INCINERATION DE SURPLUS DE PESTICIDES DANS DES FOURS A CIMENT AU MAROC

ETUDE DE FAISABILITE, SEPTEMBRE 1991

Communication de

David A. Evans
Professeur de Biologie
au Collège de Kalamazoo
et AAAS Fellow à l'A.I.D.

et de

Gudrun M. Huden
Division Prévention, Assistance et Préparation
Office d'assistance des Etats-Unis en cas de catastrophe à l'étranger Bureau d'assistance alimentaire et humanitaire
Agence pour le Développement International

Introduction

Une équipe comprenant du personnel et des consultants de l'A.I.D à Washington, de l'USAID à Rabat et de l'Office Allemand de la Coopération Technique (GTZ) s'est rendue au Maroc en septembre 1991 pour étudier la faisabilité de l'incinération de surplus de pesticides dans des fours à ciments au Maroc. Les conclusions de l'équipe concernant les fours à ciment et les stocks de pesticides font l'objet des rapports joints en annexe. Faisaient partie de l'équipe :

Richard Bolwerk, Consultant de GTZ, Ingénieur anti-pollution
Torben Enkegaard, AID/W, Consultant, Ingénieur en ciments
David Evans, AID/OFDA, AAAS Fellow, Environnement
Said Ghaout, DPVCTRF, Entomologist
Gudrun Huden, AID/OFDA, Responsable environnement
Joe Kitts, USAID/Rabat, Projet de lutte contre les locustes
Wolfgang Schimpf, Projet Pesticide GTZ

Remerciements

Cette étude sur place s'inscrit dans l'excellent climat de coopération existant entre l'Agence pour le Développement International (A.I.D) et l'Office Allemand de la Coopération Technique (GTZ) dans le domaine de l'élimination des pesticides. L'Office d'assistance des Etats-Unis en cas de catastrophe à l'étranger (OFDA) est reconnaissant au projet Pesticide de GTZ d'avoir bien voulu le faire bénéficier du concours de M. Wolfgang Schimpf (Ingénieur) qui a prélevé des échantillons dans les différents dépôts, de les avoir fait analyser et d'avoir généreusement mis à sa disposition les services de consultance de M. Richard Bolwerk (Ingénieur).

Nous sommes également reconnaissants à la compagnie Fuller de Pennsylvanie d'avoir fait en sorte avec F.L Smith du Danemark que Torben Enkegaard entreprenne cette étude et à Joe Kitts et Erik Loken de l'USAID Rabat du soin avec lequel ils ont organisé et facilité ce déplacement. Nous sommes aussi très reconnaissants à Said Ghaout pour son expertise, qui nous a permis de mieux comprendre l'évolution des problèmes dans un context historique.

Historique

L'accumulation de pesticides périmés constitue un problème dans un certain nombre de pays. Bien souvent, ces pesticides ont été achetés pour lutter contre les sauterelles ; ces achats se sont traduits au fil du temps par le stockage prolongé de quantités croissantes de matières toxiques dans des conditions laissant à désirer. L'utilisation de certains de ces produits pour lutter contre les insectes n'est plus recommandée (par exemple, les pesticides à base d'hydrocarbures chlorés) et d'autres se sont détériorés, tandis que l'état des fûts de stockage s'est dégradé au point de conduire à des écoulements ou à des débordements. Les risques encourus tant par la santé humaine que l'environnement sont importants et permanents, les collectivités situées près de ces dépôts étant particulièrement vulnérables à cet égard.

Les campagnes de lutte contre les sauterelles qui ont eu lieu pendant de nombreuses années au Maroc se sont traduites par l'accumulation d'un important stock de pesticides, dont les deux principaux sont :

- le BHC : (Hexachlorure de benzène, 1.800 tonnes), sous forme liquide, de poudre et de son de blé : périmé, il n'est plus utilisé dans la lutte contre les insectes. Le produit liquide est stocké dans des fûts très corrodés ; la poudre et le son sont placés dans des sacs en papiers.

- le Malathion : (Organophosphate, 300.000 litres), sous forme de liquide ULV. L'analyse des échantillons prélevés en septembre 1991 par GTZ sur les trois dépôts n'a fait apparaître qu'une détérioration étonnamment faible, voir inexistante bien que l'étiquetage de ces produits fasse état d'une limite de validité de trois ans et que ceux-ci aient été stockés à des températures élevées. (Nota : les fûts de Malathion Cyanamide américain ont été victimes d'une corrosion prématurée et inattendue).

L'incinération dans des fours à ciments comme technique de destruction

L'incinération à haute température constitue un moyen utile de destruction de pesticides. Les températures de combustion des pesticides se situant dans une fourchette d'environ 400-900 C°, il convient d'avoir recours à des températures très nettement plus élevées pour obtenir une incinération fiable (les fours à ciment fonctionnent entre 1200 et 1500 C°). De températures plus basses résulterait une destruction incomplète des pesticides et des rejets toxiques incontrôlés dans l'atmosphère. Bien que l'incinération de tels composés dans des incinérateurs spécialisés soit un moyen efficace de procéder à leur destruction, cette méthode est coûteuse ; des installations "mobiles" adaptées doivent être louées et importées, ou construites sur un emplacement fixe déterminé.

L'incinération dans des fours à ciment est une méthode très prometteuse de destruction de matières dangereuses. Les températures et temps de séjour sont plus élevés dans ce type de fours que dans les incinérateurs de matières toxiques et il en résulte une destruction complète des composés organiques les plus stables au bout de deux secondes. Les fours à ciment ont été utilisés ces 20 dernières années pour détruire des déchets toxiques dans les pays industrialisés ; des campagnes d'élimination de surplus de pesticides ont été menées avec succès en Malaisie et au Pakistan, une étant actuellement en cours au Népal sous le patronage du PNUD. Le Groupement International des Associations Nationales de Fabricants de Produits Agrochimiques (GIFAP) considère que ce procédé constitue un moyen efficace et peu coûteux de destruction des pesticides et le recommande.

Les déchets toxiques ont souvent un contenu énergétique élevé, ce qui entraîne des économies substantielles de combustibles primaires pour le cimentier. Ce procédé permet aux pays d'être auto-suffisants dans le domaine des surplus de pesticides et peut s'appliquer également pour l'élimination d'autres matières toxiques ou de déchets "difficiles" tels que les pneus usagés.

L'étude AID/GTZ de faisabilité au Maroc

L'équipe AID/GTZ s'est rendue sur certains des principaux lieux de stockage de pesticides, dont le Centre National de Lutte Anti-acridienne de Ait-Melloul et ceux de Foum-El-Hissen, de Taroudant et de Tiznit. Ces dépôts et d'autres ont fait l'objet de diverses descriptions dans des rapports établis entre autres par Mrs. Krueger et Jackson. L'équipe AID/GTZ avait comme préoccupation essentielle de procéder à une évaluation plus qualitative que quantitative de la situation, au terme de laquelle le Gouvernement du Maroc et nous-mêmes sommes tombés d'accord pour estimer que le problème de l'élimination de ces produits sans usage était à la fois considérable et très urgent.

Echantillonnage et analyse : Des échantillons de formules liquide et poudre (20 ml et 100 g) ont été prélevés à F. El Hissen, Taroudant et Tiznit tandis que des échantillons de sols visiblement contaminés (150 g) ont été recueillis en surface et à 30 centimètres de profondeur au dépôt de Tiznit. L'analyse devait déterminer le pourcentage d'élément actif, les produits de décomposition, le solvant des formules liquides de BHC et les produits ayant contaminé le sol. GC/GC-MS ont été les méthodes employées par le Laboratoire de Contrôle des Formules et le Laboratoire de résidus de pesticides de GTZ.

Contrairement à ce que l'on pensait, le BHC liquide étiqueté comme contenant 10 ou 15 % d'ingrédient actif s'est révélé avoir une teneur trois fois plus importante (jusqu'à 51 %) ; de la même façon, celle des formules en poudre était trois à quatre fois plus importante que celle indiquée. La teneur du Malathion marqué 95 ou 96 % allait de 87 à 96 pourcent ; le produit est encore jugé en bon état de conservation et utilisable. Le sol s'est avéré très contaminé, essentiellement par du BHC. (Nota : Torben Enkegaard estime que le volume des sols contaminés à détruire pourrait se monter à 1.000 m^3). Le détail des analyses d'échantillons est joint en annexe au rapport.

L'équipe a visité deux des neuf cimenteries du Maroc : "Asmar" à Marrakech et "CIOR" à Oujda. Le consensus technique de l'équipe a été que la cimenterie ASMAR, bien que n'étant pas idéale, pourrait être adaptée (sans changement majeur aux installations) pour traiter les trois types de pesticides à détruire : liquides, solides et sols contaminés. Le four à ciment d'Oujda a été éliminé comme lieu de destruction de pesticides car il n'est pas en mesure de traiter l'importante quantité de composés organiques chlorés (BHC).

Caractéristiques nécessaires pour qu'une cimenterie convienne pour l'élimination de pesticides

L'étude des spécifications d'autres cimenteries marocaines, publiées dans Cembureau, World Cement Directory, 1991, conduit à penser que certaines d'entre elles présentent des caractéristiques techniques plus favorables que celles des installations visitées par l'équipe. On trouvera dans les rapports joints une présentation de ces éléments et des cimenteries susceptibles de convenir pour l'élimination des pesticides.

Le cimentier a pour principal souci de minimiser la quantité de Cl dans le four. L'introduction de BHC conduit à un accroissement du contenu en Cl mais il est possible de prendre des dispositions pour maintenir la teneur correspondante dans des limites acceptables. Une méthode consiste à installer un by-pass permettant l'extraction de Cl au cours de la fabrication, ce qui – comme le fait observer l'ingénieur responsable de l'usine ASMARA – est nécessaire (et déjà prévu) pour se placer dans des conditions optimales de fabrication. Les systèmes de fours ouverts, tels que les fours Lepol et les fours longs, secs ou humides, sont capable de supporter des quantités de Cl plus importantes. Les rapports joints étudient également les caractéristiques nécessaires pour l'incinération des deux types de pesticides (les organochlorés et les organophosphates) et les formules qui, à un taux d'introduction limité, ne compromettent pas l'efficacité du processus de fabrication du ciment.

Conditions nécessaires à une campagne d'élimination de pesticides

1) Une phase pilote destinée à réunir des échantillons de l'alimentation du four et des produits de combustion rejetés dans l'atmosphère, puis à les analyser. Une analyse d'échantillons de matières premières et de sol recueillis à l'intérieur d'une zone délimitée, dans le sens des vents dominants à partir de l'usine ("rejets maximum") est également effectuée. Il sera nécessaire de pouvoir faire appel aux services du Laboratoire National d'Analyses de Casablanca en bénéficiant d'une priorité élevée. L'étude des conditions normales d'incinération permettra d'établir ses principales caractéristiques, de façon à permettre ensuite un rapprochement de celles-ci avec les rejets ultérieurs lors de l'incinération de pesticides. Les principaux paramètres qui seront recueillis sont :

Oxygène (O_2), Bioxyde de carbone (CO_2), Monoxyde de carbone (CO), Carbone total (C), Poussières (en mg/m^3), teneur en soufre, dioxifurans, produits de combustion incomplète (PCI), teneur en poussières, températures d'introduction des matières premières, température du clinker en sortie de four, valeur de la dépression dans la zone de feu.

2) Désignation du ministère responsable en premier lieu de la planification et de la réalisation des phases pilote et d'exécution. Il est indispensable de préciser clairement les responsabilités respectives et les pouvoirs de décision des participants avant d'aller plus loin. On peut envisager de confier la charge de l'opération au ministère de l'intérieur ou de l'agriculture, ou à la Gendarmerie Royale. Le ministère de la santé, parmi d'autres, devra participer activement aux questions de sécurité et à leur suivi. (Si nécessaire, les donateurs pourront assurer une formation dans ce domaine).

3) Approbation par le Conseil d'Administration des Directeurs de l'usine (si celle-ci est privée) et/ou par l'association des producteurs de ciment.

4) Lancement d'une campagne efficace d'information des employés des cimenteries, des résidents des collectivités voisines et de la presse, bien avant le début de l'exécution du projet. Il convient de souligner l'importance accordée à la sécurité de la population et de l'environnement ; des porte-paroles de milieux scientifiques et d'autorités civiles devront participer à des débats publics au cours desquels les préoccupations de chacun pourront s'exprimer et être apaisées.

<u>Questions relatives à la sécurité et à l'environnement</u>

On dispose de suffisamment de preuves pour pouvoir affirmer catégoriquement que les rejets de cheminée ne seront pas plus dangereux que ceux se produisant lors du processus "normal" de production de ciment. Le suivi des rejets est un élément capital de la phase pilote de toute opération de destruction. Le projet adoptera deux séries principales de normes internationales relatives aux rejets : USEPA (Etats-Unis) et TA Luft (Allemagne). Les éléments à tester sont les suivants : DRE, CO, HCl, SO_2 SO_4 PO_4 Il conviendra de prêter attention à l'emplacement (ou aux emplacements) de mesure des rejets, à la possibilité de procéder en continu au suivi du processus d'incinération et de s'assurer que toutes les sondes correspondantes sont en bon état.

La sécurité pendant le transport de stocks de pesticides vers les installations dans lesquelles il sera procédé à leur destruction dans un four à ciment doit prendre en considération les facteurs suivants :

- Distance séparant les stocks du four.

- Qualité des routes : le revêtement des routes du Maroc est généralement en bon état mais les routes d'accès aux dépôts présentent quelques passages difficiles. Il convient d'éviter autant que possible les pentes raides et sinueuses des routes traversant le massif de l'Atlas. En règle générale, les routes sont relativement étroites et il est nécessaire de disposer d'une escorte militaire équipée de moyens de communication radio pour assurer le contrôle de la circulation.

- Calendrier : Il est préférable d'effectuer le transport pendant la saison sèche pour éviter l'inondation de routes – le moment idéal étant mars ou avril, avant les fortes chaleurs de l'été.

- Bouchons : Les itinéraires de transport doivent éviter de traverser les villes et villages quand cela est possible.

- Consulter également le plan logistique du rapport sur la campagne de destruction de pesticides au Pakistan ainsi que "Lessons Learned from the Niger Dieldrin Disposal Plan" (mai 91, sous presse).

Les mesures destinées à assurer la sécurité lors de la manipulation de pesticides comprendront :

- La formation de l'ensemble du personnel participant à la manipulation ou au transport de pesticides.

- Un équipement adéquat de protection et une instruction sur la façon de l'utiliser.

- L'évaluation des méthodes les plus adaptées à la manipulation des stocks contenus dans des fûts corrodés de façon à limiter au strict minimum les mouvements dont ils feront l'objet et éviter les fuites : soit pompage dans des camions-citernes ou des capacités sur place dans le dépôt déjà contaminé ou conditionnement des fûts détériorés et évacuation vers le lieu d'incinération.

- Présence de secours médicaux.

- Equipement de lutte contre les déversements et formation correspondante.

- Nettoyage des fûts vides ; élimination des produits de rinçage et des fûts.

- Dispositions en vue de la réception, du stockage, du mélange et de la manipulation des produits à éliminer sur les lieux d'implantation du four.

Coûts

Les coûts présentés ci-après concernent les modifications à apporter sur les lieux de destruction des pesticides.

Il y a lieu de prévoir d'autres dépenses pour l'élaboration du plan relatif aux questions logistiques et à la sécurité du site, à la manipulation et au transport des pesticides, aux équipements de protection, à l'entraînement sécurité et aux relations publiques et avec les médias. La plupart de ces dépenses ne devraient pas nécessiter une aide importante de la part des donateurs.

Broyeuses, tubes, ventilateur, souffiante, dispositifs de coupures :	100.000 dollars
Injecteur et accessoires :	20.000 dollars
Modifications au brûleur, système d'injection de liquides (Pillard)	10.000 dollars
Dispositif d'alimentation : compresseur, pompes, débit-mètre, filtre à poussières, vannes, etc.	50.000 dollars

Equipement de laboratoire, fournitures	20.000 dollars
Réservoirs, préparation, station de transfert	50.000 à 250.000 dollars
Construction de cuvettes de rétention, d'aires de chargement, de rampes	50.000 dollars
Protection des surfaces	50.000 à 80.000 dollars
TOTAL	de 350.000 à 580.000 $.

(L'installation d'un système de by-pass pour les chlorures coûterait approximativement 1.000.000 dollars ; une telle installation est prévue en 1992 pour l'usine ASMARA en tout état de cause, ainsi que diverses autres améliorations).

Recommandations et plan d'action

Compte tenu du coût comparé d'autres méthodes de destruction (parmi lesquelles l'expédition vers l'Europe pour incinération dans un incinérateur spécialisé ou destruction par incinération dans un incinérateur "mobile" loué d'un coût estimé de 13 dollars par litre), la méthode de destruction par incinération dans un four à ciment présente des avantages très convaincants. Bien qu'il convienne de tout mettre en oeuvre pour limiter les surplus de pesticides et l'accumulation d'autres déchets par une meilleure gestion, il existera toujours un besoin de détruire des produits périmés et des déchets industriels. S'il disposait d'une cimenterie équipée de façon à permettre l'incinération de telles matières dangereuses, le pays n'aurait pas à rechercher périodiquement des solutions à haute intensité de capital à l'étranger. C'est dans cette optique qu'il est recommandé au gouvernement du Maroc de procéder au choix de l'usine la mieux adaptée.

Le travail correspondant, quoique complexe, n'est pas aussi redoutable qu'il n'y paraît lorsque l'on considère la liste des démarches individuelles à effectuer, dans leur ordre chronologique approximatif. Pourvu que la volonté de le réaliser existe, le projet apparaît faisable avec une assistance extérieure minimale. Bien sûr, il existe des sociétés spécialisées dans le traitement des déchets effectuant un travail clé en main, moyennant finances.

a) S'assurer de la volonté du gouvernement du Maroc de disposer d'un système de destruction de matières toxiques capable de faire face aux besoins futurs.

b) Evaluation du coût d'autres méthodes de destruction, répondant tant aux besoins immédiats qu'aux besoins à long terme.

c) Décider des responsabilités : Service responsable.

d) Permettre aux consultants d'examiner librement d'autres fours à ciment de façon à déterminer quelle cimenterie est la mieux adaptée.

e) Désigner une cimenterie et obtenir l'accord (écrit) de l'industriel ainsi que celui des divers ministères et autorités concernées.

f) Permettre à un ingénieur cimentier marocain de visiter une cimenterie brûlant des matières toxiques en Europe, aux Etats-Unis ou au Canada.

g) Elaborer les spécifications nécessaires pour l'adaptation du four (consultant).

h) Mettre au point une campagne de sensibilisation et d'information du public (consultant en liaison avec des scientifiques et spécialistes marocains de l'environnement)

i) Mise au point d'un plan logistique

j) Faire un appel d'offres pour les équipements et les matériaux à importer, passer les marchés correspondants.

k) Elaboration un plan de sécurité du site.

l) Commencer la formation à la manipulation des pesticides, à la sécurité du site et à la lutte contre les déversements.

m) Réception (sans droits de douane) des équipements et installation de ceux-ci.

n) Construction des dispositifs de manipulation et de rétention aux environ du four.

o) Ramassage des pesticides et transport par camions vers le site pour l'opération pilote.

p) Analyse d'un lot d'échantillons de pesticides pour l'opération pilote (laboratoire de Casablanca); détermination du taux d'alimentation.

q) Exécution d'essais d'incinération avec alimentation normale et avec pesticides : rejets en sortie de cheminée, clinker et poussières ainsi que recueil d'échantillons de sol sous le vent du four.

r) Analyses d'échantillons et rapprochement avec les normes américaines et allemandes de taux d'efficacité de destruction. Détermination des valeurs optimales d'alimentation pour le fonctionnement normal.

s) Commencement de l'opération de destruction 24 heures sur 24.

t) Programmation de la visite de cimentiers algériens, tunisiens, égyptiens et pakistanais pour observer cette technologie en cours d'exploitation.

u) Publier les résultats de l'opération pilote et les enseignements correspondants, y compris les coûts, relatifs au déroulement quotidien de ce projet à grande échelle.

Références

AID/OFDA. 1990. Pesticide disposal in a cement kiln in Pakistan.

AID/AFR. 1991. Lessons learned, Niger dieldrin disposal plan (sous presse).

Cembureau. 1991. World Cement Directory.

GIFAP. 1991. Disposal of unwanted pesticide stocks : Guidance on the selection of practical options.

FHA/OFDA/PMP
Pièce 1262A, NS
Washington, D.C. 20523

le 10 janvier 1992

TELEFAX

Pflanzenschutzmittel Service Projekt
Pesticide Service Project
Postfach 5180 · D-6236 Eschborn · Germany
Telefon 06196-79-1083 Telefax 06196-797180

FAX No. 202-647 5269

Date: (28. 10.91) 10.1.92

To
Mrs. Gudrun Huden,
Mr. David Evans
OFDA/PMP, Washington DC, USA

Ref. Analytical results

Dear Gudrun, Dear David

enclosed you find the analytical results of the pesticide and soil samples, colleted in Marocco during our study tour in September 91.

The conclusions of the anlytical results are:

1. BHC

1.1 The chlorine content in all the BHC-liquid and dust formulations are 3 times higer than expected. The BHC-formulations are technical products, which contain all the isomeres. The BHC is labeled as 10 and 15 % respectively, related to the gamma-isomere (see Annex I). This information should be taken in concideration by the calculation of the BHC-input into the cement kiln.

1.2 The sample 6/1 - 6/4 from the Tiznit-store could not be identified as BHC or Malathion. According to the analysis by GC/MS we presume that the sample materials are totaly decomposed thiophosporic ester.

1.3 According to the analyis by GC/MS, the solvent in the BHC-samples is a mixture of substitute benzene and naphthalene.

2. Malathion

2.1 The Malathion is still in good condition:
According to our experts, the pesticide could be used as ULV-formulation.

2.2 Differences in the actual content of active ingredience (a.i.) can results from the sampling technique and normal analytical errors.

3. Soil samples

3.1 The results of the soil samples from the Tiznit store confirm the visible impression, that the soil ist higly contaminated with BHC and Fenitrophion. Contarmination with Malathion has not been confirmed.

3.2 The soil sample (taken behind the house and the garden of the watch-man !!!) outside the Tiznit store is also contaminated with BHC: sample 10/2, Annex III.

Please inform Mr. Torben Enkegaard about these results. The Bolwerk-report is still in process.

With best regards

W.A. Schimpf

Dr. G. Vaagt

Encl.

cc: Joe Kitts/Locust Control Coordinator, US-AID/Rabat

Analytical Results of the BHC from Marocco:

Sample No.	Location	Formulation	Declared Content	Actual Content	Method
1/1	Fam El Hisn	Liquid	15 %	43 % total BHC	GC
1/2	"	"	15 %	43.7 % "	GC
1/3	"	"	15 %	46.3 % "	GC
1/4	"	"	15 %	47.5 % "	GC
1/5	"	"	15 %	51.8 % "	GC
3/1	Taroudant	Liquid	15 %	50.5 % "	GC
3/2	"	"	15 %	47.6 % "	GC
3/3	"	"	15 %	49,7 % "	GC
3/4	"	"	15 %	44.4 % "	GC
3/5	"	"	15 %	49.7 % "	GC
5/1	Taroudant	Dust	3 %	8.3 % "	GC
5/2	"	"	3 %	8.8 % "	GC
5/3	"	"	3 %	9.7 % "	GC
5/4	"	"	3 %	8.6 % "	GC
5/5	"	"	3 %	8.2 % "	GC
8/1	Tiznit	"	3 %	9.7 % "	GC
8/2	"	"	3 %	11.9 % "	GC
8/3	"	"	3 %	12.6 % "	GC
8/4	"	"	3 %	11.8 % "	GC

Analytical Results of the Malathion from Marocco:

Sample No.	Location	Formulation	Producer	Declared Content	Actual Content	Method
2/1	Fam El Hisn	Liquid	Am. Cyanamid	96 %	87.5 %	GC
2/2	"	"	"	96 %	90.0 %	GC
2/3	"	"	"	96 %	90.7 %	GC
2/4	"	"	"	96 %	89.8 %	GC
2/5	"	"	"	96 %	91.1 %	GC
4/1	Taroudant	Liquid	Cheminova Agro	95 %	93.1 %	GC
4/2	"	"	"	95 %	91.6 %	GC
4/3	"	"	"	95 %	88.6 %	GC
4/4	"	"	"	95 %	87.5 %	GC
4/5	"	"	"	95 %	93.8 %	GC
7/1	Tiznit	Liquid	Am. Cyanamid	96 %	93.4 %	GC
7/2	"	"	Cheminova Agro	95 %	90.1 %	GC
7/3	"	"	Am. Cyanamid	96 %	96.2 %	GC
7/4	"	"	Cheminova Agro	95 %	94.7 %	GC

Analytical results of the soil-analysis in Tiznit-store

Sample No	Location	Results* total-BHC	Fenitrothion
9/1	Black spot (surface)	20.46 %	-
9/2	Black spot (30 cm deep)	6.23 %	-
9/3	Brown spot (surface)	124 ppm	1.4 %
9/4	Brown spot (30 cm deep)	20 ppm	0.05
10/1	Surface soil (on the fence, opposite the gate) -> baseline within the compound	709 ppm	-
10/2	Surface soil (outsite the pesticide store) -> baseline outside	22 ppm	-

* Analysis of Malathion is negativ

marocbhc.txt

ANNEX I

Remark:

BHC-Isomers

All BHC isomers are still in the product. The consequence is, that the chlorine concentration is about 3 times higher than expected. The average of the isomere-distribution in the analysed BHC is :

Alfa-BHC:	15 %
Beta-BHC:	7 %
Gamma-BHC:	27 %
Delta-BHC:	42 %
Etha-BHC:	9 %
Total:	100 %

All the isomers are present in technical BHC in considerable quantities and result from the chlorination of benzene. Theoretically BHC can exist as 17 optical or stereo isomers. However spatial and energy systems considerantions show that only 9 of these isomers are possible.

Elimination de produits phytopharmaceutiques dans la cimenterie ASMARA au Maroc

Richard Bolwerk, ingénieur diplômé

Etude de faisabilité à la demande de la
Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)
D-6236 Eschborn, Republique Federale d'Allemagne

Octobre 1991

Sommaire

	Résumé	3
1.0	Définition de la tâche	4
1.1	Installations au Maroc	4
2.0	Cimenterie d'Oujda	5
3.0	Cimenterie ASMARA, Marrakech	7
3.1	Description du procédé	7
3.2	Description du brûleur	8
3.3	Mode de fonctionnement du four	9
3.4	Caractérisation du fonctionnement permanent et du contrôle continu	10
3.5	Perturbations du fonctionnement: description, caractérisation et mesures prises	11
4.0	Propositions pour l'enfournement de produits phytopharmaceutiques et description des mesures d'accompagnement	13
4.1	Exigences posées au système d'alimentation	13
4.2	"Chaîne de sécurité" pour garantir un fonctionnement permanent sans perturbations	14
4.3	Addition sans perturbations par le côté primaire du four rotatif	15
4.3.1	Matières liquides (lindane et malathion)	16
4.3.2	Matières solides (lindane en poudre)	16
4.3.3	Sols pollués	17
4.4	Essais pour la détermination des quantités à enfourner	18
4.5	Fonctionnement d'essai et mesures des émissions	19
4.6	Sécurité pendant le transport, le stockage et le transvasement	21
5.0	Résumé	22
6.0	Bibliographie	25

Annexe 1 Valeurs limites d'émissions polluantes en Allemagne
Annexe 2 Coûts et modifications de construction

Résumé:

Dans le cadre d'un projet pilote "Elimination des produits phytopharmaceutiques" de la Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), il s'agit, pour soutenir un projet de l'US-Foreign Disaster Assistance, d'étudier si les grandes quantités de produits phytopharmaceutiques trop vieux stockés au Maroc peuvent être incinérées dans le four rotatif d'une cimenterie de ce pays, et, par conséquent, sur place.

Les conditions importantes pour une élimination compatible avec l'environnement sont un fonctionnement permanent de l'installation sans perturbations, une addition régulière des matières par le côté primaire du four et un système de sécurité qui ne permette l'incinération que lorsque certains paramètres de fonctionnement (température, quantité de farine crue, combustible primaire, par exemple) sont respectés.

D'autre part, il faut s'assurer, par des mesures appropriées, qu'en raison de l'enfournement accru de chlore, des perturbations ne se produisent pas dans la zone de calcination et de transition (zone du réchauffeur du four). Selon le type d'installation et son mode de fonctionnement, une addition contrôlée de matière première et de combustible est nécessaire parallèlement à la technique spéciale du procédé.

Ces conditions ainsi que des températures constantes à un niveau élevé avec de longs temps de séjour des gaz dans la zone des hautes températures, la composition à réaction fortement basique des matières et l'atmosphère oxydante permettent d'atteindre une haute efficacité de destruction avec des émissions se situant dans les amplitudes de variation habituelles.

1.0 Définition de la tâche

Dans le cadre d'une étude, il s'agit de vérifier si des produits phytopharmaceutiques trop vieux peuvent être enfournés dans des fours rotatifs de l'industrie du ciment au Maroc.

L'étude doit décrire des mesures techniques pour assurer un déroulement de l'incinération sans perturbations et de manière appropriée.

Elle doit montrer si l'enfournement peut avoir lieu sans nuisance supplémentaire pour l'environnement.

1.1 Installations au Maroc

Dans le cadre du voyage au Maroc en septembre 1991 pour le projet pilote "Elimination des produits phytopharmaceutiques" de la GTZ, deux cimenteries ont été visitées.

1. Cimenterie ASMARA, à Marrakech
2. Cimenterie d'Oujda

Ces deux cimenteries sont des installations de cuisson à haute température avec four rotatif à échangeur de chaleur. Elles offrent ainsi la garantie que, en raison

- des températures des gaz de 1200 à 2000 °C,
- de la température de cuisson du clinker de 1350 à 1400 °C,
- des temps de séjour des gaz dans le four supérieurs à 2 s,
- de l'atmosphère oxydante
- et de la composition fortement basique du produit cuit,

les efficacités de destruction d'au moins 99,99 % nécessaires pour l'incinération des produits phytopharmaceutiques sont atteintes.

2.0 Cimenterie d'Oujda

L'usine d'Oujda exploite deux fours rotatifs parallèles ayant chacun 72 m de long et 4,6 m de diamètre, avec échangeur de chaleur à cyclone et refroidisseur satellite. La capacité de l'installation est de 2 x 1800 t/jour. La lance à mazout disponible est utilisée pour la mise en marche du four; autrement, le chauffage est effectué avec du charbon pulvérisé. Les matières premières - l'argile et le calcaire - sont aussi préparées dans cette installation, de la manière décrite sous 3.1, et conduites au four. La teneur en oxygène (O_2) est de 5 % environ après le réchauffeur. La teneur en poussière des gaz brûlés est de l'ordre de 100 mg/m³ (indications de l'exploitant).

Avec le système de brûleur installé à Oujda, les fours ne fonctionnent pas de manière optimale. Les conditions spéciales que l'on a, en ce qui concerne le guidage de la flamme, entraînent des décalages de la courbe de température si bien qu'une partie du chlorure se condense déjà dans le four, ce qui produit une cyclisation et un dépôt.

En installant un bipasse pour prélever à l'entrée du four une partie du courant de gaz de 5 à 10 %, il serait possible, en fonction de l'expérience acquise, d'enlever du four, dans l'usine d'Oujda, 10 à 30 % du chlorure. Cette mesure permettrait d'enlever tout justement du four la quantité de chlore qui ne peut pas être éliminée avec le clinker ou les poussières et entraîne en conséquence des accumulations. Selon les normes actuelles, les gaz du bipasse devraient être conduits à des installations spécia-

les pour être refroidis rapidement à 300 - 400 °C alors que leur température initiale est de 1000 - 1200 °C puis dépoussiérés dans un filtre spécial.

Si l'installation d'un système de bipasse était prise en considération, il faudrait en outre étudier soigneusement comment le potentiel de matière première et de chaleur des courants du bipasse pourrait être intégré dans le processus global de production de la cimenterie. Selon l'équipement et l'ampleur d'un système global approprié, les coûts seraient de l'ordre de 2 000 000 de $.

Le chlore provenant du lindane pourrait causer une accumulation accrue d'halogénures alcalins dans la zone de calcination et de transition, allant de pair avec une cyclisation.

Pour décider quelle est celle des installations qui peut être prise en considération, le soulagement du circuit intérieur joue donc un rôle important dans le cas de la cimenterie ASMARA. Conformément à ce qui a été expliqué précédemment, un tel soulagement n'existe pas dans la cimenterie d'Oujda. En modifiant les matières premières et le combustible et en intégrant un bipasse, l'usine d'Oujda pourrait être équipée pour l'incinération de produits phytopharmaceutiques; ceci exigerait toutefois la prise de mesures plus importantes que dans la cimenterie ASMARA. En outre, en raison des distances plus courtes jusqu'aux entrepôts de produits phytopharmaceutiques, il faut aussi donner la préférence à l'usine ASMARA.

En conséquence, mon expertise va se limiter aux exigences liées à cette usine, la technique éprouvée ne devant être que peu modifiée.

3. Cimenterie ASMARA

3.1 Description du procédé

La cimenterie ASMARA, à Marrakech, au Maroc, exploite un four rotatif avec échangeur de chaleur à cyclone et refroidisseur à grilles pour le clinker. Le four a 64 m de long et 4,4 m de diamètre. Il est chauffé avec du charbon pulvérisé.

Les matières premières - l'argile et le calcaire - sont mélangées en fonction des exigences de qualité posées pour le produit fini, concassées et broyées dans des broyeurs à boulets. Les broyeurs sont chauffés avec une partie du courant des gaz du four en exploitant la chaleur contenue.

La farine crue produite est stockée en silos, puis conduite à la cuisson.

L'alimentation continue du four en farine crue est assurée par un transporteur mécanique. Après un préchauffage graduel dans un échangeur de chaleur à cyclone, la farine crue chauffée à environ 900 °C, à contre-courant, par des gaz provenant du four, est amenée au four rotatif où elle est cuite pour donner du clinker, à des températures de l'ordre de 1450 °C. Le clinker chaud est ensuite refroidi avec de l'air, dans un refroidisseur, puis amené aux broyeurs, par l'intermédiaire d'un silo, pour lui donner une très grande finesse.

L'air chaud résultant du refroidissement du clinker est ramené partiellement au four rotatif en tant qu'air secondaire.

Les gaz chauds qui sortent du four rotatif chauffent la farine crue, à contre-courant, dans l'échangeur de chaleur. Les poussières retenues par l'électrofiltre sont ajoutées à la farine crue.

Le chauffage du four rotatif a lieu du côté primaire, au niveau de la tête du brûleur, avec du charbon pulvérisé. Du côté secondaire, aucun combustible n'est amené dans le four.

3.2 Description du brûleur

Le brûleur principal du four rotatif est installé au centre, dans l'axe du four. Il s'agit d'un brûleur à trois canaux fabriqué par la Société Pillard, avec une lance à mazout séparée, coaxiale, placée sous l'axe du brûleur.

Le brûleur de charbon pulvérisé a une conduite centrale pour l'arrivée du mélange charbon pulvérisé/air (1^{er} canal). Cette conduite est entourée d'une première chemise qui amène l'air de turbulence (2^{e} canal) et d'une seconde pour l'alimentation en air axial (3^{e} canal).

Les alimentations en air axial et en air de turbulence ont lieu par un tuyau flexible commun, les quantités d'air pouvant toutefois être réglées séparément dans certaines limites. Un courant partiel d'air primaire, pour la lance à mazout, est dérivé de la conduite d'alimentation en air axial.

Le brûleur à mazout comporte une conduite d'aller et une conduite de retour; il est entouré d'un porte-vent qui sert de fixation pour la buse et amène en même temps l'air primaire.

D'après les indications fournies par l'exploitant, la lance à mazout ne sert actuellement qu'au chauffage du four rotatif au moment de la mise en marche. Les organes de réglage de l'alimentation en mazout se trouvent sur le poste de contrôle du four. L'arrivée du mazout et le retour sont commandés par des vannes manuelles. La conduite d'aller est en outre équipée d'une électrovanne et du compteur de consommation. La lance à mazout est également équipée d'un dispositif de nettoyage à air comprimé qui chasse le reste de mazout de la lance lorsque l'alimentation en mazout est interrompue une fois que le four est chaud. Ceci est nécessaire pour éviter le bouchage de l'orifice du brûleur par le mazout restant dans la conduite.

3.3 Mode de fonctionnement du four

La mise en marche du four rotatif se fait avec du mazout qui y est amené par l'intermédiaire du brûleur à lance décrit ci-dessus. Lorsque le four atteint une température de 600 °C environ, le brûleur de charbon pulvérisé est mis en service pour continuer à chauffer. L'alimentation en mazout est maintenue, après l'allumage du brûleur de charbon pulvérisé, jusqu'à ce qu'un débit nominal de farine crue de 70 % soit atteint. L'alimentation en farine crue a lieu par l'intermédiaire de l'échangeur de chaleur lorsque les gaz ont atteint une température de 1100 °C environ à l'entrée du four.

En fonctionnement permanent, le four rotatif est alimenté avec du charbon pulvérisé comme combustible principal.

Avec un mode de fonctionnement normal, la production de clinker est de 1400 t/jour.

3.4 Caractérisation du fonctionnement permanent et du contrôle continu

Le fonctionnement permanent, sans perturbations, est caractérisé par une alimentation en farine crue de 95 t/h environ ainsi que par un débit de combustible (houille) de 7 t/h. D'après les indications fournies par l'exploitant, la teneur des gaz en poussières, après l'électrofiltre, est de l'ordre de 100 mg/m³ (conditions normales, à sec). Avec un débit nominal de farine crue de 100 %, la température de sortie des gaz, conformément à la disposition, est de 1100 °C environ à l'entrée du four tandis que la température à l'admission de la farine est de 800 °C environ; à la sortie du four (brûleur), la température d'entrée des gaz est de 850 °C environ et la température de sortie du clinker se situe entre 1350 et 1400 °C. Ces données peuvent varier un peu selon l'exploitation de la capacité du four rotatif. En fonction de l'expérience acquise, la teneur en oxygène devrait être de 5 à 7 % en volume.

Le four de la cimenterie offre les possibilités suivantes pour la vérification et le contrôle continu de cet état de fonctionnement:

1. Mesure du débit de combustible; poste de mesure entre l'alimentation en houille et le brûleur.

2. Mesure du débit de farine crue après les silos.

3. Mesure de la température des gaz à l'entrée du four. (Le poste de mesure devrait être placé dans la conduite montante entre le four rotatif et l'échangeur de chaleur.)

4. Mesure de la température du clinker à la sortie du four. (Le poste de mesure doit être placé directement à la sortie du four, avant l'entrée dans le refroidisseur.)

5. Mesure de l'oxygène (O_2) entre la soufflerie et le refroidisseur par évaporation.

6. Mesure du monoxyde de carbone avant l'électrofiltre.

7. Mesure de la concentration de poussières dans les gaz; poste de mesure derrière l'électrofiltre, dans la cheminée d'évacuation des gaz.

Les mesures de la température à l'entrée et à la sortie du four constituent les instruments essentiels pour la surveillance du fonctionnement sans perturbations.

Les enregistrements des autres postes de mesure - mesure du CO, débit de farine crue, débit de combustible, concentration de poussières dans les gaz brûlés et teneur en O_2 - sont nécessaires pour le maintien des conditions de fonctionnement prescrites.

3.5 Perturbations du fonctionnement: description, caractérisation et mesures prises

Différemment du fonctionnement normal, des perturbations peuvent se produire au cours du temps de campagne du four. Les causes sont non seulement de nature mécanique, mais aussi technologique et électrique:

- Perturbations mécaniques - ruptures de matériaux, conséquences de l'usure, par exemple.

- Perturbations de l'alimentation en farine crue - bouchages dans les organes de transport ou dans les cyclones, par exemple.

- Perturbations de l'alimentation en combustible.

- Ecarts de température par rapport à la valeur prescrite.

- Formation accrue de CO dans les gaz brûlés.

- Pannes de courant.

Pour ces cas-là, le personnel responsable doit se comporter en conséquence et des réactions pour le fonctionnement sont prescrites ou doivent être complétées pour l'enfournement des matières résiduaires.

En cas de formation accrue de CO dans les gaz du four, l'électrofiltre est mis automatiquement hors circuit dès que le seuil réglé pour la teneur en CO est atteint.

Une préalarme devrait déjà être déclenchée lorsque la teneur des gaz en CO est d'environ 0,3 % en volume afin que le personnel responsable ait la possibilité de prendre à temps des contre-mesures, telles que la réduction de l'alimentation en combustible ou la correction du réglage de la combustion, par exemple, afin d'éviter des mises hors circuit inutiles du four.

Les pannes de courant entraînent l'arrêt du fonctionnement de la soufflerie qui amène l'air de combustion, de l'électrofiltre, du transporteur, des organes d'entraînement, etc. Cela déclenche l'arrêt immédiat de l'alimentation en combustible; les gaz se trouvant encore dans le système sont évacués par le tirage naturel de la cheminée.

4.0 Propositions pour l'enfournement de produits phytopharmaceutiques et description des mesures d'accompagnement

En fonction de l'enquête effectuée au Maroc et de l'appréciation des résultats, et, en liaison avec les connaissances acquises dans ce domaine, en ce qui concerne l'enfournement de matières secondaires dans les fours rotatifs de l'industrie du ciment, les mesures expliquées dans les paragraphes 4.1 à 4.6 pour assurer une élimination sans perturbations sont proposées:

4.1 Exigences posées au système d'alimentation

Pour que les produits phytopharmaceutiques décrits puissent être enfournées dans le four conçu pour la production de ciment, il faut disposer d'une lance de brûleur ou d'une lance d'alimentation indépendante du combustible principal, avec des dispositifs appropriés de réglage et d'alimentation.

Le canal central d'alimentation, dans la lance du brûleur ou la lance d'alimentation, doit être équipé, pour l'élimination du malathion ou du lindane, de vannes qui, en cas de panne de courant ou d'activation de la chaîne de sécurité, garantissent un arrêt sûr et rapide du dosage. Pour une telle fermeture rapide, un dispositif (à air comprimé, par exemple) pour chasser le volume restant dans la chambre de combustion est nécessaire. A cet égard, il faut s'efforcer de minimiser le volume de l'espace de dosage devant être soumis à l'action de l'air comprimé. A mon avis, il faudrait déterminer et enregistrer en plus avec un compteur volumétrique étalonné (indication au poste de mesure), la quantité de produit phytopharmaceutique ajoutée. Cette quantité ne doit pas être supérieure au maximum déterminé dans l'essai.

4.2 "Chaîne de sécurité" pour garantir un fonctionnement permanent sans perturbations

Si les conditions d'incinération nécessaires ne sont pas atteintes, lorsque l'exploitation de la capacité de l'installation est trop faible, par exemple, il faut prévoir une mise hors circuit automatique de l'alimentation en produit phytopharmaceutique par la chaîne de sécurité en amont. Cette chaîne de sécurité doit avoir un accès direct aux vannes de fermeture rapide dans la conduite d'alimentation. Il faut s'assurer que l'arrivée du produit phytopharmaceutique ne soit possible que lorsque les conditions prescrites pour l'enfournement sont atteintes.

Le dispositif de sécurité doit être monté de telle manière qu'une fermeture rapide se produise en cas d'activation de l'un des maillons suivants de la chaîne de sécurité:

1. Température des gaz inférieure à 800 °C à l'entrée du four.

2. Température du clinker inférieure à 1250 °C à la sortie du four.

3. Dépassement d'une teneur en CO (volume en %) à déterminer par des essais.

4. Ecarts de réglage inadmissibles à la comparaison des valeurs prescrites et effectives à la balance à charbon.

5. Quantité de farine crue amenée dans le four inférieure à 75 % de la quantité maximale possible.

6. Sous-pression avant la soufflerie pour les gaz inférieure à une valeur devant être déterminée par des essais.

7. Panne de l'électrofiltre.

8. Panne du ventilateur d'évacuation des gaz.

9. Panne du brûleur.

De faibles écarts par rapport aux valeurs mentionnées précédemment sont possibles.

Pour déterminer exactement les valeurs seuils dans la chaîne de sécurité, il faut d'abord calibrer les sondes thermométriques à l'entrée et à la sortie du four en tenant compte de la variation de la charge nominale et apprécier également la représentativité des points de mesure. A partir de ces résultats, l'étendue de la charge permettant d'assumer la responsabilité de l'incinération de produits phytopharmaceutiques peut être déterminée. Les valeurs seuils nécessaires pour les températures de contrôle en découlent également.

4.3 Addition sans perturbations par le côté primaire du four rotatif

Les matières liquides (lindane et malathion) et solides (lindane en poudre) à éliminer et les sols pollués doivent être enfournés régulièrement du côté primaire de l'installation (côté brûleur) afin de les unir par une turbulence adéquate au front des flammes du four.

4.3.1 Matières liquides (lindane et malathion)

La condition préalable pour que l'incinération des produits phytopharmaceutiques liquides ait lieu sans difficultés, autant que possible, est une large homogénéisation du contenu des emballages. Il faut entendre par là un mélange des charges dans le but d'avoir une compensation de concentration. Le mélange peut avoir lieu dans une cuve fixe équipée d'un agitateur adéquat ou dans un camion-citerne.

Selon les données de conception, il faut, pour assurer l'élimination des produits phytopharmaceutiques sans perturbations, d'après les prescriptions du fabricant du brûleur, intercaler directement avant la pulvérisation dans la chambre de combustion du four rotatif une filtration qui retienne les particules supérieures à 1 mm.

L'addition des matières peut être effectuée avec la lance à mazout disponible puisqu'elle n'est utilisée que pour la mise en marche du four. Le porte-vent également disponible ne peut toutefois pas être utilisé et doit être changé.

4.3.2 Matières solides (lindane en poudre)

Là aussi, la condition préalable pour une incinération sans difficultés est un broyage poussé des emballages afin qu'ils forment avec la poudre une unité capable de voler. Une lance séparée est nécessaire pour l'enfournement du côté primaire du four. A partir du broyeur, les parties solides et pulvérisées devraient être enfournées dans la chambre de combustion du four au moyen d'une soufflerie. Il faut, si possible, que la lance soit disposée au-dessus du brûleur principal.

Le diamètre de la buse de la lance doit être adapté à la taille de la matière broyée. Il ne faut pas qu'il soit trop petit afin d'éviter des bouchages.

L'écoulement de la matière broyée et pulvérisée peut avoir lieu par l'intermédiaire d'une vanne d'arrêt à commande manuelle et d'un dispositif de dosage réglable.

Une installation de broyage adéquate pourrait être placée sur la passerelle du four, à proximité du passage, afin que les charges puissent être amenées au broyeur par une grue.

4.3.3 Sols pollués

Les sols pollués par du malathion ou du lindane devraient aussi être éliminés dans le four rotatif.

Les fractions fines, sableuses, devraient être enfournées par l'intermédiaire de la lance pour la matière broyée et pulvérisée, du côté primaire du four. Les constituants plus grossiers encore restants pourraient être enfournés du côté secondaire, par l'intermédiaire d'une trémie.

4.4 Essais pour la détermination des quantités à enfourner

Les produits phytopharmaceutiques font que des quantités supplémentaires de chlore sont amenées au four. Pour cette raison, il est possible que la formation de dépôts et de cyclisations dans la zone inférieure de l'échangeur de chaleur cause des perturbations supplémentaires du fonctionnement du four.

En conséquence, le bipasse disponible pour le chlorure doit fonctionner continuellement de manière que la quantité globale amenée au four, d'environ 0,2 g de CL/kg de clinker, ne soit pas dépassée.

Vu que la provenance de la concentration d'un élément est sans importance pour le comportement du circuit dans le four, que ce soit de la farine crue, du charbon ou du produit phytopharmaceutique, il est possible, dans le cas de faibles teneurs en chlore des matières premières et des combustibles disponibles, que la charge de chloré à amener soit augmentée par l'intermédiaire du produit phytopharmaceutique.

Au cours d'un fonctionnement d'essai en plusieurs phases, il faut donc déterminer la quantité de produit phytopharmaceutique optimale possible, en particulier en ce qui concerne les matières premières et les combustibles. Les trois phases qui figurent au tableau ci-dessous sont conseillées pour les produits phytopharmaceutiques liquides et solides:

Phase	Matières liquides (lindane et malathion)	Matières solides (lindane en poudre)
1	3 l/min	3 kg/min
2	6 l/min	6 kg/min
3	10 l/min	10 kg/min

4.5 Fonctionnement d'essai et mesures des émissions

Avant d'enfourner des produits phytopharmaceutiques, il faut d'abord tester la fiabilité de la chaîne de sécurité en simulant des perturbations. La première opération doit d'ailleurs consister à effectuer une mesure à blanc pour déterminer les émissions du four rotatif en fonctionnement normal.

Les paramètres suivants doivent ensuite être mesurés et enregistrés continuellement pendant les phases d'essai et pendant l'enfournement des produits phytopharmaceutiques:

- Oxygène (O_2)
- Monoxyde de carbone (CO)
- Dioxyde de carbone (CO_2)
- Total du carbone lié organiquement (C total)
- Poussières
- Température du clinker à la sortie du four
- Température des gaz à l'entrée du four
- Sous-pression devant la soufflerie

De plus, les matières suivantes doivent être déterminées par au moins trois mesures séparées, pendant la mesure à blanc et pendant les phases d'essai:

- Anhydride sulfureux (SO_2)

- Oxydes nitriques (NO_X)

- Composés chlorés anorganiques gazeux, indiqués en tant que gaz hydrochlorique (HCL)

- Composés chlorés anorganiques gazeux, indiqués en tant que (CL^-)

- Dibenzodioxynes polychlorées (DDPC)

- Dibenzofuranes polychlorés (DFPC)

Pour documenter les accumulations de substances nocives, il faut prélever, pendant la mesure des émissions, un échantillon du clinker et des poussières du filtre, lors des phases d'essai, pour déterminer par analyse les composés organiques. A titre complémentaire, pour s'assurer des informations supplémentaires, il est conseillé de prélever et de conserver comme échantillons de la poussière de charbon, de la farine du four et de la poussière de clinker.

Dans le sens des vents dominants auxquels l'usine est exposée, à mon avis, de l'autre côté de la route, dans la zone des oliviers, et, éventuellement, à proximité de l'agglomération, il faudrait prélever des échantillons de sol et les analyser pour constater s'ils contiennent des DDPC ou des DFPC. Il faut tenir compte de l'immission maximale (retombée de matières nocives).

4.6 Sécurité pendant le transport, le stockage et le transvasement

Les produits phytopharmaceutiques devant être éliminés peuvent être transportés à la cimenterie par camions-citernes ou camions-silos.

Là, il faut s'assurer que les produits solides ou liquides entrant en contact avec le sol ne puissent pas pénétrer dans le sol.

En conséquence, la zone de déchargement doit être aménagée en zone de captage; il faut qu'elle soit étanche et résistante aux produits devant être captés.

En creusant le sol ou en construisant des rebords, il faut former des volumes de captage pour les matières éventuellement répandues.

La zone de déchargement ne doit comprendre aucune conduite d'écoulement.

La zone de captage doit être construite en béton. Il faut en outre la rendre étanche à divers produits, pour un certain temps, par un revêtement approprié:

- Film plastique avec enduction spéciale comme protection superficielle.

- Un revêtement avec des tôles en acier inoxydable peut augmenter encore la sécurité.

5. Résumé

Pour l'incinération de produits phytopharmaceutiques, des mesures techniques s'imposent dans le cadre du procédé.

Des indications dans la bibliographie montrent que pour l'incinération presque totale du lindane, une température de 800 °C et un séjour de 1,7 s sont nécessaires.

A l'occasion d'un incendie, il a été constaté, au sujet du malathion que seulement 2 % de malathion demeurent indécomposés à des températures de combustion atteignant 600 °C.

Lors de la combustion de composés organiques tels que des produits phytopharmaceutiques, par exemple, il est permis de compter sur une oxydation totale en fonction de l'excédent d'oxygène, de la température et du temps de séjour des gaz de combustion aux températures élevées.

Les produits principaux de la combustion (totale) sont les suivants: CO_2 et H_2O. (En présence d'halogènes et de soufre, il y a en plus les halogènes d'hydrogène correspondants, les oxydes de soufre/acides sulfuriques et l'acide phosphorique.)

Les matières telles que HCL, les oxydes de soufre, les oxydes nitreux et l'acide phosphorique sont des produits résultant de la combustion totale en présence de CL, N, S, P dans la matière active, indépendamment de la nature du composé.

Les soufres liés contenus dans les produits phytopharmaceutiques sont transformés en oxydes SO_2 et SO_3.

Les réactions des éléments en question avec d'autres constituants du produit cuit et les gaz du four pendant le processus de combustion constituent la base pour un pronostic des émissions.

La composition du produit enfourné, du produit cuit et des poussières du four à réaction toujours fortement basique ainsi que la composition oxydante de la phase gazeuse dans le four et l'évolution de la courbe des températures constituent les conditions préalables essentielles pour une faible émission de composés gazeux (S, CL, P).

Dans ce four rotatif, les températures des gaz atteignent jusqu'à 2000 °C et les gaz brûlés sont exposés pendant au moins 2 s à des températures supérieures à 1200 °C. Avec une efficacité de destruction attendue de 99,99 %, l'exécution de l'essai pilote et l'incinération suivante semble dénuée de risques.

En ce qui concerne la sécurité de l'incinération des matières, l'enfournement dans le four rotatif pour la production de ciment présente des avantages par rapport à d'autres procédés de combustion.

Les températures élevées et constantes dans la chambre de combustion garantissent une efficacité régulière de destruction.

La combustion principale n'est pas soumise à des fluctuations dues à des modifications inattendues du pouvoir calorifique du combustible ou de la charge de l'installation, par exemple. Le mode de fonctionnement d'un four rotatif pour la production de ciment est caractérisé par une grande régularité proche des performances nominales car l'assurance de la qualité du ciment, en raison des méthodes appliquées, n'autorise aucune modification des températures et des temps de séjour dans le four.

L'élimination des produits phytopharmaceutiques dans le four rotatif ayant lieu uniquement par voie thermique, des perturbations des installations de purification des gaz des fumées, autrement nécessaires, n'ont aucune influence sur les émissions de ces matières.

Les émissions qui se produisent normalement dans un four rotatif pour la production de ciment ne seront pas modifiées de façon notable, dans le cadre des marges de fluctuation normales, avec le fonctionnement prévu.

6.0 Bibliographie:

1. Krogbeumker, G.: Verbrennung PCB kontaminierten Altöls im Zementdrehrohrofen, Umweltbundesamt 1990 Gesch.Z.: II 1.1-50441-5/163

2. Maury, H.-D.: Brennstoff aus Müll; Zement-Kalk-Gips-Nr. 10/1989

3. Maury, H.-D., Pavenstedt R.G.: Chlorbypass zur Erhöhung des Brennstoffeinsatzes aus Müll beim Klinkerbrennen; Zement-Kalk-Gips-Nr. 1/1989

4. Bolwerk, R.: Experience regarding pollution control problems in connection with the production of cement; Proceedings of The Seventh World Clean Air Congress; Sydney 1986

5. US Department of Commerce, National Technical Information Service: PCB Disposal by Therma/Destruction EPA-906/9-82-003, Febr. 82

6. Duvall, D.S., Rubey W.A.: Laboratory Evaluation of High Temperature-Destruction of PCB's and Related Compounds; US Environmental Protection Agency 1977; EPA-2-A-228

7. Hartig-Huden G.: Pesticide Disposal in a cement kiln in Pakistan; Conference on Hazardous Waste, East-West Center, Honolulu, November 12-14, 1990

8. VDI-Richtlinie 2094, Zementwerke; September 1988

9. Sprung, S.: Technologische Probleme beim Brennen des Zementklinkers, Ursache und Lösung; VDZ Düsseldorf

10. Umweltbundesamt: Forschungsbericht 104 09 213 UBA-FB 90-112; Ermittlung und Bewertung des Standes der Sicherheitstechnik bei Pflanzenschutzmittellägern anhand einer Sicherheitsanalyse; Berlin, November 1990

11. Schimpf, W.A.: Destruction of pesticides and chemical wastes by means of a cement kiln; Proceeding of the Southeast Asia Pesticide Management and Integrated Pest Management Workshop, 1987 Pattaya, Thailand

Annexe 1

Valeurs limites des émissions polluantes en Allemagne

	TA Luft[1]	17. BImSchV[2]	
		Valeur moyenne journalière	Valeur moyenne sur 1/2 heure
Poussières	50 mg/m³	10 mg/m³	30 mg/m³
HCI	30 mg/m³	10 mg/m³	60 mg/m³
SO_2	0,40 g/m³	50 mg/m³	0,20 g/m³
DDPC/DFPC	-	0,1 ng/m³	
C total	-	10 mg/m³	20 mg/m³
Temp. min.	1200 °C	1200 °C	
Teneur min. en O_2	6 % en vol.	6 % en vol.	
Temps de séjour min.	-	2 s	

1) Instructions techniques pour le maintien de la pureté de l'air (IT air) du 27-02-1986 (Réglementation pour la protection contre les influences nocives pour l'environnement)

2) Réglementation pour les installations d'incinération des déchets et matières semblables combustibles - 17e Réglementation fédérale pour la protection contre les immissions (novembre 1990)

Annexe 2

Modifications de construction	Coûts
- Broyeur, conduites, ventilateur, soufflerie, organes d'arrêt	100 000 $
- Lance d'alimentation avec support	20 000 $
- Modifications du brûleur, système de buses pour les matières liquides (Pillard)	10 000 $
- Système d'amenée: compresseur, pompes, débitmètre, filtre (pour l'enfournement de matières liquides), vannes, etc.	50 000 $
- Installation de cuves, préparation, poste de transvasement	50 - 250 000 $
- Aménagement de la zone de captage, zone de chargement, creusement du sol	50 000 $
- Revêtements spéciaux pour l'étanchéification supplémentaire	50 - 80 000 $

INCINERATION DE PESTICIDES DANS DES FOURS A CIMENT AU MAROC

Torben Enkegaard, M. Sc.
F.L. Smidth et Co. A/S
Copenhague - Valby
Danemark

(Version destinée à la traduction revue par
D.A. Evans, FHA/OFDA/PMP, le 20 novembre 1991)

PORTEE DES TRAVAUX

L'Office d'assistance des Etats-Unis en cas de catastrophe à l'étranger (OFDA) de l'Agence pour le Développement International (A.I.D) a demandé à la société Fuller International de Bethlehem (Pennsylvanie), de fournir les services d'un expert pour compléter une équipe multidisciplinaire chargée d'aider le Gouvernement du Maroc (le Gouvernement) à évaluer les possibilités d'incinération au Maroc de pesticides périmés et excédentaires dans des fours à ciments.

RESUME

Le rédacteur, employé de la société F.L. Smidth et Co A/S, à Copenhague (Danemark), compagnie mère de Fuller International, a séjourné au Maroc du 11 au 19 septembre 1991 ; pendant son séjour, il a visité une installation de stockage de pesticide à Tiznit et deux cimenteries situées respectivement à Marrakech et à Oujda.

D'une manière générale, on peut affirmer que les fours à ciment se prêtent parfaitement à la destruction de résidus dangereux non chlorhydriques, en particulier à celle des pesticides non chlorhydriques. Une des deux cimenteries visitées était toutefois confrontée à des niveaux de chlorure provenant de matières premières rendant impossible un apport supplémentaire de chlorure sans apporter de coûteuses modifications à l'usine.

Une très importante quantité de chlorure était également introduite dans l'autre cimenterie par les matières premières mais une partie de ce chlorure était retirée du circuit par un "by-pass". On peut évaluer à environ 11 tonnes par jour la quantité de poussière, contenant environ 15 % de sels, rejetée dans l'atmosphère ; ces rejets de sels seraient accrus de 15 à 30 % si des pesticides chlorés devaient être incinérés dans le four tel qu'il fonctionne actuellement. D'autres cimenteries du Maroc utilisant des systèmes de fours plus ouverts pourraient s'avérer mieux adaptées à l'élimination de pesticides chlorés.

INCINERATION DE DECHETS DANGEREUX DANS DES FOURS A CIMENT

L'incinération de déchets dangereux est un procédé technique qui fait appel à l'oxydation thermique à haute température (habituellement supérieure ou égale à 900 °C) pour détruire la partie organique de ces déchets. Tout déchet comportant des matières organiques dangereuses est, au moins sur le plan fonctionnel, susceptible d'être incinéré ; on note par exemple que d'importantes quantités d'eaux et de terres polluées sont ainsi détruites par incinération aux Etats-Unis.

Les températures minimum nécessaires pour l'incinération vont de 875 °C pour les ordures municipales à 1400 °C pour des composés organiques plus stables tels que le PCB, la dioxine, le DDT et les résidus de la production d'halogénures de polyvinyl. La durée d'exposition à cette température élevée doit être d'au moins 2 secondes.

La production de clinker de ciment dans des fours à ciment nécessite aussi une combustion à température élevée. Les déchets liquides peuvent être introduits dans les fours à ciment en utilisant des brûleurs à mazout classiques ; les déchets solides se présentant sous forme de poudre peuvent être brûlés de la même façon que de la poussière de charbon.

L'incinération de déchets organiques liquides dangereux permet de récupérer d'importantes quantités d'énergie à partir de ces matières. Or la production de ciment est un processus qui requiert beaucoup d'énergie et celle-ci représente généralement de 33 à 40 % du coût de la production de clinker. D'une manière générale, le pouvoir calorifique des déchets combustibles est comparable à celui du charbon et même des produits pétroliers. L'injection de déchets organiques liquides dans les fours en tant que combustibles d'appoint permet de réduire dans d'importantes proportions les quantités de fuels primaires et permet au producteur de réaliser d'importantes économies sur les coûts de production. L'exploitant d'un four à ciment pourrait en fait accepter d'acheter des produits pétroliers contaminés pour les utiliser comme combustible.

Par rapport à d'autres types d'incinérateurs de déchets dangereux, les fours à ciment présentent plusieurs caractéristiques qui en font un moyen technique efficace de destruction de déchets organiques très toxiques et stables :

- Les températures de combustion et les temps de séjour sont plus élevés dans le cas de fours à ciment que dans celui d'incinérateurs commerciaux de déchets dangereux. Ces températures élevées et ces temps de séjour prolongés, associés à la forte turbulence que l'on rencontre dans les fours à ciment, permettent une destruction complète des composés organiques les plus stables. La combustion du clinker de ciment nécessite une température de la matière de 1400 à 1500°C ; il faut donc que la température de flamme soit encore plus élevée de façon à ce qu'un transfert de chaleur puisse se produire de la flamme à la matière. Dans le cas de fours courts comme ceux à préchauffeur ou à précalcinateur, la température des gaz est d'environ 2000°C dans la zone de combustion, de 1700°C au milieu du four et d'environ 1100°C en sortie de four (voir annexe 1 & 2). La durée de rétention des gaz est d'environ 8 secondes.

- L'importance des dimensions des fours et de la quantité de matière chauffée qu'ils contiennent se traduit par une grande stabilité thermique. En d'autres termes, les variations de températures au sein d'un four sont très lentes. Ainsi, même si un four à ciment doit être éteint d'urgence à la suite d'une rupture d'approvisionnement de combustible primaire ou d'une avarie grave, toutes les matières dangereuses qu'il contient seront totalement détruites, ceci sous réserve que des dispositifs de coupure d'alimentation permettent d'éviter toute injection supplémentaire de déchets.

- Les fours à ciment fonctionnent en milieu alcalin. De ce fait, la quasi-totalité du chlore pénétrant dans un four est neutralisé sous forme de chlorure de sodium, de potassium et de calcium, qui sont des substances relativement peu toxiques. Il en résulte que les rejets de chlorure d'hydrogène, composé fortement acide, sont nettement inférieurs à ceux des incinérateurs commerciaux de déchets dangereux.

- Les cendres provenant de l'incinération se trouvant au fonds du four sont incorporées au clinker, ce qui supprime le problème de leur élimination. Les métaux qu'elles contiennent sont mêlés au ciment produit sous forme de matière inerte. La qualité du ciment n'est que peu affectée par l'ajout de la plupart des impuretés que l'on trouve dans les déchets dangereux et dans les huiles à détruire.

Dans l'état actuel de l'incinération des déchets dangereux dans des fours à ciment, les déchets liquides sont dans la plupart des cas brûlés dans la zone de feu des fours. La plupart des fours brûlant des déchets liquides sont des fours de type humide, au moins aux Etats-Unis. Une raison de cet état de chose est que ce type de four a un rendement énergétique particulièrement faible et que leurs exploitants sont donc particulièrement motivés pour réduire les dépenses de combustible. Une autre raison est que les fours humides sont susceptibles d'accepter d'importants apports de chlorure sans nécessiter de modification coûteuse (jusqu'à 8 kg de chlorure par tonne de clinker), alors que les fours secs avec préchauffage à 4 phases sont limités à des apports de 0,15 à 0,23 kg/t de clinker (fours à préchauffeur). Si l'apport de chlorure dépasse ces valeurs, les fours doivent être équipés d'installations de by-pass coûteuses qui, dans les cas extrêmes, (four à précalcinateur avec by-pass à 100 % des gaz du tube du four), permettent un

apport total en chlorure de 8 kg/t de clinker. Les chlorures, présents sous forme de chlorures d'alcali, doivent dans tous les cas être éliminés du four sous forme de poussière de précipitation, soit au niveau du filtre principal (fours humides, semi-humides ou longs fours secs) ou du filtre du by-pass (fours à préchauffage/précalcinateur).

La température des gaz en sortie de tube de four est d'environ 1100 ^{0}C ; cette température tombe à 820 ^{0} C (fours à préchauffage) ou à 900 ^{0}C (fours à précalcinateur) quelques dixièmes de seconde après la sortie du tube (voir annexe 1 & 2) au moment où les matières premières sont introduites dans le flux des gaz du four. Les gaz détournés vers le by-pass sont ramenés à une température encore plus basse par l'adjonction d'air frais. Il n'est pas recommandé d'introduire des déchets chlorés en bout de fours à préchauffage ou de brûler de tels déchets dans un précalcinateur car une exposition d'au moins 2 secondes des gaz à une température non inférieure à 1200 ^{0}C est nécessaire. Il est possible sans difficulté de brûler les solvants non chlorés (térébenthine, xylénol, etc.) dans des précalcinateurs ou de les introduire en bout de fours à préchauffage ; les déchets solides non chlorés peuvent être traités de la même façon : des pneus de voiture sont fréquemment introduits en bout de fours à préchauffage où ils brûlent sans difficulté.

Bien que l'on croit souvent que les composés chlorés tels que le PCB, la dioxine et des pesticides chlorés stables tels que le DDT sont particulièrement résistants à l'incinération, tel n'est pas le cas. Le composé à base de carbone qui est le plus difficile à détruire complètement est le monoxyde de carbone, produit primaire de la combustion du fuel dans tous les processus industriels de combustion, qui est émis en importantes quantités. Un autre composé à base de carbone qui est difficile à brûler est le méthane, principal composant du gaz naturel (annexe 3 & 4).

LES STOCKS DE PESTICIDES DU MAROC

Du point de vue élimination, le principal problème qui se pose est celui d'un stock relativement important d'hexachlorocyclohexane ($C_6H_6Cl_6$ HCH en abrégé). Ce composé est également connu sous le nom d'hexachlorure de benzène ou BHC (aux Etats-Unis). Le contenu en chlore du BHC est de 73,2 %.

Le BHC stocké au Maroc est un produit brut, mélange de divers isomères parmi lesquels seul l'isomère gamma, qui représente 27 % du total, a un pouvoir insecticide. Le produit a de 25 à 30 ans d'âge et est à présent interdit d'emploi en tant qu'insecticide. Les stocks du Maroc ont les formulations suivantes :

10% gamma (37% du total) dans un naphta aromatique lourd	271.200 l.
15% gamma (55% du total) dans un naphta aromatique lourd	491.400 l.
Poudre, 3% gamma (11% du total) dans du talc	460.700 kg.
0,05% gamma (0,19% du total) mélangé avec du son de blé	632.930 kg.

La quantité totale de BHC pur est estimée à 562.000 kg, ce qui correspond à 411.000 kg de Cl. Le poids spécifique du BHC est de 1,85 g/cm^3 et on retient la valeur de 0,9 g/cm^3 pour le solvant.

Le pouvoir calorifique de l'ensemble du stock est de près de 7.000.000 Mcal (tonnes-calories), soit l'équivalent de 1.000 à 1.200 tonnes de charbon ayant un pouvoir calorifique compris entre 6.000 et 7000 tonnes. La formulation du BHC mélangé à du talc n'a qu'un faible pouvoir calorifique mais elle introduit du magnésium dans le système (le talc est un silicate de magnésium : $3MgO, 4SiO_2 H_2O$). Le ratio MgO:Cl de la formulation à 11% est d'environ 4:1, ce qui signifie que l'apport de 0,1% de Cl mesuré par rapport au clinker représente l'équivalent de 0,4% de MgO ou 1,25% de la poudre. Il y a lieu de tenir compte de ce niveau dans le dosage des produits bruts entrant en réaction qui sont introduits dans le four.

Outre le BHC existe un stock d'environ 3.000.000 l. d'autres pesticides dont l'emploi n'a pas été interdit mais qui sont susceptibles d'avoir été rendus inutilisables par un stockage à ciel ouvert et une exposition au plein soleil pendant 2 à 3 ans :

DDVP (Nogos) $C_4H_7Cl_2O_4P$ M=221 d=1,42 g/cm^3

%Cl = 35,5 * 2 * 100 : 221 = 32,1%
%P = 31 * 100 : 221 = 14,0%, avec P_2O_5 = 32,1%

Fenitrothion $C_9H_{12}NO_5PS$ M=277,2 d=1,32 g/cm^3

%P = 31 * 100 : 277,2 = 11,2%, avec P_2O_5 = 25,6%
%S = 32 * 100 : 277,2 = 11,5%, avec SO_3 = 28,9%

Malathion $C_{10}H_{19}O_6PS_4$ M=330,4 d=1,23 g/cm^3

%P = 31 * 100 : 330,4 = 9,4%, avec P_2O_5 = 21,5%
%S = 2 * 32 * 100 : 330,4 = 19,4%, avec SO_3 = 48,4%

Les quantités sont les suivantes (annexe 5) :

Nogos, 4%	674.000 l.
Nogos, 20%	489.000 l.
Nogos, 97%	389.000 l.
Fenitrotion (dilutions diverses)	831.000 l.
Malathion, 95%	455.000 l.
Autres	279.000 l.

Dans la rubrique "Autres" figurent : Karate, Decis 25, Sumithion, Diazinon et Nonothion.

Outre les 3 millions de litres de pesticides indiqués ci-dessus, on trouve 2.600.000 litres de solvant (Naphta aromatique lourd, HAN) entreposés au dépôt de Ait Melloul. Le HAN est destiné à venir diluer les 389.000 l. de DDVP à 97% stockés à Ait Melloul ; le mélange des deux stocks donnerait du DDVP à 20% poids.

S'il est clair que la totalité du BHC doit être détruit, la situation est moins nette en ce qui concerne les autres produits. Des analyses chimiques sont en cours qui permettront de déterminer s'ils sont utilisables. Les composés non utilisables devront être détruits ; ceux dont le Gouvernement marocain n'aurait pas l'emploi bien qu'ils soient utilisables devront être vendus ou détruits tandis que ceux qui s'avéreront utilisables et dont le Gouvernement du Maroc aura l'usage devront être reconditionnés le cas échéant et conservés dans des installations de stockage adéquates.

LES FOURS A CIMENT AU MAROC

Société des ciments d'Agadir

Localisation : Route d'Essaouira, km 7.

Fours : L'usine exploite deux fours semi-humides avec préchauffage de grille Lepol. Des nodules sont formés par brassage des matériaux brut avec de l'eau ; ils sont ensuite séchés et préchauffés sur une grille de préchauffage circulante. Les systèmes de fours sont très ouverts et pourraient probablement recevoir 1 kg supplémentaire de Cl par tonne de clinker, sous réserve qu'une partie de la poussière recueillie par le filtre électrostatique soit éliminée.

Propriétaire : Société des Ciments Français (France)

Elimination des pesticides : Etant du type four ouvert, l'installation se prête bien sur le plan technique à l'incinération de déchets organiques chlorés. Agadir étant un centre touristique très important, il est probable que les autorités locales s'opposeraient à une telle

entreprise. Il est par ailleurs vraisemblable que le propriétaire de l'usine exigerait des sommes très élevées pour incinérer des pesticides.

Société des ciments de Marrakech "Asmar"

Localisation : M'Zoudia, Route d'Essaouria, km 45.

Fours : Un four de 1400 t/j avec préchauffage etc by-pass à 5 %. L'usine a été visitée et est décrite en détail ci-dessous. La capacité du four sera doublée en 1992 par l'adjonction d'un précalcinateur. Après ce doublement de capacité, le système actuel de by-pass ne sera plus adapté, même pour le seul chlore apporté par les matières premières.

Propriétaires : S.N.I. Abou Dabei, B.N.D.E., C.I.M.R., C.D.G., Lafarge Coppée (France), Société des Ciments Français (France).

Elimination de pesticides : Le by-pass est pratiquement en limite de capacité et ne dispose pas d'un filtre.

Cimenterie nouvelle de Casablanca "CINOUCA"

Localisation : Douar Laaouamaeur, Caidat de Had Soualem, Cercle de Berrechid, Province de Settat, à 40 km au sud de Casablanca.

Fours : Un four de 3.000 t/j avec précalcinateur. Situation au regard du chlore non connue.

Propriétaires : S.N.I., Laffarge Coppée, C.D.G., B.N.D.E.

Elimination des pesticides : Installation ne se prêtant probablement pas à l'élimination de produits chlorés.

Cimafsi

Localisation : Ville de Safi, entre Casablanca et Agadir.

Fours : Un four de 1600 t/j, un prechauffeur à cinq étapes commençera en mi-1992.

Propriétaire : B.N.D.E., S.N.I., Société des Ciments Français.

Elimination de pesticides : Le chlore dans les matières premières est déja plus élevé que le niveau conseillé pour les fours de préchauffeur sans by-pass. Le four n'a aucun by-pass.

Cementos Marroquis, C.M.A.

Localisation : Tamuda, route de Torreta Meres, à 5,8 km de Tetouan.

Fours : Deux petits fours Lepol, (avec préchauffeur à grille). Production joumalière de clinker de 500 tonnes, sur un four seulement probablement.

Propriétaire : Laffarge Coppée.

Elimination
de pesticides : Sur le plan technique, le four se prête bien à l'incinération de déchets chlorés. Il est probable que le propriétaire de l'installation facturerait l'incinération de déchets à un tarif élevé.

Cementos Tanger S.A

Localisation : 17, Rue Rembrandt, Tanger. A 8 km de Tanger.

Fours : Un four humide, d'une capacité estimée à 500 t/j.

Propriétaire : Lafarge Coppée.

Elimination
de pesticides : Sur le plan technique, le four se prête bien à l'incinération de déchets chlorés. Il est probable que le propriétaire de l'installation facturerait l'incinération de déchets à un tarif élevé.

Société des ciments artificiels de Meknès (CADMEM)

Localisation : Km 8, route de Fès, Meknès.

Fours : Un four de 2.200 t/j avec précalcinateur.

Propriétaire : S:N.I., Lafarge Coppée.

Elimination
de pesticides : Le four ne peut probablement pas recevoir plus de chlore qu'il n'en est introduit actuellement par les matières premières.

Cimenterie de l'Oriental (CIOR)

Localisation : Oujda, km 45 RP1, Oujda - Fès.

Fours : Deux fours de 1.800 t/j avec préchauffage, sans by-pass. L'installation a été visitée et est décrite en détail ci-après.

Propriétaire : O.D.I., B.I.D. (Djeddah).

Elimination
de résidus : L'apport en chlore des matières premières est déjà trop élevé, ce qui entraîne des problèmes d'exploitation. Aucun apport supplémentaire de chlore n'est possible sans installation d'un by-pass.

Asment de Temara

Localisation : Ain Attig, Rabat.

Fours : Un four de 1.650 tonnes/j avec préchauffage, construit par Fuller.

Propriétaires : S.N.C.E., B.N.D.E., C.M.K.D., C.D.G., S.A.I., B.I.D., S.F.I.

Elimination de pesticides : Le four ne peut pas recevoir plus de chlore qu'il n'en est déjà apporté par les matières premières.

VISITES D'INSTALLATIONS DE PRODUCTION DE CIMENT

Société des ciments de Marrakech "ASMAR"

La visite de l'installation a eu lieu le 13 septembre 1991. Le four avait été à l'origine équipé d'un préchauffeur Buhler Miag ; il a été par la suite modifié par CLE pour pouvoir être exploité comme un four classique avec préchauffage à 4 phases. Le doublement de la capacité du four est prévu en 1992 par adjonction d'un précalcinateur Onoda RSP construit par CLE.

Le four fonctionne actuellement à la limite de sa capacité en chlore. Tout apport supplémentaire de chlore se retrouverait en sortie de cheminée sous forme de sel, ce qui accroîtrait de 30 % les émissions salines de la cheminée. Si l'apport de chlore supplémentaire était limité à 0,1 kg/t de clinker, l'accroissement des rejets de sel serait de 15 %.

Lorsque la capacité du four sera doublée par l'adjonction d'un précalcinateur, la quantité de chlore à extraire au moyen du by-pass doublera également. Si le débit du gaz du by-pass (exprimé en normaux m^3/hr) est maintenu à son niveau actuel, la concentration du chlore dans les gaz du four doublera. Ce phénomène interviendra automatiquement car plus de la moitié du combustible brûlé par le four l'est dans le précalcinateur et les gaz du four ne représenteront que moins de la moitié de la totalité des gaz de combustion rejetés par le système.

En matière de circulation du chlore dans le système et de concentration dans les matières, il n'y a pas lieu de faire de distinction entre les fours à précalcinateur et ceux à préchauffage. Ils ne diffèrent que par le fait que le chlore évaporé dans les fours à précalcinateur se trouve concentré dans moins de la moitié du total des gaz de four des systèmes à préchauffage.

Le paramètre déterminant en matière de formation de dépôts sur le conduit en sortie de four est la concentration en chlore de la phase gazeuse et non pas celle de la phase solide. La concentration critique est de 12 grammes de chlore par normaux m^3 de gaz de four. Lorsque l'on double la production d'un four, il faut également doubler la quantité de gaz extraits du four pour maintenir la concentration en chlore des gaz de four à sa valeur précédente.

Le four de l'ASMAR de M'Zoudia devant être converti l'année prochaine (1992) en un four à précalcinateur, on ne voit pas bien l'intérêt qu'il y aurait à commencer à y incinérer des pesticides avant cette transformation. Une raison en est que la capacité actuelle d'incinération du four est tellement faible qu'il ne serait pas possible de détruire la totalité du stock de BHC avant la modification ; une autre raison est que l'incinération de produits chlorés dans le four accroîtrait les émissions salines dans l'atmosphère aussi longtemps que le four ne sera pas équipé d'un filtre de by-pass.

Il est déconseillé d'envisager ne serait-ce qu'un essai d'incinération avant la modification du four, ceci à moins qu'un tel essai ne soit nécessaire pour convaincre les propriétaires de l'installation et la collectivité voisine du fait que le four est réellement en mesure de détruire efficacement des pesticides. Il a déjà été

démontré à de nombreuses reprises qu'un four à ciment est capable d'incinérer tout composé organique avec un taux de destruction et d'élimination supérieur (DRE) à 99,99 %.

Il est vivement recommandé d'entrer en contact avec l'ASMAR et de lui expliquer en détail l'ensemble de la situation. Si elle accepte alors d'incinérer des pesticides dans le four, il sera possible de procéder aux travaux nécessaires d'installation lorsque le four sera arrêté pour la conversion prévue. Ces travaux comporteraient un by-pass plus important avec filtre (nécessaire en tout état de cause à l'installation), une modification du brûleur de four et sans doute une amélioration de l'instrumentation. L'équipement actuel d'analyse de gaz consiste en un analyseur de O_2 et de CO à l'entrée du four et un analyseur d'O_2 à la sortie du préchauffeur. Ce dernier ne fonctionnait pas lors de la visite.

Cimenterie de l'Oriental (CIOR), Oujda

La visite de l'installation a eu lieu le 18 septembre 1991. Elle comporte deux fours identiques, des Polysius DOPOL à 4 phases de 4,6 x 72 m, d'une capacité unitaire de 1.800 tonnes par jour.

Le brûleur est un Unitherm à trois conduits fabriqués en Espagne, assez semblable au brûleur Pillard utilisé par l'ASMAR. Il rencontre des problèmes d'usure dans le conduit à charbon. L'alimentation de charbon est une SIMPLEX Schenck dont l'accessibilité extérieure est médiocre.

Le mélange brut est composé de 80 % de calcaire à 0,01 à 0,015 % de Cl et de 20 % d'argile à 0,025 à 0,035 % de Cl. Sa teneur habituelle en Cl est de 0,014 à 0,020 % de Cl, ce qui correspond à 0,22 à 0,31 kg/t de Cl dans le clinker. La teneur limite de Cl du clinker pour les fours à 4 phases sans by-pass étant de 0,23 kg/t, ce four fonctionne généralement avec de tels excès de chlore que des difficultés d'exploitation apparaissent.

Les fours sont équipés d'analyseur de gaz pour l'O_2 le CO et le NO en sortie de four et pour l'O_2 et le CO après le préchauffeur.

Les concentrations d'éléments volatils autres que le Cl sont les suivantes :

	$\%SO_3$	%S	$\%K_2O$	Na_2O
Mélange brut :	0,1		0,7-0,9	0,15-0,25
Clinker :	0,3-0,7		1,3	0,15-0,20
Charbon :		0,5-1,5		

L'installation consomme environ 6.000 kcal de charbon avec Hi et 860 kcal de mazout par kilo de clinker.

Comme ce qui précède le montre, l'usine de ciment d'Oujda n'est pas actuellement en mesure d'incinérer des pesticides chlorés. Etant donné qu'elle appartient au gouvernement du Maroc, qu'en tout état de cause elle a besoin d'un by-pass (dont la durée d'amortissement serait courte du fait de la nette amélioration de l'exploitation de l'usine qui en résulterait) et que les stocks de pesticides appartiennent également au gouvernement du Maroc, une symbiose devrait être possible sous la forme d'un partage des coûts de l'installation de ce by-pass entre la CIOR et le gouvernement marocain.

TAUX D'ELIMINATION DES PESTICIDES

Un by-pass fonctionne en maintenant la concentration en Cl des gaz quittant le tube du four à une valeur ne dépassant pas 12 grammes par normaux m^3. Tout le chlore rajouté au delà des limites supérieures pour les matières premières (0,23 kg/t de clinker pour les fours avec préchauffage à 4 phases et 0,15 kg/t de clinker pour les fours à précalcinateur) doit être extrait sous forme de gaz de by-pass avec une concentration de Cl de 12 grammes par normaux m^3. En fin de compte, que le four soit d'un type ou d'un autre, il faut extraire la même quantité de gaz pour faire face à un excès de chlore donné.

La capacité du by-pass, exprimée en fonction du chlore total introduit dans le four, est indiquée en Annexe 6. Sur un four à précalcinateur, un by-pass à 5 % du volume total des gaz correspond à un by-pass de 15 % du total des gaz du four car ceux-ci ne comptent que pour un tiers du total. En effet, seulement 40 % du mazout est brûlé dans le tube du four et la quasi-totalité du CO_2 est évacuée dans le précalcinateur.

Par ailleurs, les fours ouverts peuvent recevoir beaucoup plus de chlore sans by-pass que les systèmes fermés. Des apports de 0,1 % sur des bases de clinker ou de 1 kg/t de clinker sont acceptables. Le chlore doit néanmoins être évacué sous forme de poussière de précipitateur.

Certains des pesticides du Maroc contiennent également du phosphore et du soufre et les apports de ces deux éléments font l'objet de limitations.

La plupart des ciments Portland contiennent de 0,05 à 0,25 % de P_2O_5 et on ne constate pas d'effets nocifs sur le ciment pour des concentrations inférieures à 0,3 % (jusqu'à 0,5 % dans certains cas). La plupart des ciments sont capables de recevoir un apport additionnel d'au moins 0,1 %.

Les apports de soufre doivent être limités du fait du risque de formation d'un dépôt sur le conduit en sortie de four. Les quantités maximales admissibles sont fonction des apports d'alcalis : le soufre excédant la quantité susceptible de se combiner avec les alcalis donnera lieu à la formation de $CaSO_4$ Le $CaSO_4$ avec les chlorures et sulfates d'alcali déjà présents forment des mélanges salins eutectiques à faible point de fusion.

La moitié du Na_2O introduit dans un four à ciment formant des solutions solides avec les matières du clinker, une moitié de celui-ci seulement pourra se combiner avec du soufre. Sur un plan stoechiométrique, le soufre excédentaire est lié aux alcalis par la relation suivante :

$$SO_{3(\text{en excès})} = SO_3 - 0{,}85\ K_2O - 0{,}65\ Na_2O$$

Bien qu'il soit préférable qu'il n'y ait pas d'excès de SO_3 on peut admettre jusqu'à 0,3 % du clinker dans le cas de fours avec préchauffage à 4 phases et de fours à précalcinateur.

Il est peu probable que le soufre soit à l'origine de difficultés d'exploitation dans des systèmes de fours plus ouverts – fours Lepol à préchauffage de grille, fours humides, fours longs secs – pourvu que l'apport de soufre soit contrôlé de façon à ce que le contenu du clinker en SO_3 n'excède pas 1,5 %.

Les apports de chlore, de soufre et de phosphore étant connus, ainsi que la dimension du by-pass – le cas échéant –, il est possible de calculer la quantité de ces éléments qu'il est possible d'ajouter sous forme de pesticides ou d'autres matières dangereuses :

Exemple de calcul

On désire brûler un mélange d'une solution à 45 % de BHC dans un naphta aromatique lourd et du Malathion à 95 % non dilué dans un four à ciment de 1.800 t/j avec préchauffage à 4 phases et un by-pass à 5 % des gaz de four. Le four est alimenté par un mélange brut ayant les teneurs suivantes en chlore, soufre, alcali et P_2O_5:

	Mélange brut	Clinker
%Cl	0,020	0,031
$\%K_2$	0,85	1,33
%NaO	0,20	0,31
$\%SO_3$	0,10	0,16
$\%P_2O_5$	0,064	0,10
%Perte par allumage (LOI)	36,0	0,0

Les concentrations par rapport au clinker sont calculées en multipliant les concentrations de mélange brut par un facteur de 100 : (100 - LOI).

Le four est alimenté par du charbon ayant un pouvoir calorifique de 6.000 kcal/kg et une teneur en soufre de 1,5 % sous forme de S, correspondant à 3,75 % de SO_3 La consommation spécifique de chaleur du four est de 860 kcal/kg de clinker.

Le SO_3ajouté au mazout représente, par rapport au clinker : 3,75 x 860/6000 = 0,54 %, ce qui amène l'apport total de SO_3à 0,16 + 0,54 = 0,70 %.

On peut à présent calculer l'excès de soufre :
SO_3(excès) 0,70 - 0,85 x 1,33 -0,65 x 0,31 = -0,63 %
Le four peut donc recevoir un apport additionnel de SO_3d'au moins 0,6 % (pouvant probablement aller jusqu'à 0,9 %).

L'annexe 6 indique que l'apport acceptable de chlore avec un by-pass de 5 % est d'environ 0,06 % sur la base du mélange brut, ce qui correspond à 0,094 % par rapport au clinker. Le mélange brut participant à cet apport pour 0,031 % sur la base du clinker, l'apport supplémentaire admissible est de 0,063 % par rapport au clinker soit 0,63 kg/t de clinker.

Le BHC pur a une teneur en chlore de 73,2 % ; une solution à 45 % contient donc 0,45 x 73,2 % = 32,9 % de Cl. Si X représente l'apport admissible de solution à 45 % exprimé en pourcentage de la production de clinker, on a donc :

X = 100 x 0,063 : 32,9 = 0,19 %

Avec un four produisant 1.800 t/j, soit 75.000 kg/h ou 1.250 kg/min, l'apport de solution à 45 % de BHC sera donc de 143 kg/h ou 2,4 kg/min.

Le P_2O_5qu'il est acceptable d'ajouter au clinker est 0,3 - 0,1 = 0,2 % du clinker. Le Malathion à 95 % contient 0,95 x 21,5 = 20,4 % de P_2O_5 Il est donc possible d'ajouter :

Y = 100 x 0,2 : 20,4 = 1,0 % de Malathion.

Le contenu en SO_3du Malathion à 95 % est de 46,0 %, ce qui signifie qu'un apport de 1 % par rapport au clinker ajouterait 0,46 % de SO_3au clinker, ce qui serait acceptable dans l'exemple évoqué.

Le BHC se présentant sous la forme d'un mélange à 11 % avec du talc nécessite des précautions particulières. Le talc apportant du MgO au clinker et agissant comme une composante supplémentaire de cendre de charbon, il n'est pas recommandé d'alimenter le four avec cette formulation à un rythme supérieur à 1,25 % du poids de clinker, ce qui fournira à ce dernier un apport de 0,1 % de Cl.

MANIPULATION, MELANGE ET ALIMENTATION DES FOURS EN PESTICIDES LIQUIDES

La plupart des pesticides liquides des stocks marocains sont contenus dans des fûts de 200l. en acier, répartis entre un certain nombre de dépôts. Ils devront être transportés vers la cimenterie et préparés de façon à être pompables et ensuite atomisés par un brûleur dans le four.

Le transport des lieux de stockage vers la cimenterie, ou au moins la première partie de ce transport, devra se faire par camion-citerne. Le contenu des fûts devra être filtré au cours du transfert vers les camions-citernes. Ce filtrage pourra être effectué en aménageant un puisard conique équipé d'une pompe dans chaque dépôt. Ces puisards devront être recouverts d'une solide grille métallique sur laquelle les fûts seront placés pour y être vidés et éventuellement rincés. Une trémie à trous de faible diamètre (0,5 mm au plus si les gicleurs du brûleur du four sont d'un diamètre de 1,0 mm) sera installée sous la grille métallique. Il conviendra d'utiliser deux trémies en série pour le cas où celle du dessus viendrait à être endommagée.

Les particules solides retenues par les trémies pourront probablement être mélangées au son de blé contenant 0,05 % de BHC, ce qui donnera une poudre s'écoulant librement. Le liquide filtré pourra être pompé directement dans les camions.

Il conviendra de disposer d'une installation de réception à la cimenterie, consistant au minimum en un réservoir de stockage et de mélange et un réservoir d'alimentation à partir duquel le produit mélangé sera amené vers le four. Le réservoir de mélange devra avoir une capacité lui permettant de recevoir une semaine au moins de consommation de pesticide, pour tenir compte de la cadence des rotations de camions et de la nécessité de procéder à des mélanges. Le réservoir d'alimentation du four doit pouvoir contenir 3 à 4 jours de consommation de façon à éviter de rapides variations dans la composition du mélange lors des transferts du réservoir de mélange vers ce réservoir d'alimentation.

Le brûleur du four sera du type traditionnel à mazout avec lance et pulvérisation à air comprimé. Ses orifices ne devront pas être d'un diamètre inférieur à 1mm pour éviter qu'ils ne s'obstruent et la lance du brûleur devra pouvoir pénétrer à l'intérieur du tube-guide central recevant le brûleur principal à mazout utilisé pour la mise en température du four. Lorsque l'alimentation en charbon est mise en service, la lance principale à mazout peut alors être retirée du tube-guide. Les brûleurs à mazout avec lance sont un type d'équipement courant et existent en de nombreuses dimensions chez bon nombre de fournisseurs, dont F.L. Smidth/Fuller.

Il sortirait du cadre de ce rapport d'énumérer les spécifications précises d'une installation d'élimination de pesticides liquides dans une cimenterie. Une telle installation doit être conforme aux normes applicables aux établissements de stockage et de manipulation des usines chimiques dans lesquelles les pesticides sont fabriqués. L'annexe 7 donne un certain nombre d'éléments relatifs à la mise en place de systèmes d'alimentation en combustible obtenu à partir de déchets.

MANIPULATION ET ALIMENTATION EN PESTICIDES SOLIDES

Le BHC est stocké au Maroc soit dans des sacs en papier (formulation talc), soit dans des sacs de jute (formulation son). Un certain nombre de ces sacs sont détériorés, fuient ou sont trop fragiles pour pouvoir être transportés. Le contenu des sacs pleins et la poudre répandue peut être transféré dans des récipients (fûts de 200 l. avec couvercle) sur les lieux de stockage. Ceux-ci pourront alors être transportés par voie routière ou ferrée vers la cimenterie.

A la cimenterie, les fûts seront vidés dans un broyeur ce qui permettra de transformer les sacs pleins en petites particules pouvant être soufflées dans le four en même temps que la poudre. Le broyeur doit être placé directement au dessus du silo ou stockage à partir duquel le produit est envoyé vers le four. (Une autre possibilité consisterait à utiliser un dispositif permettant de séparer les sacs de leur contenu).

Le silo doit être placé sur des cellules de charge et l'extraction à partir du fonds du silo se fera par alimentation à vis. Le taux d'alimentation est réglé par variation de la vitesse de rotation de la vis, qui peut être calibrée en kg/h à partir des cellules de charge qui supportent le poids du silo.

Si l'on procède à la séparation de la poudre et des sacs, ou si les sacs sont broyés en tout petits morceaux (de la taille d'un confetti), le produit peut être amené directement du côté de l'aspiration du cyclone primaire. Comme il pourra être difficile de parvenir à une finesse suffisante de broyage, et compte tenu des conséquences désastreuses que pourrait avoir sur le brûleur un bouchage de l'amenée axiale d'air par des morceaux de sacs (interruption du refroidissement de la partie du brûleur dépassant à l'intérieur du four), il est sans doute plus sûr d'installer un cyclone séparé soufflant directement le produit broyé dans le four par un conduit de 3" placé au dessus du brûleur principal et revêtu d'une matière réfractaire moulable.

De petites souffiantes capables de broyer et de déplacer des matériaux raisonnablement souples sont couramment utilisées dans les fermes pour le broyage et le transport de grains destinés à l'alimentation du

bétail. Ces dispositifs pourraient aisément être employés avec du son de blé et du talc (dureté 1 sur l'échelle de Moh).

Le broyeur et le silo doivent être dépoussiérés au moyen du ventilateur de balayage ou du cyclone primaire pour éviter les odeurs. La ventilation des réservoirs de pesticides liquides peut également être faite par le cyclone primaire.

MANIPULATION DE SOLS CONTAMINES

Il pourrait y avoir jusqu'à 1.000 m^3de sols contaminés par des pesticides dans les dépôts de pesticides du Maroc. Le meilleur moyen de les stocker en vue de leur acheminement par camion vers la cimenterie après ramassage consiste à les placer dans des sacs en papier revêtus intérieurement de plastique pour éviter les odeurs. La charge maximale de chaque sac sera limitée à 25 kg. pour en faciliter la manipulation. Dans un four à ciment, on peut traiter les sols de trois façons différentes, le rythme d'alimentation devant être maintenu suffisamment faible (moins de 1 %) de façon à ne pas altérer la qualité du clinker.

a. Alimentation à l'arrière des fours à préchauffage et à précalcinateur.
En principe, les pesticides doivent être introduits dans la zone de combustion d'un four et non au fond de celui-ci. Cette technique est néanmoins sûre et peut être employée, compte tenu des faibles concentrations et du fait qu'il est possible d'introduire les sols dans des fûts d'acier fermés à l'arrière du four, ce qui retarde le dégagement des pesticides. Un producteur de ciment pourra objecter à l'idée d'introduire de la composante argile par à-coups sous une forme grossière ou concentrée dans le four ; et si le four est équipé d'un by-pass, la distance entre le point d'introduction et celui de l'extraction de gaz est très faible.

b. Alimentation entre four et refroidisseur sur tous les fours. Une meilleure solution est probablement d'introduire les sols entre le four et le refroidisseur, à un endroit où ils se mêleront au clinker chaud, d'une température d'au moins 1.200 ^{0}C. L'alimentation peut être, soit continue au moyen d'un dispositif à vis refroidi à l'eau, soit par introduction du sol placé dans de petits sacs dans le refroidisseur. Les matières organiques placées au dessus du tapis chaud de clinker brûlent et les produits combustibles sont entraînés vers la zone de combustion du four par l'air secondaire chaud et amenés à une température de l'ordre de 2.000 ^{0}C.

c. Alimentation par introduction dans la zone de combustion au moyen d'un dispositif pneumatique. Une troisième possibilité consiste à placer le sol dans des fûts en carton de 25 ou de 50 litres et de les injecter pneumatiquement dans la zone de combustion du four. La société F.L. Smidth fabrique un dispositif patenté du type connu sous le nom de système "Gunnax", mais il s'agit là d'un moyen probablement trop sophistiqué pour l'utilisation qui nous intéresse.

MESURES DE SECURITE RELATIVES A L'EXPLOITATION DE FOURS

Pour détruire des pesticides en sécurité, il est indispensable que le four fonctionne en régime stable, que sa zone de combustion soit suffisamment chaude et que l'on se trouve en présence d'un excès d'air suffisant.

Le four doit être équipé d'analyseurs de gaz mesurant la teneur en O_2et en CO à la sortie du tube du four. Si les indications données par ces instruments sortent des valeurs autorisées, l'alimentation en pesticides doit être automatiquement interrompue (de même dans le cas d'une défaillance de ces instruments). Sur les fours à préchauffage, il est également conseillé de disposer d'analyseurs d'O_2 et de CO prés du préchauffeur.

La température de l'air secondaire/clinker doit être mesurée au moyen d'un thermocouple placé sous le brûleur principal ou par un pyromètre à radiations à deux couleurs. Si la valeur relevée est trop faible, l'alimentation en pesticides doit être interrompue automatiquement. Des interconnections électriques analogues peuvent être établies en ce qui concerne le couple du moteur du four et le dosimètre de NO (qui

constituent tous deux de bons indicateurs de la température de la zone de combustion), la pression d'air primaire, la température de fond de four et tout autre paramètre y afférent. Une interruption de l'alimentation en combustible primaire doit entraîner la coupure immédiate de l'alimentation en pesticide.

RECOMMANDATIONS

Dans un premier temps, le gouvernement du Maroc doit décider quels pesticides doivent être conservés ou vendus, et ceux qui doivent être détruits. Cette décision une fois prise, il est suggéré au Gouvernement d'entrer en contact avec les productions de ciment suivants :

1) Cementos Tanger SA
2) Cementos Marroquis, C.M.A.
3) Société des Ciments d'Agadir
4) Société des Ciments de Marrakech "ASMAR"
5) Cimenterie de l'Oriental (CIOR)

Les usines 1) et 2) appartiennent à Lafarge Coppée qui lui-même détient 100 % des actions de SYSTECH, le plus important fournisseur de combustibles provenant de déchets de l'industrie du ciment des Etats-Unis. Il n'est pas douteux qu'ensemble Lafarge Coppée et SYSTECH seraient en mesure de résoudre l'ensemble des problèmes posés par l'élimination des pesticides périmés du Maroc sur la base d'un contrat clé en main, qu'il s'agisse du ramassage des pesticides, de leur transport vers la cimenterie, de leur incinération, du suivi des émissions des fours et de la gestion des aspects contrôle en laboratoire et sécurité du projet, ceci à titre onéreux bien entendu.

L'usine d'Agadir est citée parce que, sur le plan technique, les fours conviennent bien et parce qu'elle est située à proximité des principaux dépôts de pesticides. Le fait qu'elle soit implantée au centre d'un complexe touristique pourrait conduire à exclure d'y incinérer des pesticides.

Les by-pass des usines de l'ASMAR et de la CIOR devront être remplacés pour leur permettre d'y brûler des déchets chlorés ; sous réserve que ces by-pass aient la capacité voulue, ces usines pourront assurer cette incinération. Les deux cimentiers seront probablement intéressés par une telle opération si le gouvernement du Maroc participe au coût de l'installation.

Copenhague, le 27 septembre 1991

Torben Enkegaard

ENCL. 1

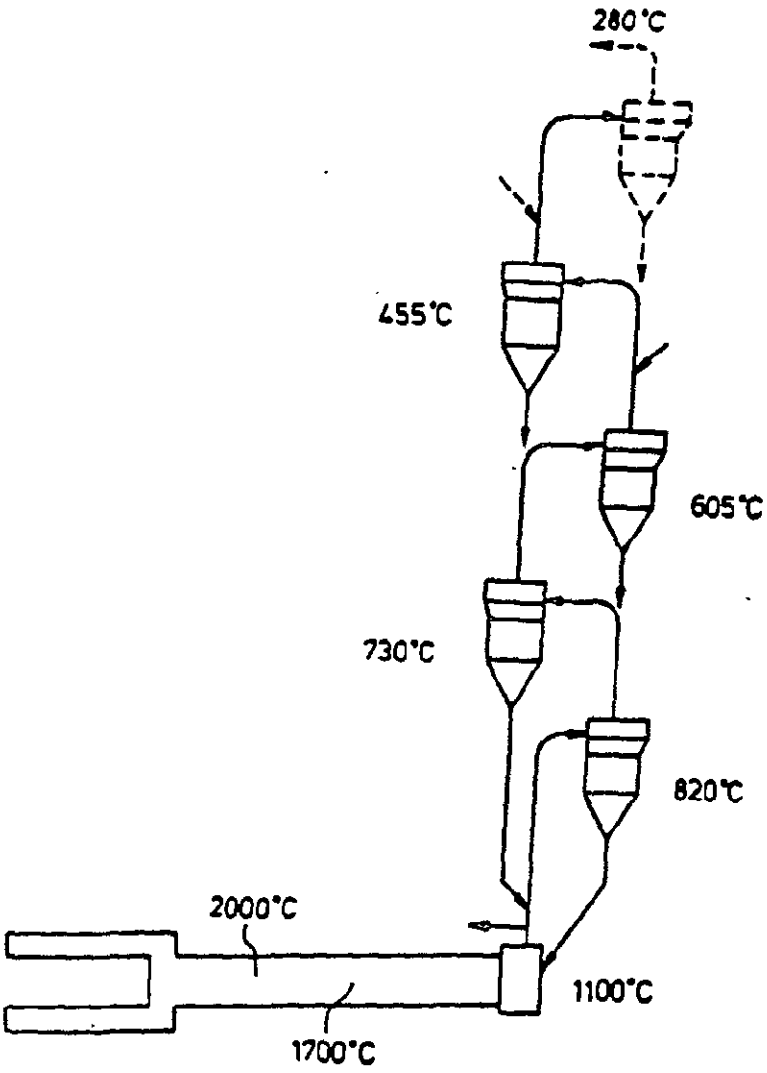


Fig. 1A

ENCL. 2

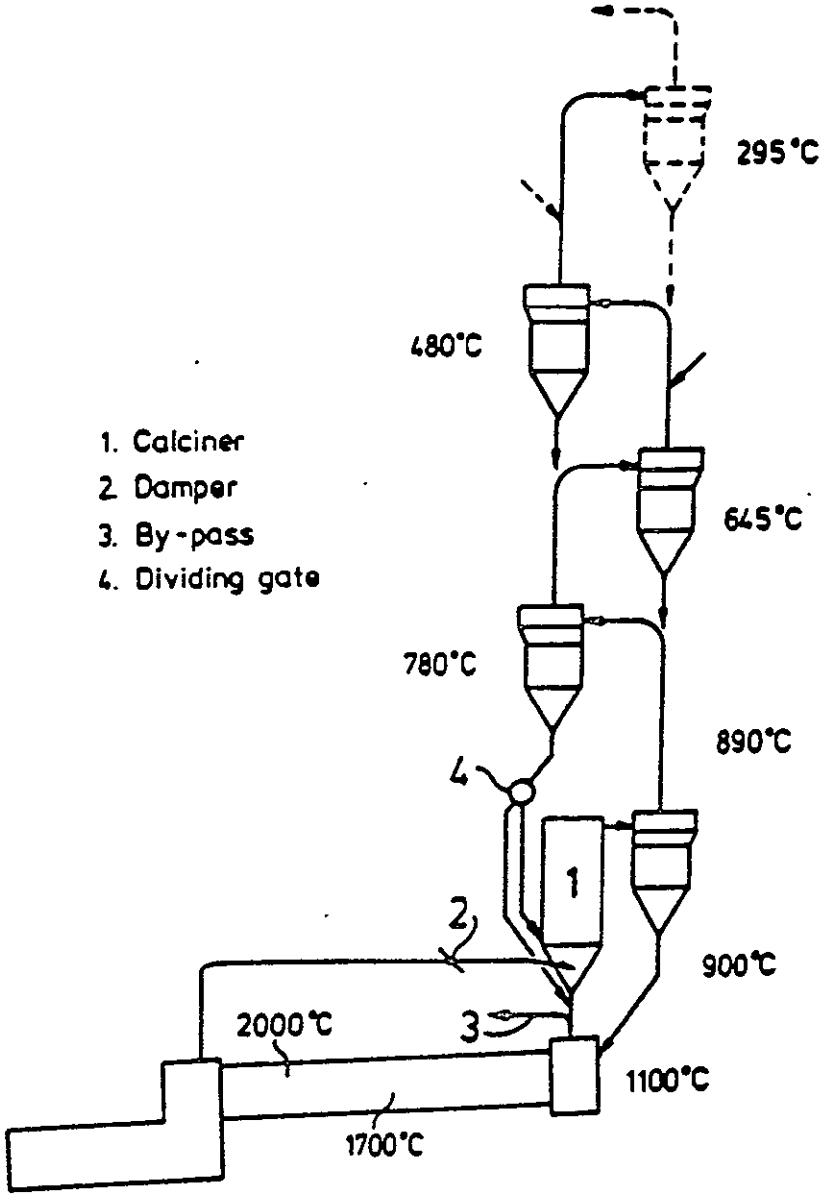

1. Calciner
2. Damper
3. By-pass
4. Dividing gate
295°C
480°C
645°C
780°C
890°C
900°C
1100°C
2000°C
1700°C
1
2
3
4

Fig. 1B

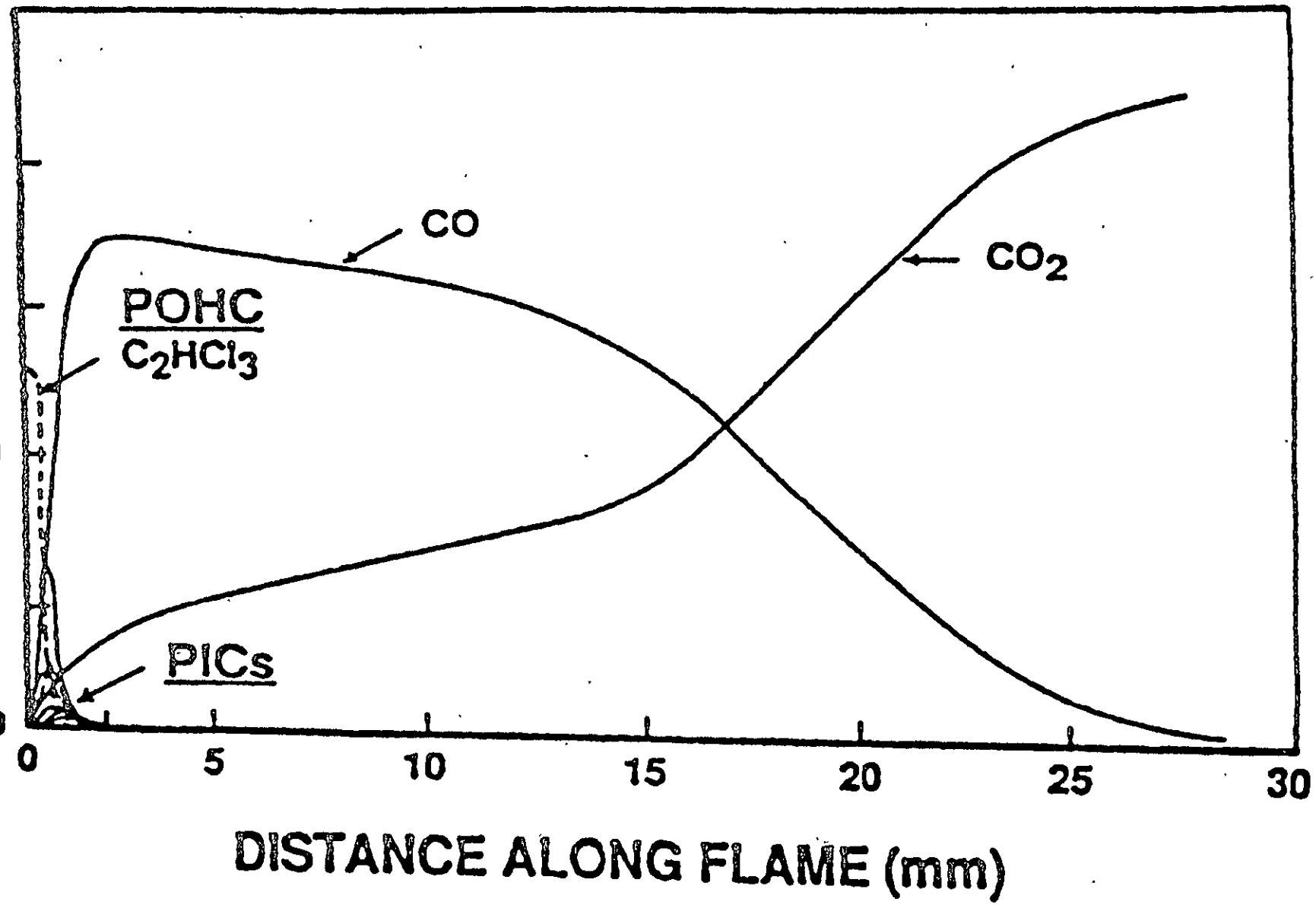


Figure 2. POHC and PIC profiles inside a premixed flame. Source: Senkan, T.

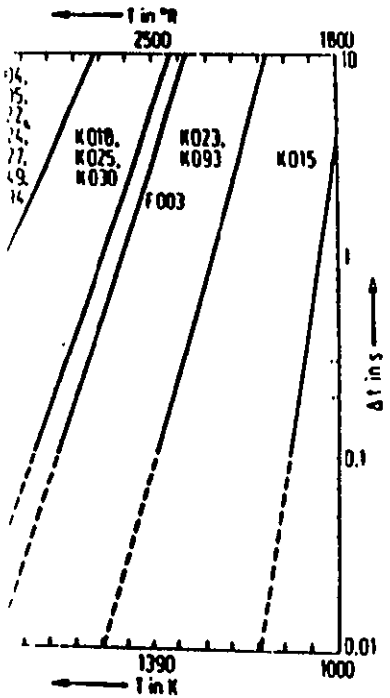
ENCL. 3

e: A = Arrhenius pre-exponent frequency factor (S^{-1})
E = Energy af activation (J/kg-mole)
R = Universal gas constant (8314 J/kg-mole· K)
T = Absolute temperature (°K).

he A and E values are known the required retention time can be calculated for cted temperature (and visa-versa).

: retention time-temperature relationship for some organic compounds men- l in Section 2.1.2 is shown in Fig. 3.1.

ne organic compounds are shown in Table 3.1 in order of destructability [11].



3.1. Plots of time-temperature requirements for 99.99 per cent destruction of selected ardous waste categories. (US. EPA. April 1983)

Toxic Wastes, Which can be Incinerated

many organic toxic wastes such as pesticides the incineration process if often ost practical destruction alternative.

he temperature and residence time has been selected correctly the destruction e almost complete.

mpounds containing toxic metals (for example mercury) pose a problem however. waste might be treated by special thermal methods pyrolysis or distillation rcury containing wastes are incinerated special flue gas cleaning systems should d

Table 3.1. Order of increasing destructibility based on temperature required for 99.99 percent destruction at 1-second residence time [11]

Order	Compound	Temperature[a]	
		°C	(°F)
1	Methyl chloride	844	(1550)
2	Methane	836	(1535)
3	Phenol	807	(1484)
4	Methylene chloride	797	(1466)
5	Pyridine	791	(1455)
6	Chlorobenzene	768	(1413)
7	Dichlorobenzene	765	(1408)
8	Hexachlorobenzene	763	(1405)
9	Ethane	761	(1401)
10	Vinyl chloride	746	(1374)
11	Ethyl chloride	737	(1358)
12	Benzene	737	(1358)
13	Cresol	722	(1331)
14	Ethylene	721	(1329)
15	Toluene	720	(1327)
16	Nitrobenzene	720	(1327)
17	Hexachlorobutadiene	719	(1325)
18	Trichlorobenzene	716	(1320)
19	Vinylidene chloride	712	(1313)
20	Acetophenol	711	(1310)
21	Propane	708	(1305)
22	1,2,2-trichloro-1,1,2-trifluoroethane	692	(1277)
23	Dichloropropane	686	(1266)
24	Trichloroethane	683	(1260)
25	Phthalic anhydride	672	(1240)
26	Isobutanol	666	(1229)
27	Trichloroethylene	662	(1222)
28	Naphthalene	661	(1221)
29	Methyl ethyl ketone	657	(1213)
30	Dichloroethane	656	(1212)
31	Epichlorohydrin	618	(1143)
32	Maleic anhydride	607	(1123)
33	Bis(2-chloroethyl)ether	602	(1115)
34	Methyl isobutyl ketone	599	(1109)
35	Trichloropropane	571	(1060)
36	Benzotrichloride	528	(982)
37	Carbon disulfide	400	(751)

a Temperatur required for 99.99 per cent destruction at a residence time of 1 second.

3.3 Toxic Wastes Which can be Detoxified

3.3.1 Inorganic Toxic Wastes

Among the wastes which can be detoxified by chemical methods, the cyanide or chromate containing wastes originating from metal plating industry should be mentioned.

ANNEXE 5.4.

PESTICIDE STOCKS IN MOROCCO

REGION : OUJDA

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
TRARID	DDVP 4 %	6.150		
BASSIA	"	4.000		
CHOUATER	"	3.000		
B. TADJIT	"	2.200		
BOUARFA	"	52.130		
BOUANANE	"	9.980		
TALSSINT	"	7.400		
BOUDNIB	"	6.050		
FIGUIG	"	6.060		
FIGUIG	" 20%	9.000		
TALSSINT	"	9.400		
BOUANANE	"	5.900		
BOUARFA	"	26.650		
B. TADJIT	"	5.600		
TRARID	"	5.600		
BOUARFA	NOV	3.600		
BOUARFA	FENITH.DIL.	800		
BOUARFA	MALATH.PUR	16.000		
BOUARFA	" DIL.	1.400		
BOUDNIB	MALATHION	3.000		
BOUDNIB	KARATE	120		

DDVP = DICHLORVOS

REGION : ERRACHIDIA

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
TINEJDAD				
JORF				
RISSANI				
GOURRAMA				
RAMLIA				
TAOUZ AMERZ.				
FEZOU				
OUMJRAN A.S.				
AMELLAGO A.				
IFEGH (AGHB)				
IFEGH				
TOUROUG				
ERRACHIDIA	DDVP	2.600		
ERRACHIDIA	" 4%	5.190		
BPA ERRACHIDIA	"	6.200	60 60	
TAOUZ	"	9.200		
ERFOUD	"	8.300		
RICH	"	11.640		
GOULMIMA	"	10.755		
ALNIF	"	6.750		
RICH	" 20%	6.950		
ERFOUD	"	10.800		
TAOUZ	"	7.200	50 50	
ALNIF	"	6.800		
GOULMIMA	"	9.000		
BPA ERRACHIDIA	"	14.120		
BPA ERRACHIDIA	FENITHROTION			
GOULMIMA	"	200		
BPA ERRACHIDIA	" 35%	200		
BPA ERRACHIDIA	MALATHION	7.000	14000	
ALNIF	"	2.000		
ERFOUD	"	3.000		
RICH	"	300		
GOULMIMA	"	1.700		
RICH	KARATE	74		
GOULMIMA	"	132		
BPA ERRACHIDIA	"			
BPA ERRACHIDIA	SOLVANT	2.000		
TINGHIR				

REGION : MARRAKECH

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
AMIZMIZ	DDVP 4%	400		
TAHANAOUT	"	400		
A.OURIR	"	400	4533	
IMINTANOUT	"	1.490		
MARRAKECH	"	400		
S.RAHAL	"	400		
MARRAKECH	" 20%	3.000	3000	
"	FENITH. 10%	1.000		
"	MALATH. 95%	3.200	4500	
"	DECIS 25	5.375		
TAHANAOUT	"	500		
S.RAHAL	"	500		
AMIZMIZ	"	500		
IMINTANOUT	"	500		
A.OURIR	"	500		

REGION : SAFI

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATIN	OBSERVATIONS
ESSAOUIRA	DDVP 4%	3.680	3750	
ESSAOUIRA	DECIS 25	1.500		

REGION : OUARZAZATE

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
SKOURA				
K. MEGOUNA				
BOUMALENE				
TAGOUNITE				
AGDEZ				
ZAGORA				
F.ZGUID				
TAZNAKHT				
TALIOUINE				
TAGHBALT				
N'KOB:				
TAZARINE				
M'HAMID				
OUARZAZATE TAMETK	DDVP 4%	35.075		
OUARZAZATE TAMETK	" 20%	89.220		
OUARZAZATE	FENITH. 50%	5.170		
OUARZAZATE	MALATH. 96%	47.210		
OUARZAZATE	SUMITH.100%	400		
OUARZAZATE	DECIS	1.200		

REGION : AGADIR

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
IGHREM	DDVP 4%	15.200		
A K K A	"	12.400	66350	
F.EL HISSEN	"	2.200		
F.EL HISSEN	"	36.550		
A K K A	" 20%	14.800	69000	
F.EL HISSEN	"	26.800		
IGHREM	"	17.400		
F.EL HISSEN	FENITH. 7%	1.200		
F.EL HISSEN	" 30%	2.000		
F.EL HISSEN	MALATH.14%	3.800		
IGHREM	" 96%	4.400	10.314	
A K K A	"	9.600		
F.EL HISSEN	"	31.550		
A S S A				
A S S A	DDVP 4%	3.266		
TAFRAOUT	"	9.250		
A N Z I	"	550	76000	
SIDI IFNI	"	2.200		
GUELMIM	"	31.800		
TIZNIT	"	1.000		
GUELMIM	" 15%	7.000	51.350	
GUELMIM	" 20%	36.800		
SIDI IFNI	"	7.400		
TAFRAOUT	FENITH. 35%	160		
GUELMIM	" 50%	19.200		
TAFRAOUT	" 96%	1.900		
SIDI IFNI	MALATH. 96%	3.200		
TAFRAOUT	"	7.800	42000	
A S S A	"	8.000		
TIZNIT	"	9.400		
GUELMIM	"	13.800		
GUELMIM	KARATE	5.775		

REGION : AGADIR (SUITE)

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
A. MELLOUL	KARATE	90.250		
"	DDVP 4%	6.000		
"	" 20%	15.600		
"	" 97%	389.000		
"	MALATH. 96%	227.400		
"	SOLVANT	2.600.000		
"	DECIS 12,5	52.100		
"	DECIS EC 25	112.400		
"	FENITH. 500	280.000		
"	" 500 EC	17.400		
"	" 1000	480.000		
TAN TAN	DDVP 4%	6.800		
"	" 20%	24.700		
"	FENITH.35%	1.700		
"	MALATH.96%	28.000		

REGION : LAAYOUNE

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
LAAYOUNE	DDVP 4%	52.170		
"	" 20%	78.100		
"	MALATH.95%	23.400		
"	DIAZINON	1.800		
"	DECIS	1.800		
"	FENIT.1000	2.460		
"	DDVP 20%	3.275		
DAKHLA	DDVP 4%	266.000		
"	" 20%	8.000		

REGION : FES

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
MISSOUR	DDVP 4%	12.500		
"	" 20%	17.000		

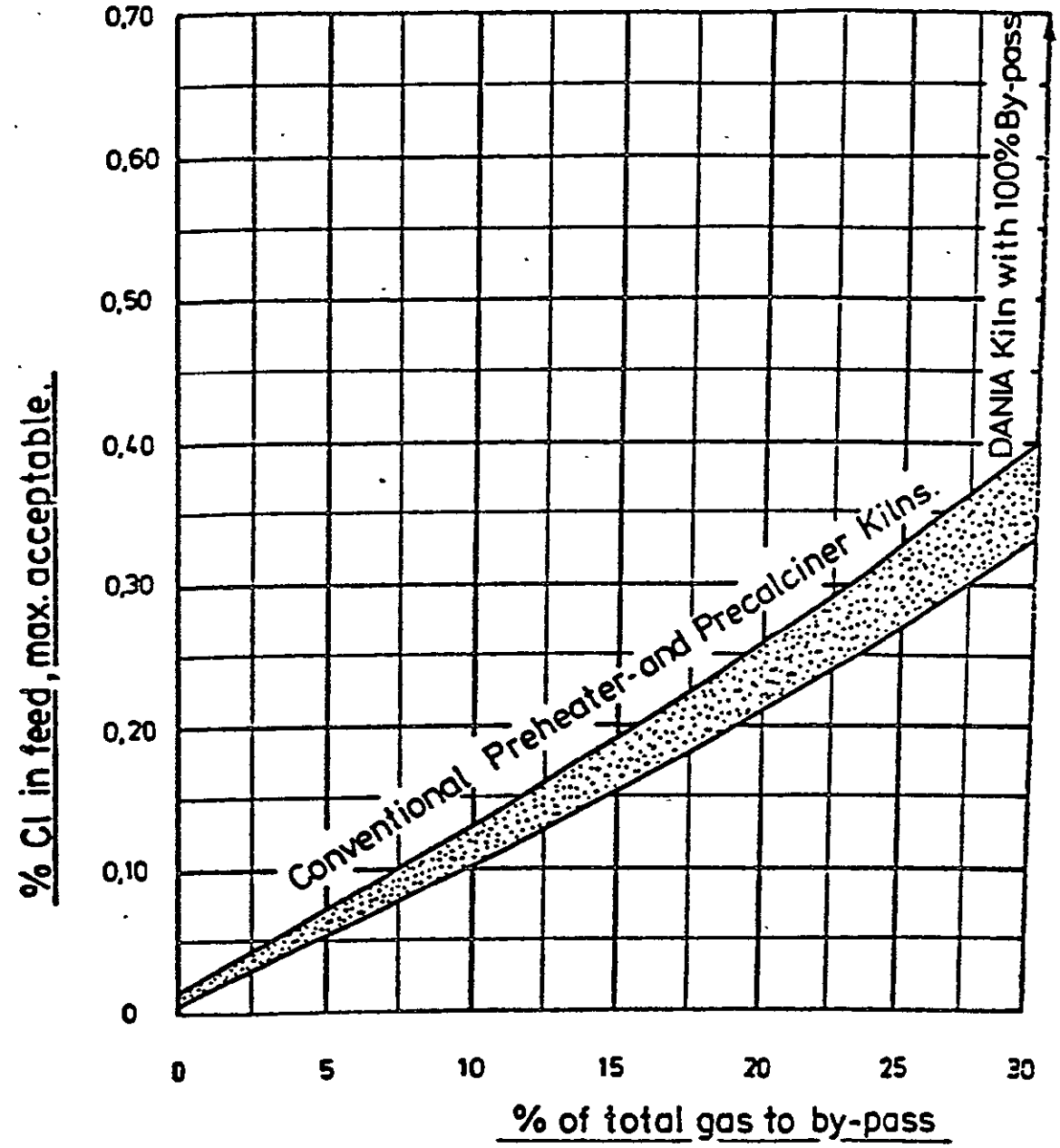
REGION : MEKNES

LOCALITE	NATURE	QUANTITE	CONCENTRATION	OBSERVATIONS
KHENIFRA	DDVP 4%	16.600	16.600	
"	" 20%	13.500	13500	
"	DECIS ULV	2.500		
"	DECIS	1.550		

Kiln Processes.

VOLATILE MATTER

By-Pass. Reduction of Chloride Circulation.



By-pass designed to reduce the chloride concentration in kiln exit gas to an acceptable level (12 g Cl/Nm³ kiln exit gas).

HOW TO INSTALL A WASTE SYSTEM

by Hubert L. Smith

An expert in the field gives tips on how to install an economic, environmentally acceptable waste-derived fuel facility in a cement plant

When a waste-derived fuel (WDF) system is installed in a cement plant, it must satisfy a variety of needs. It must:

- Provide a means of disposal for unwanted material;
- Be compatible with the manufacture of cement;
- Meet federal, state, and local regulations;
- Provide a reasonable return on investment for all involved.

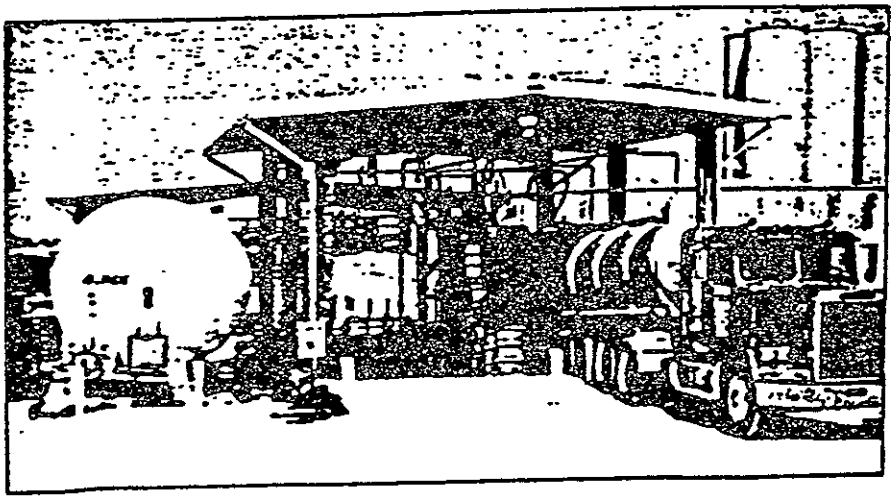
Since a WDF facility exists primarily to reduce the impact that hazardous material may have on the environment, it is essential that each facility be operated in a manner that minimizes leakage, spillage, evaporation, runoff, and other detrimental occurrences that would adversely affect the environment. The concept and design of a WDF facility and its components are the critical aspects of an economical, environmentally acceptable system. It is the responsibility of the owner, engineer, and contractor to design and build an operator-friendly system and reduce any chance of environmental contamination.

Most WDF facilities have six basic components:

- Transport vehicle unloading;
- Material handling/control;
- Waste material storage;
- Material processing;
- Fuel blending;
- Fuel burning.

Each of these components offers an opportunity for technical excellence in design and operation, and each offers a different potential for problems and liability issues. The proper combination of these components provides the basis for a successful facility.

This two-bay truck unloading area is covered to protect it against the hazards of inclement weather, specifically rain, which must be contained and disposed of in a manner other than discharging outside the compound.

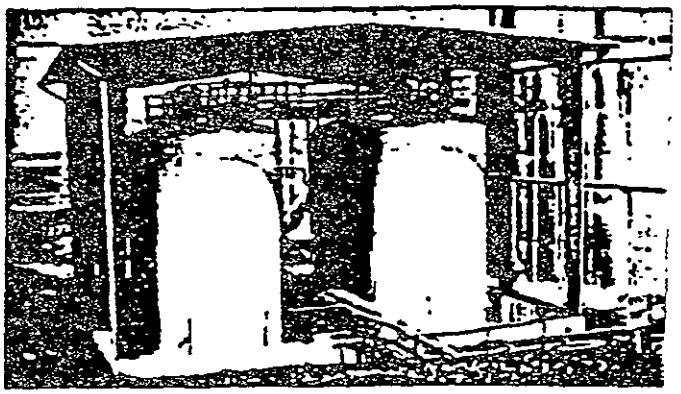


TRANSPORT vehicle unloading plays a major role in most WDF facilities. For instance, it is the bulk truck and railcar unloading areas that set the "feeling" for non-company individuals about the entire facility. If truck drivers have a clean facility in which they can easily unload, they will spread positive feedback to others. In an industry which often conjures up negative images, positive public relations can be helpful.

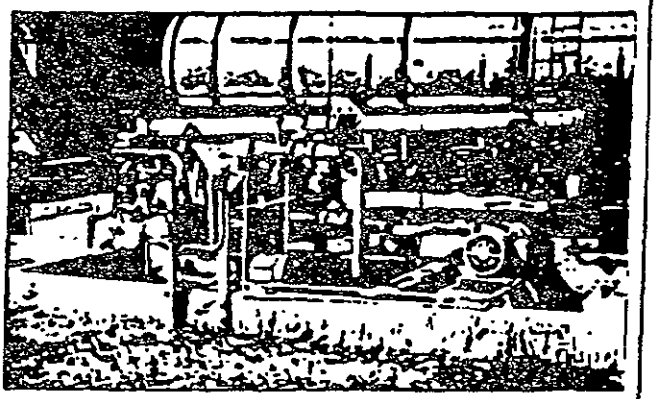
It is important that unloading areas with adequate spill containment be provided for each type of material shipment that is received. Zones that are impervious to the material being handled and that are capable of impounding the entire content of the transport vehicle need to be established. Crack control must be a prime ingredient in the spill containment design, and concrete containments that hold liquids need to be steel-lined, since concrete is porous to many solvents.

Pumps and strainers should be located where the length of the pump suction line is minimized,

Hubert L. Smith is president of the Texas Division of the Benham Group, in Dallas, Texas. This article is a condensation of a paper he presented at ROCK PRODUCTS' 25th International Cement Seminar in Los Angeles, Calif., in Dec. 1989.



These large 40,000-gal storage tanks provide the opportunity for blending for consistent chemical/moisture content and heat value, causing fewer upsets in the kiln.



Pumps, such as those at this auxiliary truck unloading pump station, should be selected realizing that the viscosity of the received fuel may vary greatly.

and the strainers can be easily cleaned. Pumps should be selected with the knowledge that the viscosity of the received fuel may vary greatly, and that some fuel may contain solids. Strainers should be selected for ease of cleaning, since the fuel that passes through is waste. Some fuel may have sufficient solids or a consolidated mass to justify the installation of sizing devices. However, in many fuels, the solids have higher calorific values than the liquids; therefore, the solids should not be arbitrarily strained and thrown away.

Consideration should be given to covering unloading areas in locations with inclement weather, because all rain water must be contained and disposed of in a manner other than discharging outside the compound. Employees working under cover are also more likely to perform necessary tasks more accurately.

By furnishing drive-through truck unloading, a WDF facility can enhance the safety of vehicle operators and facility personnel. Drive-through truck unloading also negates the hazards associated with backing a vehicle and provides protection for railcars spotted for unloading.

If on-site material sampling is to be performed, a truck staging area should be provided. This allows material sampling (about a 2-hr process) to be performed without clogging the unloading area. Fuel recirculation through the railcar is a good idea as well, since solids tend to settle on the bottom of the car after it has been on the tracks for a long period of time. The material test sample will be more indicative of the entire carload if taken after the recirculation process.

HAZARDOUS waste material handling and control is another basic component of a WDF facility, and pumps, strainers, sizing devices, piping, control and isolation valves, and flow rate detection are the key ingredients in such a material-handling system.

The variability of the waste fuel's viscosity and solids content offers an interesting challenge in pump selection. A variety of pump types have been tried—including centrifugal, gear, and positive displacement—to handle the low head/high flow rate for unloading and transfer between tanks, and to handle the controlled high head/low flow rate required for kiln feed. The centrifugal pump seems to be the best suited for providing the necessary flexibility, even though it may be less efficient in certain applications.

Pump seals must be carefully chosen to provide protection against leakage. The type of seal used affects the organic emission rate claimed in the Resource Conservation and Recovery Act permit and the environmental cleanliness of an operation.

Sizing devices are normally grinders. Again, several types have been tried through the years. Some grinders provide pumping action with sizing, which requires closer internal tolerances, while others are aimed at low-maintenance, coarse operations.

Piping is critical in a material-handling system, because its layout can prevent potential plugging. Suction lines should be kept as short and straight as possible; discharge lines should be routed so that there are no traps in which solids can concentrate; and if a trap is needed, a method to clean it must be provided.

Waste material flow control can be provided by remote or manually operated isolation valves. (For remote operation, monitoring devices can be installed to assure that flow is occurring in desired locations.) All valves and pipe flanges must be located within a containment area, or containment must be furnished in some other manner.

Since WDF is a waste product, there is normally solid material within the fuel which will foul the pipeline if any device protrudes into the flow. Therefore, flow rate and pressure detection must be obtained with non-intrusive devices, such as open tubes or external mechanisms. Flow rate and pressure control may be accomplished by variable pump speed or a pressure-relief recirculation system. A recirculation system can return the fuel to a tank or to the suction side of the pump for viscosity reduction.

Installing A Waste System

WASTE material storage, another component of a WDF facility, can normally be accomplished in carbon steel tanks, if the fuel is organic. The corrosivity of most compounds found in WDF is such that the small amount of additional metal required for an acceptable tank life is economically justifiable. Most regulatory agencies require tanks to have double steel or raised bottoms which allow visual inspection for leakage.

Top- or side-mounted agitators should be provided in each storage tank to reduce settlement and potential plugging. Top-mounted units have larger shaft diameters and propellers, but require less horsepower and have no seal leakage. Side-mounted units require multiple agitators with higher horsepower and demand special attention to prevent seal leakage.

Multiple storage tank sizes can provide many benefits. Large tanks provide good blending for consistent chemical/moisture content and heat value, causing less upsets in the kiln. Medium-sized tanks provide separated storage of inconsistent and compatible fuel until it can be properly blended, allowing more variety in acceptable material. Small tanks provide storage and feeding of incompatible fuel. A complete tank farm which is to receive unblended fuel has tanks of various sizes to accommodate the expected WDF variability and throughput.

One of the problems encountered in waste material storage is that of volatile organic compound (VOC) vapors, which are emitted by thermal breathing and tank filling. Techniques such as floating roofs, nitrogen blanketing, carbon absorption, and flares can be used to combat this.

CONTAINER storage and material processing from containers is a relatively new field for hazardous waste material facilities in the cement plant. Techniques for emptying and cleaning containers and processing waste to a pumpable state are being continually developed and improved.

Storage and warehouse facilities must meet stringent environmental and fire-safety codes dictating pile sizes, stack height, building construction, room ventilation, fire protection, pile spacing, and aisle widths.

Furthermore, the facility must be designed to provide spill containment for a code-specified percentage of total storage. This containment must minimize exposure of non-leaking containers to spills, as well as safely contain the spilled material until it can be removed. It is imperative that the storage arrangement allows visual inspection of each container.

Codes governing the geographical area in which a WDF facility is being built will dictate the level of ventilation required for the warehouse. It must be remembered that most WDF vapors are heavier than air and settle to the floor; therefore, a ventilation system which will adequately sweep the floor, as well as provide proper temperature control ventilation during the summer, is highly recommended.

All electrical and material-handling devices must be chosen for compatibility with explosion-proof construction. Partition walls and connecting doors between separated portions of the warehouse must meet a code-dictated fire rating. This can make fork lift operation difficult, if the facility is not properly designed.

Material received in drums and portable containers may be in liquid, sludge, or solid form, so the processing area must be designed to handle material in any of these manifestations. Whether material is removed from its container by shovel and bucket or by automated equipment, certain basic design criteria must be considered (i.e., fire protection, spill containment, room ventilation, personnel safety from splashing, and VOC vapor control).

As with the warehouse area, the processing area's fire protection, room ventilation, and spill containment criteria are code-dictated. To bolster personnel safety, a decontamination area should be engineered into the facility to allow employees access to a shower and clean clothes if spill contamination should occur. Safety showers and eye washes should also be located in the processing area.

Whether the material is mixed in and pumped from the container or emptied into a separate mixing vessel, the used container must be properly handled. The choices seem to be to completely clean the container, clean it sufficiently for return to the waste generator as a recycled container, or dispose of it by shredding, by burning, or by landfilling.

The technique of processing material from containers will receive close attention in the near future. It is an area of good potential return for invested capital.

WASTE-derived fuel has been used successfully to fire rotary cement kilns in amounts as low as 10% of the total fuel to as high as 100% of total replacement for other fuel. Current installations have placed the WDF torch in locations both inside and outside the coal pipe. External torches have been placed in various sectors of the kiln hood, most with great success.

The torch tip can be a simple, single-hole tip when the fuel is supplemental to a main fuel, but it should be designed to accommodate compressed air that can be used for swirl and atomizing air when needed. The fuel and atomizing air must have flow and pressure control. Fuel pressures in systems with simple torch tips vary from 50 to 70 psi, with some as high as 120 psi, depending on the system design and the amount of atomizing air used.

If the current trend toward using the rotary cement kiln as an environmentally safe burning device for hazardous waste continues, a WDF facility will become an integral part of every cement plant. A well-designed, properly constructed, meticulously operated plant will be essential to maintain the positive feelings the environmental community has toward the cement industry. ■