositifs antistatiques appropriés.

D. Pré-traitement des déchets

163. Pour ne pas perturber le fonctionnement normal du four, la qualité du produit ou la performance environnementale habituelle du site, les déchets utilisés dans les fours à ciment devraient être homogènes; la taille de leurs particules devrait être compatible; leur composition chimique et leur contenu calorifique devraient être stables. Pour fonctionner de manière optimale, les fours doivent traiter des flux de déchets très uniformes en termes de qualité et de quantité. Pour certains types de déchets, ceci ne peut se faire qu'après un traitement préalable.

164. Le pré-traitement consiste à sécher, déchiqueter, broyer ou mélanger, selon le type de déchet. Ces opérations ont généralement lieu dans une installation réservée à cet effet, qui peut être située à l'intérieur ou à l'extérieur de la cimenterie.

165. Les combustibles composés de déchets liquides sont normalement préparés en mélangeant différents produits ayant des pouvoirs calorifiques et une composition chimique appropriés, comme par exemple les solvants ou huiles usées. Un simple pré-traitement suffit généralement, cette opération consiste à enlever les matières déposées au fond, les sédiments et l'eau. Dans certains cas, comme par exemple dans celui des huiles ou émulsions d'usinage, un procédé chimique est nécessaire pour enlever les polluants et additifs métalliques. S'agissant des déchets solides, l'importance du traitement (tri, broyage, granulation) dépend de l'application considérée.

1. Considérations conceptuelles

166. Le plan de l'installation devrait être étudié soigneusement pour en assurer l'accès pour les opérations quotidiennes, prévoir des sorties de secours et pouvoir assurer l'entretien de l'usine et de ses équipements.

167. Des normes reconnues devraient être appliquées à la conception des installations et du matériel. Toute modification devrait être documentée.

168. Une évaluation des risques pour la santé et la sécurité devrait être entreprise pour assurer la sécurité du matériel et réduire au minimum les risques de mettre en danger les personnes ou les installations, ou d'endommager l'environnement. Les procédures appropriées devraient être suivies pour évaluer les risques ou dangers, à chaque stade de la conception de l'installation. De telles études des dangers et des opérations devraient être réalisées et supervisées par des personnels compétents et qualifiés.

2. Considérations opérationnelles

169. Bien que le mélange et l'homogénéisation des déchets améliorent l'alimentation et la combustion, ces procédés peuvent comporter des risques et ne devraient être effectués selon certaines prescriptions.

170. Les techniques utilisées pour le pré-traitement et le mélange des déchets sont nombreuses. Elles incluent :

- a) Le mélange et l'homogénéisation des déchets liquides pour répondre aux critères d'entrée, par exemple en termes de viscosité, composition ou contenu calorifique;
- b) Le déchiquetage, le broyage et le cisaillement des déchets conditionnés et des déchets combustibles volumineux;
- c) Le mélange des déchets dans une fosse ou un réceptacle analogue à l'aide d'un grappin ou autres machines.

171. Les opérateurs de grues devraient être capables d'identifier les chargements qui pourraient s'avérer problématiques, comme par exemple, les balles de déchets et les articles singuliers qui ne peuvent être mélangés ou qui pourraient causer des problèmes de chargement ou d'alimentation. Ces déchets peuvent être enlevés, déchiquetés ou mélangés directement à d'autres déchets, le cas échéant.

172. Des consignes générales d'ordre et de propreté devraient être appliquées pour améliorer le milieu de travail et pour pouvoir anticiper les problèmes d'exploitation éventuelle. Les principaux éléments sont les suivants :

- a) Des systèmes permettant d'identifier, de localiser et d'entreposer les déchets reçus en fonction des risques qu'ils posent;
- b) La prévention des émissions de poussières par le matériel de production;
- c) Une gestion efficace des eaux usées;
- d) Un entretien préventif efficace.

E. Fermeture et déclassement des installations de pré-traitement

173. La clôture de l'installation est la période qui suit immédiatement la cessation des activités normales. Durant cette période, l'installation cesse d'accepter des déchets dangereux; achève d'entreposer et de traiter les déchets qui sont restés sur le site; et cède ou décontamine le matériel, les structures et les sols, restaurant autant que possible le site pour qu'il retrouve son état d'origine ou qu'il soit en conformité avec l'utilisation qu'il est prévu d'en faire par la suite. Le déclassement de

l'installation devrait être planifiée dès les premières étapes du projet global. Si les conditions de déclassement sont prévues dans la conception de l'installation dès le départ, il s'ensuit que le plan de développement du site devrait être compatible avec les conditions à remplir pour fermer l'installation lorsqu'elle a cessé ces activités.

174. Les exploitants devraient fermer l'installation de manière à ce qu'elle n'exige plus qu'un minimum d'entretien et de manière à éviter tout rejet de contaminants dangereux dans l'environnement. Pour ce faire, un plan de fermeture devrait être établi pour définir les étapes nécessaires pour fermer partiellement ou complètement l'installation, y compris :

- a) Des procédures de manutention des stocks enlevés hors des lieux;
- b) Des procédures de décontamination et/ou d'élimination;
- c) Des procédures d'efficacité de la décontamination, ainsi que des travaux de démolition et d'excavation, y compris des procédures de prélèvement et d'analyse d'échantillons;
- d) Un plan de santé et de sécurité portant sur tous les aspects de la fermeture de l'installation susceptible d'avoir un impact sur la santé et la sécurité;
- e) Un système de sécurité pour empêcher l'accès de personnes non autorisées aux aires affectées par la fermeture.

175. Pour éviter qu'une installation ne cesse de fonctionner alors même qu'elle ne serait pas en mesure d'assumer le coût potentiellement élevé des opérations de fermeture, il faudrait exiger des exploitants qu'ils démontrent qu'ils possèdent les ressources financières nécessaires pour assurer correctement la fermeture de l'installation de manière à protéger la santé humaine comme l'environnement.

176. Pour réduire au minimum les problèmes de déclassement et leur impact sur l'environnement, il est recommandé que, si dans une installation existante, on a décelé un risque d'éventuels problèmes, on mette en place un programme visant à améliorer la conception des installations (BEPRIP, 2006). Ces améliorations conceptuelles devraient éviter les réservoirs et conduites souterrains. Pour le cas où il ne serait pas possible de remplacer ces conduites et réservoirs, les exploitants devraient prévoir un confinement secondaire ou mettre en place un programme de surveillance approprié. Une procédure pour le drainage et le nettoyage des réceptacles et des conduites avant leur démantèlement devraient également être prévus.

F. Autres aspects environnementaux

1. Composés organiques volatils, odeurs et poussières

177. Les rejets dans l'air provenant du pré-traitement des déchets dépendent des types de déchets traités et du procédé employé. La surveillance et la communication des émissions devraient se faire conformément aux autorisations d'exploitation et aux règlements applicables en la matière.

178. Des techniques d'atténuation devraient être en place si nécessaire et des mesures visant à lutter contre la pollution par le bruit et les odeurs devraient être envisagées. La poussière est généralement captée par des filtres à sacs, tandis que les émissions de composés organiques volatils peuvent être contrôlées au moyen de diverses techniques telles que l'adsorption de carbone et les traitements thermiques ou biologiques, entre autres.

179. Dans l'Union européenne, la meilleure technique disponible consiste à appliquer, pour prévenir ou contrôler les émissions de poussières, les odeurs et les composés organiques volatils dans le secteur du traitement des déchets dans son ensemble, les techniques suivantes : restreindre l'utilisation de réservoirs, réceptacles et fosses à ciel ouvert, utiliser un système clos avec un procédé d'extraction vers des installations d'atténuation appropriées; mettre en place un système d'extraction de dimensions appropriées; exploiter et entretenir correctement le matériel d'atténuation; prévoir des procédures de détection des fuites et des réparations en cas de fuite; et réduire les rejets d'émission dans l'atmosphère en recourant à un ensemble de techniques de prévention et/ou d'atténuation (BEPRIP, 2006).

2. Fûts et métaux ferreux

180. Les fûts vides et les métaux ferreux enlevés par des séparateurs magnétiques devraient être éliminés de manière écologiquement rationnelle. La ferraille ne contenant aucun contaminant en quantité telle qu'elle le rendrait dangereux peut-être recyclée pour la sidérurgie. Les fûts vides ayant contenu des déchets peuvent être envoyés à des nettoyeurs/recycleurs autorisés de fûts, si ceux-ci sont en bon état.

3. Eau usée

181. Les rejets d'eau usée dans les eaux de surface ne devraient pas entraîner des concentrations de contaminants dépassant les critères de qualité de l'eau ambiante applicables localement ou, en leur absence, d'autres critères de qualité de l'eau ambiante reconnus. L'utilisation et la capacité d'assimilation des eaux réceptrices, compte tenu des autres sources de rejet dans ces eaux réceptrices, devraient également influencer sur les charges de pollution acceptables et la qualité de la décharge d'effluents.

182. Les rejets dans les systèmes de traitement des eaux usées, publiques ou privées, devraient répondre aux conditions de pré-traitement et de surveillance de ce système de traitement des eaux usées. Elles ne devraient pas perturber, ni directement, ni indirectement, le fonctionnement et l'entretien des systèmes de collecte et de traitement, ni poser un risque pour la santé et la sécurité des travailleurs, ou avoir un impact négatif sur les caractéristiques des résidus des opérations des traitements des eaux usées.

183. Dans l'Union européenne, les meilleures techniques disponibles consistent à appliquer à la gestion des eaux usées dans le secteur du traitement des déchets dans son ensemble, les techniques suivantes : réduire l'utilisation et la contamination de l'eau; faire en sorte que tous les effluents passent par les stations d'épuration; collecter les déversements, les eaux de nettoyage des fûts, etc. ; séparer les systèmes de collecte des eaux; bétonner toutes les aires de traitement; réutiliser au maximum les eaux usées qui ont été traitées; vérifier quotidiennement le système de gestion des effluents; mettre en œuvre le mode de traitement approprié pour chaque type d'eau usée; ramener la teneur en polluants des eaux usées à des niveaux acceptables avant de les rejeter, en recourant à une combinaison de techniques appropriées (BEPRIP, 2006).

G. Surveillance et communication des émissions

184. Les programmes de surveillance des émissions et de la qualité de l'air donnent des informations utiles pour évaluer l'efficacité des stratégies de gestion pertinentes. Un processus de planification systématique est recommandé pour veiller à ce que les données collectées soient adéquates aux fins visées et pour éviter de rassembler des données superflues. Un programme de surveillance de la qualité de l'air devrait envisager tout d'abord une surveillance des données de référence pour évaluer les concentrations de fond des principaux polluants tant sur les lieux de l'installation qu'aux alentours.

185. Si des eaux usées doivent être rejetées, un programme de surveillance de la qualité de l'eau et des eaux usées doté des ressources adéquates et dont la gestion est supervisée devrait être mis en place et appliqué pour répondre aux objectifs de surveillance fixés.

186. Les paramètres choisis pour la surveillance devraient refléter les polluants dont il y a lieu de se préoccuper et devrait comporter des paramètres réglementés en vertu d'exigences de conformité. Les programmes de surveillance devraient appliquer, pour la collecte et l'analyse des échantillons, des méthodes nationales ou internationales reconnues, comme celles publiées par l'Organisation internationale de normalisation, le Centre européen de normalisation ou l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis. Le prélèvement des échantillons doit être effectué ou supervisé par des personnes ayant reçu une formation à cet effet. Les analyses devraient être effectuées par du personnel agréé. Les plans d'analyse et de contrôle de la qualité devraient être appliqués pour l'échantillonnage et l'assurance des échantillons et documenté pour s'assurer que la qualité des données est suffisante pour l'usage que l'on entend en faire. Les rapports de surveillance devraient inclure de la documentation sur l'assurance et le contrôle de la qualité.

187. On trouvera dans le document de référence sur les Principes généraux de surveillance, publié par la Commission européenne, des informations plus utiles concernant les principes de surveillance. Ce document présente les résultats d'un échange d'informations qui a eu lieu dans le cadre de la Directive du Conseil 2008/1/CE entre les États Membres de l'Union européenne et les industries concernées (BEPRIP, 2003). Des bonnes pratiques pour la communication des résultats de surveillance sont décrites à la section 4. 4. 4 des présentes directives.

IV. Co-traitement écologiquement rationnel des déchets dangereux dans les fours à ciment

A. Introduction

188. Pour une performance optimale (co-traitement sans émissions additionnelles), les combustibles et matières premières devraient être enfournés dans les fours à ciment aux points d'alimentation

appropriés, en proportions adéquates, des systèmes de contrôle satisfaisants de la qualité de déchets et des émissions étant en place.

189. Durant la production, le co-traitement présente les caractéristiques ci-après (GTZ/Holcim, 2006):

- a) Les conditions alcalines et le mélange intensif favorisent l'absorption des composés volatils issus de la phase gazeuse. Ce nettoyage interne des gaz entraîne de faibles émissions de composés tels que le SO₂, le HCl, et la plupart des métaux lourds, à l'exception du mercure, du cadmium et du thallium;
- b) Les réactions dans le clinker à 1 450°C assure la liaison chimique des métaux et l'incorporation des cendres dans le clinker;
- c) Le remplacement direct de combustibles primaires par des déchets à haut pouvoir calorifique permet d'atteindre une efficacité plus élevée sur la récupération de l'énergie par comparaison à d'autres techniques de transformation des déchets en énergie.

B. Exigences opérationnelles

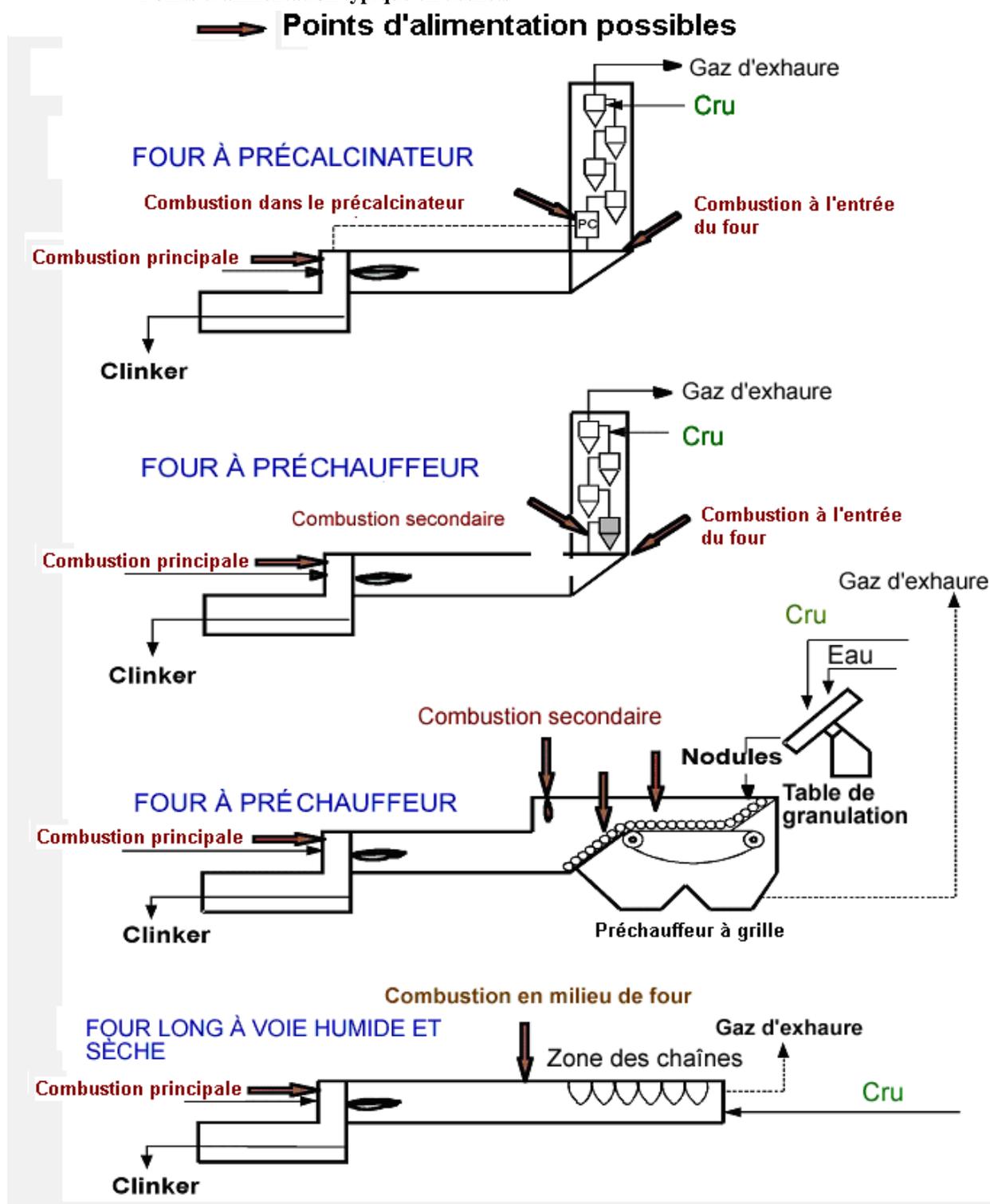
190. Pour co-traiter de façon sûre et responsable, il faut choisir avec soin les points d'alimentation dans le système de four et assurer un contrôle opérationnel approfondi des caractéristiques particulières et des volumes de matières résiduelles.

1. Choix des points d'alimentation

191. Il faudrait choisir des points d'alimentation appropriés en fonction des caractéristiques pertinentes des déchets, notamment d'ordre physique, chimique et toxicologique (voir la figure 3). Différents d'alimentation peuvent être utilisés, mais le plus souvent, les déchets sont introduits par :

- a) Le brûleur principal à la sortie du four rotatif;
- b) Une trémie d'alimentation dans la chambre de transition à l'entrée du four rotatif côté matière (pour le combustible en morceaux);
- c) Les brûleurs secondaires dans le conduit ascendant;
- d) Les brûleurs du précalcinateur;
- e) Une trémie d'alimentation au précalcinateur (pour les combustibles en morceaux);
- f) Un sas en milieu de four pour les fours longs à voie humide et sèche (pour les combustibles en morceaux).

Figure III
Points d'alimentation typique en déchets



192. Les déchets liquides sont généralement injectés dans l'extrémité chaude du four. Dans certaines installations, les déchets solides peuvent être introduits dans la zone de calcination, c'est-à-dire en milieu de four pour les fours longs et la grille d'alimentation dans la partie à haute température pour les fours à préchauffeur/précalcinateur.

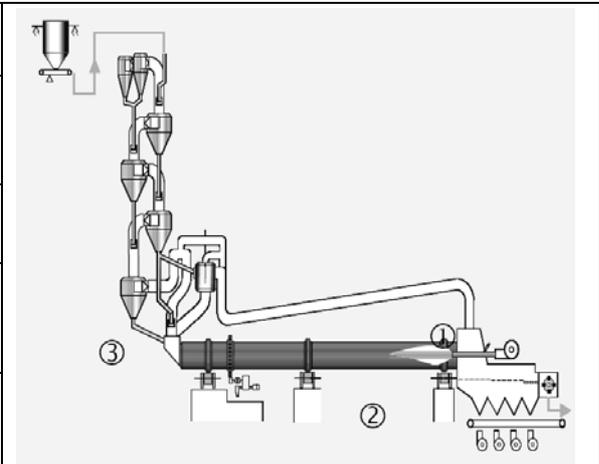
193. Les déchets solides utilisés comme matières premières de remplacement sont généralement introduits dans le système de four par le point d'alimentation normal en cru, tout comme les matières premières classiques. Toutefois, les matières contenant des composants susceptibles de se volatiliser à basse température (comme les solvants) devraient être introduites dans les zones à haute température du système de four. Les déchets contenant des composés organiques et inorganiques volatils ne devraient pas être introduits par le point d'alimentation normal en cru à moins qu'il n'ait été démontré

par des essais contrôlés effectués dans le four ou par des tests appropriés en laboratoire qu'il est possible d'éviter des émissions indésirables à la cheminée.

194. Les composés toxiques combustibles présents dans certains déchets dangereux, comme les substances organiques halogénées, doivent être complètement détruits par une température et un temps de séjour appropriés. Dans les fours à préchauffeur/précalcinateur, les déchets dangereux devraient généralement être introduits par le brûleur principal ou les brûleurs secondaires. Les déchets dangereux et autres introduits par le brûleur principal, où les conditions seront toujours favorables, se décomposent dans des conditions oxydantes à une température de flamme $>1\ 800\ ^\circ\text{C}$ (voir la figure IV). Les déchets introduits dans un brûleur secondaire, un préchauffeur ou un précalcinateur seront exposés à des températures plus basses, encore que dans la zone de combustion du précalcinateur les températures sont généralement $>1\ 000\ ^\circ\text{C}$ (PNUE, 2007). Le four devrait être exploité de telle façon que les gaz résultant du processus soient portés, après la dernière injection d'air de combustion, d'une façon contrôlée et homogène et même dans les conditions les plus défavorables, à une température de $850\ ^\circ\text{C}$ pendant deux secondes (voir directive 2000/76/CE). Dans le cas des déchets dangereux ayant une teneur en substances organiques halogénées (exprimées en chlore) supérieure à 1 %, la température devrait être amenée à $1\ 100\ ^\circ\text{C}$ pendant au moins deux secondes. Aux termes de la Loi américaine sur la réglementation des substances toxiques, l'élimination des PCB exige une température de $1\ 200\ ^\circ\text{C}$ et un temps de séjour de deux secondes (pour un excès d'oxygène de 3 % dans les gaz de cheminée).

Figure IV

Températures et temps de séjour durant la fabrication du ciment

Caractéristiques	Température et temps de séjour	
Température au brûleur principal ① du four rotatif ②	$>1\ 450\ ^\circ\text{C}$ (matières) $>1800\ ^\circ\text{C}$ (température de flamme)	
Temps de séjour au brûleur principal	$>12-15$ secondes $> 1200\ ^\circ\text{C}$ $>5-6$ secondes $> 1\ 800\ ^\circ\text{C}$	
Température au précalcinateur ③	$> 850\ ^\circ\text{C}$ (matières) $>1\ 000\ ^\circ\text{C}$ (température de flamme)	
Temps de séjour au précalcinateur	$> 2-6$ secondes $> 800\ ^\circ\text{C}$	

195. Pour l'alimentation du four en déchets dangereux, il conviendrait (BEPRIP, 2010) :

- a) D'utiliser dans les fours les points d'alimentation appropriés en termes de température et de temps de séjour en fonction de la conception du four et des conditions opératoires;
- b) D'introduire les déchets contenant des composés organiques susceptibles d'être volatilisés avant la zone de calcination dans les zones du système de four où la température est suffisamment élevées;
- c) D'opérer de telle manière que les gaz qui résultent de la coïncinération des déchets soient portés de manière contrôlée et homogène, même dans les conditions les plus défavorables, à une température de $850\ ^\circ\text{C}$ pendant deux secondes;
- d) D'élever la température à $1\ 100\ ^\circ\text{C}$ en cas de coïncinération de déchets dangereux avec une teneur de plus de 1 % en substances organiques halogénées, exprimées en chlore;
- e) De prévoir une alimentation continue et constante en déchets;
- f) De cesser d'introduire des déchets lorsque les températures et les temps de séjour appropriés ne sont pas maintenus ou ne peuvent pas être atteints (comme dans le cas des démarrages ou des arrêts), et chaque fois qu'une limite d'émission quelconque est dépassée.

2. Contrôle du fonctionnement du four

196. Afin d'éviter des problèmes de fonctionnement dans les fours, il faudrait évaluer avec soin l'impact des déchets dangereux sur l'apport total d'éléments volatils circulant, comme le chlore, le soufre ou les alcalis, avant de les accepter. Chaque installation devrait fixer des critères d'acceptation spécifiques pour ces constituants en fonction du type de procédé et des conditions particulières du four.

197. Les principes généraux de bon contrôle opérationnel du système de four utilisant des combustibles et des matières premières classiques devraient aussi être appliqués à l'utilisation de déchets. En particulier, tous les paramètres pertinents du procédé devraient être mesurés, enregistrés et évalués continuellement. Les opérateurs du four devraient recevoir une formation appropriée aux exigences liées à l'utilisation de déchets dangereux, notamment en ce qui concerne ses aspects touchant à la santé, à la sécurité et aux émissions dans l'environnement.

198. En cas de perturbation opérationnelle du four, il faudrait que des instructions de travail écrites indiquant la stratégie à suivre pour interrompre l'alimentation en déchets dangereux afin d'assurer des conditions minimum de stabilité opérationnelle soient à la disposition des opérateurs du four et que ceux-ci les connaissent.

199. La teneur en minéraux des déchets peut influencer sur les caractéristiques du clinker. La composition du mélange cru devrait être ajustée en conséquence afin de respecter les valeurs de consigne chimiques qui ont été fixées. Il faudrait définir des limites pour l'apport de chlore, de soufre et d'alcali et respecter strictement les valeurs de consignes opérationnelles. Le recours à des installations à bypass pour éviter les cycles d'enrichissement de ces composés ne devrait être envisagé qu'à la condition que des solutions appropriées pour la gestion des poussières du bypass aient été identifiées.

200. Pour la stabilité de la combustion et du procédé et aux fins de la maîtrise des émissions de POP produites de façon non intentionnelle, il est important de veiller (PNUE, 2007) :

- a) À l'uniformité des caractéristiques des combustibles (aussi bien de remplacement que fossiles);
- b) À la régularité du débit d'approvisionnement en combustibles ou de la fréquence d'introduction de lots de matières;
- c) À ce que l'excès d'oxygène soit suffisant pour assurer une bonne combustion;
- d) À ce que les concentrations de CO dans les gaz d'exhaure soient contrôlées et ne dépassent pas les niveaux préétablis à cause de mauvaises conditions de combustion.

C. Aspects environnementaux

1. Émissions atmosphériques

201. Que l'on utilise ou non des déchets dans une cimenterie, les émissions de poussières (matières particulaires), de NO_x et de SO₂ sont celles qui suscitent le plus de préoccupations et il convient de les traiter. Les autres émissions à prendre en considération sont celles de COV, de PCDD, de PCDF, de HCl, de CO, de CO₂, de HF, d'ammoniac (NH₃), de benzène, de toluène, d'éthylbenzène, de xylène, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de métaux lourds et leurs composés (BEPRIP, 2010). Dans certaines circonstances, les émissions peuvent également comprendre des chlorobenzènes et des PCB (SCB, 2007). Les sources de ces émissions et la MTD pour les empêcher ou les réduire (telles que définie dans l'UE) sont indiquées à l'annexe 4.

202. Greer (2003) et Karstensen (2008b) décrivent les techniques de contrôle. Les MTD et les niveaux d'émissions qui y sont associés dans l'UE sont indiqués par le BEPRIP (2010). Le document de référence de la Commission européenne contient des informations au sujet des mesures et des techniques disponibles, notamment une description de celles-ci et des données sur leur applicabilité, leurs effets croisés, leurs aspects économiques, etc. Il fournit des informations utiles ainsi que des données sur les meilleures performances concernant les techniques à considérer comme MTD.

203. D'autres orientations sur les MTD et des orientations provisoires concernant des MPE pour la prévention ou la réduction au minimum de la formation et du rejet ultérieur de POP produits de façon non intentionnelle à la suite du cotraitement de déchets dangereux dans des fours à ciment ont été publiées par le secrétariat de la Convention de Stockholm (PNUE, 2007). Ces orientations décrivent les mesures primaires considérées comme suffisantes pour assurer un niveau d'émission de PCDD/PCDF inférieur à 0,1 ng EQTI/Nm³ dans les effluents gazeux des installations nouvelles et existantes et, lorsque ces options ne permettent pas de les ramener à 0,1 ng EQTI/Nm³, elles indiquent les mesures secondaires qui sont normalement mises en œuvre pour contrôler les polluants autres que les POP formés de manière non intentionnelle, mais qui peuvent aussi conduire à une réduction simultanée des émissions de substances chimiques inscrites à l'Annexe C de la Convention de Stockholm. (PNUE, 2007)

204. À titre d'information, des exemples de limites d'émission applicables au cotraitement de déchets dangereux dans des fours à ciment sont fournis à l'annexe 5 (dans l'UE, la directive 2000/76/CE fixe des valeurs limites des émissions dans l'air et dans les rejets d'eaux usées). Les

autorités compétentes devraient envisager de fixer, pour tout arrêt, perturbation ou défaillance techniquement inévitable des dispositifs d'épuration ou de mesures, une période admissible maximum au cours de laquelle les émissions dans l'air peuvent dépasser les valeurs limites d'émission prescrites.

2. Poussières des fours et des bypass

205. Dans toutes les cimenteries, la ligne de production de clinker produit de fines poussières appelées collectivement « poussières de four à ciment » (CKD). Ces poussières, dont la composition varie avec le temps même pour une ligne donnée de fabrication de clinker, comprennent des matières particulaires provenant du mélange cru à divers stade de cuisson, des particules de clinker et même des particules érodés provenant des garnissages en briques réfractaires et/ou monolithiques du tube du four et des équipements associés (Van Oss, 2005). Des poussières sont également rejetées par le système de bypass pour les alcalis, installé en vue d'éviter une accumulation excessive d'alcalis, de chlorure et/ou de soufre, mais contrairement aux C.

206. Dans l'UE, la conclusion relative à la MTD pour les déchets de production, dans le secteur de la fabrication de ciment en général et que les matières particulaires recueillies doivent si possible être réutilisés dans le procédé ou utilisés pour la fabrication d'autres produits commerciaux. (BEPRIP, 2010).

207. Pour éviter d'avoir à les éliminer, on recycle directement la majeure partie des CKD et des poussières de bypass dans le four à ciment ou le broyeur de clinker. Dans la fabrication du clinker, les CKD remplacent en partie des matières comme le calcaire et des constituants de roches naturelles, ce qui évite la consommation d'énergie et les émissions liées à leur extraction et à leur traitement. Il peut être nécessaire de retirer périodiquement une partie des poussières du système en raison de l'augmentation des concentrations d'alcalis, de chlorure et de composés soufrés qui peuvent compromettre la qualité du clinker. Les poussières qui ne peuvent pas être recyclées dans le procédé sont éliminées du système et sont souvent entreposées en tas sur le site ou mises en décharge spécialisée.

208. Le cas échéant, des CKD n'ayant pas été renvoyées au processus de production peuvent être récupérés dans divers types d'applications commerciales, notamment pour l'amélioration de sols agricoles, la stabilisation de la base des revêtements routiers, le traitement d'eaux usées, la remédiation de déchets, les remblais à faible résistance et la couverture de décharge municipale (APE des États-Unis, 2010). Ces applications dépendent principalement des caractéristiques chimiques et physiques des CKD.

209. Les principaux facteurs déterminent les caractéristiques des CKD sont les matières premières d'alimentation, le type de four exploité, les systèmes de collecte des poussières et le type de combustibles. Les propriétés des CKD pouvant être fortement influencées par la conception du four à ciment, son exploitation et les matières qu'il utilise, leurs caractéristiques physiques et chimiques doivent être évaluées pour chaque installation. (APE des États-Unis, 2010). Il est recommandé de procéder fréquemment à des essais jusqu'à ce que le degré de variabilité de CKD ait été déterminé.

210. Suivant le niveau des contaminants considérés (par exemple, métaux lourds et POP), ces déchets peuvent constituer dans certains cas des déchets dangereux auxquels s'appliquent des mesures spéciales de manutention et d'élimination (PNUE, 2007). Une étude de Karstensen (2006b) signale une concentration moyenne de 6,7 ng EQTI/kg de PCDD/PCDF dans les CKD et une concentration maximum de 96 ng EQTI/kg. Cette même étude montre que les niveaux de PCDD/PCDF dans les déchets de l'industrie du ciment sont du même ordre que dans des aliments comme le poisson, le beurre et le lait maternel et inférieurs à la concentration maximum admissible de 100 ng EQT/kg pour les boues d'épuration répandues sur des terres agricoles.

211. Afin de protéger la santé humaine et l'environnement et d'empêcher une contamination des eaux souterraines, les poussières de bypass ou les CKD rejetées par les installations qui utilisent des déchets dangereux comme combustibles ou matières premières d'appoint devraient être analysées pour déterminer les paramètres de qualité des métaux et des lixiviats organiques si elles doivent être éliminées à terre. Il faudrait procéder à une telle analyse lors d'essais contrôlés venant s'ajouter aux essais continus qui peuvent être exigés par les autorités locales chargées de la réglementation. Les rejets de poussières à l'atmosphère devraient également être contrôlés.

3. Contrôle des produits finals

212. Les produits finals comme le clinker et le ciment sont soumis aux procédures de contrôle régulier exigées par les spécifications de qualité habituelles telles qu'elles figurent dans les normes de qualité nationales ou internationales applicables.

213. En principe, le co-traitement ne devrait pas altérer la qualité du ciment produit. Il s'ensuit que le clinker, le ciment ou le béton produit ne devrait pas être utilisé pour piéger des métaux lourds. Il ne devrait avoir aucun impact négatif sur l'environnement qui pourrait être démontré par exemple par des essais de lixiviation sur le béton ou le mortier. La qualité du ciment devrait en outre permettre une récupération en fin de vie.

214. Les polluants organiques présents dans les matières introduites dans la zone à haute température du système de four sont complètement détruits, les composants inorganiques étant incorporés dans le produit final. En conséquence, l'utilisation de déchets dans la cuisson du clinker peut modifier les concentrations en métaux du ciment produit. En fonction de l'apport total par le biais des matières premières et des combustibles, la concentration de chaque élément dans le produit peut augmenter ou diminuer à cause du co-traitement de déchets (BEPRIP, 2010). Toutefois, de longues études ont montré que les déchets ont un effet statistiquement marginal sur la teneur en métaux lourds du clinker, la seule exception étant constituée par l'utilisation massive de pneus qui entraîne une élévation des niveaux de zinc (GTZ/Holcim, 2006).

215. Dès que le ciment est mélangé avec des granulats pour la production du béton ou de mortier, c'est donc le comportement des métaux dans ces matériaux de construction qui est important pour l'évaluation des impacts environnementaux des déchets utilisés dans le processus de fabrication. Des études ont montré que les émissions de métaux provenant du béton ou du mortier sont faibles, et les résultats de tests approfondis ont confirmé que les métaux étaient fermement incorporés dans le bloc de ciment. De plus, le béton sec présente une haute résistance à la diffusion qui empêche également la libération de métaux. Des tests réalisés sur le béton et le mortier ont montré que les concentrations en métaux des éluats sont sensiblement inférieures aux limites prescrites par exemple par la législation nationale. En outre, le stockage sous différentes conditions, en partie extrêmes, n'a donné lieu à aucune émission ayant un impact sur l'environnement, ce qui est également vrai lorsque l'échantillon de matériaux est broyé ou réduit avant les essais de lixiviation. (BEPRIP, 2010).

216. En ce qui concerne ce qui précède, les principaux résultats d'études de lixiviation effectuées pour déterminer les impacts environnementaux des métaux lourds incorporés dans le béton sont les suivants (GTZ/Holcim, 2006) :

- a) Les quantités d'éléments traces lixiviés à partir du béton monolithique (durée de vie et recyclage) sont en dessous ou proches des limites de détection des méthodes d'analyse les plus sensibles;
- b) Aucune différence sensible n'a été observée dans le comportement de lixiviation des éléments traces entre différents types de ciment produit avec ou sans combustibles et matières premières de remplacement;
- c) Le comportement de lixiviation du béton fabriqué avec différents types de ciment est similaire;
- d) Les concentrations de certains éléments lixiviés comme le chrome, l'aluminium et le baryum peuvent, dans certaines conditions d'essais, approcher des limites fixées par les normes relatives à l'eau de boisson; le chrome hexavalent du ciment est soluble dans l'eau et peut être lixivié à partir du béton à un niveau plus élevé que d'autres métaux, en sorte qu'il faudrait limiter autant que possible les apports de chrome dans le ciment et le béton;
- e) Des essais en laboratoire et des études sur le terrain ont montré que les valeurs limites applicables en vertu par exemple des spécifications relatives aux eaux souterraines ou à l'eau de boisson ne sont pas dépassées tant que la structure en béton reste intacte, par exemple dans les applications primaires ou pendant la durée de vie utile;
- f) Certains métaux comme l'arsenic, le chrome, le vanadium, l'antimoine ou le molybdène peuvent être plus lixiviables, en particulier lorsque la structure en mortier ou en béton est broyée ou morcelée (par exemple lors de leur recyclage en vue de leur utilisation comme granulats dans les fondations de route ou dans les scénarios de fin de vie tels que la mise en décharge);
- g) Il n'existe pas de relations simples et régulières entre les quantités d'éléments traces lixiviés et leurs concentrations totales dans le béton ou le ciment, la teneur en éléments traces des ciments ne peut pas être utilisée comme critère environnemental.

217. Les évaluations de la qualité environnementale du ciment et du béton se fondent généralement sur les caractéristiques de lixiviation des métaux lourds dans l'eau et le sol. Divers scénarios d'exposition doivent être pris en considération (GTZ/Holcim, 2006) :

- a) Exposition des structures en béton par contact direct avec des eaux souterraines (applications « primaires »);
- b) Exposition de mortier ou de béton à de l'eau de boisson dans sa distribution (conduites en béton) ou dans les systèmes de stockage (cuves en béton) (applications couvrant la durée de vie utile);
- c) Réutilisation de débris de béton démolé et recyclé dans de nouveaux granulats, pour la construction de routes, le remblai de barrages, etc. (applications « secondaires » ou de « recyclage »);
- d) La mise en décharge de débris de béton démolé (applications de « fin de vie »).

218. Un choix rigoureux des déchets accompagné d'une surveillance attentive permet d'éviter que des émissions de métaux dans une mesure dommageable pour l'environnement ne se produisent en raison de l'utilisation de déchets (BEPRIP, 2010). Il conviendrait toutefois, dans les cas où les concentrations de métaux lourds dépassent les valeurs normales constatées dans les ciments fabriqués sans combustibles et/ou matières de remplacement, de procéder à des essais de lixiviation sur le mortier et/ou le ciment (GTZ/Holcim, 2006).

219. Pour les scénarios d'exposition du béton et du mortier dans la pratique, différents tests de lixiviation et procédures d'évaluation devraient être appliqués. Il existe certes des procédures d'essai standardisées pour les besoins de la réglementation concernant la gestion de l'eau et des normes relatives à l'eau de boisson, mais il reste nécessaire de disposer de procédures harmonisées et standardisées pour tester la conformité sur la base des scénarios d'exposition présentés ci-dessus. Il est recommandé qu'un laboratoire d'essais indépendant certifié en effectue au moins une fois par an.

D. Surveillance

220. Il faudrait assurer une surveillance des émissions afin que les autorités puissent contrôler le respect des conditions énoncées dans les autorisations d'exploitation et dans la réglementation et pour aider les exploitants à gérer et à contrôler le processus, en empêchant ainsi les émissions d'être rejetées dans l'atmosphère. L'autorité compétente est tenue d'établir et de définir les exigences appropriées en matière de qualité et d'envisager diverses mesures de protection et d'utilisation des éléments suivants. Aux fins de la détermination du respect est une bonne pratique en vue d'évaluer la conformité (BEPRIP, 2003) :

- a) Méthodes standard de mesure;
- b) Instruments certifiés;
- c) Certification du personnel;
- d) Laboratoires accrédités.

221. Pour les activités d'auto-surveillance, l'utilisation de systèmes de gestion de qualité reconnus et de contrôle périodique par un laboratoire accrédité externe, au lieu d'une accréditation propre formelle peut-être appropriée (BEPRIP, 2003).

222. On trouvera d'autres informations utiles sur les principes de surveillance dans le document de la Commission européenne sur les principes généraux de surveillance (BEPRIP, 2003).

1. Surveillance du procédé

223. Afin de contrôler les procédures liées à l'utilisation des fours, des mesures continues sont recommandées pour les paramètres suivants (PNUE, 2007; BEPRIP, 2010):

- a) Pression;
- b) Température;
- c) O₂;
- d) NO_x;
- e) CO;
- f) SO₂, lorsque la concentration en SO_x est élevée (une technique en cours de mise au point vise à optimiser le CO au moyen des NO_x et du SO₂).

224. Dans l'UE, la conclusion relative à la MTD pour le secteur de la fabrication du ciment dans son ensemble est qu'elle consiste à assurer la surveillance et la mesure des paramètres de procédé et des émissions sur une base régulière, par exemple (BEPRIP, 2010) :

- a) Des mesures en continu des paramètres du procédé afin d'en démontrer la stabilité – comme température, O₂, pression, débit et émissions de NH₃ avec la technologie de réduction non catalytique sélective (RNCS);
- b) La surveillance et la stabilisation des paramètres critiques du procédé, comme l'homogénéité du cru et de l'alimentation en combustible, le dosage régulier et l'excès d'oxygène.

2. Surveillance des émissions

225. Pour quantifier les émissions avec précision, des mesures en continu constituent la MTD pour les paramètres suivants (PNUE, 2007) :

- a) Volume de gaz produits;
- b) Humidité;
- c) Température;
- d) Poussières (matières particulaires);
- e) O₂;
- f) NO_x;
- g) SO₂;
- h) CO.

226. Il est également recommandé de mesurer le COT en continu. L'exploitant devrait assurer un étalonnage, un entretien et une exploitation appropriés des systèmes de contrôle continu des émissions (SCCE). Il conviendrait d'établir un programme d'assurance de la qualité pour évaluer et contrôler la performance des SCCE de façon continue.

227. Un contrôle périodique (au moins une fois par an) suffit pour les substances suivantes :

- a) Métaux (Hg, Cd, Tl, As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) et leurs composés;
- b) HCl;
- c) HF;
- d) NH₃;
- e) PCDD/PCDF.

228. Selon le BEPRIP (2010), la MTD consiste à assurer la surveillance et la mesure des paramètres de procédé et des émissions sur une base régulière, par exemple :

- a) Des mesures en continu des émissions de poussières, de NO_x, de SO_x et de CO;
- b) Des mesures périodiques des émissions de PCDD/PCDF et de métaux;
- c) Des mesures en continu ou périodiques des émissions de HCl, de HF et de TOC.

229. En outre, pour les fours à ciment cotraitant des déchets dangereux et autres dans l'UE, les prescriptions de la directive 2000/76/CE (devant être remplacée par la directive 2010/75/UE à compter du 7 janvier 2014) sont applicables.

230. Il est aussi possible de mesurer et de surveiller en permanence le NH₃ et le Hg ainsi que d'échantillonner les PCDD/PCDF et les PCB en continu pour une analyse de 1 à 30 jours (BEPRIP, 2010).

231. Des tests de performance devraient être effectués pour démontrer que la limite d'émission et les spécifications de performance sont respectées pour les systèmes de surveillance en continu, lorsque le four fonctionne dans des conditions normales.

232. Il peut être nécessaire de mesurer de temps en temps les substances suivantes en cas de régime de fonctionnement spécial (PNUE, 2007; BEPRIP, 2010):

- a) Benzène, toluène et xylène (BTX);
- b) Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- c) Autres polluants organiques (comme les chlorobenzènes, les PCB, y compris les congénères coplanaires, les chloronaphtalènes, etc.).

233. Si des déchets dangereux sont éliminés dans des fours à ciment en vue de la destruction et de la transformation irréversible des POP contenus dans les déchets, il conviendrait de déterminer le RED (PNUE, 2007) et de se reporter aux Directives techniques actualisées sur la gestion écologiquement rationnelle des déchets constitués de polychlorobiphényles, polychloroterphényles et chlorobromobiphényles, en contenant ou contaminés par ces substances (SCB, 2007).

3. Surveillance de l'environnement

234. Des préoccupations justifiées au sujet de l'impact de l'installation sur l'environnement peuvent exiger la mise en œuvre d'un programme de surveillance de l'air ambiant. Ce programme devrait porter sur la détermination des niveaux des principaux polluants retenus comme prioritaires pour le contrôle de l'environnement. Il devrait prévoir un contrôle et englober les emplacements situés sous le vent, y compris la zone de dépôt maximum au niveau du sol des émissions de la cheminée. Une station météorologique devrait être prévue pendant la durée de l'opération d'échantillonnage de l'air ambiant en un endroit où des bâtiments ou autres constructions n'interféreront pas beaucoup avec elle.

4. Dispositions relatives à l'établissement des rapports

235. Le rapport des résultats de la surveillance implique de résumer et de présenter de manière efficace les résultats de la surveillance, les informations connexes et les conclusions sur la conformité. La bonne pratique est de définir le besoin auquel répondent les rapports, les destinataires des rapports, la responsabilité de la préparation des rapports, les catégories de rapports, la portée des rapports, les bonnes pratiques en matière de préparation des rapports, les aspects juridiques de la présentation de rapports et les contraintes de qualité. (BEPRIP, 2003)

236. Les rapports de surveillance peuvent être classés comme suit (BEPRIP, 2003) :

a) Rapports locaux ou de base, qui sont généralement préparés par des exploitants (par exemple dans le cadre de leur auto-surveillance) et devraient, le cas échéant, satisfaire à toutes les exigences des autorisations. Ces rapports peuvent concerner par exemple un site individuel ou une occurrence qui couvre une période courte et doit être rapportée avec diligence, ou les audiences locales;

b) Rapports nationaux ou stratégiques, qui seront en général préparés par les autorités compétentes. Il s'agit habituellement de rapports récapitulatifs concernant généralement plusieurs installations, des périodes plus longues afin de dégager des tendances ou des audiences nationales;

c) Rapports spécialisés, qui concernent des techniques nouvelles ou relativement complexes utilisées à l'occasion pour compléter des méthodes de surveillance plus habituelles (par exemple télémétrie, réseaux neuromimétiques ou études de dépôts).

237. Les bonnes pratiques en matière de rapports d'information sur la surveillance sont notamment les suivantes (BEPRIP, 2003) :

a) Collecte des données, impliquant l'acquisition des mesures et des faits de base. Une bonne pratique de collecte des données prend en compte les éléments suivants : plannings (indiquant comment, quand, par qui, à qui les données doivent être rapportées et quels types de données sont acceptables); utilisation de formulaires standards pour la collecte des données; détails de qualification des données (servant à préciser si les valeurs s'appuient sur des mesures, des calculs ou des estimations); données sur les incertitudes et les limites (détails sur les limites de détection, nombre d'échantillons disponibles); détails sur le contexte opérationnel (détails sur les opérations de procédé dominantes et/ou les conditions environnementales).

b) Gestion des données, qui implique l'organisation des données et leur conversion en informations. Les considérations sur les éléments suivants sont de bonnes pratiques dans la gestion des données : transferts et bases de données; traitement des données; logiciel et statistiques; et archivage.

c) Présentation des résultats, qui implique la fourniture d'informations aux utilisateurs sous un format clair et utilisable. Il est de bonne pratique dans la présentation des résultats de la surveillance de prendre en compte les éléments suivants en fonction du type de rapport : champ d'application du rapport (type de situation, exigences en matière de planification dans le temps, emplacement); programme de présentations, tendances et comparaisons, signification statistique (détails sur les dépassements ou les modifications significatifs comparés aux incertitudes des mesures et aux paramètres de procédé); performances provisoires (rapports provisoires); résultats stratégiques (détails sur les niveaux de conformité avec les différentes politiques, activités, technologies, etc.); résumés non techniques (à l'intention du public); et distribution des rapports.

238. Afin que les rapports soient utilisés dans les processus de prise de décision, ils doivent être facilement disponibles et précis (dans la limite d'incertitudes précisées). La bonne pratique dans

l'accessibilité et la qualité des rapports consiste à prendre en compte les éléments suivants : objectifs et contrôles de qualité; compétence; organisations en cas d'incident; systèmes de validation; conservation des données; et falsification des données. (BEPRIP, 2003)

239. On trouvera davantage d'informations utiles sur les principes de surveillance dans le document de référence de la Commission européenne sur les principes généraux de surveillance (BEPRIP, 2003).

V. Références

Achternbosch, M. , Brautigam, K. R. , Hartlieb, N. , Kupsch, C. , Richers, U. , Stemmermann, P. et Gleis, M. 2003. Heavy metals in cement and concrete resulting from the co-incineration of wastes in cement kilns with regard to the legitimacy of waste utilisation. Centre de recherche Karlsruhe. <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA6923.pdf>

Baron, B. , Reinaud, J. , Genasci, M. et Philibert, C. 2007. Sectoral Approaches to Greenhouse Gas Mitigation: Exploring Issues for Heavy Industry. Document d'information de l'AIE (Agence internationale de l'énergie) http://www.iea.org/Textbase/publications/free_new_Desc.asp?PUBS_ID=2000

Battelle (Institut de Battelle). 2002. Toward a Sustainable Cement Industry. Commandité par le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable. Disponible à l'adresse :<http://www.wbcsd.org/web/publications/battelle-full.pdf> [consulté le 24 mai 2009]

British Geological Survey (BGS). 2005. Mineral Profile: Cement Raw Materials. British Geological Survey, Natural Environment Research Council http://www.bgs.ac.uk/MineralsUK/downloads/comm_profile_cement.pdf

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1996. Lignes directrices nationales pour l'utilisation des déchets dangereux et non dangereux comme combustibles de substitution dans les fours à ciment. Manitoba.

CEMBUREAU (Association européenne du ciment). 1999a. Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production: A Life-cycle Approach. Bruxelles. Disponible à l'adresse : <http://www.cembureau.be/Publications-02.asp> [consulté le 3 mars 2009]

CEMBUREAU (Association européenne du ciment). 2009. Sustainable Cement Production: Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials in the European Cement Industry. Bruxelles Disponible à l'adresse : <http://www.cembureau.be/Publications-02.asp> [consulté le 3 mars 2009] <http://www.cembureau.be/newsroom/sustainable-energy-focus-alternative-fuels-cement-industry>

CPCB (Central Pollution Control Board). 2007. Comprehensive Industry Document on Vertical Shaft Kiln Based Mini Cement Plants. Ministry of Environment & Forests, Government of India. Disponible à l'adresse : http://www.cpcb.nic.in/oldwebsite/New%20Item/mini_cement_plant.html [consulté le 5 mars 2009]

Da Hai Yan, Karstensen, K. H. , Qi Wang, Qi-Fei Huang and Min-Lin Cai. 2010. Co-processing of Industrial and Hazardous Wastes in Cement Kilns: A Review of Current Status and Future Needs in China. Environmental Engineering Science. January 2010, 27(1): 37-45. doi:10.1089/ees.2009.0144

Degré, J. P. 2009. Co-processing in Cement Kilns: The Holcim Approach and Experience. Presented at "Taller Co-procesamiento de Residuos Peligrosos en Hornos Cementeros", Santiago. 9 June.

Department for Environmental Affairs and Tourism, Republic of South Africa. 2009. National Policy on Thermal Treatment of General and Hazardous Waste. Government Gazette (Staatskoerant), 24 juillet 2009.

AE (Agence pour l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles). 1999a. International Use of Substitute Liquid Fuels (SLF) Used for Burning in Cement Kilns. Research and Development Technical Report P282. Bristol: Environment Agency.

AE (Agence pour l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles). 1999b. Substitute Liquid Fuels (SLF) Used in Cement Kilns – Life Cycle Analysis. Research and Development Technical Report P274. Bristol: Environment Agency.

AE (Agence pour l'environnement d'Angleterre et du Pays de Galles). 2005. Measuring Environmental Performance: Sector Report for the Cement Industry. Version 1. Bristol: Environment Agency.

Conseil de l'environnement. 2007. Designing Engagement for the Waste Sector. London: The Environment Council. Disponible à l'adresse : http://www.the-environment-council.org.uk/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=78&Itemid=64 [consulté le 2 novembre 2009]

BEPRIP (Bureau européen pour la prévention et la réduction intégrées de la pollution). 2003. Prévention et réduction intégrées de la pollution, document de référence sur les principes généraux de surveillance (juillet 2003). Commission européenne, Centre commun de recherche, Institut d'études technologiques prospectives. Séville. Disponible à l'adresse : ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/mon_bref_0703.pdf [consulté le 19 août 2009]

BEPRIP (Bureau européen pour la prévention et la réduction intégrées de la pollution). 2006. Document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour le traitement des déchets (août 2006). Commission européenne, Centre commun de recherche, Institut d'études technologiques prospectives. Séville. Disponible à l'adresse : ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/wt_bref_0806.pdf [consulté le 4 novembre 2010]

BEPRIP (Bureau européen pour la prévention et la réduction intégrées de la pollution). 2010. Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les industries du ciment, de la chaux et de la magnésie (mai 2010). Commission européenne, Centre commun de recherche, Institut d'études technologiques prospectives. Séville. Disponible à l'adresse : lftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clm_bref_0510.pdf [consulté le 21 octobre 2010]

Greer, W. L. 2003. Interactions Among Gaseous Pollutants from Cement Manufacture and Their Control Technologies. R&D Serial No. 2728. Portland Cement Association, Skokie, Illinois.

GTZ/Holcim. 2006. Directives sur le co-processing des déchets dans la production de ciment. Le partenariat public-privé GTZ- Holcim. Disponible à l'adresse : <http://www.coprochem.com/Guidelines> [consulté le 9 octobre 2008]

Höhne, N. et Ellermann, C. 2008. A Sectoral Approach and Technology Transfer for the Cement Sector. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Suisse. Disponible à l'adresse : http://www.bafu.admin.ch/klima/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCFeYR6fGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--. pdf [consulté le 5 mars 2009]

Hund, G. , Engel-Cox, J. , Fowler, K. , Peterson, T. , Selby, S. et Haddon, M. 2002. Communication and Stakeholder Involvement: Guidebook for Cement Facilities. Institut Battelle et Environmental Resources Management (ERM) Ltd. À la demande du Conseil mondial des entreprises pour le développement durable. Disponible à l'adresse : http://www.wbcsdcement.org/pdf/battelle/stakeholder_guide.pdf [consulté le 24 mai 2009]

AIE (Agence internationale de l'énergie). 2007. Tracking Industrial Energy Efficiency and CO₂ Emissions, In Support of the G8 Plan of Action. Agence internationale de l'énergie (AIE), Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

GIEC, 2005. Rapport spécial du GIEC sur le piégeage et le stockage du dioxyde de carbone. Élaboré par le Groupe de travail III du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Metz, B. , Davidson, D. , de Coninck, H. , Loos, M. and Meyer, L. (eds.)]. Cambridge University Press. Disponible à l'adresse : http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports_carbon_dioxide.htm [consulté le 20 août 2009]

Karstensen, K. H. 2006a. Cement Production in Vertical Shaft Kilns in China: Status and Opportunities for Improvement. Report to the United Nations Industrial Development Organization. Disponible à l'adresse : <http://coprochem.ecs.ch/documents/3cementproductioniinverticalshaftkilnschina.pdf> [consulté le 5 janvier 2009]

Karstensen, K. H. 2006b. Formation and Release of POPs in the Cement Industry. Second edition. Conseil mondial des entreprises pour le développement durable. Disponible à l'adresse : <http://www.wbcsd.org/plugins/DocSearch/details.asp?type=DocDet&ObjectId=MTgyNzM> [consulté le 10 novembre 2008]

Karstensen, K. H. 2007a. A Literature Review on Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials and Hazardous Wastes in Cement Kilns. Department for Environmental Affairs and Tourism, Republic of South Africa. Disponible à l'adresse : <http://www.environment.gov.za/hotissues/2008/cementproduction/cement.html> [consulté le 2 janvier 2009]

Karstensen, K. H. 2007b. National policy on High Temperature Thermal Waste Treatment and Cement Kiln Alternative Fuel Use: Cement Production Technology. Department Environmental Affairs and Tourism of the Republic of South Africa. Disponible à l'adresse : <http://www.deat.gov.za/PolLeg/GenPolicy/2008Sep25/cement.html> [consulté le 2 janvier 2009]

Karstensen, K. H. 2008a. National policy on High Temperature Thermal Waste Treatment and Cement Kiln Alternative Fuel Use: Guidelines for Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials and Treatment of Organic Hazardous Wastes in Cement Kilns. Department Environmental Affairs and Tourism of the Republic of South Africa. Disponible à l'adresse : <http://www.deat.gov.za/PolLeg/GenPolicy/2008Sep25/cement.html> [consulté le 2 janvier 2009]

Karstensen, K. H. 2008b. Formation, release and control of dioxins in cement kilns - A review. *Chemosphere*, 70 (2008) 543–560.

Karstensen, K. H. 2009a. Guidelines for co-processing. Proceedings of "China International Conference on the Utilization of Secondary Materials and Fuel in Building Materials Industry". Institute of Technical Information for Building Materials Industry of China, No. 1, Guanzhuang Dongli, Chaoyang District, Beijing, China. Beijing International Exhibition Center. 29 juin 2009.

Karstensen, K. H. 2009b. Requirements for Co-Processing of AFR and Treatment of Organic Hazardous Wastes in Cement Kilns. Proceedings of "China International Conference on the Utilization of Secondary Materials and Fuel in Building Materials Industry". Institute of Technical Information for Building Materials Industry of China, No. 1, Guanzhuang Dongli, Chaoyang District, Beijing, China. Beijing International Exhibition Center. 29 June 2009.

Karstensen, K. H. , Nguyen, K. K. , Le B. T. , Pham, H. V. , Nguyen, D. T. , Doan, T. T. , Nguyen, H. H. , Tao, M. Q. , Luong, D. H. et Doan, H. T. 2006. Environmentally sound destruction of obsolete pesticides in developing countries using cement kilns. *Environmental Science & Policy*, 9 (2006), 577-586

Kjuus, H. , Lenvik, K. Kjørheim, K. et Austad, J. 2003. Epidemiological Assessment of the Occurrence of Allergic Dermatitis in Workers in the Construction Industry Related to the Content of Cr (VI) in Cement. Norwegian National Institute of Occupational Health. Disponible à l'adresse : http://www.wbcsd.org/web/projects/cement/tf3/nioh-study_chromium_allergic_dermatitis.pdf [consulté le 4 novembre 2010]

Koppejan, J. et Zeevalkink, J. A. 2002. The calorific value as a criterion for waste recovery in the cement industry. TNO-Report R 2002/325. TNO Netherlands Organisation for Applied Scientific Research. Apeldoorn: TNO. Disponible à l'adresse : <http://www.coprocem.com/documents/energy-rapport-2002-325lhv-cement.pdf> [consulté le 2 juillet 2009]

Loréa, C. 2007. The Co-processing of Waste in the Cement Industry. *Global Fuels Magazine*. June, p. 12-15. Disponible à l'adresse : http://www.propubs.com/GF/Articles/eGF_Jun07_Cembureau.pdf [consulté le 1^{er} avril 2009]

Mantus, E. K. 1992. All fired up: Burning Hazardous Waste in Cement Kilns. Washington: Environmental Toxicology International.

Murray, A. and Price, L. 2008. Use of Alternative Fuels in Cement Manufacture: Analysis of Fuel Characteristics and Feasibility for Use in the Chinese Cement Sector. China Energy Group, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, U. S. Department of Energy. Disponible à l'adresse : <http://china.lbl.gov/publications/use-alternative-fuels-cement-manufacture-analysis-fuel-characteristics-and-feasibility->

Mutz, D. , Andres, C. , Hengevoss, D. et Morf, L. 2007. Co-Processing Waste Material in Energy-Intensive Industries (EII): A global study with focus on Europe. Université des sciences appliquées de Suisse occidentale, GEO Partner AG Resource Management.

OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). 2000. Prévention stratégique des déchets, Manuel de référence de l'OCDE. ENV/EPOC/PPC(2000)5/FINAL.

SCB (Secrétariat de la Convention de Bâle). 2007. Directives techniques générales actualisées pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets composés de, contenant, ou contaminés par des polluants organiques persistants (POP). Disponible à l'adresse : <http://www.basel.int/pub/techguid/tg-POPs.pdf> [consulté le 1^{er} avril 2009]

Szabó, L. , Hidalgo, I. , Císcar, J. C. , Soria, A. et Russ P. 2003. Energy consumption and CO₂ emissions from the world cement industry. Report EUR 20769 EN. Institut d'études technologiques

prospectives, Centre de recherche commun, Commission européenne. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur20769en.pdf>

Taylor, H. F. W. 1997. Cement chemistry. Second edition. Thomas Telford, London.

Twigger, L. , Ritchie, A. , Hudson, B. , Laban, K. et Davies, C. 2001. Solid Waste Derived Fuels for Use in Cement & Lime Kilns - An International Perspective. Research and Development Technical Report P4-087/TR/1. Bristol: Environment Agency.

APE des États-Unis (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 1993. Report to Congress on Cement Kiln Dust. Disponible à l'adresse : <http://epa.gov/wastes/nonhaz/industrial/special/ckd/cement2.htm> [consulté le 3 mars 2009]

APE des États-Unis (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 1996. RCRA Public Participation Manual, 1996 Edition. Office of Solid Waste. Washington: U. S. Environmental Protection Agency. Disponible à l'adresse : <http://www.epa.gov/waste/hazard/tsd/permit/pubpart/manual.htm> [consulté le 2 novembre 2009]

APE des États-Unis (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 1998. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants; Proposed Standards for Hazardous Air Pollutants Emissions for the Portland Cement Manufacturing Industry; Proposed Rule. 40 CFR part 63, March 24, 1998, 63 FR 14181. Disponible à l'adresse : <http://www.epa.gov/ttn/atw/pcem/pcempg.html> [consulté le 11 mars 2010]

APE des États-Unis (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 2004. Draft Technical Support Document for HWC MACT Standards. Volume I: Description of Source Categories. Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington: Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis.

APE des États-Unis (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 2007. Cement. In: Energy Trends in Selected Manufacturing Sectors: Opportunities and Challenges for Environmentally Preferable Energy Outcomes. Disponible à l'adresse : <http://www.epa.gov/ispd/energy/index.html> [consulté le 2 mars 2009] <http://www.epa.gov/sectors/pdf/energy/ch3-2.pdf>

APE des États-Unis (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 2010. Materials Characterization Paper in Support of the Proposed Rulemaking: Identification of Nonhazardous Secondary Materials That Are Solid Waste Cement Kiln Dust (CKD). 18 mars 2010. Disponible à l'adresse : <http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/define/pdfs/cement-kiln.pdf> [consulté le 5 novembre 2010]

<http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/define/pdfs/cement-kiln-final.pdf>

U. S. Geological Survey. 2009. Cement. In: Mineral Commodity Summaries 2009. Washington: U. S. Geological Survey. Disponible à l'adresse : <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/> [consulté le 2 mars 2009]

PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement). 1999. Définition des termes : « élimination », « destruction », « déchets » et « réserve » appliqués aux polluants organiques persistants. Comité de négociation intergouvernemental chargé d'élaborer un instrument international juridiquement contraignant pour l'application de mesures internationales à certains polluants organiques persistants. Troisième session. Genève, 6-11 septembre 1999. UNEP/POPS/INC. 3/3. Disponible à l'adresse : http://www.chem.unep.ch/Pops/POPs_Inc/INC_3/inc-english/inc3-3/inc3-3e.pdf

PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement). 2007. Directives sur les meilleures techniques disponibles et orientations provisoires sur les meilleures pratiques environnementales se rapportant à l'article 5 et à l'Annexe C de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants : incinération de déchets dangereux en fours de cimenterie. Groupe d'experts sur les meilleures techniques disponibles et les meilleures pratiques environnementales. Genève : PNUE.

UNSD (Division de statistique de l'ONU). 2008. Bases de données statistiques sur le commerce des marchandises (Comtrade). <http://comtrade.un.org/db/>

Van der Sloot, H. A. , van Zomeren, A. , Stenger, R. , Schneider, M. , Spanka, G. , Stoltenberg-Hansson, E. et Dath, P. 2008. Environmental CRITERIA for CEMENT Based Products, ECRICEM. Executive Summary. Energy Research Centre of the Netherlands (ECN). ECN Report N° ECN-E--08-

011. Disponible à l'adresse : <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2008/e08011.pdf>
[consulté le 10 mars 2009]

Van Oss, H. G. 2005. Background Facts and Issues Concerning Cement and Cement Data. Open-File Report 2005-1152. U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey.

Van Oss, H. G. et Padovani, A. C. 2003. Cement manufacture and the environment. Part II: Environmental Challenges and Opportunities. *Journal of Industrial Ecology*, 7 (1), 93-126.

Watson, C. , Newman, J. , Upton, S. et Hackmann, P. 2005. Round Table on Sustainable Development: Can Transnational Sectoral Agreements Help Reduce Greenhouse Gas Emissions? SG/SD/RT(2005)1. Organisation de coopération et de développement économiques. <http://www.oecd.org/dataoecd/35/53/39357524.pdf>

CMEDD (Conseil mondial des entreprises pour le développement durable). 2005. Guidelines for the Selection and Use of Fuels and Raw Materials in the Cement Manufacturing Process. Cement Sustainability Initiative (CSI). Genève : CMEDD. Disponible à l'adresse : <http://www.wbcsd.org/includes/getTarget.asp?type=d&id=MTc4NjA> [consulté le 9 octobre 2008]

Zeevalkink, J. A. 1997. The Materials and Energy Potential Method for the Quantitative Distinction Between Waste Valorization and Elimination in the Cement Industry. TNO-Report TNO-MEP - R 96/502. TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation. Apeldoorn: TNO.

Annexe I

Procédés de fabrication du clinker

1. La fabrication du ciment consiste à chauffer, à calciner et à cuire un mélange soigneusement dosé de matières calcaires et argileuses, habituellement du calcaire et de l'argile, pour obtenir le clinker de ciment, qui est ensuite refroidi et broyé avec des additions comme le gypse (retardateur de prise) pour donner le ciment. Ce procédé exige généralement de 2,9 à 6,7 GJ d'énergie environ suivant la technologie de four employée (AIE, 2007) et de 1,5 à 1,7 tonne de matières premières par tonne de clinker produite (Szabó et al, 2003); la fraction des matières premières qui n'est pas transformée en clinker est perdue au feu ou se retrouve dans les poussières des fours (APE des États-Unis, 1993). Les procédés « à voie humide » font en outre appel de l'eau pour la préparation de la pâte alimentant les fours; pour produire une tonne de ciment, on utilise environ 600 kg d'eau, dont une partie retourne dans l'environnement (AE, 2005).
2. Les fabricants utilisent du clinker et des constituants déterminés en diverses proportions pour produire des ciments répondant à différentes exigences physiques et chimiques pour des applications particulières. Les ciments hydrauliques qui sont de loin les plus utilisés aujourd'hui sont les ciments Portland ou les ciments « mélangés » (van Oss et Padovani, 2003); les spécifications standard auxquelles doivent satisfaire les ciments Portland sont analogues (mais pas identiques) dans tous les pays, et différentes dénominations sont employées pour désigner les matériaux. Les ciments mélangés, aussi appelés « ciments composés », sont des ciments Portland mélangés à un ou plusieurs ajouts ou charges pouzzolaniques (parfois appelés collectivement « matériaux cimentaires supplémentaires »), comme la pouzzolane (cendres volcaniques), certains types de cendres volantes (provenant de centrales électriques à charbon), du laitier granulé de haut fourneau, de la fumée de silice ou du calcaire. Ces matériaux représentent habituellement de 5 à 30 % environ du poids du mélange total, mais ce pourcentage peut être supérieur (van Oss, 2005). Les désignations des ciments mélangés varient dans le monde entier.
3. Les ciments produits dans le monde sont de divers types, mais on les obtient par le même procédé, qui est décrit ci-après.

A. Matières premières et combustibles classiques

4. Les matières premières destinées à la fabrication du ciment doivent fournir les oxydes requis pour le clinker dans les proportions approximatives qui sont indiquées au tableau 1, le principal étant l'oxyde de calcium (CaO). Dans la pratique, cela signifie que des dépôts calcaires naturels, comme le calcaire, la marne ou la craie, qui sont constitués essentiellement de carbonate de calcium (CaCO₃), sont nécessaires. L'argile ou le schiste fournissent généralement les autres constituants. Pour corriger des déficiences mineures en l'un ou l'autre oxyde dans les matières premières, des constituants « correctifs »⁹ comme le minerai de fer, la bauxite ou le sable peuvent être ajoutés pour adapter la composition chimique du mélange cru aux exigences du procédé et aux spécifications du produit (Taylor, 1997; Kartensen, 2007b). La plupart des matières premières, mais pas toutes, sont généralement extraites à proximité ou à quelques kilomètres de la cimenterie.

⁹

Parfois appelés matières secondaires ou « adoucissants » (van Oss, 2005).

Tableau 1

Composition chimique du clinker de ciment Portland ordinaire et matières premières classiques

<i>Constituant</i>	<i>Clinker</i>	<i>Calcaire, marne calcaire, craie</i>	<i>Argile</i>	<i>Sable</i>	<i>Minerai de fer</i>	<i>Bauxite</i>
SiO ₂	19,71-24,25 %	0,5-50 %	33-78 %	80-99 %	4-11 %	2,9 %
Al ₂ O ₃	3,76-6,78 %	0,1-20 %	7-30 %	0,5-7 %		
TiO ₂	0,21-0,52 %	0,0-0,7 %	0,2-1,8 %	0,0-0,5 %		
Al ₂ O ₃ + TiO ₂			7-30 %	0,5-2 %	0,2-3 %	57,5 %
Fe ₂ O ₃	1,29-4,64 %	0,2-5,9 %	4,0-15 %	0,0-4 %		
Mn ₂ O ₃	0,03-0,68 %	0,02-0,15 %	0,09 %	0,051 %		
Fe ₂ O ₃ + Mn ₂ O ₃		0,1-10 %	2-15 %	0,5-2 %	19-95 %	22,8 %
CaO	63,76-70,14 %	20-55 %	0,2-25 %	0,1-3 %	0,1-34 %	2,4 %
MgO	0,00-4,51 %	0,2-6 %	0,3-5 %	0,3-0,5 %	≤1,5 %	0,04 %
K ₂ O	0,31-1,76 %	0-3,5 %	0,4-5 %	0,2-3 %	Traces	0,04 %
Na ₂ O	0,03-0,335	0,0-1,5 %	0,1-1,5 %	0,0-1 %	Traces	0,02 %
Cl		0,0-0,6 %	0,0-1 %	Traces		
P ₂ O ₅	0,02-0,27 %	0,0-0,8 %	0,0-1,0 %	0,0-0,1 %		
Perte au feu (CO ₂ + H ₂ O)	0,09-1,56 %	2-44 %	1-20 %	≤5	0,1-30 %	13,5 %

Sources: BEPRIP (2010) et CEMBUREAU (1999)

5. Le CaCO₃ naturel est constitué de cristaux grossiers ou fins de calcite. Le calcaire est du CaCO₃ microcristallin avec de l'argile comme principale impureté. La craie est un calcaire marin à grains très fins et poreux composé presque intégralement de fossiles microscopiques. Les principaux constituants du schiste et de l'argile sont des minéraux argileux, du quartz finement divisé et, parfois, des oxydes de fer. Traditionnellement, les matières humides (craie et argile) ont été utilisées dans les procédés à voie « humide » ou « semi-humide » et les matières sèches (calcaire) dans les procédés à voie « sèche » ou « semi-sèche » (AE, 2005).

6. Les matières premières chargées dans le four comportent de 80 à 90 % environ de calcaire et de 10 à 15 % de matières argileuses, mais les pourcentages exacts varient (BGS, 2005). Outre la composition chimique du produit désiré, la proportion de chaque type de matière première utilisée dans un four à ciment donné dépendra de la composition des matières particulières à la disposition de l'exploitant, qui sont testées régulièrement.

7. Lors du dosage, il est tenu compte des proportions de calcium, de silice (SiO₂), d'alumine (Al₂O₃) et d'oxyde de fer (Fe₂O₃) nécessaires pour obtenir un clinker de bonne qualité ainsi que de la « combustibilité » du cru (c'est-à-dire du temps, de la température et du combustible requis pour le traitement de la matière) (APE des États-Unis, 1993). En outre, les opérateurs des fours accordent une grande attention à la présence d'« impuretés » dans le mélange, notamment de magnésie, de soufre, de chlorures ainsi que d'oxydes de potassium et de sodium (appelées « alcalis »). La présence de magnésie (MgO) peut être souhaitable dans une certaine mesure, car elle agit comme fondant aux températures de cuisson en facilitant la combustion, mais on contrôle avec soin les niveaux de MgO car ils peuvent conduire à la production d'un clinker qui n'est pas sain s'il n'est pas refroidi rapidement.¹⁰ Dans la zone froide du four, les alcalis peuvent réagir avec le dioxyde de soufre, les chlorures et le dioxyde de carbone contenus dans les gaz du four et créer des problèmes opérationnels (APE des États-Unis, 1993).

8. Les matières premières utilisées dans la production de ciment contiennent naturellement des métaux et des halogènes, en général de l'antimoine, de l'arsenic, du baryum, du béryllium, du cadmium, du chrome, du plomb, du mercure, du nickel, du sélénium, de l'argent, du thallium, du vanadium, du zinc, du brome, du chlore, du fluor et de l'iode. La quantité de ces constituants dépend des formations géologiques d'où sont extraites les matières premières. Outre les métaux et les halogènes présents, les matières premières peuvent contenir des composés organiques (Montus, 1992). Les valeurs moyennes et les plages de concentration de ces constituants sont indiquées dans le tableau 2.

¹⁰ Un tel clinker utilisé pour du béton pourra provoquer un gonflement destructif du béton durci en réagissant lentement avec l'eau.

9. La fabrication du ciment exige en outre beaucoup d'énergie, laquelle entre généralement pour 30 à 40 % dans les coûts de production (à l'exclusion des dépenses d'investissement). La plupart des fours à ciment utilisent aujourd'hui du coke de charbon et de pétrole comme principaux combustibles et, dans une moindre mesure, du gaz naturel et du fioul. Tout en fournissant de l'énergie, certains de ces combustibles, en particulier le charbon ou le lignite, produisent d'importantes quantités de cendres ayant une composition analogue à celle du constituant argileux.

10. De nombreuses installations brûlent normalement plus d'un combustible. Ainsi, lors de l'allumage d'un four froid, on utilise souvent du gaz naturel ou du fioul pour la phase de chauffage lent du four afin d'éviter de soumettre son garnissage de briques réfractaires à des contraintes thermiques excessives. Une fois que le four est suffisamment chaud, on passe au charbon et/ou au coke (généralement du coke de pétrole) pour les opérations de production. (van Oss, 2005)

11. Le charbon peut contenir des quantités notables de soufre, de métaux en traces et d'halogènes, dont la concentration dépend de la région où il a été extrait (voir le tableau 3). Le soufre (sous la forme de SO_3) se vaporise dans le four pour former du dioxyde de soufre (SO_2) et se condense sous la forme de sulfates. À l'intérieur du four, ces sulfates se combinent avec le calcium et le potassium en suscitant des problèmes opérationnels dans la zone froide du four. Il faut se préoccuper des halogènes car leurs chlorures peuvent poser des problèmes opérationnels analogues à ceux qu'entraîne le soufre. Les concentrations de chlore dans le charbon peuvent aller de 100 à 2 800 parties par million. (APE des États-Unis, 1993)

12. La consommation de chaleur et celle d'électricité varient toutes deux sensiblement avec la technologie du four (voir le tableau 4) et, pour la même technologie générale, les cimenteries dotées de plusieurs fours ont généralement besoin de plus d'énergie par tonne de capacité de production globale que celles de même capacité mais à un seul four. Les fours à voie humide consomment plus de combustible par unité produite que les fours à voie sèche du fait qu'il faut évaporer l'eau contenue dans la pâte et que les fours humides sont de bien plus grandes dimensions. (van Oss, 2005)

Tableau 2

Concentrations d'éléments traces (en parties par million) dans les matières premières classiques (Min = valeur minimum; Max = valeur maximum; VM = valeur moyenne; n. c. = non connue)

<i>Constituant</i>	<i>Calcaire</i>		<i>Marne</i>		<i>Argile</i>		<i>Sable</i>		<i>Minerai de fer</i>		<i>Gypse/anhydrite</i>	
	<i>Min-Max</i>	<i>(VM)</i>	<i>Min-Max</i>	<i>(VM)</i>	<i>Min-Max</i>	<i>(VM)</i>	<i>Min-Max</i>	<i>(VM)</i>	<i>Min-Max</i>	<i>(VM)</i>	<i>Min-Max</i>	<i>(VM)</i>
As	0,1-15	(3)	0,2-12	(6)	2-100	(14)	0,4-42	(11)	2-1200	(37)	0,2-3,5	(1,5)
Be	0,01-12	(0,3)	n. c. -1	(0,5)	1-7	(3)	0,6-1,5	(1,0)	0,8-2	(1)	0,02-0,9	(0,2)
Cd	0,02-2	(0,2)	0,02-0,5	(0,3)	0,01-1	(0,2)	0,01-1	(0,2)	0,02-15	(6)	0,03-2,3	(0,15)
Co	0,1-7	(3)	n. c. -28	(5)	6-25	(20)	0,3-37	(11)	109-183	(144)	0,02-3,9	(1)
Cr	0,5-184	(14)	1,2-71	(28)	15-260	(85)	1-220	(19)	8-1400	(495)	1-27,3	(8,8)
Cu	5-57	(11)	4,9-35	(12)	10-285	(43)	1,2-85	(10)		(1520)	0,3-12,8	(7)
Hg	0,005-0,1	(0,04)	0,005-0,1	(0,03)	0,01-0,5	(0,2)	0,01-1	(0,02)	n. c. -1	(0,5)	0,00625-1,3	(0,1)
Mn	250-3 300	(500)	n. c. -3300	(360)	n. c. -2 500	(600)	46-2 040	(194)	900-1 200	(1090)	n. c.	
Ni	1,4-131	(18)	1,5-57	(16)	7-236	(63)	1-73	(13)	5-815	(331)	0,3-14,5	(5,5)
Pb	0,27-151	(18)	0,3-57	(12)	1-219	(25)	0,7-70	(10)	4-8 700	(350)	0,2-20,5	(7)
Sb	0,2-27	(1)	n. c. -27	(4)	0,5-13	(2)	0,3-12	(7)		(26)	0,1-5	(1)
Se	0,4-30	(0,6)	n. c.	(1)	n. c. -2,5	(0,5)	n. c.	(1)		(8)	0,6-17	(0,8)
Sn	0,9-24	(4)	n. c. -24	(3)	1,6-30	(5)	1,8-40	(3)	n. c. -500	(25)	n. c.	
Te	n. c.	(0,7)	n. c.	(1)	n. c.	(0,5)	n. c.	(0,5)	n. c. -13	(10)	n. c.	
Tl	0,05-3	(0,3)	0,05-0,68	(0,6)	0,1-1,6	(0,5)	0,05-1	(0,2)	0,1-400	(2)	0,1-1,0	(0,3)
V	5-80	(26)	n. c. -49	(20)	30-300	(130)	2-240	(50)	10-690	(256)	1-27,8	(13,5)
Zn	0,1-229	(30)	22-79	(48)	2-304	(78)	4,2-112	(25)	24-9 400	(3288)	1-59	(19)
Br <u>a/</u>	n. c.	(5,9)	n. c.		1-58		n. c.		n. c.		n. c.	
Cl <u>a/</u>	50-240		n. c.		15-450		n. c.		n. c.		n. c.	
F <u>a/</u>	100-940		n. c.		300-990		n. c.		n. c.		n. c.	
I <u>a/</u>	0,25-0,75		n. c.		0,2-2,2		n. c.		n. c.		n. c.	

a/ Mantus (1992)

Source : Achternbosch et al. (2003), sauf indication contraire.

Tableau 3

Concentrations des éléments traces (en parties par million) dans les combustibles primaires
(Min = valeur minimum; Max = valeur maximum; n. c. = non connue)

<i>Constituant</i>	<i>Anthracite Min-Max</i>	<i>Charbon gras Min-Max</i>	<i>Lignite Min-Max</i>	<i>Coke de pétrole Min-Max</i>
As	1-200	n. c.	0,1-12	0,2-0,8
Be	0-8	n. c.	0,04-0,6	0,02-0,03
Cd	0,01-10	n. c.	0,06-2,4	0,04-4
Co	0,5-43	n. c.	0,5-4,2	n. c.
Cr	1-260	n. c.	0,9-20	0,9-104
Cu	0,30-60	n. c.	0,4-15	n. c.
Hg	0,01-3	n. c.	0,01-0,7	0,01-0,09
Mn	5-356	n. c.	50-160	n. c.
Ni	1-110	n. c.	0,6-29	24-355
Pb	5-270	n. c.	0,7-34	1-102
Sb	0,05-5	n. c.	0,04-2,5	n. c.
Se	0-6	n. c.	0,4-25	n. c.
Sn	1,3-7,8	n. c.	0,5-15	n. c.
Te	0,2-5,0	n. c.	0,1-10	n. c.
Tl	0,1-5	n. c.	0,05-0,4	0,04-3,1
V	10-250	n. c.	0,1-84	45-1 435
Zn	4,5-405	n. c.	1-70	16-220
Br <u>a/</u>	n. c.	7-11	n. c.	n. c.
Cl <u>a/</u>	n. c.	100-2 800	n. c.	n. c.
F <u>a/</u>	n. c.	50-370	n. c.	n. c.
I <u>a/</u>	n. c.	0,8-11,2	n. c.	n. c.

a/ Mantus (1992)

Source : Achternbosch et al. (2003), sauf indication contraire.

Tableau 4

Besoins en énergie pour la fabrication du clinker

Procédé	Consommation de combustible GJ/tonne
Four vertical	3,7-6,6
Procédé à voie humide	5,9-6,7
Procédé à four long à voie sèche	4,6
1er étage – préchauffeur à cyclones	4,2
2° étage – préchauffeur à cyclones	3,8
3° étage – préchauffeur à cyclones	3,3
4° étage – préchauffeur + précalcinateur	3,1
5° étage – préchauffeur + précalcinateur	3,0-3,1
6° étage – préchauffeur + précalcinateur	2,9

Source : AIE (2007) et Szabó (2003)

B. Procédé de fabrication

13. La production de ciment Portland commence par la fabrication du clinker qui est ensuite broyé finement avec du gypse et d'autres ajouts pour donner le produit cimentaire fini. Le broyage peut-être effectué sur le site ou dans des installations hors site appelées « moulins à ciment ». La fabrication du clinker comporte l'extraction en carrières, le concassage et le dosage des matières premières pour obtenir le cru dans les procédés à voie sèche et semi-sèche ou la pâte dans les procédés à voie humide

et semi-humide. Une fois préparé, le mélange cru est introduit dans un four où il est chauffé en subissant les différents processus chimiques et physiques nécessaires à l'obtention du clinker.

14. Dans le four, le cru, ou la pâte dans le procédé à voie humide, est soumis à un traitement thermique comportant successivement un « séchage/préchauffage », une « calcination » et une « cuisson » (aussi appelée « clinkérisation »); les différentes zones de réaction sont représentées dans la figure 1.

15. Dans la première zone, le séchage et le préchauffage s'effectuent à une température comprise entre <100 et 750°C. Dans cette zone, l'eau résiduelle, ou libre, est évaporée du cru, les matières argileuses commencent à se décomposer et l'eau de rétention est éliminée, en sorte que les matières se déshydratent. Vient ensuite la zone de calcination, dans laquelle la température des matières est comprise entre 750 to 1000°C. Les matières sont « calcinées », c'est-à-dire que le carbonate de calcium (CaCO₃) contenu dans le calcaire est dissocié en produisant de l'oxyde de calcium (CaO, chaux) et en libérant du dioxyde de carbone (CO₂). Enfin, dans la zone de cuisson, l'oxyde de calcium réagit avec les silicates, le fer et l'aluminium pour former du silicate dicalcique, du silicate tricalcique, de l'aluminate tricalcique et de l'aluminoferrite tétracalcique, dénommés en abrégé C₂S, C₃S, C₃A et C₄AF, respectivement. En outre, des nodules de clinker, d'un diamètre compris généralement entre 3 et 20 mm, se forment à l'état semi-solide dans la zone de cuisson et se solidifient complètement lors du refroidissement, qui commence dans la courte zone de refroidissement du four et se poursuit dans un refroidisseur hors de celui-ci.

16. Dans le processus de cuisson du clinker, il est essentiel de maintenir les températures de la charge du four à l'intérieur de la zone de cuisson comprises entre 1 400 and 1 500°C pour convertir le cru en clinker. Pour ce faire, des températures de flamme d'environ 2 000°C sont nécessaires. En outre, pour des raisons de qualité du clinker, un excès d'air est nécessaire dans la zone de frittage pour maintenir une atmosphère oxydante. Autrement, en cas de manque d'oxygène, il n'y a pas formation d'aluminoferrite tétracalcique et Fe₂O₃ est réduit en FeO. Il en résulte un clinker qui donne un ciment à prise rapide présentant une moindre résistance finale. En outre, la présence de carbone non brûlé dans la zone de cuisson produit un clinker ayant une couleur brune indésirable. (APE des États-Unis, 2004)

17. La composition du clinker ainsi que les noms et les formules de ses constituants sont indiqués dans le tableau 5. La production de ciment Portland s'achève par le broyage du clinker refroidi avec une petite quantité de gypse ou d'anhydrite. La figure 2 contient un schéma de procédé général de fabrication du ciment.

Tableau 5

Composition minéralogique typique du clinker de ciment Portland ordinaire

<i>Nom chimique (nom commun)</i>	<i>Formule chimique</i>	<i>Notation courante a/</i>	<i>Plage de concentration</i>
Silicilate tricalcique (« alite »)	Ca ₃ SiO ₅	C ₃ S	50-70 %
Silicate dicalcique (« belite »)	Ca ₂ SiO ₄	C ₂ S	15-30 %
Aluminate tricalcique (« aluminate »)	Ca ₃ Al ₂ O ₆	C ₃ A	5-10 %
Aluminoferrite tétracalcique (« ferrite »)	Ca ₄ Al ₂ Fe ₂ O ₁₀	C ₄ AF	5-15 %

a/ Abréviations: C=CaO; S=SiO₂; A=Al₂O₃; F=Fe₂O₃

Source: Taylor (1997)

Figure I
Diagramme des zones de « réaction » pour différentes technologies de fours

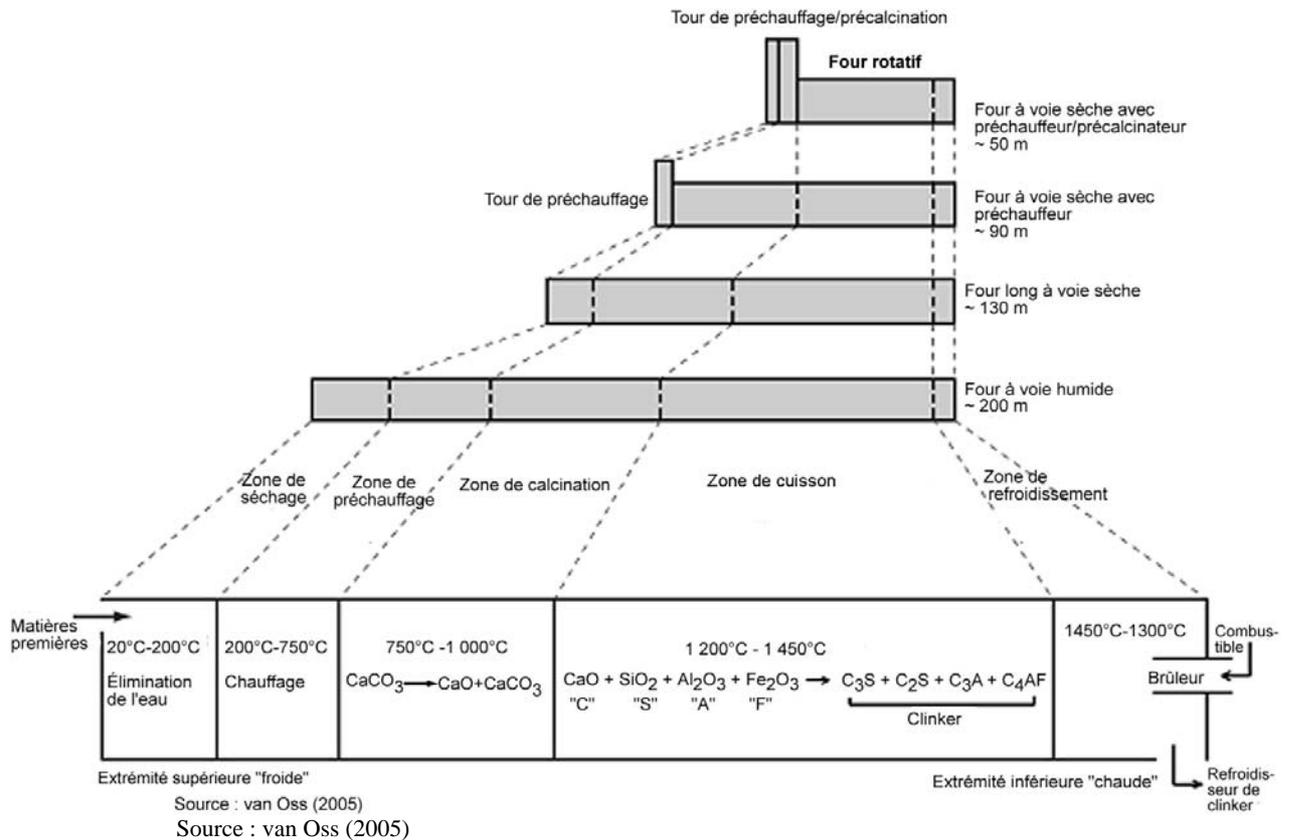
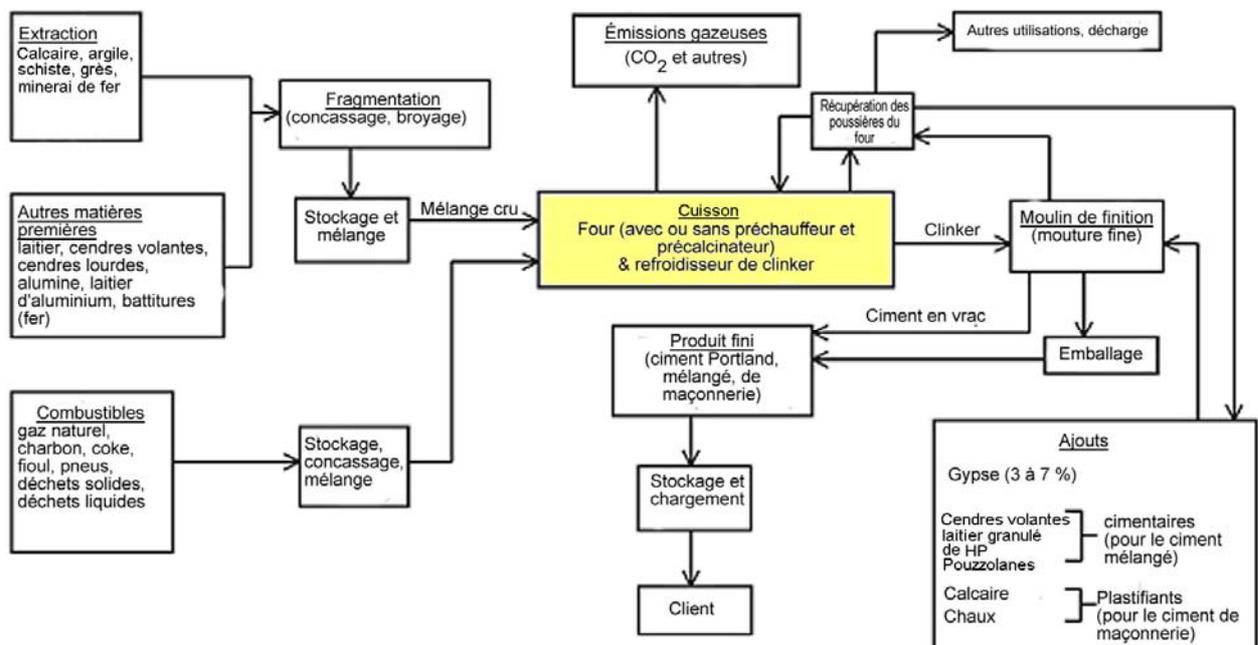


Figure II
Procédé général de fabrication du ciment



18. Le clinker peut être obtenu dans de petits fours verticaux consommant beaucoup d'énergie ou dans des fours rotatifs de plus grandes dimensions qui sont plus efficaces. Les fours verticaux sont encore utilisés dans certaines régions (principalement en Chine et en Inde) (CPCB, 2007; Höhne et Ellermann, 2008), mais maintenant on utilise essentiellement des fours rotatifs. Pour la fabrication de ciment à l'aide de fours rotatifs, le chauffage du cru en vue de l'obtention du clinker peut s'effectuer

suivant quatre procédés différents dits à voie « sèche », « semi-sèche », « semi-humide » ou « humide » (BEPRIIP, 2010; PNUE, 2007) :

- a) Procédé à voie sèche : le cru sec est introduit dans un four à préchauffeur ou précalcinateur à cyclones ou, dans certains cas, dans un four long à voie sèche équipé d'un préchauffeur interne à chaîne.
- b) Procédé à voie semi-sèche : le cru sec est granulé avec de l'eau et introduit dans un préchauffeur à grille mécanique avant d'entrer dans le four rotatif ou, dans certains cas, dans un four long équipé de préchauffeurs internes à courant transversal.
- c) Procédé à voie semi-humide : la pâte est d'abord débarrassée de son eau dans des filtres-presses. Le gâteau de filtration qui en résulte est soit granulé par extrusion et dirigé vers un préchauffeur à grille mécanique, soit introduit directement dans un sécheur pour donner le cru (sec) avant d'entrer dans un four à préchauffeur/précalcinateur.
- d) Procédé à voie humide : la pâte est soit introduite directement dans un four long rotatif équipé d'un système interne de séchage/préchauffage (procédé à voie humide classique), soit envoyée à un sécheur de pâte avant d'être introduite dans un four à préchauffeur/précalcinateur (procédé à voie humide moderne).

19. En Chine, environ 60 % du ciment ont été produit dans des fours verticaux en 2005, proportion qui devrait tomber à 50 % d'ici 2015 (Karstensen, 2006a). En Europe, environ 90 % de la production de ciment provient de fours à voie sèche et 7,5 % de fours à voie semi-sèche et semi-humide, le reste de la production européenne, soit environ 2,5 %, provenant de fours à voie humide (BEPRIIP, 2010). Aux États-Unis, aucun four à voie humide n'a été construit depuis 1975, et environ 80 % des installations de production de ciment aux États-Unis font désormais appel au procédé à voie sèche (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis, 2007). Le procédé à voie humide continue à prédominer dans l'ex-Union soviétique et en Australie/Nouvelle-Zélande et tient toujours une place importante au Canada, en Inde, en Amérique latine et en Afrique (Watson et al. , 2005). Le tableau 6 indique les parts respectives des technologiques de fours dans chaque région et dans différents pays en 2002.

20. Bien que les fours verticaux représentent une amélioration par rapport aux anciens fours à cheminée, en ce sens que certains d'entre eux peuvent fonctionner en continu, ils sont considérés comme ayant un rendement énergétique moindre que les fours rotatifs et le clinker (et donc le ciment) provenant de fours verticaux est généralement considéré comme de moins bonne qualité (van Oss, 2005). En outre, de nombreuses cimenteries à fours verticaux n'ont pratiquement aucune mesure de protection de l'environnement en place et, de par sa nature, cette technologie ne permet pas d'utiliser efficacement des systèmes modernes de maîtrise des poussières (et d'autres émissions). Comparés aux fours avec préchauffeur/précalcinateur, ils consomment semble-t-il de 14 à 105 % de charbon de plus par tonne de clinker, et il n'est pas possible de recourir à un combustible de remplacement dans leur cas (Karstensen, 2006a). Les matières premières utilisées pour la production de ciment dans les fours verticaux sont exactement les mêmes que dans tout autre procédé; des matières correctives peuvent également être nécessaires pour ajuster la composition chimique du mélange cru.

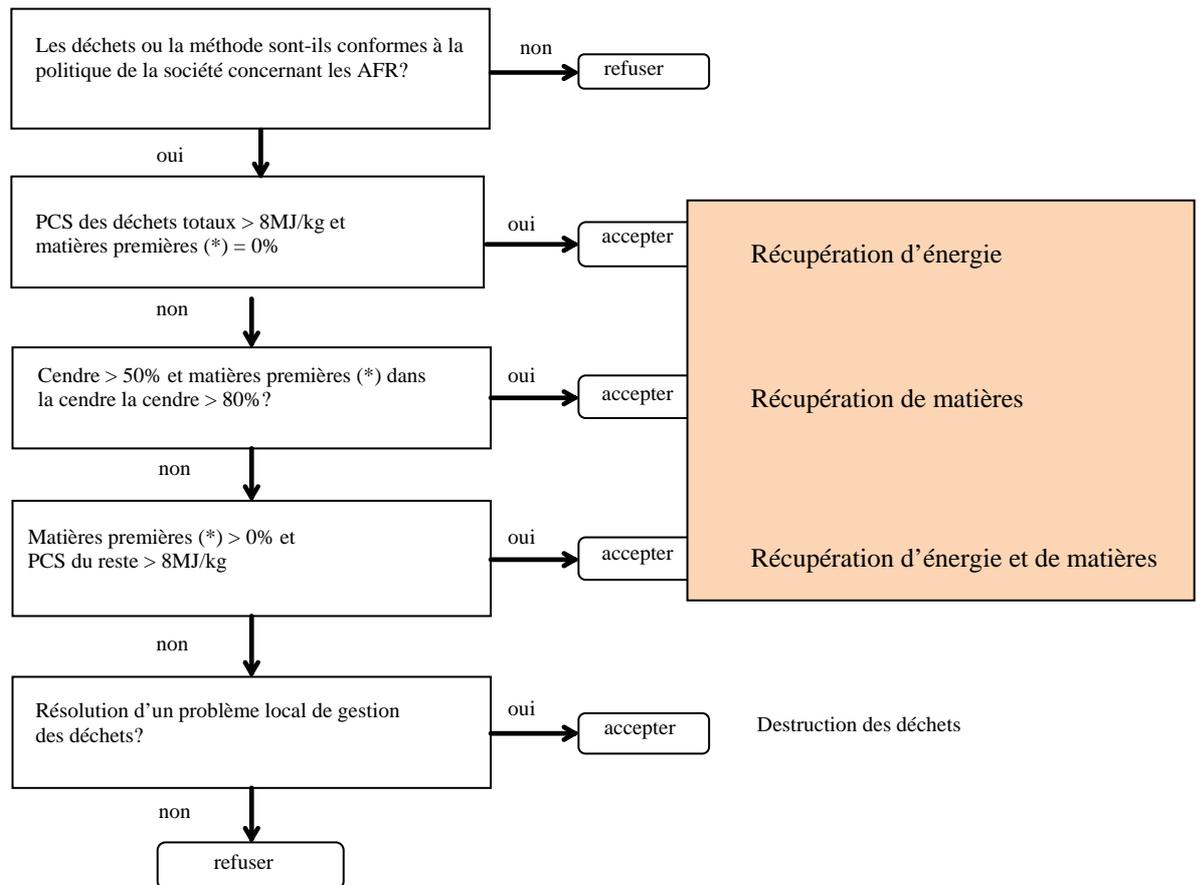
Tableau 6
Part des différents types de fours en 2002

<i>Régions, pays</i>		<i>Type de four (% de la production)</i>			
		<i>Voie sèche</i>	<i>Voie semi-sèche</i>	<i>Voie humide</i>	<i>Vertical</i>
Amérique du Nord	États-Unis	65	2	33	0
	Canada	71	6	23	0
Europe occidentale		58	23	13	6
Europe orientale	ex-Union soviétique	12	3	78	7
	Autres pays d'Europe orientale	54	7	39	0
Asie	Japon	100	0	0	0
	Australie et Nouvelle-Zélande	24	3	72	0
	Chine	5	0	2	93
	Asie du Sud-Est	80	9	10	1
	République de Corée	93	0	7	0
	Inde	50	9	25	16
Amérique latine		67	9	23	1
Afrique		66	9	24	0
Moyen Orient		82	3	16	0

Source : Baron et al. (2007)

Annexe II

Exemple de schéma de décision pour l'acceptation des déchets



PCS: pouvoir calorifique supérieur

AFR: combustibles et matières premières de remplacement

(*) CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, SiO

Source: GTZ/Holcim (2006)

Annexe III

Compilation des résultats des vérifications des performances et des essais d'incinération dans des fours à ciment (Kare Helge Karstensen, communication personnelle, 6 novembre 2009)

Introduction

1. On analyse les émissions des fours à ciment en vue d'y déceler la présence de substances chimiques organiques durant l'incinération de matières dangereuses depuis les années 1970, où l'on a envisagé pour la première fois d'incinérer des déchets dans des fours à ciment. Lauber (1987), Ahling (1979) et Benestad (1989) décrivent certains de ces essais initiaux effectués dans des fours aux États-Unis, en Suède et en Norvège, qui ont confirmé que les fours à ciment pouvaient détruire la composante organique des déchets. Par exemple, le RED mesuré pour des substances chimiques comme le chlorure de méthylène, le tétrachlorure de carbone, le trichlorobenzène, le trichloroéthane et les PCB ont atteint généralement 99,995 % et plus.

2. Des études approfondies effectués sur les émissions lors de la combustion d'un combustible classique comme le charbon et lors de celle de déchets dangereux ont conclu généralement qu'aucune différence sensible n'avait pu être mesurée entre les deux combustibles. Par exemple, Branscome et al (1985) n'ont constaté aucune augmentation statistiquement significative des taux d'émission lorsque l'on brûlait des déchets (à la place du charbon). Des études initiales sur les émissions de dioxines sont également parvenues à cette conclusion (Branscome et al (1985), Lauber (1987) et Garg (1990)).

A. Résultats d'essais d'incinération effectués dans les années 1970

3. Au milieu des années 1970, une série d'essais ont été effectués à la cimenterie de St Lawrence au Canada en vue de mesurer la destruction de divers flux de déchets chlorés introduits dans son four à ciment à voie humide. Le RED global déterminé pour les composés chlorés était supérieur à 99,986 %. Cette valeur a été jugée comme étant artificiellement basse car l'eau utilisée pour la bouillie d'alimentation était contaminée par des composés chlorés à bas poids moléculaire.

4. En 1978, une série d'essais ont été effectués à la cimenterie de Stora Vika en Suède en vue d'évaluer l'efficacité de son four à ciment à voie humide pour ce qui est de la destruction de divers flux de déchets chlorés. On a trouvé du chloroforme dans les gaz brûlés, mais la majorité des composés chlorés n'ont pas été détectés. On a déterminé que le RED pour le chlorure de méthylène était supérieure à 99,995 % et montré qu'il dépassait 99,9998 % pour le trichloroéthylène.

B. Résultats d'essais d'incinération effectués dans les années 1980

5. Des essais d'incinération effectués dans les années 1980 ont continué à démontrer qu'il était possible d'obtenir un RED élevé pour les constituants organiques des combustibles résiduaux dangereux incinérés dans des fours à ciment. Les résultats d'essais d'incinération dans un four à ciment à voie humide et dans un autre à voie sèche illustrent les valeurs obtenues typiquement pour le RED. Les principaux constituants organiques dangereux retenus pour les essais d'incinération étaient le chlorure de méthylène, le 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroéthane (fréon 113), le méthyléthylcétone, le 1,1,1-trichloroéthane et le toluène. Comme le montre le tableau récapitulatif ci-dessous, la majorité des RED étaient supérieurs à 99,99 %. Les RED inférieurs à 99,99 % résultaient soit de problèmes de contamination en laboratoire, soit d'un choix inapproprié des principaux constituants organiques dangereux.

Tableau 1

RED moyens pour un four à ciment à voie humide et un autre à voie sèche

Principaux constituants organiques dangereux retenus	Four à voie humide	Four à voie sèche
Chlorure de méthylène	99,983 %	99,96 %
Fréon 113	> 99,999 %	99,999 %
Méthyléthylcétone	99,988 %	99,998 %
1,1,1-trichloroéthane	99,995 %	> 99,999 %
Toluène	99,961 %	99,995 %

C. Résultats d'essais d'incinération effectués dans les années 1990

6. Les essais d'incinération effectués dans les années 1990 ont été axés sur des composés retenus en tant que constituants organiques dangereux qui ne seraient généralement pas présents comme contaminants ou générés en tant que PCI lors de la combustion d'un combustible classique. L'application de ce critère a permis d'obtenir des RED plus exacts.
7. Dans le cadre d'un essai effectué pour déterminer le RED d'un four à ciment à voie sèche équipé d'un préchauffeur, le tétrachlorure de carbone et le trichlorobenzène ont été retenus comme constituants organiques dangereux. Lorsqu'ils ont été introduits dans la zone de cuisson du four, les RED obtenus ont dépassé 99,999 % dans le cas du tétrachlorure de carbone et 99,995 % dans celui du trichlorobenzène. En vue d'établir les limites du système, on a également déterminé les RED lorsque ces substances ont été introduites à l'entrée du four (c'est-à-dire dans la partie froide) en même temps que des pneus. Les RED obtenus ont été supérieurs à 99,999 % pour le tétrachlorure de carbone et à 99,996 % pour le trichlorobenzène.
8. Un essai de détermination du RED effectué dans un four à ciment de United Cement confirme ces résultats. L'hexafluorure de soufre a été retenu comme constituant organique dangereux en raison de sa stabilité thermique et de la facilité avec laquelle il peut être mesuré dans les gaz brûlés. En outre, avec ce composé, on a peu de chance de se heurter à des problèmes de « contamination » et à des interférences avec des PCI. Des RED supérieurs à 99,9998 % ont été obtenus dans chaque cas.
9. En 1999, un essai d'incinération de terre contaminée par des pesticides qui a été introduite à l'entrée d'un four à voie sèche a été effectué en Colombie. Les résultats ont fait apparaître que le RED était supérieur à 99,9999 % de l'ensemble des pesticides introduits.

D. Résultats d'essais d'incinération récents

10. Un essai d'incinération de deux composés périmés d'insecticides chlorés introduits à raison de 2 tonnes/heure par le brûleur principal a été effectué au Vietnam en 2003. Le RED des pesticides introduits a été supérieur à 99,99999 %.
11. Un essai d'incinération d'une durée de 3 jours effectué à Sri Lanka en 2006 a démontré que le four à ciment a permis de détruire des PCB d'une manière irréversible et écologiquement rationnelle sans provoquer la formation de nouveaux PCDD/PCDF ou de HCB. Le rendement d'élimination par destruction (RED) a dépassé 99,9999 % au taux d'alimentation en PCB le plus élevé.
12. Un essai d'incinération de terre contaminée par des POP d'une durée de cinq jours a été effectué dans une cimenterie au Venezuela en 2007. La terre était contaminée par des niveaux relativement faibles de divers pesticides chlorés, principalement de l'aldrine, de la dieldrine et de l'endrine (à 551 mg/kg au maximum). Les mesures ont mis en évidence de faibles niveaux identiques de dieldrine dans les gaz brûlés ($<0,019 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$) quand on n'a pas introduit de terre contaminée et quand on a introduit 2 tonnes/heure de terre contenant jusqu'à 522 mg de dieldrine/kg. On peut donc supposer que le RED mesuré de 99,9994 % qui a été atteint pour la concentration la plus élevée dans les matières d'alimentation est probablement supérieur dans la réalité.
13. Il ressort d'une étude récente dans le cadre de laquelle ont été évaluées plus de 2 000 mesures de PCDD/PCDF dans des fours à ciment que les fours les plus modernes co-traitant des déchets (comprenant aussi des déchets organiques dangereux) peuvent avoir un niveau d'émission de 0,1 ng PCDD/PCDF EQTI/m³.

E. Résumé

14. Les premières données, qui indiquaient des résultats inférieurs à 99,99 % pour le RED des fours à ciment, ont été fournies très probablement par des sources dépassées ou des essais mal conçus, ou les deux à la fois. Au cours des premières années d'élaboration de ce concept et des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour l'évaluation de la performance environnementale, on a retenu dans plusieurs cas des constituants organiques dangereux qui ne satisfaisaient pas aux critères requis. Ainsi, un problème majeur posé par de nombreux essais initiaux tenait au fait que les constituants organiques dangereux qui avaient été retenus pour l'évaluation du RED étaient des espèces organiques que l'on trouve généralement à l'état de traces dans les émissions de produits de combustion des fours à ciment brûlant exclusivement un combustible fossile. Les niveaux d'émission de ces PCI étaient très faibles, mais ils ont néanmoins beaucoup perturbé la mesure de la destruction des principaux constituants organiques dangereux. Les praticiens ont appris rapidement que le RED ne pouvait pas être mesuré convenablement si les constituants organiques dangereux qui étaient utilisés lors des essais étaient chimiquement identiques ou étroitement apparentés aux types de PCI émis normalement par les

matières premières. C'est la raison pour laquelle les premiers résultats (c'est-à-dire datant d'avant 1990) des mesures du RED devraient toujours être considérés avec précaution.

15. Dans certains cas, cependant, des facteurs opérationnels qui sont intervenus lors des essais ou de l'application des techniques d'échantillonnage et d'analyse ont contribué à l'obtention d'un faible RED. Il s'est agi généralement de problèmes qui se sont posés uniquement lors des premiers essais effectués au cours du développement de cette technologie et qui devraient pouvoir être évités aujourd'hui. Un essai d'incinération constitue un bon moyen de démontrer la performance des fours et leur aptitude à détruire les déchets de manière irréversible et rationnelle, mais la conception des essais et leurs conditions d'exécution sont extrêmement importantes.

F. Premières applications des règles pour les essais d'incinération à l'évaluation des fours à ciment

16. Depuis le début des années 1970, l'APE des États-Unis, plusieurs organismes publics et des organismes canadiens, norvégiens et suédois ont étudié la possibilité d'utiliser les fours à ciment pour la destruction de déchets dangereux. Ces déchets comprenaient un large éventail d'hydrocarbures chlorés, de composés aromatiques et d'huiles usagées. On a utilisé à la fois des fours à voie humide et à voie sèche, des fours à agrégats et des fours à chaux pour ces essais.

17. Les rapports disponibles sur les fours à ciment fournissent des données concernant leurs performances en ce qui concerne les composés particuliers suivants : trichlorométhane (chloroforme); dichlorométhane (chlorure de méthylène); tétrachlorure de carbone; 1,2-dichloroéthane; 1,1,1-trichloroéthane; trichloroéthylène; tétrachloroéthylène; 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoroéthane (fréon 113); chlorobenzène; benzène; xylène; toluène; 1,3,5-triméthylbenzène; méthyléthylcétone; méthylisobutylcétone; hexafluorure de carbone; phénoxyacides; hydrocarbures chlorés; aliphatiques chlorés; aromatiques chlorés; PCB; et pesticides contenant des POP.

Tableau 2

Récapitulation des RED obtenus dans les années 1970 et 1980 pour certains composés

Site	Principaux constituants organiques dangereux ou constituants des déchets	RED
St. Lawrence Cement (Canada)	Aliphatiques chlorés	> 99,990
	Aromatiques chlorés	> 99,989
	PCB	> 99,986
Stora Vika (Suède)	Chlorure de méthylène	> 99,995
	Trichloroéthylène	> 99,9998
	Ensemble des hydrocarbures chlorés	> 99,988
	PCB	> 99,99998
	Phénols chlorés	> 99,99999
	Phénoxyacides	> 99,99998
Brevik (Norvège)	Fréon 113	> 99,99986
	PCB	> 99,99999
San Juan Cement (Puerto Rico)	Chlorure de méthylène	93,292-99,997
	Trichlorométhane	92,171-99,96
	Tétrachlorure de carbone	91,043-99,996
Portland (Los Robles)	Chlorure de méthylène	> 99,99
	1,1,1-trichloroéthane	99,99
	1,3,5-triméthylbenzène	> 99,95
	Xylène	> 99,99

Site	Principaux constituants organiques dangereux ou constituants des déchets	RED
General Portland (Paulding)	Chlorure de méthylène	99,956-99,998
	Fréon 113	> 99,999
	Méthyléthylcétone	99,978-99,997
	1,1,1-trichloroéthane	99,991-99,999
	Toluène	99,940-99,988
Lone Star Industries (Oglesby)	Chlorure de méthylène	99,90-99,99
	Fréon 113	99,999
	Méthyléthylcétone	99,997-99,999
	1,1,1-trichloroéthane	> 99,999
	Toluène	99,986-99,998
Marquette Cement (Oglesby)	Chlorure de méthylène	99,85-99,92
	Méthyléthylcétone	99,96
	1,1,1-trichloroéthane	99,60-99,72
	Toluène	99,95-99,97
Rockwell Lime	Chlorure de méthylène	99,9947-99,9995
	Méthyléthylcétone	99,9992-99,9997
	1,1,1-trichloroéthane	99,9955-99,9982
	Trichloroéthylène	99,997-99,9999
	Tétrachloroéthylène	99,997-99,9999
	Toluène	99,995-99,998
Site I	1,1,1-trichloroéthane	99,88-99,98
	Trichloroéthylène	99,8-99,994
	Benzène	82,5-98,5
	Tétrachloroéthylène	99,87-99,989
	Toluène	99,7-99,90
	Chlorobenzène	99,3-99,4
	Méthyléthylcétone	99,93-99,98
	Fréon 113	99,988-99,998
Site II	Chlorure de méthylène	> 99,99996-> 99,99998
	1,2-dichloroéthane	99,91-> 99,9993
	1,1,1-trichloroéthane	99,9998-99,9999
	Tétrachlorure de carbone	99,8-99,995
	Trichloroéthylène	99,996-99,9993
	Benzène	99,75-99,93
	Tétrachloroéthylène	99,998-99,9998
	Toluène	99,997-99,9998
	Chlorobenzène	99,92-99,97
	Méthyléthylcétone	99,996-> 99,999992
	Fréon 113	99,99991-99,99998

Site	Principaux constituants organiques dangereux ou constituants des déchets	RED
Florida Solite Corp,	Méthyléthylcétone	99,992-99,999
	Méthylisobutylcétone	99,995-99,999
	Tétrachloroéthylène	99,995-99,999
	Toluène	99,998-99,999

Source : APE (1986)

18. Il convient de noter que les calculs du RED ne comportent pas de correction pour les composés tests qui ont été mesurés lors des essais de référence.

19. La formation de PCI est une question qui préoccupe généralement beaucoup le public. Certains essais en four ont fait apparaître des augmentations mineures des PCI résultant de l'incinération de déchets. Toutefois, des essais effectués dans des installations fonctionnant au charbon démontrent que les PCI sont pratiquement inévitables dans ces systèmes. Bien que des dibenzodioxines et dibenzofuranes polychlorés aient été mesurés à l'état de traces (< 23 parties par billion) à San Juan lors d'une perturbation du four et ont peut-être été présents à l'état de traces à Stora Vika, le rapport de synthèse de l'APE conclut qu'il n'est pas confirmé que ce sont des PCI provenant de la production de déchets.

20. Si des substances chimiques organiques d'effluents liquides sont introduites dans la zone de chauffe du four à ciment, on comprend aisément qu'ils seront soumis aux températures élevées et aux longs temps de séjour que comporte la production de clinker de ciment. Elles seront donc complètement détruites à la fois par pyrolyse et oxydation.

Annexe IV

Sources d'émissions atmosphériques

A. Matières particulaires

1. Les procédés de fabrication du ciment comportent un traitement thermique des matières (séchage, chauffage, calcination, clinkérisation, refroidissement) par contact direct avec des gaz chauds. Ils comportent également des transports pneumatiques des matières ainsi qu'une classification et une séparation de celles-ci. À l'issue de ces opérations, l'air, les gaz et les matières pulvérisées ont été séparés. Une séparation incomplète entraîne des émissions de poussières – cheminée principale du four/moulin à cru, cheminée du refroidisseur de clinker, cheminées des moulins à ciment, sorties d'air des dépoussiéreurs aux points de transfert des matières.
2. Les dispositifs antipollution atmosphérique périmés peuvent émettre jusqu'à quelques centaines de milligrammes/Nm³. Les filtres électrostatiques réduisent aisément ces émissions à < 50 mg/Nm³. Les filtres à manche permettent d'obtenir des valeurs < 20 mg/Nm³. On suppose généralement que la limite de visibilité pour la poussière d'une source ponctuelle est d'environ 80 mg/Nm³.
3. Dans l'Union européenne, la MTD pour les émissions de poussières associées à des opérations génératrices de poussières autre que la chauffe du four, le refroidissement et le broyage consiste à réduire les émissions de poussières canalisées de ces opérations (en tenant compte du système de gestion de la maintenance) à moins de 10 mg/Nm³ (niveau d'émission associé à la MTD ou NEA MTD, en tant que moyenne sur la période d'échantillonnage (mesures ponctuelles pendant au moins une demi-heure) en appliquant un nettoyage à sec des effluents gazeux à l'aide d'un filtre. La MTD pour les émissions de poussières provenant des procédés de chauffe du four consiste à réduire celles des gaz résiduaux (matières particulaires) grâce au nettoyage à sec des gaz d'exhaure à l'aide d'un filtre. La NEA MTD est <10-20 mg/Nm³ en tant que valeur moyenne journalière. Le niveau le plus bas est atteint avec des filtres à manche ou grâce à des filtres électrostatiques neufs ou rénovés. (IPPCB, 2010).

B. Oxydes de soufre

4. Le SO₂ résulte de l'oxydation du sulfure ou du soufre élémentaire contenu dans le combustible lors de la combustion. En outre, le sulfure ou le soufre élémentaire contenu dans les matières premières peut être « grillé » ou oxydé pour donner du SO₂ dans les zones du four où il y a suffisamment d'oxygène et où la température des matières est comprise entre 300 et 600 °C. Les sulfates présents dans le mélange cru peuvent également être convertis en SO₂ là où règnent des conditions réductrices localisées dans le four. La nature alcaline du ciment assure l'absorption directe du SO₂ dans le produit, ce qui abaisse le volume des émissions de SO₂ dans les effluents gazeux.
5. L'ampleur des émissions dépend de la teneur des matières premières en composés soufrés volatils : les émissions sont le plus souvent inférieures à 300 mg/Nm³, mais atteignent parfois 3 000 mg/Nm³.
6. Dans l'UE, la MTD pour les émissions des SO_x consiste à les maintenir à un niveau bas ou à réduire celles qui sont issues des gaz résiduaux par les procédés de chauffe du four et/ou de préchauffage/précalcination en appliquant l'une des mesures ou techniques suivantes : addition d'absorbants ou lavage. (BEPRIP, 2010)
7. Les NEA MTD pour les SO_x sont les suivants (BEPRIP, 2010):

Paramètre	Unité	NEA MTD (valeur moyenne journalière) a)
SO _x en SO ₂	mg/Nm ³	<50 – <400

a) Cette plage tient compte de la teneur en soufre des matières premières.

En outre, les installations co-traitant des déchets dangereux et autres qui sont situées dans l'UE doivent se conformer aux exigences de la directive du Conseil 2000/76/CE.

C. Oxydes azotes

8. Sur les quatre mécanismes de formation de NO_x dans les fours à ciment, se sont ceux qui en produisent à partir de l'air de combustion et du combustible qui sont les plus importants. Le NO_x thermique résulte de l'oxydation d'azote moléculaire dans l'air à température élevée, qui intervient à l'intérieur et autour de la flamme dans la zone de cuisson d'un four à une température supérieure à 1 200°C.

9. Les NO_x provenant du combustible résultent de l'oxydation d'azote dans le combustible à toute température de combustion dans la fabrication du ciment. En raison d'une température de combustion plus basse dans le calcinateur et du recours à des combustibles d'appoint sur certains sites, la formation de NO_x à partir du combustible est souvent supérieure à celle de NO_x thermiques sur ces sites.

10. La formation de NO_x à partir de la charge n'a été démontrée qu'en laboratoire en chauffant des matières premières cimentaires contenant de l'azote à une température comprise entre 300 et 800 °C en présence d'oxygène. Un chauffage lent comme dans le cas des fours à voie humide et des fours longs à voie sèche semble accroître la production de NO_x pour une matière première donnée. La production de NO_x à partir de matières premières peut être plus faible lorsque celles-ci sont chauffées rapidement dans un système à préchauffeur ou précalcinateur. Les NO_x prompts sont produits par la réaction de certains radicaux dérivés du combustible avec l'hydrogène élémentaire dans une flamme d'hydrocarbure et ne contribuent que pour un part modeste à la production totale de NO_x.

11. La plage des émissions (non traitées) va de 300 à 2 000 mg/Nm³.

12. Dans l'UE, la MTD consiste à réduire les émissions de NO_x des gaz résiduels produits par les procédés de chauffe du four en appliquant les mesures/techniques suivantes individuellement ou en combinaison (BEPRI, 2010) :

a) Mesures ou techniques primaires, telles que : refroidissement de la flamme; brûleurs bas NO_x; cuisson en milieu de four; apport de minéralisateurs pour améliorer la combustibilité du cru (clinker minéralisé); optimisation du procédé;

b) Combustion étagée (combustibles classiques ou dérivés de déchets), également en combinaison avec un précalcinateur et l'emploi d'un mélange de combustible optimisé;

c) SNCR;

d) SCR, sous réserve de la mise au point de catalyseurs appropriés et du développement du procédé dans l'industrie du ciment.

13. Les niveaux d'émission associés à la MTD pour les NO_x sont les suivants (BEPRI, 2010) :

Type de four	Unité	NEA MTD (valeur moyenne journalière)
Fours avec préchauffeur	mg/Nm ³	< 200 – 450 b)
Fours Lepol et fours longs rotatifs	mg/Nm ³	400 – 800 a)

a) En fonction des niveaux initiaux et des fuites d'ammoniac.

b) Le NEA MTD est de 500 mg/Nm³, lorsqu'après application des mesures ou techniques primaires, le niveau initial de NO_x est > 1 000 mg/Nm³. La conception du système de four existant, les propriétés du mélange combustible, incluant les déchets et la capacité à cuire les matières premières peuvent avoir un effet sur la capacité à demeurer dans cette plage. Dans des conditions favorables, il est possible d'obtenir des niveaux inférieurs à 350 mg/Nm³ dans certains fours. La valeur la plus basse de 200 mg/Nm³ n'a été signalée en tant que moyenne mensuelle que dans trois cimenteries (utilisation d'un mélange facile à brûler).

En outre, les installations co-traitant des déchets dangereux et autres qui sont situés dans l'UE doivent se conformer aux exigences de la directive du Conseil 2000/76/CE.

D. Oxydes de carbone

14. Le CO est un PCI de combustibles carbonés résultant d'un manque d'oxygène ainsi que d'un mélange insuffisant de ce dernier avec le combustible au site de combustion, joints à un refroidissement rapide des produits de combustion en-dessous de la température d'ignition du CO avant son oxydation complète. Du CO peut se former fortuitement à n'importe quel site de combustion dans le système de four. Le CO émis correspond habituellement à du combustible brûlé partiellement ou sous-utilisé.

Toutefois, quand on recourt à une combustion en atmosphère appauvri en oxygène dans le conduit ascendant ou le calcinateur en tant que stratégie de maîtrise des NO_x, du CO peut parfois se former lors du traitement thermique et se retrouver dans les effluents gazeux s'il n'est pas oxydé après qu'il se soit formé.

15. Le CO₂ résulte de la combustion de combustibles carbonés et de la calcination de la composante calcaire du mélange de matières premières, en tant que conséquence inévitable et immuable de la fabrication du ciment. La quantité totale de CO₂ émis par un four à ciment provient pour moitié environ des matières premières et le reste du processus de combustion. La quantité de CO₂ émise est d'une tonne environ par tonne de clinker produite. Les systèmes ayant un bon rendement

thermique en émettent légèrement moins et ceux qui ont un rendement thermique moindre en émettent légèrement plus.

E. Émissions organiques

16. Les émissions de COV des fours à ciment retiennent l'intérêt en raison de leur rôle dans la formation d'ozone atmosphérique et de la désignation de certains d'entre eux comme polluants atmosphériques dangereux. Les émissions d'hydrocarbures totaux (HCT) (dont les COV constituent un sous-ensemble) sont engendrées principalement à la suite de l'évaporation et/ou du craquage des constituants du pétrole et du kérosène présents dans le mélange de matières premières.

17. Le potentiel d'émissions organiques varie selon le choix des matières premières et la variabilité de la concentration des constituants organiques dans les sources de matières premières. Des PCI organiques peuvent également se former à la suite d'une combustion incomplète à n'importe quel site de combustion dans le système de traitement thermique.

18. Les émissions dépendent de la teneur des matières premières en composants organiques volatils; elles sont le plus souvent inférieures à 50 mg/Nm³, mais atteignent parfois 500 mg/Nm³.

19. Dans l'UE, la MTD pour le COT consiste à maintenir à un niveau bas les émissions de COT des gaz résiduels produits dans les procédés de chauffe du four en appliquant la mesure technique suivante : éviter l'alimentation en matières premières à forte teneur en composés organiques volatils dans le four par l'intermédiaire du circuit d'alimentation en matières premières. En outre, les installations co-traitant des déchets dangereux et autres qui sont situés dans l'UE doivent se conformer aux exigences de la directive du Conseil 2000/76/EC.

F. Gaz acides

20. Tous les oxydants nécessaires à la conversion de SO₂ en trioxyde de soufre (SO₃) sont présents dans les produits de combustion des combustibles fossiles. Les cimenteries peuvent donc donner lieu à des émissions de SO₃ et/ou de brouillard de H₂SO₄. Les émissions de H₂SO₄ peuvent en outre augmenter dans les installations qui emploient des laveurs de gaz de queue.

21. Si du fluor est naturellement présent dans les matières premières ou ajouté comme minéralisateur, l'émission de HF par le système du four à ciment devient une possibilité.

22. On ne comprend pas pleinement comment du HCl se forme dans les fours à ciment. On dispose néanmoins d'informations limitées indiquant que les émissions de HCl peuvent être indépendantes de l'apport de chlore dans un système de four, en raison peut-être de l'affinité du chlore pour le calcium et les métaux alcalins. Des émissions peuvent se produire si les apports dépassent la capacité d'absorption de chlore du clinker.

23. Plage d'émissions de HCl : systèmes de four SP/PC¹¹ < 10 mg/Nm³; fours à voie humide, jusqu'à 80 mg/Nm³.

24. Dans l'UE, la MTD consiste à maintenir les émissions de HCl au-dessous de 10 mg/Nm³ (NEA MTD), en moyenne journalière ou en moyenne sur la période d'échantillonnage (mesures ponctuelles, pendant au moins une demi-heure), en appliquant une ou plusieurs des mesures/techniques suivantes : utilisation de matières premières et de combustibles à faible teneur en chlore et/ou limitation de la teneur en chlore de tout déchet devant être utilisé en tant que matière première et/ou combustible dans le four à ciment. (BEPRIP, 2010)

25. De la même manière, la MTD consiste à conserver les émissions de HF en dessous de 1 mg/Nm³ (NEA MTD) en valeur moyenne journalière ou en moyenne sur la période d'échantillonnage (mesures ponctuelles pendant au moins une demi-heure), en appliquant les mesures/techniques primaires suivantes individuellement ou en combinaison : utilisation de matières premières et de combustibles à faible teneur en fluor et/ou limitation de la teneur en fluor de tout déchet devant être utilisé en tant que matière première et/ou combustible dans le four à ciment. (BEPRIP, 2010)

26. En outre, les installations cotraitant des déchets dangereux et autres qui sont situés dans l'UE doivent se conformer aux exigences de la directive du Conseil 2000/76/CE.

11 PS = four à préchauffeur en suspension; PC = four à précalcinateur.

G. Ammoniac

27. Le NH_3 présent à l'état de traces dans les gaz résiduaux d'une cimenterie résulte probablement de la pyrolyse de composés nitrogenés présents dans les combustibles fossiles et les matières premières. Les émissions d'ammoniac des fours à ciment suscitent des préoccupations majeures parce qu'elles peuvent contribuer aux brumes sèches régionales. En outre, il se produit, juste à la sortie de la cheminée, des réactions dans l'atmosphère entre le NH_3 et les oxydes de soufre ou le HCl qui entraînent la formation de sulfate, de bisulfate ou de chlorure d'ammonium sous la forme de particules très fines. Ces produits de réaction s'observent sous la forme d'une anomalie indésirable appelée « panache détaché ». Suivant l'emplacement de l'observateur de la cheminée, le panache détaché peut donner la fausse impression que les émissions de particules de la cheminée du four sont mal maîtrisées.

28. En règle générale, la plage d'émission est comprise entre <1 et 15 mg/Nm^3 , avec des exceptions allant jusqu'à 40 mg/Nm^3 .

H. Benzène

29. Du benzène pourrait être présent dans les matières premières classiques et de remplacement et est partiellement éliminé lors du préchauffage de celles-ci.

30. Les émissions sont normalement de 1 à 2 mg/Nm^3 ; elles peuvent atteindre 3 mg/Nm^3 et plus dans de rares cas.

I. Métaux lourds

31. Des métaux lourds sont présents partout dans toutes les matières d'alimentation des fours à ciment. Les poussières des gaz épurés (c'est-à-dire les poussières qui subsistent après passage dans les équipements de dépolluage) provenant des matières contiennent aussi des métaux lourds. En outre, les métaux lourds semi-volatils et volatils sont évaporés et se condensent (essentiellement) sur les poussières fines.

32. La plupart des émissions de métaux lourds restent inférieures aux limites de détection et toutes les émissions, sauf celles de mercure, restent en-dessous des valeurs limites généralement adoptées. Les émissions de mercure peuvent dépasser $0,05 \text{ mg/Nm}^3$ en cas d'apports excessifs de matières.

33. Dans l'UE, la MTD pour les émissions de métaux consiste à minimiser les émissions de métaux des gaz résiduaux produits par les procédés de chauffe du four en appliquant les mesures ou techniques suivantes, individuellement ou en combinaison (BEPRIP, 2010):

- Sélectionner des matériaux à faible teneur en métaux pertinents et limiter la teneur en métaux pertinents dans les matériaux, et notamment du mercure;
- Appliquer un système d'assurance de la qualité pour garantir les caractéristiques des déchets utilisés;
- Utiliser des mesures/techniques efficaces de dépolluage.

34. Les niveaux d'émissions de métaux associés à la MTD sont les suivants (BEPRIP, 2010) :

Métaux	Unité	NEA MTD (moyenne sur la période d'échantillonnage) (mesures ponctuelles, pendant au moins une demi-heure))
Hg	mg/Nm^3	$< 0,05$ b)
Cd + Tl	mg/Nm^3	$< 0,05$ a)
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V		$< 0,5$ a)

a) De faibles niveaux ont été déclarés (BEPRIP, 2010). b) De faibles niveaux ont été déclarés (BEPRIP, 2010). Un examen plus approfondi s'impose en cas de valeurs supérieures à $0,3 \text{ mg/Nm}^3$. Des mesures/techniques supplémentaires telles que celles décrites dans l'BEPRIP (2010) doivent être envisagées en cas de valeurs proches de $0,05 \text{ mg/Nm}^3$. En outre, les installations co-traitant des déchets dangereux et autres qui sont situés dans l'UE doivent se conformer aux exigences de la directive du Conseil d 2000/76/CE.

J. Polychlorodibenzo-p-dioxines et polychlorodibenzofuranes

35. Des dioxines, des furanes ou des précurseurs avancés peuvent être présents dans les matières premières classiques (rarement) et de remplacement et sont partiellement éliminés lors du préchauffage des matières. Tout apport de chlore en présence de matières organiques est susceptible de provoquer la formation de PCDD et de PCDF lors du chauffage (combustion). Des PCDD/PCDF peuvent se former conformément au « mécanisme de synthèse de novo » dans ou après le préchauffeur et dans le dispositif de maîtrise de la pollution atmosphérique si du chlore et des précurseurs hydrocarbonés sont disponibles en quantités suffisantes dans la plage de températures 200 °C-450 °C.

36. On trouvera une étude approfondie sur les émissions de PCDD/PCDF des fours à ciment dans les pays développés et les pays en développement dans un rapport de Karstensen (2006b).

37. Dans une enquête effectuée par le CEMBUREAU, les mesures des PCDD et des PCDF effectuées dans 110 fours à ciment de 10 pays européens ont été présentées. La concentration moyenne, compte tenu de toutes les données figurant dans cet ensemble, était de 0,016 ng EQTI/m³. La fourchette des concentrations mesurées allait de < 0,001 à 0,163 ng EQTI/m³. Toutes les mesures étaient exprimées en données ramenées aux conditions standard (gaz sec, 273 K, 101,3 kPa et 10 % de O₂).

38. Un rapport de la Holcim Cement Company, qui exploite des fours à ciment dans le monde entier, fournit des valeurs moyennes pour les PCDD/PCDF en 2001 et 2002 de 0,041 ng EQT/Nm³ (71 fours) et de 0,030 ng EQT/Nm³ (82 fours), respectivement. Pour les 120 mesures provenant de pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), la valeur moyenne était de 0,0307 ng EQT/Nm³; les valeurs minimum et maximum mesurées étaient de 0,0001 et de 0,292 ng EQT/Nm³, respectivement, et pour neuf fours longs à voie humide, la valeur dépassait 0,1 ng EQT/Nm³. Dans le cas des 29 mesures provenant de pays non membres de l'OCDE, la valeur moyenne était de 0,0146 ng EQT/Nm³; les valeurs minimum et maximum mesurées étaient respectivement de 0,0002 et 0,074 ng EQT/Nm³, et aucune mesure ne dépassait 0,1 ng EQT/Nm³.

39. Il ressort des données présentées par Karstensen (2006b) pour les PCDD/PCDF que :

- a) La plupart des fours à ciment peuvent respecter un niveau d'émission de 0,1 ng EQT/Nm³ si des mesures primaires sont appliquées;
- b) Le cotraitement de déchets introduits dans le brûleur principal, à l'entrée du four ou dans le précalcinateur ne paraît pas influencer sur les émissions de POP ou les modifier;
- c) Les données provenant de fours à voie sèche équipés de préchauffeurs et de précalcinateurs qui sont situés dans des pays en développement font apparaître des niveaux d'émission nettement inférieurs à 0,1 ng EQT/Nm³.

40. Dans l'UE, la MTD consiste à éviter les émissions de PCD/PCDF ou à maintenir ces émissions à un niveau bas dans les gaz résiduels produits par les procédés de chauffe du four en appliquant les mesures/techniques suivantes individuellement ou en combinaison ((BEPRIP, 2010) :

- a) Sélectionner et contrôler soigneusement l'alimentation du four (matières premières), autrement dit en chlore, en cuivre et en composés organiques volatils;
- b) Sélectionner et contrôler soigneusement l'alimentation du four (combustibles), autrement dit en chlore et en cuivre;
- c) Limiter/éviter l'emploi de déchets contenant des matières organiques chlorées;
- d) Éviter l'utilisation de combustibles à forte teneur en halogènes (comme le chlore) dans la combustion secondaire;
- e) Refroidir rapidement les gaz d'exhaure à moins de 200 °C et minimiser le temps de séjour des gaz résiduels et la teneur en oxygène dans les zones où la température est comprise entre 300 and 450 °C;
- f) Arrêter la coïncinération des déchets lors d'opérations comme les démarrages et les arrêts du four.

41. Les NEA MTD sont <0,05-0,1 ng de PCDD/PCDF EQTI/Nm³ en moyenne sur la période d'échantillonnage (6 à 8 heures) ((BEPRIP, 2010). En outre, les installations co-traitant des déchets dangereux et autres qui sont situés dans l'UE doivent se conformer aux exigences de la directive du Conseil 2000/76/CE.

K. Hexachlorobenzène et polychlorobiphényles

42. L'hexachlorobenzène (HCB) et les PCB n'ont pas, jusqu'ici, été soumis à un contrôle réglementaire dans les cimenteries. La plupart des mesures qui ont été effectuées n'ont pas permis de détecter des émissions de HCB. En ce qui concerne les émissions de PCB, 40 mesures effectuées dans 13 fours en Allemagne en 2001 ont mis en évidence une concentration maximum de 0,4 µg de PCB /Nm³; dans le cas de neuf de ces 40 mesures, aucun PCB n'a été décelé. Au Viet Nam, lors du cotraitement de pesticides, des émissions de PCB analogues aux dioxines de 0,001 ng EQT/m³ et de HCB inférieures à la limite de détection de 31 ng/m³ ont été constatées.

Sources: BEPRIP (2010), GTZ/Holcim (2006), PNUE (2007), Karstensen (2006b), Greer (2003)

Annexe V

Exemples de valeurs limites d'émission pour les fours à ciment co-traitant des déchets dangereux

Chili (Source: Décret suprême n°45, 5 mars 2007)

Polluant	Valeurs limites d'émission totale a)
Dioxines et furanes	0,2 ng EQT/Nm ³
Particules	50 mg/Nm ³
Mercure et composés (Hg)	0,1 mg/Nm ³
Cadmium et composés (Cd)	0,1 mg/Nm ³
Béryllium et composés (Be)	0,1 mg/Nm ³
Plomb et composés (Pb)	1 mg/Nm ³
Arsenic, cobalt, nickel, sélénium et tellure, et composés (As + Co + Ni + Se + Te)	1 mg/Nm ³
Antimoine, chrome, manganèse et vanadium, et composés (Sb + Cr + Mn + V)	5 mg/Nm ³
Chlorure d'hydrogène (HCl)	20 mg/Nm ³
Fluorure d'hydrogène (HF)	2 mg/Nm ³
Benzène	5 mg/Nm ³
Carbone organique total (COT)	20 mg/Nm ³ b)

a) Valeurs corrigées à 10 % d'oxygène aux conditions normales de 101 kPa et 298K/ 25°C.

b) L'autorité compétente peut accorder des dérogations dans les cas où le COT ne provient pas de l'incinération de déchets.

Afrique du Sud (Source: politique nationale relative au traitement thermique des déchets généraux et dangereux, Journal officiel (Staatskoerant), 24 juillet 2009)

Émissions	Norme d'émission atmosphérique a)
Particules (particules totales)	30 b) - 80 c)
COT	10 d)
HCl	10
HF	1
SO ₂	50 d)
NO _x	500 e)
Hg	0,05
Cd, Tl (somme totale)	0,05
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V (somme totale)	0,5
PCDD/PCDF (ng/Nm ³ E-QTI)	0,1

a) La concentration est exprimée en mg/Nm³ (moyenne journalière) sauf indication contraire, et aux conditions normalisées de 10 % de O₂, 101, 3 kPa, 273K/ 0°C, gaz secs.

b) Limite relative aux particules pour i) les nouveaux fours utilisant des combustibles et matières premières de remplacement (AFR), et ii) les fours existants utilisant des AFR dans un délai de dix ans à compter de la promulgation de cette politique.

c) Limite pour les particules (prenant effet dans un délai de trois ans après la promulgation de cette politique) pour les fours existants utilisant des AFR (à l'exclusion des déchets de POP), à condition que l'introduction d'AFR n'entraîne pas un accroissement des émissions actuelles de particules (telles que déterminées par un contrôle initial).

d) Les limites pour le COT ou le SO₂ ne s'appliquent pas lorsque des émissions supérieures à la normale résultent de l'emploi de combustibles ou de matières premières classiques, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas dues à l'utilisation d'AFR, à condition que l'introduction d'AFR n'entraîne pas un dépassement des émissions actuelles de COT et de SO₂ (telles que déterminées par un contrôle initial).

- e) La limite relative au NO_x pour i) les nouveaux fours utilisant des AFR et ii) les fours existants qui en emploient (à l'exclusion des déchets de POP) dans un délai de 10 ans à compter de la promulgation de cette politique, à condition que l'introduction d'AFR n'entraîne pas un accroissement des émissions actuelles de NO_x (telles que déterminées par un contrôle initial).

Union européenne (Source : directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil, devant être remplacée en janvier 2014 par la directive 2010/75/UE)

Polluants	Valeurs limites d'émission totale a) b)
Dioxines et furanes	0,1 ng EQT/m ³
Poussière totale	30 mg/m ³
Mercure (Hg)	0,05 mg/m ³
Cadmium et thallium (Cd + Tl)	0,05 mg/m ³
Antimoine, arsenic, plomb, chrome, cobalt, cuivre, manganèse, nickel et vanadium (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)	0,5 mg/m ³
Monoxyde de carbone (CO)	c)
Chlorure d'hydrogène (HCl)	10 mg/m ³
Fluorure d'hydrogène (HF)	1 mg/m ³
Oxydes d'azote (NO _x)	
- Installations existantes e)	800 mg/m ³
- Installations nouvelles	500 mg/m ³
Dioxyde de soufre (SO ₂)	50 mg/m ³ d)
Carbone organique total (COT)	10 mg/m ³ d)

a) Valeur corrigée à 10 % d'oxygène, voie sèche.

b) Si, dans une installation de co-incinération, plus de 40 % du dégagement de chaleur produit provient de déchets dangereux, les valeurs limites d'émission fixées à l'annexe V sont d'application.

c) Les valeurs limites d'émission pour le CO peuvent être fixées par l'autorité compétente.

d) L'autorité compétente peut accorder des dérogations dans les cas où le COT et le SO₂ ne proviennent pas de l'incinération de déchets.

e) « Installation de co-incinération existante » s'entend d'une installation :

i) qui est en activité et pour laquelle un permis a été délivré conformément à la législation communautaire en vigueur avant le 28 décembre 2002; ou

ii) qui est agréée ou enregistrée en vue de l'incinération ou de la co-incinération et pour laquelle un permis a été délivré avant le 28 décembre 2002, conformément à la législation communautaire en vigueur, à condition que l'installation soit mise en exploitation au plus tard le 28 décembre 2003; ou

iii) qui, aux yeux de l'autorité compétente, fait l'objet d'une demande complète d'autorisation, avant le 28 décembre 2002, à condition que l'installation soit mise en exploitation au plus tard le 28 décembre 2004

État-Unis (Source: 40CFR63, sous-partie EEE, « Replacement standards »)

Polluant	Limites d'émission et d'alimentation en déchets dangereux pour les fours construits ou reconstruits après le 20 avril 2004 a) b)	Limites d'émission et d'alimentation en déchets dangereux pour les fours construits ou reconstruits avant le 20 avril 2004 a) b)
Dioxine/furanes	i) 0,20 ng EQT/dscm; <u>ou</u> ii) 0,40 ng EQT/dscm à condition que la température des gaz de combustion à l'entrée du dispositif initial de maîtrise des particules sèches soit de 400 °F ou moins	i) 0,20 ng EQT/m ³ ; <u>ou</u> ii) 0,40 ng EQT/m ³ ; (à condition que la température des gaz de combustion à l'entrée du dispositif initial de maîtrise des particules sèches soit de 400 °F ou moins)
Particules	i) 0,0069 gr/ft ³ ; <u>et</u> ii) Opacité supérieure à 20 % (ne s'applique pas à une source équipée d'un système de détection des fuites du manche conformément à la norme 40CFR63. 1206 c) 8) ou d'un système de détection des particules conformément à la norme 40CFR63. 1206 c) 9) ¹²	i) 0,028 gr/ft ³ ; <u>et</u> ii) Opacité supérieure à 20 % (ne s'applique pas à une source équipée d'un système de détection des fuites du manche en vertu de la norme 40CFR63. 1206 c) 8) ou d'un système de détection des particules conformément à la norme 40CFR63. 1206 c) 9) <i>(Particules comme substitut de l'antimoine, du cobalt, du manganèse, du nickel, et du sélénium)</i>
Mercure c)	i) 1,9 ppmp (concentration moyenne de mercure telle que brûlé dans l'ensemble des flux de déchets dangereux); <u>et</u> ii) A) 120 µg/m ³ ou B) 120 µg/m ³ (concentration maximale théorique dans les émissions de l'alimentation en déchets dangereux)	i) 3 ppmp (concentration moyenne de mercure tel que brûlé dans l'ensemble des flux de déchets dangereux); <u>et</u> ii) A) 120 µg/m ³ ou B) 120 µg/m ³ (concentration maximale théorique dans les émissions de l'alimentation en déchets dangereux ¹³)
Métaux semi-volatils (Pb + Cd)	i) 6,2×10 ⁻⁵ lbs/10 ⁶ Btu (masse de polluant imputable aux déchets dangereux par million de Btu d'apport de chaleur par les déchets dangereux); <u>et</u> ii) 180 µg/m ³ c)	i) 7,6×10 ⁻⁴ lbs/10 ⁶ Btu (masse de polluant imputable aux déchets dangereux par million de Btu d'apport de chaleur par les déchets dangereux); <u>et</u> ii) 330 µg/m ³ c)
Métaux peu volatils (As + Be + Cr)	i) 1,5×10 ⁻⁵ lbs/10 ⁶ Btu (masse de polluant imputable aux déchets dangereux par million de Btu d'apport de chaleur par les déchets dangereux); <u>et</u> ii) 54 µg/m ³ c)	i) 2,1×10 ⁻⁵ lbs/10 ⁶ Btu (masse de polluant imputable aux déchets dangereux par million de Btu d'apport de chaleur par les déchets dangereux); <u>et</u> ii) 56 µg/m ³ (c)
Monoxyde de carbone (CO) ou hydrocarbures (HC)	–Fours à ciment équipés d'un by-pass ou d'un système d'échantillonnage des gaz en milieu de four : i) HC et CO dans le by-pass ou le système d'échantillonnage des gaz au milieu du four : A) a) 100 ppmv de CO, <u>et</u> b) 10 ppmv de HC (propane) lors d'essais de	–Fours à ciment équipés d'un by-pass ou d'un système d'échantillonnage des gaz en milieu de four (HC et CO dans le by-pass ou le système d'échantillonnage des gaz en milieu de four) : A) a) 100 ppmv de CO, <u>et</u> b) 10 ppmv de HC (propane) lors d'essais de RED; <u>ou</u>

¹² Recueil des règlements, 28 octobre 2008 (Volume 73, numéro 209), National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Standards for Hazardous Waste Combustors: Reconsideration.

¹³ Se définit comme le débit d'alimentation en métaux divisé par le débit de gaz et est exprimé en µg/m³.

Polluant	Limites d'émission et d'alimentation en déchets dangereux pour les fours construits ou reconstruits après le 20 avril 2004 a) b)	Limites d'émission et d'alimentation en déchets dangereux pour les fours construits ou reconstruits avant le 20 avril 2004 a) b)
	<p>RED; <u>ou</u></p> <p>B) 10 ppmv de HC (propane)</p> <p>ii) HC et CO dans la cheminée principale:</p> <p>50 ppmv de HC (propane) (fours dont la construction a commencé après le 19 avril 1996 sur un site où il n'existait pas de four à ciment (brûlant ou non des déchets dangereux))</p> <p>–Fours à ciment non équipés d'un by-pass ou d'un système d'échantillonnage des gaz en milieu de four (HC et CO dans la cheminée principale) :</p> <p>A) 20 ppmv de HC (propane); <u>ou</u></p> <p>B) a) 100 ppmv de CO, <u>et</u> b) 20 ppmv de HC (propane) lors d'essais de RED</p>	<p>B) 10 ppmv de HC (propane)</p> <p>–Fours à ciment non équipés d'un by-pass ou d'un système d'échantillonnage des gaz en milieu de four (HC et CO dans la cheminée principale) :</p> <p>A) 20 ppmv de HC (propane); <u>ou</u></p> <p>B) a) 100 ppmv de CO, <u>et</u> b) 20 ppmv de HC (propane) lors d'essais de RED</p> <p><i>(Monoxyde de carbone/ hydrocarbures totaux comme substituts de polluants organiques dangereux de l'atmosphère autres que les dioxines)</i></p>
Chlore total (HCl + Cl ₂) c)	86 ppmv (chlorure) (les sources peuvent établir d'autres exigences sanitaires pour le chlore conformément aux procédures prévues dans la norme 40CFR63. 1215 et s'y conformer)	120 ppmv (chlore) (les sources peuvent établir d'autres exigences sanitaires pour le chlore total conformément aux procédures prévues dans la norme 40CFR63. 1215 et s'y conformer)
Rendement d'élimination par destruction (RED)	<p>i) RED de 99,99 % (pour chacun des principaux constituants organiques dangereux) :</p> $RED = [1 - (W_{\text{sortie}}/W_{\text{entrée}})] \times 100 \%$ <p>$W_{\text{entrée}}$ = débit massique d'alimentation en un des principaux constituants organiques dangereux dans un flux de déchets ; et</p> <p>W_{sortie} = taux massique d'émission du même constituant organique dangereux présent dans les émissions d'exhaure avant rejet à l'atmosphère.</p> <p>ii) RED de 99,9999 % (pour les déchets dangereux inscrits comme dioxines) (le RED doit être démontré pour des constituants plus difficiles à incinérer que les tétra-, penta- et hexachlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofurannes)</p>	<p>i) RED de 99,99 % (pour chacun des principaux constituants organiques dangereux¹⁴) :</p> $RED = [1 - (W_{\text{sortie}}/W_{\text{entrée}})] \times 100 \%$ <p>$W_{\text{entrée}}$ = débit massique d'alimentation en un des principaux constituants organiques dangereux dans un flux de déchets; et</p> <p>W_{sortie} = débit massique d'émission du même constituant présent dans les émissions d'exhaure avant rejet à l'atmosphère.</p> <p>ii) RED de 99,9999 % (pour les déchets dangereux inscrits comme dioxines) (le RED doit être démontré pour des constituants plus difficiles à incinérer que les tétra-, penta- et hexachlorodibenzo-p-dioxines et dibenzofurannes)</p>

a) Valeurs corrigées à 7 % d'oxygène, voie sèche.

b) Les déchets dangereux ci-après ne sont pas soumis à la réglementation en vertu de la norme 40CFR63, sous-partie EEE:

A. Petite quantité de déchets dangereux de producteurs exemptée sous conditions

B. Huile usagée brûlée aux fins de sa valorisation énergétique qui constitue aussi un déchet dangereux uniquement parce qu'elle présente une

¹⁴ Il faut retenir un ou plusieurs des principaux constituants organiques dangereux qui soient représentatifs des composés organiques les plus difficiles à détruire dans le flux de déchets dangereux. Ce choix doit se fonder sur le degré de difficulté d'incinération des constituants organiques dans les déchets dangereux et sur leur concentration ou leur masse dans l'alimentation en déchets dangereux, compte tenu des résultats des analyses des déchets dangereux ou d'autres données et informations.

caractéristique dangereuse (inflammabilité, réactivité, corrosivité, toxicité)

C. Combustibles comparables ou combustibles comparables à gaz de synthèse (combustibles comparables/à gaz de synthèse) qui satisfont aux exigences de la norme 40CFR261. 38 :

a. Spécifications des gaz comparables :

1) Spécifications physiques :

i) Le pouvoir calorifique doit être supérieur à 5000 BTU/lb (11500 J/g)

ii) La viscosité ne doit pas dépasser 50 cs à la combustion.

2) Spécifications des constituants: voir le tableau 1 de la section 40CFR261. 38

b. Le combustible à gaz de synthèse qui est obtenu à partir de déchets dangereux doit :

1) Avoir une valeur Btu minimum de 100 Btu/Scf;

2) Contenir moins de 1 ppmv d'halogène total;

3) Contenir moins de 300 ppmv d'azote total autres que N₂;

4) Contenir moins de 200 ppmv of HS; et

5) Contenir moins de 1 ppmv de chaque constituant dangereux figurant sur la liste des constituants visés à l'appendice VIII de la norme 40CFR261

c) Il peut être demandé d'appliquer d'autres normes en vertu de la section 63. 1206 b) 10) si A) la source ne peut pas satisfaire à une ou plusieurs de ces normes en recourant à la meilleure technique antipollution disponible en raison des contributions des matières premières aux émissions de mercure, de métaux semi-volatils, de métaux peu volatils ou de chlorure d'hydrogène/chlore gazeux; ou B) le mercure n'est pas présent à des niveaux décelables dans la matière première. L'APE a cependant l'intention actuellement de demander le report de ces normes concernant les autres métaux et le chlore total et de supprimer ces dispositions dans la réglementation ultérieure.⁹

¹⁵ Recueil des règlements, 27 septembre 2007 (volume 72, numéro 187), NESHAP: National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants: Standards for Hazardous Waste Combustors: Proposed Rules