



CONVENTION DE BÂLE

DIRECTIVES TECHNIQUES

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



CONVENTION DE BALE

© 2012 Secrétariat de la Convention de Bâle

Cette publication peut être reproduite en totalité ou en partie et sous n'importe quelle forme à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur du copyright, à condition de citer la source. Le Secrétariat de la Convention de Bâle souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication faisant usage de ce document comme source.

Cette publication ne peut être ni revendue ni utilisée à d'autres fins commerciales quelconques sans autorisation préalable écrite du Secrétariat de la Convention de Bâle.

Décharges de responsabilité

Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas forcément les opinions du Secrétariat de la Convention de Bâle, du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) ou de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Bien que des efforts raisonnables aient été faits pour s'assurer que le contenu de la présente publication soit factuellement correct et adéquatement référencé, le Secrétariat de la Convention de Bâle, le PNUE et l'ONU ne sauraient être tenus responsables de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ce contenu, ni des pertes ou préjudices qui pourraient résulter directement ou indirectement de son utilisation, et notamment de sa traduction dans d'autres langues que l'anglais.

Les désignations employées et la présentation des informations au sein de cette publication n'implique aucune prise de position de la part du Secrétariat de la Convention de Bâle, du PNUE et de l'ONU quant à la situation géopolitique ou au statut juridique d'un pays, d'un territoire, d'une ville ou d'une zone ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières ou limites.

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

Adoptées par la dixième réunion de la
Conférence des Parties à la Convention de Bâle
sur le contrôle des mouvements transfrontières
de déchets dangereux et de leur élimination
(décision BC-10/8)

Cartagena, Colombie, octobre 2011



CONVENTION DE BALE



PNUE

Table des matières

I.	Introduction.....	10
A.	Portée.....	10
B.	Présentation générale de la fabrication de ciment.....	10
C.	Co-traitement des déchets dangereux en cimenterie.....	11
II.	Dispositions générales de la Convention de Bâle et organes et instruments internationaux	14
A.	Dispositions générales de la Convention de Bâle	14
B.	Considérations générales en matière de gestion écologiquement rationnelle	14
1.	Convention de Bâle	14
2.	Convention de Stockholm	16
3.	Organisation de coopération et de développement économiques	16
III.	Orientations générales sur le co-traitement écologiquement rationnel dans les fours à ciment ..	16
A.	Principes du co-traitement en cimenterie.....	16
B.	Éléments à prendre en considération lors du choix de déchets pour le co-traitement	18
1.	Déchets dangereux se prêtant au co-traitement en cimenterie.....	18
2.	Récupération ou élimination sans co-traitement de déchets dans les fours à ciment.....	21
3.	Rendement de destruction des substances organiques dangereuses	24
C.	Assurance qualité/contrôle qualité	25
D.	Santé et sécurité	26
1.	Analyse des dangers	26
2.	Accès et prévention des risques.....	26
3.	Équipements de protection individuelle	27
4.	Formation	27
5.	Suivi médical	27
6.	Interventions en cas d'urgence	28
E.	Communications et participation des parties prenantes	28
IV.	Acceptation et prétraitement écologiquement rationnels des déchets	29
A.	Introduction.....	29
B.	Acceptation des déchets.....	29
1.	Pré-acceptation	30
2.	Acceptation sur le site	30
3.	Déchets non conformes	33
4.	Système de suivi sur le site.....	33
C.	Entreposage et manutention des déchets.....	34
1.	Considérations afférentes à la conception	34
2.	Considérations opérationnelles.....	35
D.	Pré-traitement des déchets	36
1.	Considérations conceptuelles	37
2.	Considérations opérationnelles.....	37
E.	Fermeture et déclassement des installations de pré-traitement	37
F.	Autres aspects environnementaux.....	38
1.	Composés organiques volatils, odeurs et poussières	38
2.	Fûts et métaux ferreux	38
3.	Eau usée.....	38
G.	Surveillance et communication des émissions	39
V.	Co-traitement écologiquement rationnel des déchets dangereux dans les fours à ciment	39
A.	Introduction.....	39
B.	Exigences opérationnelles.....	40
1.	Choix des points d'alimentation	40
2.	Contrôle du fonctionnement du four.....	42
C.	Aspects environnementaux	43
1.	Émissions atmosphériques.....	43

2.	Poussières des fours et des bypass.....	44
3.	Émissions dans l'eau	45
4.	Contrôle des produits finis.....	45
D.	Surveillance	46
1.	Surveillance du procédé.....	47
2.	Surveillance des émissions	47
3.	Surveillance de l'environnement	48
4.	Dispositions relatives à l'établissement des rapports.....	48
VI.	Références.....	49

Annexes

Annexe I :	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).....	54
Annexe II :	Sources d'émissions atmosphériques.....	59

Glossaire

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 : 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.

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 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.

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.

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.

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.

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

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.

Matières premières de remplacement : matières résiduelles 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.

Poussières de dérivation ou 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.

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.

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.

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

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

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 dans l'atmosphère.

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 :

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

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.

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/)
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://BEPRIP.jrc.es/)
BREF	Document de référence sur les meilleures techniques disponibles (publié par l'BEPRIP, http://BEPRIP.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
COT	Composés organiques totaux
COV	Composé organique volatil
CQ	Contrôle de la qualité
EPI	Équipement de protection individuelle
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
I-TEQ	Équivalent toxique international
LEA	Limite d'exposition admissible
MPE	Meilleure(s) pratique(s) environnementale(s)
MTD	Meilleure(s) technique(s) disponible(s)
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/)
PCB	Polychlorobiphényle
PCDD	Polychlorodibenzo-p-dioxine
PCDF	Polychlorodibenzofurane
PCIP	Prévention et contrôle intégrés de la pollution
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/)
SM/PCI	Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif
TEQ	Équivalent toxique

USEPA	Agence américaine pour la protection de l'environnement (http://www.epa.gov/)
VLE	Valeur limite d'exposition
VLIEP	Valeur limite indicative d'exposition professionnelle
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development (Conseil mondial des entreprises pour le développement durable) (http://www.wbcsd.org/)
XRF	Spectroscopie à 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, IX/17 et BC-10/8 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 possibilité de valoriser de nombreux déchets de manière écologiquement rationnelle. 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. Présentation générale de la fabrication de ciment

5. 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 qui, après cuisson, calcination et frittage (également appelé brûlage ou clinkérisation), 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.
6. Typiquement, le clinker se compose d'environ 67 % de CaO, 22 % de SiO₂, 5 % de Al₂O₃, 3 % de Fe₂O₃ et 3 % d'autres composants (Taylor, 1997). L'oxyde de calcium (CaO) s'obtient à partir de gisements naturels de calcaires (roche calcaire, marne, craie, etc.) essentiellement constitués de carbonate de calcium (CaCO₃). L'argile ou le schiste fournissent en général les autres composants. Les matières premières utilisées dans la production de ciment contiennent naturellement des métaux et des halogènes en quantités variables selon les formations géologiques d'où ces matières premières sont extraites. Certains matériaux peuvent également contenir du carbone organique comme des kérogènes. De même, le charbon peut contenir des quantités non négligeables de soufre, de métaux traces et d'halogènes, leurs concentrations étant fonction de la région où le charbon a été extrait. Les valeurs moyennes et l'éventail des concentrations des éléments traces dans les combustibles primaires et les matières premières conventionnelles se trouvent dans Mantus (1992), Achternbosch et al. (2003) et WBCSD (2005).
7. A l'exception des fours verticaux encore utilisés dans certaines régions géographiques (surtout en Chine et en Inde) (CPCB, 2007; Höhne and Ellerman, 2008), le clinker de ciment est surtout produit dans des fours rotatifs suivant une des quatre techniques de fabrication existantes, à savoir par voie sèche, semi-sèche, semi-humide ou humide. En Europe et aux États-Unis, environ 90 % et 80 % respectivement de la production de ciment ont lieu dans des fours utilisant la voie sèche (BEPRIP, 2010; U.S. EPA, 2007). La voie humide, par contre, reste dominante dans l'ancienne Union Soviétique et en Australie/Nouvelle Zélande, et est toujours importante au Canada, en Inde, en Amérique latine et en Afrique (Watson et al., 2005).
8. La production de ciment est une activité à forte intensité de ressources : pour obtenir une tonne de ciment (Szabó et al, 2003), 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 (BEPRIP, 2010).

9. Pour des informations plus détaillées sur les procédés de fabrication du ciment, on peut consulter, en autres, U.S. EPA (1993), CEMBUREAU (1999a), van Oss (2005) et BEPRIP (2010).

10. 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, ce qui signifie des accroissements correspondants des besoins en énergie et matières premières et des émissions de polluants (Degré, 2009).

11. 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.

12. 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) (BEPRIP, 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. La nature et la quantité des émissions atmosphériques dépendent de divers paramètres tels que les matières premières, les combustibles et le procédé de fabrication utilisés.

13. 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).

C. Co-traitement des déchets dangereux en cimenterie

14. 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.

15. 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.

16. 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 le 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 »).

17. 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 une possibilité de valorisation écologiquement rationnelle, qui est préférable à la mise en décharge.

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

18. Depuis le début des années 1970, 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 ministres de l'environnement (CCME, 1996), l'Environment Agency du Royaume-Uni (1999a), Twigger et al. (2001), et Karstensen (2007a).

19. 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 recombinent 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 (BEPRIP, 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) Dans la chambre de combustion secondaire, temps de séjour des gaz supérieur à 2 s à des températures supérieures à 850° C et dans le précalcinateur, temps de séjour proportionnellement plus longs, avec des 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 fourchette de températures favorisant notoirement 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.

20. L'utilisation de déchets dangereux et autres en cimenterie 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.

21. Le plus direct de ces avantages, du point de vue des cimenteries, est la possibilité d'exploiter le contenu énergétique des déchets considérés 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.

22. 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 CaCO_3 pour fournir une partie du CaO nécessaire à la fabrication du clinker (Van Oss, 2005). La réduction des émissions de CO_2 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 CO_2 (EA, 1999b; CEMBUREAU, 2009).

23. L'utilisation de matières premières de remplacement réduit la consommation de ressources naturelles et l'empreinte écologique des activités concernées (WBCSD, 2005; CEMBUREAU, 2009).

24. 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 les 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.

25. Il est de la plus haute importance que le co-traitement de déchets dangereux en cimenterie se fasse selon les meilleures techniques disponibles² 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 non 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 (MTD) et des orientations provisoires sur les meilleures pratiques environnementales (MPE) 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 (BEPRIP, 2010) et les industries de traitement des déchets (BEPRIP, 2006) ainsi que sur les principes généraux de surveillance (BEPRIP, 2003) produits par la Commission européenne sont des sources particulièrement pertinentes.

26. 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 MTD et les niveaux d'émission associés et d'autres informations utiles concernant chaque secteur.

27. 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.

28. 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/CE relative aux déchets.

² Les fours verticaux ne devraient pas être considérés comme faisant partie des meilleures techniques disponibles (PNUE, 2007). De nombreuses usines avec fours verticaux n'ont quasiment aucun contrôle environnemental en place et la nature même de la technologie exclut l'utilisation efficace des contrôles modernes des poussières (et d'autres émissions) (Kartensen, 2006a).

II. Dispositions pertinentes de la Convention de Bâle et liens internationaux

A. Dispositions générales de la Convention de Bâle

29. 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 soient assurés de façon écologiquement rationnelle.

30. Au paragraphe 1 de son article 2 (« Définitions »), la Convention de Bâle 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 du même article, 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 ».

31. 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) ».

32. 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. »

B. Considérations générales en matière de gestion écologiquement rationnelle

33. La gestion écologiquement rationnelle est un concept de politique générale pour lequel il n'existe pas, à l'heure actuelle, de définition universelle claire. Toutefois, 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 dans certains secteurs industriels.

1. Convention de Bâle

34. 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 ».

35. 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 ».

36. 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.

37. 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. 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 pour une gestion écologiquement rationnelle, 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 par la prévention, la réduction au minimum, le recyclage, la récupération et l'élimination des déchets dangereux et autres déchets visés par la Convention de Bâle, en tenant compte des aspects sociaux, technologiques et économiques; et par une réduction plus poussée des mouvements transfrontières de déchets dangereux et autres déchets visés par la Convention de Bâle.

39. La Déclaration 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, des 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 écologiquement rationnelle des déchets qui comprend divers éléments, dont les critères de performance de base des orientations pour la gestion écologiquement rationnelle 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. 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) Disposer d'un plan adéquat de fermeture et de suivi.

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

A. Principes du co-traitement en cimenterie

42. 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, 1999b; 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).

43. Le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (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	– 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	– 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

<i>Principe</i>	<i>Description</i>
sur la santé humaine	
La qualité du ciment produit doit rester inchangée	– 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	– 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	– 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'acquérir 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 requis 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. Éléments à prendre en considération lors du choix de déchets pour le co-traitement

44. 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 (BEPRIP, 2010).

45. 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.

46. 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 traiter différents types de déchets.

47. 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. Les exigences du permis devraient être formulées en conséquence.

48. 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).

49. 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) (BEPRIP, 2006)³.

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

50. 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

³ Dans l'Union européenne, les dispositions de la Directive 2008/98/CE concernant les mélanges de déchets dangereux s'appliquent.

déchets; et l'acceptation du public et du gouvernement (Van Oss et Padovani, 2003; GTZ/Holcim, 2006; PNUE, 2007; BEPRIP, 2010).

51. 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) :

- 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 (déchiquetage, 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 (BEPRIP, 2010);

- iv) L'évacuation des poussières de dérivation peut se faire soit par une cheminée d'extraction séparée, soit par celle du four. 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. 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 selon la teneur en chrome des matières premières et les conditions de fabrication. Aussi bien les combustibles classiques que ceux de remplacement en sont des sources mineurs (BEPRIP, 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 sec⁴. 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 (BEPRIP, 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).

52. 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).

53. Parmi les déchets dangereux qui, en principe, conviennent bien au co-traitement dans les fours à ciment, on peut citer les suivants : boues de fond de cuves, boues d'alkyles acides, hydrocarbures accidentellement répandus et goudrons acides provenant du raffinage du pétrole, de la purification du gaz naturel et du traitement pyrolytique du charbon; huiles d'usinage usées; huiles hydrauliques et liquides de frein usés; hydrocarbures de fond de cale; boues, solides ou émulsions provenant de

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)

séparateurs eau/hydrocarbures; eaux de lavage et liqueurs mères aqueuses; résidus de distillation et de réaction provenant de la fabrication, formulation, distribution et utilisation de produits organiques de base, matières plastiques, caoutchoucs, fibres synthétiques, colorants organiques, pigments, et pesticides et produits pharmaceutiques organiques; déchets d'encre, déchets provenant de l'industrie photographique, déchets goudronnés et autres déchets carbonés provenant de la fabrication des anodes (pyrométallurgie de l'aluminium); déchets provenant du dégraissage des métaux et de l'entretien des machines; déchets provenant du nettoyage des textiles et du dégraissage de produits naturels; déchets de production provenant de l'industrie électronique (GTZ/Holcim, 2006).

54. Les déchets suivants ne devraient en principe pas être co-traités dans les fours à ciment :

- 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;
- g) Déchets contenant de l'amiante;
- h) Déchets médicaux infectieux⁵;
- 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.

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

56. En général, les déchets précités 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. De plus amples détails concernant les déchets énumérés ci-dessus se trouvent dans GTZ/Holcim (2006).

57. Il convient d'éviter autant que possible d'introduire dans les fours des déchets contaminés par du mercure ou en contenant. Par ailleurs, comme une limitation de la teneur en mercure des déchets ne garantit pas un faible niveau d'émissions de cette substance dans l'atmosphère, un plafond d'émissions devrait également être fixé.

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

58. 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, à l'exemple des pneumatiques usagés, 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.

59. 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'ils contiennent, ne devrait pas être considérée comme une opération de récupération⁶.

⁵ Bien que l'absence de règlements (ou de leur application) régissant la gestion de déchets médicaux, particulièrement le tri à la source, amènera vraisemblablement certaines installations à refuser ce type de déchets pour des raisons de santé et de sécurité, les conditions du traitement dans les fours à ciment conviendraient pour éliminer les déchets infectieux. Dans les pays où la législation en matière de santé et de sécurité le permet, de tels déchets peuvent être co-traités dans les fours à ciment.

⁶ 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-

60. 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 processus de production, qui sont exposés dans la figure I. 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 la figure II.

61. En tout état de cause, les déchets ne possédant aucune valeur énergétique ou minérale 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.

62. On rappelle que les fours à ciment sont conçus en premier lieu pour produire du clinker et que leurs conditions de fonctionnement ne sont pas toujours idéales pour la destruction des déchets. Ils opèrent généralement à de plus faibles concentrations d'oxygène et des taux de monoxyde de carbone plus élevés que les incinérateurs bien réglés. Or, le traitement thermique des déchets organiques nécessite de hautes températures pendant des durées assez longues et un bon mélange des composés organiques avec l'oxygène. Une bonne conception et une bonne exploitation des fours sont dès lors cruciales pour cette application car une mauvaise introduction des déchets ou un trop faible niveau d'oxygène peut parfois empêcher leur destruction adéquate (PNUE, 2007).

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.

Figure I
Arbre de décision pour l'acceptation des déchets dangereux

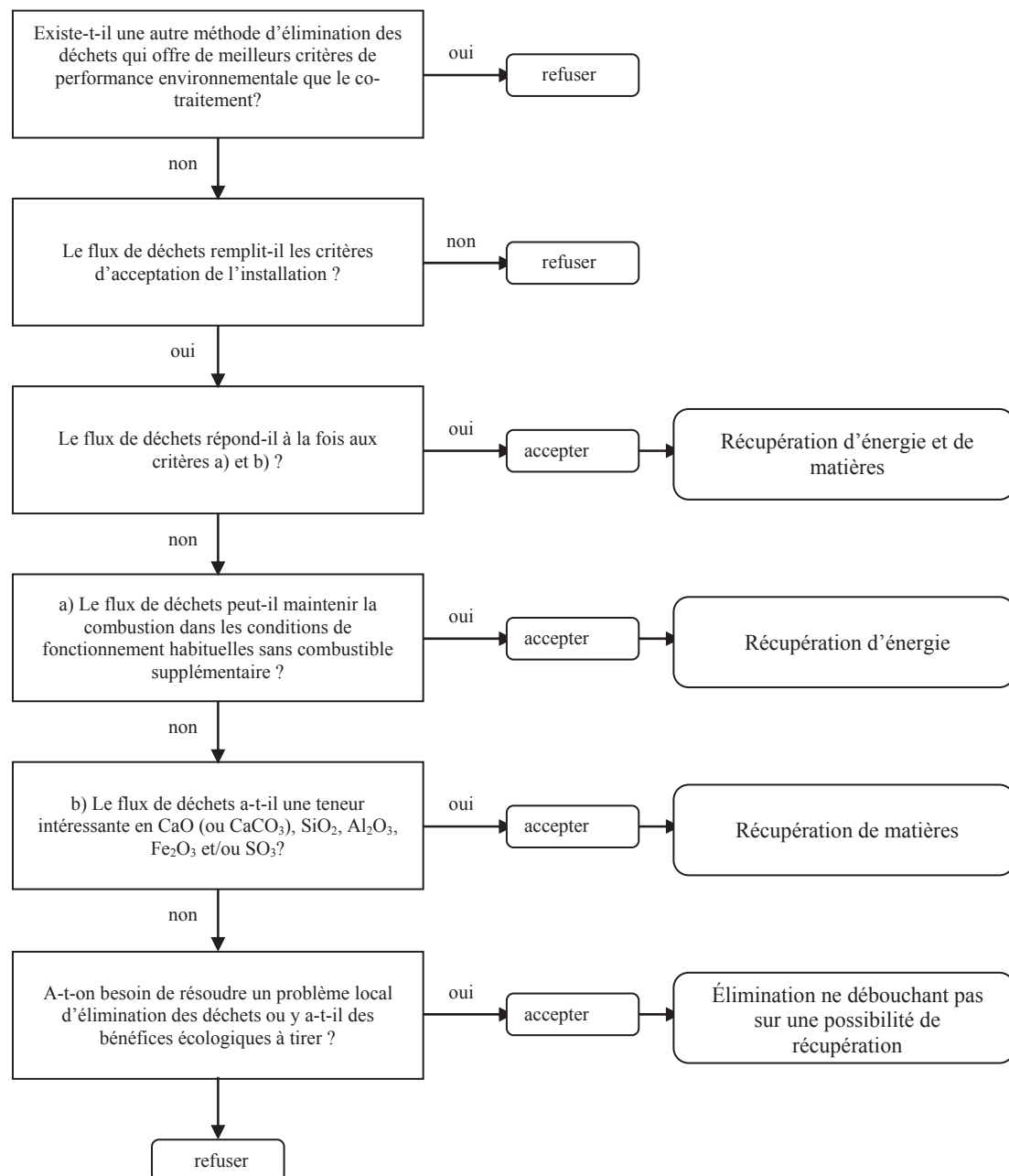
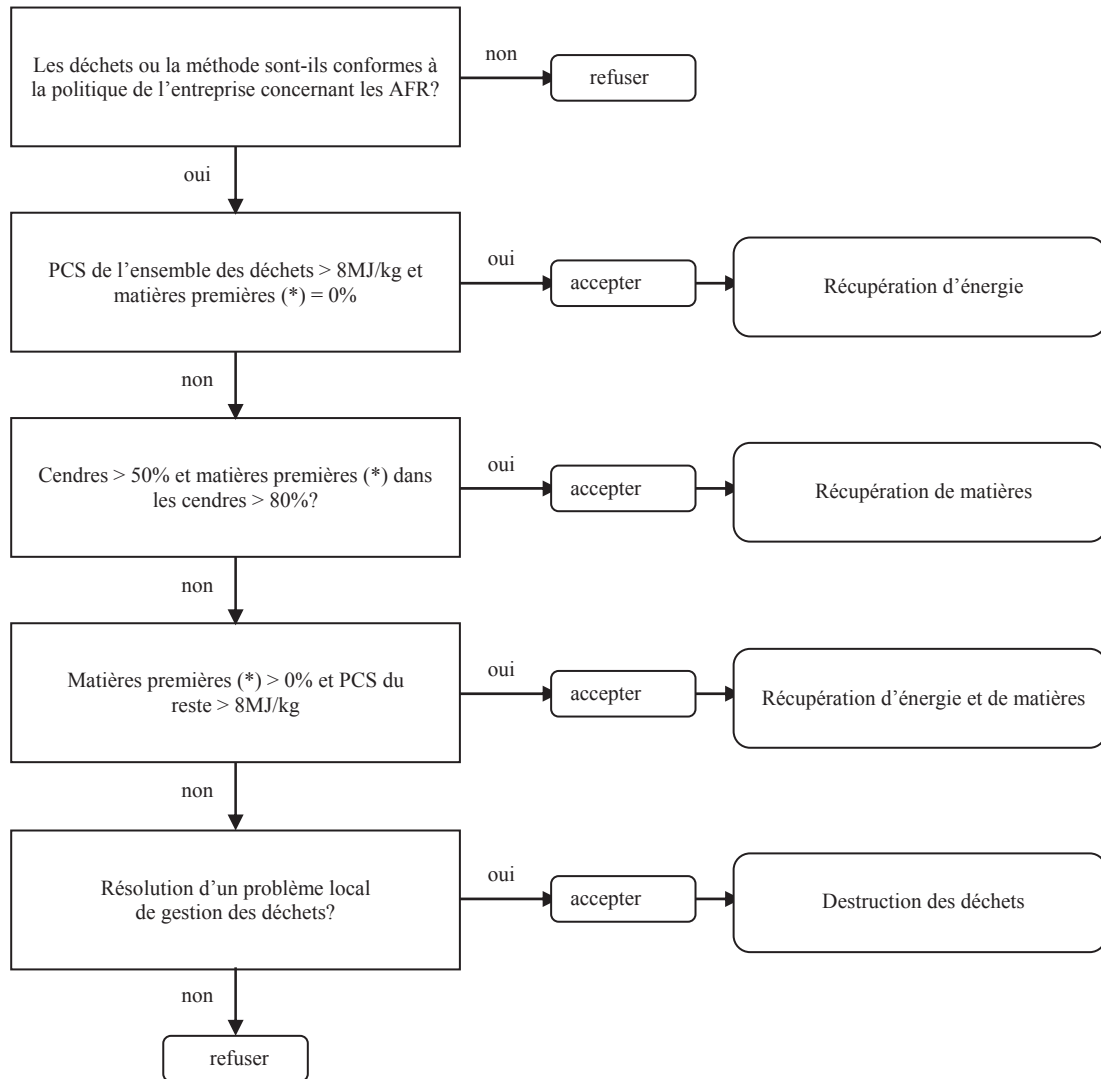


Figure II

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

Source : GTZ/Holcim, 2006

3. Rendement de destruction des substances organiques dangereuses

63. 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.

64. Un essai d'incinération est utilisé 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.

65. 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.
66. La possibilité d'utiliser les fours à ciment pour assurer la destruction thermique des biphényles 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 MTD (PNUE, 2007).
67. 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 TEQ/Nm³⁷ (SBC, 2007). Les limites d'émission existantes devraient également être respectées.
68. 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).
69. Une compilation des résultats des vérifications des performances et des essais d'incinération dans des fours à ciment est disponible dans l'annexe 1 des présentes directives.

C. Assurance qualité/contrôle qualité

70. 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.
71. 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 :
- 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.

⁷

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

72. 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.

73. 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.

74. Les meilleures techniques disponibles en matière de contrôle de la qualité des déchets dans les processus de fabrication du ciment consistent à (BEPRIP, 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 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, soufre, alcalis et 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 la teneur en chlore, métaux (cadmium, mercure, thallium par exemple), soufre, et halogènes totaux;

c) Mettre en œuvre des systèmes d'AQ pour chaque charge de déchets.

75. 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.

D. Santé et sécurité

76. 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.

77. 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.

78. 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.

79. Dans l'Union européenne, la MTD 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. (BEPRIP, 2010)

1. Analyse des dangers

80. 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

81. 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.

82. 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.

83. Au nombre de ces derniers, on peut citer 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; et les valeurs limites indicatives d'exposition professionnelle (VLIIEP) de l'Union européenne.

84. En ce qui concerne les substances dangereuses et les risques sanitaires pour lesquels il n'existe aucune limite d'exposition admissible ou applicable, les exploitants peuvent éventuellement se guider sur la littérature disponible et les fiches de données de sécurité pour la détermination d'un niveau de protection approprié.

3. Équipements de protection individuelle

85. 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.

86. 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

87. 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.

88. 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

89. 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

90. 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.

91. 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 de stockage et de traitement des déchets dangereux.

92. 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.

93. 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 pris en charge dans celle-ci et les dangers qu'ils comportent, 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.

E. Communications et participation des parties prenantes

94. 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.

95. 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.

96. 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. L'USEPA (1996), Hund et al (2002), et The Environment Council (2007), entre autres, fournissent des conseils sur la conception et la mise au point d'un plan de communication et de participation des parties prenantes.

97. 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.

IV. Acceptation et prétraitement écologiquement rationnels des déchets

A. Introduction

98. En raison des différences dans la composition des déchets, un prétraitement est nécessaire pour produire un flux relativement uniforme répondant aux exigences techniques et administratives applicables à la fabrication des ciments et garantissant le respect des normes environnementales prescrites⁸, sauf pour certains déchets, comme par exemple les huiles et les pneus usés, qui peuvent s'utiliser tels quels.

99. Il convient de veiller à ce que les déchets collectés, qu'on les obtienne directement auprès des producteurs ou par le biais d'intermédiaires, se prêtent au co-traitement. Les exploitants devraient faire en sorte que seuls les déchets dangereux provenant de parties fiables soient acceptés et que les livraisons de déchets inadaptés soient refusées.

100. 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.

101. 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

102. Une connaissance préalable des déchets est nécessaire pour garantir que ceux-ci répondent aux conditions de l'autorisation et n'aient pas d'effets adverses sur le processus. Par exemple, afin d'éviter les problèmes de fonctionnement dans les fours, il faudrait évaluer avec soin l'impact des déchets dangereux sur l'apport total d'éléments volatils circulants tels que 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.

103. 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.

104. 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 déterminer aptitude à l'emploi 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.

105. Il est impératif de tester 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

⁸ L'exploitant du four est tenu, au plan technique, de garantir une charge homogène et stable et de ne pas circonvenir les procédures d'acceptation des déchets, d'où la nécessité éventuelle d'un prétraitement.

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

106. 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 refusant les déchets qui ne conviennent pas;
- 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.

107. 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 présentes et concentrations individuelles); les exigences en matière de manutention et les déchets qui y sont associés; la quantité et la forme des déchets (solide, liquide, boue, etc.); les techniques d'entreposage et de préservation des échantillons. L'idéal serait que ces informations soient fournies par les producteurs des déchets. À défaut, un système qui permettrait de vérifier les informations fournies par les intermédiaires devrait être envisagé.

108. Des systèmes pour la fourniture et l'analyse d'échantillons représentatifs des déchets devraient être en place. L'échantillonnage devrait être pris en charge par un technicien compétent et l'analyse effectuée par un laboratoire, de préférence accrédité, doté de méthodes robustes d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) et d'un bon système d'archivage; une procédure de garde permanente 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 non conformes, pour lesquels il existe des fiches de données de sécurité ou fiches de données de produit.

109. Un plan d'analyse des déchets devrait être établi et mis à jour pour documenter les procédures utilisées pour obtenir des échantillons représentatifs et effectuer une analyse physique et chimique détaillée. Ce plan devrait prévoir des mesures visant à identifier les déchets potentiellement réactifs et incompatibles⁹. 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.

110. Les exploitants devraient veiller à ce que l'évaluation technique soit réalisée par du personnel qualifié et expérimenté possédant une bonne connaissance des capacités de l'installation.

111. 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

112. 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 :

- 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;

⁹ Le document de l'USEPA 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.

- d) D'inspecter, échantillonner et tester la cargaison;
- e) De refuser 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.

113. 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.

114. 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

115. 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.

116. 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).

117. 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 refusés et renvoyés au producteur d'origine, ou à la demande de celui-ci, acheminés vers une autre installation.

118. Les cargaisons de déchets devraient autant que possible être inspectées. Tous les récipients 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 récipients devraient être équipés de couvercles bien adaptés; les bouchons et les vannes devraient être sécurisés et en place, et ils devraient être inspectés afin de détecter les fuites éventuelles, les trous et toute corrosion. Tout récipient ou fût endommagé, corrodé ou non étiqueté devrait être jugé « non conforme » et traité en conséquence.

119. 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

120. 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, non conformes ou non contaminés.

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

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

122. 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)

123. L'installation devrait être dotée d'une zone de réception ou d'échantillonnage où les déchets emballés dans des récipients 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.

124. L'échantillonnage devrait se faire conformément à la législation nationale applicable en la matière, si elle existe, ou aux normes internationales en vigueur, et 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 désigné à cet effet. Il 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'USEPA. Un registre dans lequel sont consignés le régime d'échantillonnage appliqué à chaque chargement et une justification de l'option retenue devrait être tenu.

125. Les échantillons devraient être analysés par un laboratoire possédant un programme robuste d'assurance et de 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.

126. Généralement, les déchets devraient être échantillonnés et analysés pour confirmer, par l'étude d'un petit nombre de paramètres chimiques et physiques clés (analyse d'empreintes), la composition 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.

127. L'inspection peut comporter : une évaluation des paramètres de combustion; des tests de mélange sur les déchets liquides avant leur entreposage; un contrôle du point d'inflammabilité; et une analyse des déchets pour en connaître la composition élémentaire utilisant, par exemple, la SM/PCI, la 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).

128. Les déchets ne devraient être transportés vers la zone de stockage qu'après leur acceptation. Au cas où l'inspection ou l'analyse révélerait 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.

129. Toutes les aires de manutention des déchets dangereux devraient avoir 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, dans un puisard desservant le point d'échantillonnage. Des substances absorbantes devraient être disponibles.

130. 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.

131. Une fois acceptés, les déchets dangereux contenus dans des récipients devraient être étiquetés avec indication de leur date d'arrivée et de la classe de danger principale. Pour les déchets en vrac, on indiquera la date d'arrivée du premier lot sur leur réceptacle. Il convient d'attribuer un numéro de référence unique à chaque récipient pour pouvoir assurer son suivi sur les lieux.

3. Déchets non conformes

132. L'exploitant devrait s'appuyer sur des critères clairs et sans ambiguïté pour écarter 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.

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

- a) D'identifier les dangers posés par les déchets non retenus;
- b) D'étiqueter les déchets refusés 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 refusés en toute sécurité en attendant qu'ils soient enlevés, si possible, dans les cinq jours ouvrables qui suivent.

134. 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 refusés vers une autre destination autorisée.

4. Système de suivi sur le site

135. Un système de suivi interne des déchets et une procédure de contrôle des stocks devraient être en place, dès le stade de la pré-acceptation, pour garantir la traçabilité des déchets et permettre à l'exploitant :

- a) De préparer le mélange de déchets le plus approprié;
- b) D'éviter les réactions indésirables ou inattendues;
- c) De prévenir ou, du moins, réduire les émissions;
- d) De gérer le débit des déchets.

136. Le système de suivi, qui peut être manuel ou électronique, ou les deux, devrait consigner le parcours des déchets depuis leur acceptation, stockage et traitement jusqu'à leur sortie de l'installation et permettre à l'exploitant de connaître à tout moment la localisation d'un déchet particulier et la durée de sa présence sur le site. Les registres doivent être tenus dans un endroit éloigné des activités dangereuses pour qu'ils puissent être accessibles en cas d'urgence.

137. 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 pour qu'on en sache suffisamment sur les déchets qui se trouvent en tel ou tel endroit. Pour éviter toute incompatibilité avec les nouveaux arrivages, il convient, par exemple, de ne pas perdre de vue les résidus accumulés dans un récipient entre deux opérations de nettoyage.

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

139. Le système de suivi interne devrait donc rassembler toutes les informations disponibles sur la pré-acceptation, l'acceptation, l'entreposage, le traitement, et l'enlèvement des déchets. Les registres devraient être tenus à jour pour indiquer les livraisons, le traitement sur le site, et les envois. Le système devrait fonctionner comme un inventaire des déchets et un système de contrôle des stocks, et devrait 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 récipients;
- 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 refuser des déchets.

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

- a) La quantité totale des déchets présents sur le site à tout moment (en unités appropriées);
- 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

141. L'exploitant devrait mettre en place des systèmes et procédures pour assurer le transfert sans risque des déchets jugés aptes au co-traitement dans un endroit approprié.

142. Les éléments à prendre en considération pour le stockage sur site des déchets sont :

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

143. Des informations utiles sur le stockage des déchets sont également disponibles dans le BREF concernant les industries de traitement des déchets (BEPRIP, 2006).

1. Considérations afférentes à la conception

144. Les zones de transfert et d'entreposage devraient être conçues de manière à 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 zones de stockage 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 récipient 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 vannes. Le trop-plein devrait être dirigé vers un système de drainage confiné, tel qu'un périmètre délimité ou autre réceptacle;
- e) Les équipements et accessoires installés devraient, autant que possible, être étanches;
- f) Des mesures de détection et d'étanchement adéquat des fuites devraient être prévues;

g) Il convient d'empêcher les eaux de ruissellement contaminées de s'écouler dans les collecteurs pluviaux et les cours d'eau. Les eaux de ruissellement devraient être collectées et éliminées dans le four;

h) Des signaux d'alarme adéquats en cas d'anomalie devraient être prévus.

145. Les zones de stockage devraient être conçues de manière à préserver la qualité des déchets sur toute la durée de leur emmagasinage. Des séparations devraient être prévues pour empêcher les contacts entre déchets incompatibles et prévenir une aggravation des éventuels incidents. Une évaluation complète des risques sera nécessaire pour déterminer les besoins de chaque installation en matière de stockage.

146. À l'intérieur de l'installation, les spécifications des zones de stockage devraient être fonction des propriétés des déchets présentant le maximum de risque acceptable. En règle générale, elles devraient également tenir compte de la nature et de la composition variables des déchets, qui sont des facteurs de risques et d'incertitudes supplémentaires. Cette incertitude conduit souvent à appliquer aux systèmes de stockage de déchets des spécifications plus élevées que celles des systèmes conçus pour des matières premières dont les caractéristiques sont bien connues.

147. Les déchets en récipients 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.

148. Pour les déchets en récipients, les zones de stockage 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.

149. 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 résistance suffisante à la corrosion et permettre le nettoyage et l'échantillonnage.

150. 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 qui sont susceptibles d'émettre des composés organiques volatils.

151. 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 zones de stockage des déchets ainsi que dans les filtres à manche et dépoussiéreurs électrostatiques, les locaux électriques et salles de contrôle, et 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.

152. Des systèmes automatiques d'extinction d'incendie devraient être en place dans les zones de stockage de 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. Le cas échéant, on peut utiliser des systèmes à eau avec moniteur, des canons à eau/mousse, ou des systèmes à poudre sèche, en fonction de la nature des dangers existant sur le site.

2. Considérations opérationnelles

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

154. Pour ne pas avoir à les manutentionner et à les transférer plus qu'il ne faut, les déchets dangereux devraient être entreposés dans les récipients (fûts) dans lesquels ils sont arrivés.

155. Les itinéraires de transport des différents déchets dangereux à l'intérieur de l'installation devraient être clairement indiqués. Il convient de réduire au minimum les risques pour la santé et la sécurité des employés, pour le public et pour l'environnement présentés par les mouvements de déchets sur le site. L'exploitant devrait veiller à ce que les véhicules utilisés soient conformes aux règlements.

156. Tous les chargements devraient être correctement identifiés, séparés en fonction de leur 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. Il convient de former le personnel et de lui prescrire d'utiliser le matériel uniquement aux fins prévues et de ne pas dépasser la capacité nominale des récipients, véhicules et autres équipements.

157. 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.

158. Les récipients devraient être maintenus en bon état, exempts de traces de chocs, ne devraient ni fuir ni être bombés, et devraient être fermés lorsqu'ils ne sont pas utilisés. Les endroits où ils sont stockés devraient être inspectés au moins une fois par semaine.

159. Les travaux d'entretien devraient être autorisés par la direction de l'usine et effectués après que la zone a été vérifiée par un superviseur et que toutes les précautions nécessaires ont été prises. Des procédures, consignes et formations spéciales devraient être fournies pour les opérations de routine, par exemple en ce qui concerne :

- a) Les pratiques d'amarrage appropriées et l'utilisation de harnais de sécurité pour le travail en hauteur;
- b) L'entrée en espace confiné en cas de présence d'air de mauvaise qualité, de mélanges explosifs, de poussières ou d'autres dangers;
- c) Le verrouillage du circuit électrique pour empêcher toute réactivation accidentelle du matériel électrique en cours d'entretien;
- d) Les travaux à haute température (soudage, découpage, etc.) dans des endroits pouvant contenir des matières inflammables.

160. Les mesures de sécurité suivantes devraient être envisagées :

- a) Éviter de placer des matières combustibles non contrôlées dans les zones de stockage;
- b) Mettre en place des panneaux standard de signalisation et d'information en matière de sécurité dans les endroits présentant un risque inévitable ou non maîtrisable;
- c) Installer dans la zone de travail des douches et des stations de lavage oculaires immédiatement accessibles en cas d'exposition à des déchets dangereux. Il peut s'avérer nécessaire d'en prévoir plusieurs groupes pour tenir compte des distances à parcourir et de la possibilité que plus d'une personne soient affectées en même temps;
- d) Installer des systèmes d'alarme adéquats pour alerter l'ensemble du personnel en cas d'urgence;
- e) Assurer l'entretien du matériel de communication du site pour que, en cas d'incendie, la salle de contrôle et la brigade locale des sapeurs-pompiers puissent être contactées immédiatement;
- f) Relier les appareils électriques à la prise de terre et les doter de dispositifs antistatiques appropriés.

D. Prétraitement des déchets

161. 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, constitués de particules de taille comparable et dotés d'une composition chimique ainsi que d'une capacité calorifique 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.

162. Le prétraitement consiste à sécher, déchiqueter, broyer ou mélanger les déchets, selon leur type. 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.

163. 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. Ils ne demandent généralement qu'un simple prétraitement consistant à enlever les résidus, 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

164. 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.

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

166. 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

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

168. Les techniques utilisées pour le prétraitement 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.

169. 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 ponctuels 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.

170. 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 prétraitement

171. 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 planifié 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 ses activités.

172. 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 de vérification de l'efficacité des travaux de décontamination, 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 susceptibles d'avoir un impact sur la santé et la sécurité;
- e) Un système de sécurité pour empêcher l'accès de personnes non autorisées aux zones affectées par la fermeture.

173. 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 et l'environnement.

174. Pour réduire au minimum les problèmes de déclassement et leur impact sur l'environnement, il est recommandé de mettre en place un programme d'amélioration de la conception des installations dans lesquelles des problèmes potentiels ont été décelés (BEPRIP, 2006). Lors des travaux d'amélioration, il convient d'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 de drainage et de nettoyage des réceptacles et conduites avant leur démantèlement devrait également être prévue.

F. Autres aspects environnementaux

1. Composés organiques volatils, odeurs et poussières

175. Les rejets dans l'air provenant du prétraitement des déchets dépendent des types de déchets traités et du procédé employé. La surveillance des émissions et la communication des résultats de cette dernière devraient se faire conformément aux autorisations d'exploitation et aux règlements applicables en la matière.

176. Des techniques d'atténuation devraient être mises en place le cas échéant 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 réduites au moyen de diverses techniques telles que l'adsorption sur du carbone et les traitements thermiques ou biologiques, entre autres.

177. Dans l'Union européenne, les meilleures techniques disponibles pour prévenir ou réduire les émissions de poussières, d'odeurs et de composés organiques volatils dans l'ensemble du secteur du traitement des déchets consistent à : 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 et de réparation des fuites; et réduire les émissions dans l'atmosphère en recourant à une combinaison adéquate de techniques de prévention et/ou d'atténuation (BEPRIP, 2006).

2. Fûts et métaux ferreux

178. Les fûts vides et métaux ferreux enlevés par des séparateurs magnétiques devraient être éliminés de manière écologiquement rationnelle. Pourvu que leur teneur en contaminants contaminant ne soit pas dangereuse, les ferrailles peuvent être recyclées dans l'industrie sidérurgique. Les fûts en bon état peuvent être envoyés à des nettoyeurs/recycleurs autorisés.

3. Eaux usées

179. Les rejets d'eaux usées 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 rejets dans ces dernières, devraient également influencer sur les charges de pollution acceptables et la qualité des effluents déversés.

180. Les rejets dans les systèmes de traitement des eaux usées, publiques ou privées, devraient répondre aux critères de prétraitement et de surveillance applicables à ces systèmes. Ils 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 de traitement.

181. Dans l'Union européenne, les meilleures techniques disponibles de gestion des eaux usées pour l'ensemble du secteur du traitement des déchets consistent à : réduire l'utilisation et la contamination

des ressources en 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'eaux usées; ramener la teneur en polluants des eaux usées à des niveaux acceptables avant de les rejeter en utilisant une combinaison adéquate de techniques (BEPRIP, 2006).

G. Surveillance des émissions et communication des informations résultantes

182. 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 garantir que les données collectées permettent d'obtenir les résultats voulus et 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 qu'aux alentours de l'installation.

183. 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 réaliser les objectifs de surveillance fixés.

184. 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 devrait être effectué ou supervisé par des personnes ayant reçu une formation à cet effet. Les analyses devraient être effectuées par du personnel agréé. Des plans d'assurance et de contrôle de la qualité du prélèvement et de l'analyse des échantillons devraient être appliqués et documentés 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.

185. On trouvera dans le document de référence sur les Principes généraux de surveillance, publié par la Commission européenne, davantage d'informations 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 2008/1/CE entre les États Membres de l'Union européenne et les industries concernées (BEPRIP, 2003). Les bonnes pratiques en matière de communication des résultats de surveillance sont décrites à la section 4. 4. 4 des présentes directives.

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

A. Introduction

186. Pour une performance optimale (co-traitement sans émissions additionnelles), les combustibles et matières premières de remplacement devraient être introduits 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.

187. 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 de clinkérisation à 1 450°C permettent 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 une récupération plus efficace de l'énergie par rapport à d'autres techniques de valorisation énergétique des déchets.

B. Exigences opérationnelles

188. Pour co-traiter de façon sûre et responsable, il faut choisir avec soin les points d'introduction dans le système et assurer un contrôle opérationnel intégral des caractéristiques particulières et des volumes des déchets.

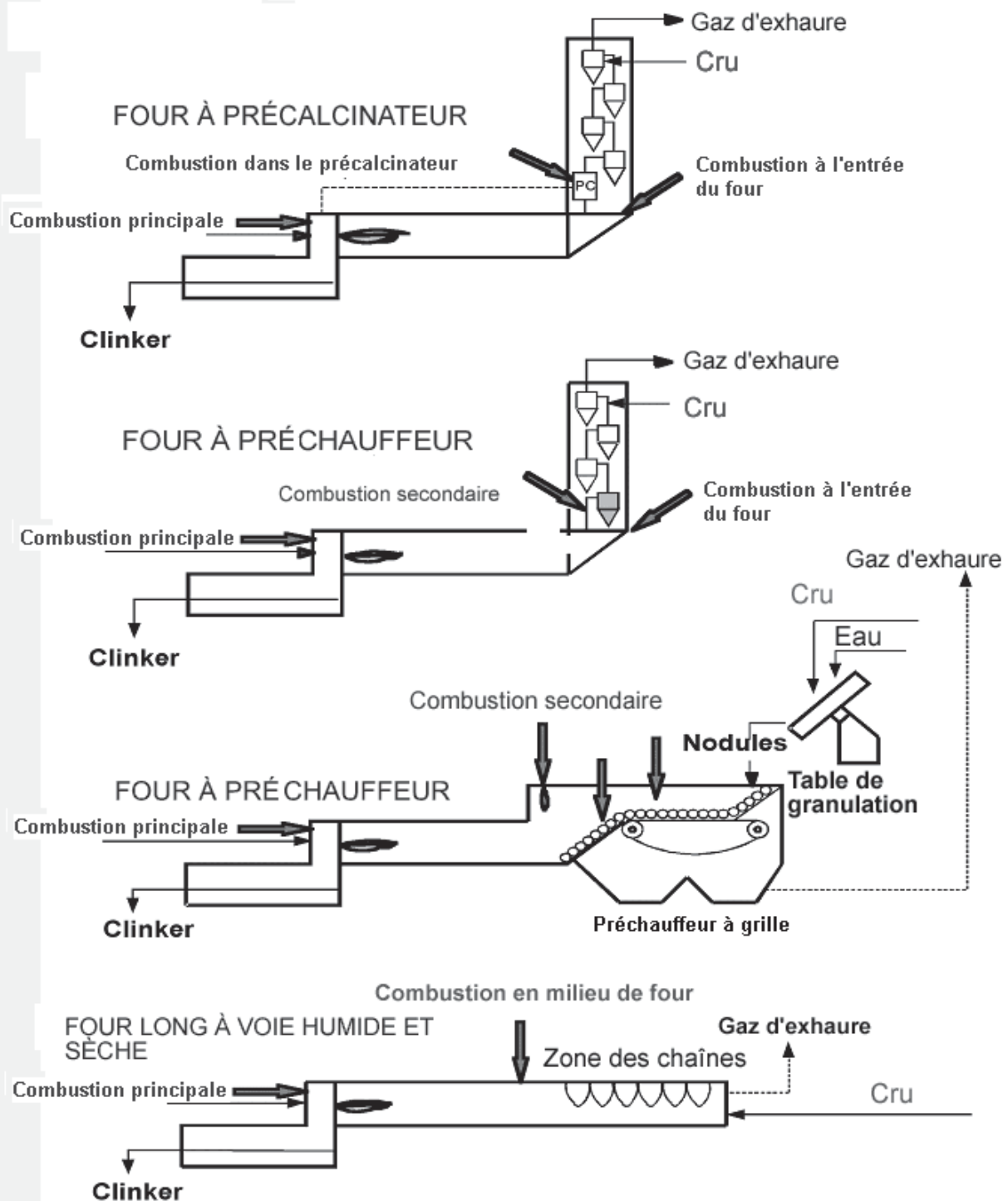
1. Choix des points d'alimentation

189. Il convient de choisir des points d'alimentation adaptés aux caractéristiques physiques, chimiques, toxicologiques et autres caractéristiques pertinentes des déchets (voir la figure III). Différents points d'alimentation peuvent être utilisés, mais les plus courants sont :

- 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

➔ **Points d'alimentation possibles**



190. 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 par la grille d'alimentation dans la partie à haute température pour les fours à préchauffeur/précalcinateur.

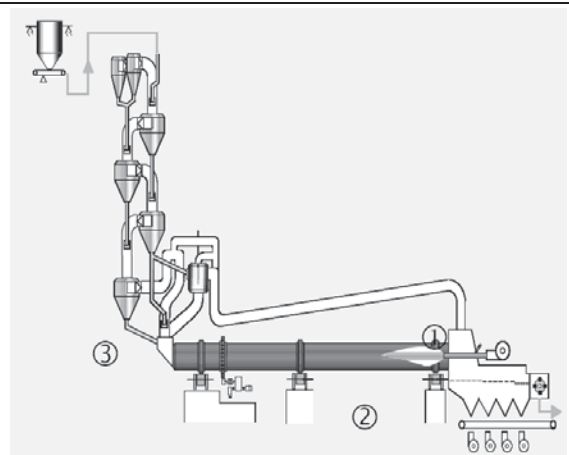
191. Les déchets solides utilisés comme matières premières de remplacement sont généralement introduits dans le système au point d'alimentation normal en cru, tout comme les matières premières classiques. Toutefois, les matières contenant des composants susceptibles de se volatiliser à basse température (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 au 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 les émissions indésirables par la cheminée.

192. Les composés toxiques combustibles présents dans certains déchets dangereux, comme les substances organiques halogénées, doivent être 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 $>1\,800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (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 $>1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (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 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $1\,100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $1\,200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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	$>1\,450\text{ }^{\circ}\text{C}$ (matières) $>1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (température de flamme)	
Temps de séjour au brûleur principal	$>12\text{-}15$ secondes $>1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ $>5\text{-}6$ secondes $>1\,800\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Température au précalcinateur ③	$>850\text{ }^{\circ}\text{C}$ (matières) $>1\,000^{\circ}\text{C}$ (température de flamme)	
Temps de séjour au précalcinateur	$>2\text{-}6$ secondes $>800\text{ }^{\circ}\text{C}$	

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

- 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;
- 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;
- 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 $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant deux secondes;
- D'élever la température à $1\,100\text{ }^{\circ}\text{C}$ en cas de coïncinération de déchets dangereux avec une teneur de plus de 1 % en substances organiques halogénées, exprimées en chlore;
- De prévoir une alimentation continue et constante en déchets;
- 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

194. 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.

195. En cas de perturbation du fonctionnement du four, il faudrait que des consignes 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.

196. 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 chimiques fixées. Il faudrait définir des limites pour l'apport de chlore, de soufre et d'alcali et respecter strictement les valeurs de consigne 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.

197. Pour la stabilité de la combustion et du procédé et aux fins de réduction 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

198. Que l'on utilise ou non des déchets dans une cimenterie, les émissions de poussières (matières particulaires), de NOx 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 les meilleures techniques disponibles pour les empêcher ou les réduire (telles que définies dans l'Union européenne) sont indiquées à l'annexe 2.

199. Les fours à ciment qui co-traitent des déchets dangereux devraient respecter une limite d'émissions pour les PCDD/PCDF de 0,1 ng/Nm³ I-TEQ.¹⁰ Pour d'autres polluants, les législations nationales pertinentes devraient s'appliquer, par exemple :

- a) Chili : Décret suprême n°45, 5 mars 2007;¹¹
- b) Union européenne : Directive 2000/76/CE du Parlement européen et du Conseil du 4 décembre 2000,¹² devant être remplacée en janvier 2014 par la directive 2010/75/UE;¹³
- c) Afrique du Sud : National policy on thermal treatment of general and hazardous waste, Government Gazette (Staatskoerant), 24 juillet 2009;¹⁴
- d) États-Unis : Recueil des règlements fédéraux (Code of Federal Regulations), titre 40, partie 63, section EEE, « National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Hazardous Waste Combustors »¹⁵, et partie 60, section F, « National Emission Standards for Hazardous Air

¹⁰ TEQ au sens de l'annexe C, partie IV, paragraphe 2 de la Convention de Stockholm. Concentration en conditions normales : gaz sec à 11 % de teneur en O₂, 101,3 kPa et 273,15 K.

¹¹ Disponible en espagnol à l'adresse <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=265301>

¹² Disponible à l'adresse <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32000L0076:EN:NOT>

¹³ Disponible à l'adresse <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:334:0017:0119:EN:PDF>

¹⁴ Disponible à l'adresse http://us-cdn.creamermedia.co.za/assets/articles/attachments/22665_not_777.pdf

¹⁵ Disponible à l'adresse <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&rgn=div6&view=text&node=40:11.0.1.1.1&idno=40>

200. Les autorités compétentes devraient envisager de fixer une durée maximale admissible pour les arrêts, perturbations ou défaillances techniquement inévitables des dispositifs d'épuration ou de mesure pendant lesquels les émissions atmosphériques pourraient dépasser les valeurs limites prescrites.

201. Greer (2003) et Karstensen (2008b) décrivent les techniques de contrôle. Les MTD et les niveaux d'émissions qui y sont associés dans l'Union européenne 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.

202. D'autres orientations sur les MTD et des orientations provisoires concernant les MPE pour la prévention ou la réduction au minimum de la formation et des rejets ultérieurs 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 TEQ/Nm³ dans les effluents gazeux des installations nouvelles et existantes ainsi que, pour les cas où ces premières options ne permettent pas de descendre à 0,1 ng TEQ/Nm³, des mesures secondaires qui s'utilisent normalement pour les polluants autres que les POP formés de manière non intentionnelle mais qui pourraient également conduire à une réduction simultanée des émissions de substances chimiques inscrites à l'Annexe C de la Convention de Stockholm. (PNUE, 2007)

2. Poussières des fours et des bypass

203. 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 d'une ligne de production de clinker à l'autre et même d'une période à l'autre au sein d'une même ligne, comprennent des matières particulaires provenant du mélange cru à divers stade de cuisson, des particules de clinker et des particules provenant de l'usure du revêtement en briques réfractaires et/ou monolithique 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 CKD, elles se composent de matières d'alimentation du four entièrement calcinées.

204. Dans l'Union européenne, la MTD pour les déchets de production dans l'industrie cimentière en général consiste à réutiliser autant que possible les matières particulaires recueillies soit dans le procédé soit pour la fabrication d'autres produits commerciaux. (BEPRIP, 2010).

205. 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 permet d'économiser de l'énergie et d'éviter les émissions liées à l'extraction et au traitement de ces minéraux. Il peut être nécessaire de retirer périodiquement du système une partie des poussières en raison de l'augmentation des concentrations d'alcalis, de chlorure et de composés soufrés qui peut 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.

206. Le cas échéant, les CKD non réinjectées dans le processus de production peuvent être récupérées 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 (USEPA, 2011). Ces applications dépendent principalement des caractéristiques chimiques et physiques des CKD.

¹⁶ Limites de NO_x et SO₂ pour tous les fours à ciment construits, modifiés ou reconstruits après le 16 juin 2008. Disponible à l'adresse <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2010-09-09/pdf/2010-21102.pdf>

207. Les principaux facteurs déterminant 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. (USEPA, 2011). Il est recommandé de procéder fréquemment à des essais jusqu'à ce que le degré de variabilité des CKD ait été déterminé.

208. 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 I-TEQ/kg de PCDD/PCDF dans les CKD et une concentration maximum de 96 ng I-TEQ/kg. Cette même étude montre que les niveaux de PCDD/PCDF dans les déchets de l'industrie cimentière 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 TEQ/kg pour les boues d'épuration répandues sur des terres agricoles.

209. 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 concernant les lixiviats métalliques et organiques si elles doivent être éliminées à terre. Il convient de 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 atmosphériques de poussières devraient également être contrôlés.

3. Émissions dans l'eau

210. En général, les rejets d'eaux usées se limitent seulement aux écoulements de surface et à l'eau de refroidissement et ne contribuent pas de manière significative à la pollution aquatique (BEPRIP, 2010). Néanmoins, dans l'Union européenne, l'utilisation de dépoussiéreurs par voie humide est la meilleure technique disponible pour réduire les émissions de SO_x provenant des gaz de combustion des procédés de chauffe du four et/ou de préchauffage/précalcination (BEPRIP, 2010). Dans ce contexte, pour les fours à ciment co-traitant des déchets dangereux et d'autres déchets dans l'Union européenne, les critères de la Directive 2000/76/CE pour les rejets d'eaux usées provenant de l'épuration des effluents gazeux s'appliquent, afin de limiter le transfert de polluants de l'air à l'eau.

4. Contrôle des produits finis

211. Les produits finis 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.

212. 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.

213. Les polluants organiques présents dans les matières introduites dans la zone à haute température du système de four sont presque complètement détruits, alors que les composants inorganiques se divisent entre le clinker et les CKD. En conséquence, l'utilisation de déchets dans la cuisson du clinker peut modifier les concentrations en métaux du ciment produit. En fonction des apports totaux par le biais des matières premières et des combustibles, la concentration de chaque élément dans le produit peut augmenter ou diminuer (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).

214. Comme le ciment s'utilise avec des granulats pour obtenir du béton ou du mortier, c'est le comportement des métaux présents dans ces matériaux de construction qui importe 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 la matrice 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).

215. Les principaux résultats des 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'essai, approcher des limites fixées par les normes relatives à l'eau de boisson; le chrome hexavalent contenu dans le ciment est soluble dans l'eau et peut être lixivié à partir du béton en quantités plus élevées que les autres métaux, de 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 le mortier ou le béton est broyé ou morcelé (par exemple pour utilisation comme granulats dans les fondations de routes ou en vue de leur 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.

216. 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 directe des structures en béton aux eaux souterraines (applications « primaires »);
- b) Exposition du mortier ou du béton à de l'eau de boisson dans le réseau de distribution (conduites en béton) ou les systèmes de stockage (cuves en béton) (applications couvrant la durée de vie utile);
- c) Réutilisation de débris de béton démolis et recyclés dans de nouveaux granulats, pour la construction de routes, remblais de barrages, etc. (applications « secondaires » ou de « recyclage »);
- d) Mise en décharge de débris de béton démolis (applications de « fin de vie »).

217. Un choix rigoureux et une surveillance attentive des déchets permettent d'éviter que leur utilisation n'entraîne des émissions de métaux en quantités dommageables pour l'environnement (BEPRIP, 2010). Il convient toutefois, dans les cas où les concentrations de métaux lourds dépassent les valeurs normales constatées dans les ciments fabriqués sans déchets, de procéder à des essais de lixiviation sur le mortier et/ou le béton (GTZ/Holcim, 2006).

218. Pour les scénarios d'exposition du béton et du mortier dans la pratique, différents tests de lixiviation et procédures d'évaluation devraient être appliqués. Bien qu'on dispose de procédures d'essai normalisées pour vérifier la conformité à la réglementation en matière de gestion des déchets et aux normes relatives à l'eau de boisson, des procédures harmonisées et standardisées pour les scénarios d'exposition susmentionnés restent nécessaires. Une vérification indépendante par un laboratoire d'essais homologué est recommandée au moins une fois par an.

D. Surveillance

219. Il convient de surveiller les émissions pour permettre aux autorités de vérifier le respect des conditions énoncées dans les autorisations d'exploitation et dans la réglementation et aider les exploitants à gérer et à contrôler le processus de manière à empêcher les rejets dans l'atmosphère.

L'autorité compétente est tenue de définir des exigences appropriées en matière de qualité et d'envisager diverses mesures de protection. Aux fins de l'évaluation de la conformité, l'utilisation des éléments suivants est considérée comme une bonne pratique (BEPRIP, 2003) :

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

220. Pour les activités d'auto-surveillance, il peut suffire d'utiliser des systèmes reconnus de gestion de la qualité, avec des vérifications périodiques par un laboratoire externe accrédité, au lieu de se faire accréditer officiellement (BEPRIP, 2003).

221. 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

222. 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).

223. Dans l'Union européenne, 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 du procédé et des émissions sur une base régulière (BEPRIP, 2010), notamment :

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

2. Surveillance des émissions

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

- a) Débit des effluents gazeux;
- b) Humidité;
- c) Température;
- d) Poussières (matières particulaires);
- e) O₂;
- f) NO_x;
- g) SO₂;
- h) CO.

225. 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 convient d'établir un programme d'assurance de la qualité pour évaluer et contrôler la performance des SCCE de façon continue.

226. 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.

227. Selon le BEPRIP (2010), la MTD consiste à assurer la surveillance et la mesure à intervalles réguliers des paramètres du procédé et des émissions, par exemple :

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

228. En outre, pour les fours à ciment cotraitant des déchets dangereux et autres dans l'Union européenne, 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.

229. Il est aussi possible de mesurer et de surveiller en permanence le NH₃ ainsi que le Hg et de doser les PCDD/PCDF et les PCB en continu pendant une période de 1 à 30 jours (BEPRIP, 2010).

230. 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.

231. 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, PCB, y compris les congénères coplanaires, chloronaphthalènes, etc.).

232. Si le but du co-traitement est l'élimination de déchets dangereux contenant des POP qu'il faut détruire ou transformer irréversiblement, il convient de déterminer le RED (PNUE, 2007) et de se reporter aux Directives techniques générales actualisées pour la gestion écologiquement rationnelle des déchets constitués de polluants organiques persistants (POP), en contenant ou contaminés par ces substances (SCB, 2007).

3. Surveillance de l'environnement

233. 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 les bâtiments ou autres constructions n'interféreront pas beaucoup avec elle.

4. Dispositions relatives à l'établissement des rapports

234. Le rapport de surveillance doit résumer et 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)

235. 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).

236. Les bonnes pratiques en matière de rapports de 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.

237. 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)

238. 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).

VI. Références

Achternbosch, M., Brautigam, K.R., Hartlieb, N., Kupsch, C., Richers, U., Stemmermann, P. and 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. Forschungszentrum Karlsruhe. <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA6923.pdf> [Consulté le 27 septembre 2011]

Battelle (Institut de Battelle). 2002. Toward a Sustainable Cement Industry. Commandité par le WBCSD. Disponible à l'adresse <http://www.wbcd.org/web/publications/battelle-full.pdf> [consulté le 24 mai 2009]

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. "Best Available Techniques" for the Cement Industry, A contribution from the European Cement Industry to the exchange of information and preparation of the IPPC BAT Reference Document for the cement industry. Bruxelles. Disponible à l'adresse http://www.coprocem.com/documents/holcim-cembureau-bat-1999.pdf/at_download/file [Consulté le 27 septembre 2011]

CEMBUREAU (Association européenne du ciment). 1999b. Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production: A Life-cycle Approach. Bruxelles. Disponible à l'adresse

http://www.coprocem.com/documents/cembureau_afr.pdf/at_download/file [Consulté le 27 septembre 2011]

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/sites/default/files/Sustainable%20cement%20production%20Brochure.pdf> [consulté le 27 septembre 2011]

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 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.

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/BEPRIP/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 ftp://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.coprocem.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,lnp6I0NTU042I2Z6ln>

1ad1IZn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFeyR6fGym162epYbg2c_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]

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://coprocem.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. Disponible sur <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur20769en.pdf> [consulté le 27 septembre 2011]

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.

USEPA (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]

USEPA (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]

USEPA (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/sectors/pdf/energy/report.pdf> [consulté le 2 mars 2009]

USEPA (Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis). 2011. Materials Characterization Paper in Support of the Final Rulemaking: Identification of Nonhazardous Secondary Materials That Are Solid Waste Cement Kiln Dust (CKD). 3 février 2011. Disponible à l'adresse <http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=EPA-HQ-RCRA-2008-0329-1814> [consulté le 19 octobre 2011]

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>

WBCSD (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 : WBCSD. Disponible à l'adresse <http://www.wbcds.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.

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. L'analyse des émissions des fours à ciment pour détecter la présence éventuelle de substances chimiques organiques lors de l'incinération de matières dangereuses se pratique depuis les années 1970, époque à laquelle la valorisation de déchets en cimenterie a été envisagée pour la première fois. Lauber (1987), Ahling (1979) et Benestad (1989) décrivent certains des essais initiaux effectués dans des fours aux États-Unis, en Suède et en Norvège, qui ont confirmé que les fours à ciment pouvaient détruire les éléments organiques des déchets. Par exemple, les RED mesurés pour des substances chimiques comme le chlorure de méthylène, le tétrachlorure de carbone, le trichlorobenzène, le trichloroéthane et les PCB sont généralement de 99,995 %, voire plus.
2. Les études approfondies menées sur les émissions produites lorsque seul un combustible classique comme le charbon était utilisé et lorsque des déchets dangereux étaient introduits ont généralement montré qu'il n'existait aucune différence sensible entre les deux. Branscome et al (1985) n'ont ainsi constaté aucune augmentation statistiquement significative des taux d'émission lorsqu'on brûlait des déchets (à la place du charbon). Les 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 70, 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 supérieur à 99,995 % et 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 80 ont continué à démontrer qu'il était possible d'obtenir un RED élevé pour les constituants organiques des déchets dangereux utilisés comme combustibles en cimenterie. Les résultats d'essais d'incinération dans un four à ciment à voie humide et dans un autre à voie sèche illustrent les valeurs typiques obtenues. 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, le RED s'est avéré supérieur à 99,99 % dans la majorité des cas. 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 90 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 produit de combustion incomplète 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 la 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 produits de combustion incomplète. 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 un RED supérieur à 99,9999 % pour tous les pesticides.

D. Résultats d'essais d'incinération récents

10. Un essai d'incinération de deux composés d'insecticides chlorés périmés 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 du 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 I-TEQ/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 produits de combustion incomplète 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 produits de combustion incomplète normalement émis 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'USEPA, 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 70 et 80 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
	Fréon 113	> 99,99986
Brevik (Norvège)	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 : USEPA (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 produits de combustion incomplète est une question qui préoccupe généralement beaucoup le public. Certains essais en four ont fait apparaître des augmentations mineures des taux de ces produits par suite de l'incinération de déchets. Toutefois, des essais effectués dans des installations fonctionnant au charbon démontrent que les produits de combustion incomplète 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'USEPA conclut qu'il n'est pas confirmé que ce sont des produits de combustion incomplète 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 presque complètement détruites à la fois par pyrolyse et oxydation.

Annexe II

Sources d'émissions atmosphériques

A. Matières particulaires

1. Les procédés de fabrication du ciment comportent des traitements thermiques des matières (séchage, chauffage, calcination, clinkérisation, refroidissement) par contact direct avec des gaz chauds. Ils comportent également des étapes de convoyage pneumatique, de classification et de séparation des matières. À l'issue de chaque opération, l'air, les gaz et les matières pulvérisées doivent être séparés. Une séparation incomplète entraîne des émissions de poussières par la cheminée principale du four/moulin à cru, la cheminée du refroidisseur de clinker, les cheminées des moulins à ciment et les sorties d'air des dépoussiéreurs aux points de transfert des matières.
2. 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 une moyenne inférieure à 10 mg/Nm³ (niveau d'émission associé à la MTD ou NEA MTD) sur la période d'échantillonnage (mesures ponctuelles pendant au moins une demi-heure) par épuration 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 résiduels (matières particulaires) grâce au nettoyage à sec des gaz d'exhaure à l'aide d'un filtre. La moyenne journalière pour le NEA MTD est <10-20 mg/Nm³. Le niveau le plus bas est atteint avec des filtres à manche ou des filtres électrostatiques neufs ou rénovés. (BEPRIP, 2010).

B. Oxydes de soufre

3. 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.
4. 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.
5. Dans l'Union européenne, la MTD pour les émissions de SO_x consiste à les maintenir à un faible niveau ou à réduire celles dues aux gaz de combustion produits 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)
6. 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.

C. Oxydes d'azote

7. Sur les quatre mécanismes de formation de NO_x dans les fours à ciment, les plus importants sont ceux qui en produisent à partir de l'air de combustion et du combustible. Les NO_x thermiques proviennent de l'oxydation d'azote atmosphérique 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.
8. Les NO_x provenant du combustible résultent de l'oxydation d'azote dans le combustible à toute température de combustion. 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.
9. 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 une part modeste à la production totale de NO_x.

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

11. Dans l'Union européenne, la MTD consiste à réduire les quantités de NO_x émises dans les gaz de combustion produits par les procédés de chauffe du four en appliquant les mesures/techniques suivantes, individuellement ou en combinaison (BEPRIP, 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.

12. Les niveaux d'émission associés à la MTD pour les NO_x sont les suivants (BEPRIP, 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 si 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 combustibilité des 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 minimale de 200 mg/Nm³ en moyenne mensuelle n'a été signalée que dans trois cimenteries (utilisation d'un mélange facile à brûler).

D. Oxydes de carbone

13. Le CO est un produit de combustion incomplète 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.

14. Toutefois, quand on recourt à une combustion en atmosphère appauvrie 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 émise par un four à ciment provient pour moitié environ des matières premières et pour le reste du processus de combustion. Elle 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 (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 produits de combustion incomplète 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/Nm^3 , mais atteignent parfois 500 mg/Nm^3 .

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

F. Gaz acides

20. Tous les oxydants nécessaires à la conversion de SO_2 en trioxyde de soufre (SO_3) sont présents dans les produits de combustion des combustibles fossiles. Les cimenteries peuvent donc donner lieu à des émissions de SO_3 et/ou de brouillard de H_2SO_4 . Les émissions de H_2SO_4 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/PC¹⁷ < 10 mg/Nm^3 ; fours à voie humide, jusqu'à 80 mg/Nm^3 .

24. Dans l'Union européenne, la MTD consiste à maintenir la moyenne journalière des émissions de HCl ou leur moyenne sur la période d'échantillonnage (mesures ponctuelles, pendant au moins une demi-heure) en dessous de 10 mg/Nm^3 (NEA MTD) 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 la moyenne journalière des émissions de HF ou leur moyenne sur la période d'échantillonnage (mesures ponctuelles pendant au moins une demi-heure) en dessous de 1 mg/Nm^3 (NEA MTD) 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)

G. Ammoniac

26. Le NH_3 présent à l'état de traces dans les gaz résiduels d'une cimenterie résulte probablement de la pyrolyse de composés azotés 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.

27. 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 .

¹⁷

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

H. Benzène

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

29. Les émissions sont normalement de 1 à 2 mg/Nm³; elles peuvent atteindre 3 mg/Nm³ et plus dans de rares cas.

I. Métaux lourds

30. 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 dépoussiérage) 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.

31. 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 mg/Nm³ en cas d'apports excessifs de matières.

32. Dans l'Union européenne, la MTD pour les émissions de métaux consiste à minimiser les quantités de métaux émises dans les gaz résiduels produits par les procédés de chauffe du four en appliquant les mesures ou techniques suivantes, individuellement ou en combinaison (BEPRIP, 2010):

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

33. 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 mg/Nm³. Des mesures/techniques supplémentaires telles que celles décrites dans BEPRIP (2010) doivent être envisagées en cas de valeurs proches de 0,05 mg/Nm³.

J. Polychlorodibenzo-p-dioxines et polychlorodibenzofuranes

34. Les dioxines, furanes ou précurseurs avancés que les matières premières classiques (rarement) ou les déchets utilisés comme matières premières de remplacement pourraient contenir 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 réduction 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.

35. 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).

36. Dans une enquête effectuée par le CEMBUREAU, les mesures des PCDD et 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 I-TEQ/m³. La fourchette des concentrations mesurées allait de < 0,001 à 0,163 ng I-TEQ/m³. Toutes les mesures étaient exprimées en données ramenées aux conditions normales (gaz sec, 273 K, 101,3 kPa et 10 % de O₂).

37. 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 TEQ/Nm³ (71 fours) et de 0,030 ng TEQ/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 TEQ/Nm³; les valeurs minimum et maximum mesurées étaient de 0,0001 et de 0,292 ng TEQ/Nm³, respectivement, et pour neuf fours longs à voie humide, la valeur dépassait 0,1 ng TEQ/Nm³. Dans le cas des 29 mesures provenant de pays non membres de l'OCDE, la valeur moyenne était de 0,0146 ng TEQ/Nm³; les valeurs minimum et maximum mesurées étaient respectivement de 0,0002 et 0,074 ng TEQ/Nm³, et aucune mesure ne dépassait 0,1 ng TEQ/Nm³.

38. 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 TEQ/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 TEQ/Nm³.

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

- a) Sélectionner et contrôler soigneusement les matières premières introduites dans le four (teneur en chlore, en cuivre et en composés organiques volatils);
- b) Sélectionner et contrôler soigneusement les combustibles introduits dans le four (teneur en chlore et en cuivre);
- c) Limiter/éviter l'emploi de déchets contenant des matières organochlorées;
- d) Éviter l'utilisation de combustibles à forte teneur en halogènes (comme le chlore) dans la chambre de combustion secondaire;
- e) Refroidir rapidement les gaz d'exhaure à moins de 200°C et réduire au minimum le temps de séjour des gaz de combustion et la teneur en oxygène dans les zones où la température est comprise entre 300 et 450°C;
- f) Ne pas co-incinérer des déchets lors d'opérations comme, par exemple, le démarrage ou l'arrêt du four.

40. Les NEA MTD sont <0,05-0,1 ng de PCDD/PCDF I-TEQ/Nm³ en moyenne sur la période d'échantillonnage (6 à 8 heures) (BEPRIP, 2010).

K. Hexachlorobenzène et polychlorobiphényles

41. 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 TEQ/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)

www.basel.int

Secretariat of the Basel Convention

International Environment House

11-13 chemin des Anémones

1219 Châtelaine, Switzerland

Tel : +41 (0) 22 917 82 18

Fax : +41 (0) 22 917 80 98

Email : sbc@unep.org