

MÉDITERRANÉE

Étude des MTD et des MPE dans le
**secteur du traitement des
déchets dangereux** dans
la région méditerranéenne

productio
PROPRE

Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)
Plan d'action pour la Méditerranée



Centre d'activités régionales
pour la production propre



Ministère de l'Environnement
Espagne



Generalitat de Catalunya
Gouvernement Catalan
Ministère de l'Environnement
et du Logement

Étude des MTD et des MPE dans le **secteur du traitement des déchets dangereux** dans la région méditerranéenne



Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)
Plan d'action pour la Méditerranée



Centre d'activités régionales
pour la production propre



**Ministère de l'Environnement
Espagne**



Generalitat de Catalunya
Gouvernement Catalan
**Ministère de l'Environnement
et du Logement**

Remarque : Cette publication peut-être reproduite intégralement ou partiellement, à des fins éducatives et non-lucratives, sans consentement spécifique du Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP), à la stricte condition que l'origine des informations soit mentionnée. Le CAR/PP souhaite recevoir un exemplaire de toute publication pour laquelle ce matériel aurait servi de source.

L'exploitation des ces informations n'est pas autorisée à des fins commerciales ou de vente sans le consentement écrit du CAR/PP.

Si vous considérez qu'un point de l'étude peut faire l'objet d'une amélioration ou si vous détectez des imprécisions, nous vous remercions de bien vouloir nous en faire part.

Étude achevée en avril 2006

Étude publiée en septembre 2006

Si vous souhaitez solliciter des copies de l'étude ou pour tout renseignement supplémentaire, contactez le :

Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)

Dr. Roux, 80
08017 Barcelone (Espagne)
Tél. : +34 93 553 87 90 - Fax : +34 93 553 87 95
Courriel : cleanpro@cprac.org
Site Internet : <http://www.cprac.org>

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ EXÉCUTIF	15
1. INTRODUCTION	19
1.1. ANTÉCÉDENTS	19
1.2. DÉFINITIONS	19
1.3. OBJECTIF ET PORTÉE.....	20
2. LE SECTEUR DU TRAITEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX.....	23
3. TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX	27
3.1. TECHNIQUES GÉNÉRIQUES	27
3.1.1. Gestion de l'environnement	27
3.1.2. Connaissance des déchets entrants.....	29
3.1.3. Connaissance des déchets sortants.....	31
3.1.4. Systèmes de gestion.....	31
3.1.5. Gestion des services et des matières premières.....	33
3.1.6. Stockage et manipulation.....	35
3.1.7. Séparation et compatibilité.....	38
3.1.8. Techniques d'amélioration environnementale d'autres techniques courantes.....	39
3.1.8.1. Techniques de réduction des émissions issues des activités de broyage et de déchetage des fûts.....	39
3.1.8.2. Techniques de réduction des émissions dues au lavage.....	40
3.1.9. Techniques de prévention des accidents et de leurs conséquences	42
3.1.10. Techniques de réduction des nuisances sonores et des vibrations	42
3.1.11. Techniques de mise hors service	43
3.1.12. Techniques courantes.....	43
3.1.12.1. Traitement des petits déchets	43
3.1.12.2. Réduction de la taille des déchets	44
3.1.12.3. Autres techniques courantes.....	44
3.2. TECHNIQUES DESTINÉES À DES TYPES SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS.....	44
3.2.1. Traitements biologiques.....	44
3.2.2. Traitements physico-chimiques	50
3.2.2.1. Traitements physico-chimiques des eaux résiduaires.....	50
3.2.2.2. Traitement physico-chimique des déchets solides et des sols pollués ..	57

3.2.3.	Récupération des matières présentes dans les déchets	62
3.2.3.1.	Récupération des matières des déchets : reraffinage des huiles usées	63
3.2.3.2.	Récupération des matières présentes dans les déchets : régénération des solvants dérivés de déchets	68
3.2.3.3.	Récupération des matières issues des déchets : régénération des catalyseurs usés.....	70
3.2.3.4.	Récupération des matières des déchets : régénération du charbon actif usé.....	71
3.2.3.5.	Récupération des matières des déchets : régénération des résines.....	74
3.2.4.	Préparation des déchets en vue d'une utilisation comme combustible	74
3.2.4.1.	Préparation des déchets solides en vue d'une utilisation comme combustible	75
3.2.4.1.1.	<i>Préparation de combustible issu de déchets solides à partir de déchets dangereux.....</i>	<i>77</i>
3.2.4.2.	Préparation des déchets destinés à être utilisés comme combustible ..	78
3.2.4.2.1.	<i>Préparation de combustibles issus de déchets liquides à partir de déchets dangereux</i>	<i>79</i>
3.2.4.2.2.	<i>Traitements des huiles usées dans le cas d'une utilisation des déchets sortants comme combustible.....</i>	<i>79</i>
3.2.4.3.	Préparation de combustibles gazeux à partir des déchets	80
3.3.	TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS	80
3.3.1.	Traitements des émissions atmosphériques.....	80
3.3.2.	Gestion des eaux résiduaires.....	84
3.3.3.	Gestion des résidus produits suite aux différents procédés	88
3.3.4.	Pollution des sols	89
4.	TECHNIQUES D'INCINÉRATION DES DÉCHETS DANGEREUX	91
4.1.	TECHNIQUES GENERIQUES	92
4.1.1.	Adaptation des opérations aux déchets reçus	97
4.1.2.	Bonnes pratiques environnementales générales	98
4.1.3.	Techniques de prétraitement, de stockage et de manipulation des déchets dangereux	98
4.1.3.1.	Admission des déchets	99
4.1.3.2.	Stockage	101
4.1.3.3.	Alimentation et prétraitement	102
4.1.3.4.	Transfert et chargement des déchets	104
4.1.4.	Techniques de prétraitement, de stockage et de manipulation des boues d'épuration..	105
4.1.4.1.	Déshydratation physique.....	105
4.1.4.2.	Séchage	105
4.1.4.3.	Digestion de la boue	105
4.2.	PHASE DE TRAITEMENT THERMIQUE	106
4.2.1.	Choix de la technologie de combustion	110
4.2.1.1.	Incinérateurs à grille	110
4.2.1.2.	Fours rotatifs	110

4.2.1.3.	Fours et chambres de post-combustion pour l'incinération des déchets dangereux	111
4.2.1.3.1.	<i>Four à tambour avec chambre de post-combustion pour l'incinération des déchets dangereux.....</i>	<i>111</i>
4.2.1.4.	Lits fluidisés.....	111
4.2.1.4.1.	<i>Incineration à lit fluidisé bouillonnant.....</i>	<i>112</i>
4.2.1.4.2.	<i>Lit fluidisé circulant pour les boues d'épuration.....</i>	<i>112</i>
4.2.1.4.3.	<i>Four à foyer à projection.....</i>	<i>112</i>
4.2.1.4.4.	<i>Lit fluidisé tournant.....</i>	<i>112</i>
4.2.1.5.	Systèmes de pyrolyse et de gazéification.....	112
4.2.1.5.1.	<i>Pyrolyse.....</i>	<i>113</i>
4.2.1.5.2.	<i>Gazéification.....</i>	<i>114</i>
4.2.1.6.	Autres techniques	115
4.2.1.6.1.	<i>Fours à soles étagées et statiques.....</i>	<i>115</i>
4.2.1.6.2.	<i>Fours à soles multiples.....</i>	<i>115</i>
4.2.1.6.3.	<i>Four à lit fluidisé à soles multiples.....</i>	<i>115</i>
4.2.1.6.4.	<i>Chambre d'incinération pour déchets liquides et gazeux.....</i>	<i>115</i>
4.2.1.6.5.	<i>Chambre d'incinération cycloïde pour les boues d'épuration.....</i>	<i>116</i>
4.2.1.6.6.	<i>Incineration des eaux résiduaires.....</i>	<i>116</i>
4.2.1.6.7.	<i>Technologies plasma.....</i>	<i>116</i>
4.2.2.	Utilisation de la modélisation des écoulements	116
4.2.3.	Utilisation d'un fonctionnement continu au lieu d'un fonctionnement par lots	117
4.2.4.	Contrôle des conditions de combustion.....	117
4.2.4.1.	Optimisation de la stœchiométrie de l'alimentation en air	118
4.2.4.2.	Distribution et optimisation de l'alimentation en air primaire.....	118
4.2.4.3.	Injection, distribution et optimisation de l'alimentation en air secondaire	118
4.2.5.	Utilisation de brûleurs auxiliaires automatiques.....	118
4.2.6.	Protection des parois membranaires du four et du premier passage de la chaudière avec du réfractaire ou d'autres matériaux.....	119
4.2.7.	Utilisation de petites vitesses de gaz dans le four et inclusion de passages à vide avant la section de convection de la chaudière	119
4.3.	PHASE DE RECUPERATION D'ENERGIE.....	119
4.3.1.	Introduction et principes généraux.....	124
4.3.2.	Réduction de la consommation énergétique de tout le procédé	125
4.3.3.	Facteurs externes affectant l'efficacité énergétique : type et nature des déchets.....	126
4.3.4.	Facteurs externes affectant l'efficacité énergétique : influence de la localisation de l'usine sur la récupération de l'énergie.....	126
4.3.5.	Facteurs pris en compte lors du choix du concept pour le cycle énergétique	127
4.3.6.	Choix des turbines	128
4.3.7.	Efficacité énergétique des incinérateurs de déchets	128
4.3.8.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : prétraitement des déchets.....	129

4.3.9.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : chaudières et transfert d'énergie.....	129
4.3.10.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : préchauffage de l'air de combustion.....	130
4.3.11.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : grilles refroidies à l'eau	130
4.3.12.	Réduction de la pression du condensateur.....	130
4.3.13.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : condensation des gaz de combustion	130
4.3.14.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : pompes à chaleur ..	131
4.3.15.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : recyclage des gaz de combustion	131
4.3.16.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : réchauffage des gaz de combustion pour atteindre les températures de fonctionnement des appareils de TGC	131
4.3.17.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : réduction de la visibilité du panache	132
4.3.18.	Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : amélioration du cycle d'eau de la vapeur.....	132
4.3.19.	Nettoyage efficace des faisceaux de convection	133
4.4.	GENERATEURS DE VAPEUR ET REFROIDISSEMENT PAR TREMPAGE POUR LES INCINERATEURS DE DECHETS DANGEREUX	133
4.5.	SYSTEME DE CONTROLE ET DE TRAITEMENT DES GAZ DE COMBUSTION (TGC)	134
4.5.1.	Application des techniques de TGC.....	141
4.5.1.1.	Facteurs généraux à prendre en compte lors du choix des systèmes de traitement des gaz de combustion	142
4.5.1.2.	Optimisation de l'énergie.....	142
4.5.1.3.	Optimisation générale et approche du « système global »	142
4.5.1.4.	Choix d'une technique pour les nouvelles ou anciennes installations .	142
4.5.2.	Vue d'ensemble des traitements des gaz de combustion dans les incinérateurs de déchets dangereux.....	142
4.5.3.	Traitement des gaz de combustion pour les incinérateurs à boue	143
4.5.4.	Techniques pour réduire les émissions de particules	143
4.5.4.1.	Phase de prédépoussiérage avant les autres traitements des gaz de combustion	143
4.5.4.1.1.	<i>Cyclones et multi-cyclones.....</i>	144
4.5.4.1.2.	<i>Précipitateurs électrostatiques (ESP)</i>	144
4.5.4.1.3.	<i>Dépoussiéreurs à couche filtrante</i>	144
4.5.4.2.	Système de nettoyage des gaz de combustion	145
4.5.4.2.1.	<i>Précipitateurs électrostatiques humides (ESP humides) 145</i>	
4.5.4.2.2.	<i>Précipitateur électrostatique à condensation.....</i>	145
4.5.4.2.3.	<i>Laveurs hydrauliques à ionisation (LHI).....</i>	145
4.5.5.	Techniques pour la réduction des gaz acides.....	145
4.5.5.1.	Recyclage des résidus de TGC dans le système de traitement	146

4.5.5.2.	Suppression du dioxyde de soufre et des halogènes.....	146
4.5.5.3.	Désulfuration directe (ajout direct de réactifs alcalins dans les déchets)....	147
4.5.5.4.	Contrôle des gaz acides pour optimiser les procédés de TGC	147
4.5.6.	Techniques pour la réduction des émissions d'oxydes d'azote.....	147
4.5.6.1.	Réduction sélective catalytique (RSC)	147
4.5.6.2.	Réduction non sélective catalytique (RNSC).....	148
4.5.6.3.	Optimisation du choix du réactif pour la réduction des NO _x par RSNC	148
4.5.7.	Techniques de réduction des émissions de PCDD/F	148
4.5.8.	Techniques de réduction des émissions de mercure	149
4.5.8.1.	Lavage à faible pH et ajout d'additif.....	150
4.5.8.2.	Injection de charbon actif pour adsorption du Hg	151
4.5.8.3.	Séparation du mercure à l'aide d'un filtre à résine	151
4.5.8.4.	Injection de chlorite pour le contrôle du Hg élémentaire	151
4.5.9.	Techniques de réduction des autres émissions de métaux lourds.....	151
4.5.10.	Techniques de réduction des émissions de composés de carbone organique	151
4.5.11.	Réduction des gaz à effet de serre (CO ₂ , N ₂ O).....	152
4.5.11.1.	Prévention des émissions d'oxyde d'azote	152
4.6.	TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUAIRES ET TECHNIQUES DE CONTRÔLE	153
4.6.1.	Sources potentielles d'eaux résiduares	154
4.6.2.	Principes de conception de base pour le contrôle des eaux résiduares.....	154
4.6.3.	Traitement des eaux résiduares en provenance des systèmes de traitement par voie humide des gaz de combustion.....	154
4.6.3.1.	Traitement physicochimique	154
4.6.3.2.	Application des sulfures	155
4.6.3.3.	Application de la technologie à membrane.....	155
4.6.3.4.	Extraction de l'ammoniac.....	155
4.6.3.5.	Traitement séparé des eaux résiduares de la première et de la dernière étape des systèmes de lavage	155
4.6.3.6.	Traitement biologique anaérobique (conversion des sulfates en soufre élémentaire)	155
4.6.3.7.	Systèmes d'évaporation pour les eaux résiduares du processus.....	156
4.6.3.8.	Recirculation des eaux résiduares polluées dans des systèmes de nettoyage par voie humide.....	156
4.6.3.9.	Recirculation des effluents dans le processus sur le lieu de leur rejet	156
4.6.3.10.	Rejet séparé des eaux de pluies en provenance des toits et d'autres surfaces propres	156
4.6.3.11.	Fourniture d'une capacité de stockage / tampon pour les eaux résiduares.....	156
4.6.3.12.	Traitement séparé des effluents provenant des différentes étapes du lavage.....	156
4.6.4.	Traitement des eaux résiduares dans les incinérateurs de déchets dangereux ..	156
4.7.	TRAITEMENT DES RÉSIDUS SOLIDES ET TECHNIQUES DE CONTRÔLE.....	157
4.7.1.	Types de résidu solide	160
4.7.1.1.	Résidu provenant de l'étape de combustion de l'incinérateur :	160

4.7.1.2.	Résidus du TGC.....	161
4.7.2.	Techniques de traitement pour les résidus solides.....	162
4.7.2.1.	Traitement et recyclage des résidus solides.....	163
4.7.2.2.	Dissociation du mâchefer des résidus du traitement des gaz de combustion.....	163
4.7.2.3.	Mâchefer – Tri des métaux.....	164
4.7.2.4.	Filtration et broyage du mâchefer.....	164
4.7.2.5.	Traitement du mâchefer par vieillissement.....	164
4.7.2.6.	Traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie sèche ..	164
4.7.3.	Traitements appliqués aux résidus des gaz de combustion.....	165
4.7.3.1.	Solidification et stabilisation chimique.....	165
4.7.3.2.	Traitement thermique du résidu du TGC.....	165
4.7.3.3.	Extraction et tri des résidus du TGC.....	166
4.7.3.4.	Stabilisation chimique des résidus du TGC.....	166
4.7.3.5.	Autres méthodes ou pratiques pour le traitement des résidus du TGC....	166
4.8.	TECHNIQUES DE SURVEILLANCE ET DE CONTRÔLE.....	166
4.8.1.	Systèmes de contrôle de l'incinération.....	166
4.8.2.	Aperçu de la surveillance des émissions réalisée.....	167
4.8.3.	Aperçu des mesures et des dispositifs de sécurité.....	167
5.	UTILISATION DES DÉCHETS DANGEREUX DANS LES PROCÉDÉS INDUSTRIELS.....	169
5.1.	UTILISATION DE COMBUSTIBLES SECONDAIRES.....	169
5.1.1.	Pneus.....	169
5.1.2.	Huiles usées.....	170
5.1.3.	Plastiques.....	170
5.1.4.	Biomasse.....	170
5.1.4.1.	Chutes de bois.....	170
5.1.4.2.	Boues d'épuration.....	170
5.1.4.3.	Paille.....	171
5.1.5.	Papier et boue de papier.....	171
5.1.6.	Déchets animaux.....	171
5.1.7.	Solvants utilisés.....	171
5.1.8.	Autres déchets.....	171
5.2.	SECTEURS INDUSTRIELS UTILISANT DES DÉCHETS DANGEREUX.....	172
5.2.1.	Industrie du ciment.....	172
5.2.2.	Industrie de l'énergie.....	175
5.2.3.	Pulpe et papier.....	175
5.2.4.	Four à chaux.....	176
5.2.5.	Four à brique.....	176
5.2.6.	Usines de production de fer.....	176
5.3.	TECHNOLOGIES.....	176

5.3.1.	Centrale électrique à la lignite.....	176
5.3.2.	Centrale électrique à la houille.....	177
5.3.3.	Cimenteries.....	177
5.3.4.	Incinérateur de déchets.....	177
5.3.5.	Co-incinération.....	177
5.4.	ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE.....	178
5.5.	ÉVALUATION FINANCIÈRE.....	178
6.	SITES D'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX.....	181
6.1.	INTRODUCTION.....	181
6.2.	ÉLÉMENTS DE GESTION POUR LES SITES D'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX.....	181
6.3.	CONCEPTION D'UN SITE D'ENFOUISSEMENT.....	182
6.3.1.	Localisation.....	184
6.3.1.1.	Routes d'accès.....	184
6.3.1.2.	Distance et capacité.....	184
6.3.1.3.	Grandes lignes de l'étude d'impact sur l'environnement.....	184
6.3.2.	Limites du terrain.....	185
6.3.3.	Géologie.....	186
6.3.3.1.	Terrains karstiques.....	186
6.3.3.2.	Zones susceptibles de mouvement de terrain.....	186
6.3.3.3.	Zones d'avalanche.....	186
6.3.3.4.	Sols.....	186
6.3.4.	Nature.....	186
6.3.4.1.	Espèces en voie.....	187
6.3.5.	Drainage.....	187
6.3.5.1.	Distance des eaux de surface et zones environnementalement sensibles	187
6.3.5.2.	Distance des lacs ou des étangs.....	187
6.3.5.3.	Distance des rivières ou des ruisseaux.....	187
6.3.5.4.	Zones humides.....	188
6.3.5.5.	Particularités côtières.....	188
6.3.5.6.	Distance des eaux d'un processus industriel.....	188
6.3.5.7.	Plaines inondables.....	188
6.3.6.	Recouvrement final.....	188
6.3.7.	Systèmes de gestion et de récupération ou de purge des gaz.....	189
6.3.8.	Profil final du site.....	189
6.3.9.	Usage de l'énergie.....	189
6.3.10.	Matériaux bruts.....	189
6.3.11.	Poussière / particules fines (PM10) et odeurs.....	189
6.4.	SITES D'ENFOUISSEMENTS EN FONCTIONNEMENT.....	190

6.4.1.	Exigences primaires	190
6.4.2.	Eau	191
6.4.2.1.	Rejets dans les eaux de surface, les égouts et les eaux souterraines	191
6.4.2.2.	Effluent de lixiviat	192
6.4.3.	Air	192
6.4.3.1.	Émissions fugitives de gaz	192
6.4.3.2.	Émissions des gaz de traitement	193
6.4.3.3.	Odeurs	193
6.4.3.4.	Bruit	193
6.4.3.5.	Vibration	193
6.4.4.	Compactage des déchets et recouvrement du sol	194
6.4.5.	Prétraitement des déchets dangereux	194
6.4.6.	Délistage des déchets dangereux	194
6.4.7.	Co-élimination et déchets interdits	194
6.4.8.	Pillage des déchets	194
6.4.9.	Contrôle des déchets sauvages	194
6.4.10.	Combustion à l'air libre	195
6.4.11.	Signalisation	195
6.5.	FERMETURE D'UN SITE D'ENFOUISSEMENT	195
6.5.1.	Arrêt de l'élimination des déchets	195
6.5.2.	Restauration et entretien	195
6.5.3.	Maintenance des systèmes de contrôle de la pollution environnementale	195
7.	FUTUR DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR	197
7.1.	TRAITEMENT DES DÉCHETS	197
7.1.1.	Analyse en ligne	197
7.1.2.	Durée de décomposition biologique dans les procédés de traitement biomécaniques .	197
7.1.3.	Immobilisation des chlorures de métaux lourds	197
7.1.4.	Stabilisation des sulfates ferreux contenus dans les déchets du TGC	197
7.1.5.	Stabilisation du dioxyde de carbone et du phosphate contenus dans les déchets du TGC	198
7.1.6.	Techniques émergentes pour l'extraction de la vapeur du sol pour la remédiation du sol	198
7.1.7.	Phytoextraction des métaux à partir du sol	198
7.1.8.	Traitement des déchets pollués par les POP	198
7.1.9.	Techniques émergentes pour le traitement des huiles usées	199
7.1.10.	Régénération du charbon actif	200
7.1.11.	Préparation de combustible solide à partir de mélanges eau / matières organiques	200
7.1.12.	Techniques émergentes pour la préparation des déchets dangereux pour la récupération de l'énergie	200
7.1.13.	Craquage des matériaux polymères	200

7.2.	INCINÉRATION DES DÉCHETS	200
7.2.1.	Utilisation de la vapeur comme un agent pulvérisant dans les brûleurs de la chambre de post-combustion à la place de l'air	200
7.2.2.	Application impliquant le réchauffage de la vapeur de la turbine	200
7.2.3.	Autres mesures dans la zone des gaz de combustion bruts pour la réduction des émissions de dioxine.....	201
7.2.4.	Laveur à huile pour la réduction des hydrocarbures aromatiques et polyaromatiques polyhalogénés (HAP) dans les gaz de combustion en provenance de l'incinération	201
7.2.5.	Utilisation du CO ₂ dans les gaz de combustion pour la production de carbonate de sodium.....	201
7.2.6.	Augmentation de la température du lit, contrôle de la combustion et ajout d'oxygène dans un incinérateur à grille.....	201
7.2.7.	Processus de combinaison PECK pour le traitement des DSU	202
7.2.8.	Stabilisation du FeSO ₄ des résidus du TGC.....	203
7.2.9.	Stabilisation du CO ₂ des résidus du TGC.....	203
7.2.10.	Aperçu de certaines autres techniques émergentes de traitement des résidus du TGC.....	203
7.2.10.1.	Traitement pour l'approvisionnement de l'industrie du ciment.....	203
7.2.10.2.	Processus d'évaporation des métaux lourds	204
7.2.10.3.	Traitement hydrométallurgique + vitrification	204
7.2.11.	Systèmes combinés de TGC par voie sèche + bicarbonate de sodium + RSC + laveur	204
7.2.12.	Combinaison de processus thermiques.....	205
7.2.12.1.	Pyrolyse-incinération	205
7.2.12.2.	Pyrolyse-gazéification	206
7.2.12.3.	Gazéification-combustion.....	206
8.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	207
9.	ANNEXE I - RÉCAPITULATIF DES MTD.....	211
9.1.	MTD POUR LE TRAITEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX.....	211
9.2.	MTD POUR L'INCINÉRATION DES DÉCHETS DANGEREUX.....	222
10.	ANNEXE II - GLOSSAIRE.....	231
11.	RÉFÉRENCES	235

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 3.1 : MTD pour la gestion de l'environnement.....	28
Tableau 3.2 : MTD pour la connaissance des déchets entrants.....	30
Tableau 3.3 : MTD pour l'identification des déchets sortants.....	31
Tableau 3.4 : MTD pour les systèmes de gestion.....	32
Tableau 3.5 : MTD pour la gestion des services et des matières premières.....	34
Tableau 3.6 : MTD pour le stockage et de la manipulation.....	37
Tableau 3.7 : MTD pour l'amélioration environnementale d'autres techniques courantes.....	41
Tableau 3.8 : MTD pour les traitements biologiques.....	47
Tableau 3.9: MTD pour le traitement physico-chimique des eaux résiduaires.....	53
Tableau 3.10: MTD pour le traitement physico-chimique des déchets solides.....	60
Tableau 3.11 : MTD pour la récupération des matières des déchets : reraffinage des huiles usées.....	66
Tableau 3.12 : MTD pour la récupération des matières issues des déchets : régénération des solvants dérivés de déchets.....	70
Tableau 3.13 : MTD pour la récupération des matières : régénération des catalyseurs usés.....	71
Tableau 3.14 : MTD pour la récupération des matières : régénération du charbon actif usé.....	73
Tableau 3.15 : MTD pour la préparation des déchets destinés à être utilisés comme combustible.....	77
Tableau 3.16 : MTD pour la préparation de combustible issu de déchets solides à partir de déchets dangereux.....	78
Tableau 3.17 : MTD pour la préparation de combustible issu de déchets liquides à partir de déchets dangereux.....	79
Tableau 3.18 : MTD pour les traitements des émissions atmosphériques.....	82
Tableau 3.19 : MTD pour la gestion des eaux résiduaires.....	86
Tableau 3.20 : MTD pour la gestion des résidus produits suite à un traitement.....	89
Tableau 3.21 : MTD pour la pollution des sols.....	90
Tableau 4.1: MTD pour les techniques génériques dans le secteur de l'incinération des déchets dangereux.....	92
Tableau 4.2: Résumé des différences entre les opérateurs sur le marché de l'incinération des déchets dangereux.....	99
Tableau 4.3: MTD pour l'incinération des boues d'épuration.....	106
Tableau 4.4: MTD pour les procédés de traitement thermique.....	107
Tableau 4.5: Conditions de réaction typiques pour la pyrolyse, la gazéification et l'incinération.....	113
Tableau 4.6: MTD pour la récupération d'énergie.....	120
Tableau 4.7: Avantages et inconvénients des systèmes de refroidissement des gaz.....	134
Tableau 4.8: MTD pour les systèmes de contrôle et de traitement des gaz de combustion.....	135
Tableau 4.9 : MTD pour le traitement des eaux résiduaires et techniques de contrôle.....	153
Tableau 4.10 : MTD pour le traitement des résidus solides et techniques de contrôle.....	158
Tableau 5.1 : déchets dangereux utilisés comme combustibles secondaires ou de substitution en Europe.....	172
Tableau 5.2 : caractéristiques principales du processus de production du ciment (RDC/Kema, 1999 dans [1])..	173
Tableau 5.3 : quantités de déchets utilisés comme combustibles secondaires en Europe (RDC/Kema, 1999 dans [1])..	174
Tableau 5.4 : principales caractéristiques des centrales électriques au charbon (RDC/Kema, 1999 dans [1])....	175
Tableau 6.1 : Considérations pour la conception d'un site d'enfouissement.....	183
Tableau 7.1 : Traitement des déchets pollués par les POP.....	199
Tableau 7.2 : Comparaison entre les usines de conversion des déchets en énergie (WTE) conventionnelles et les processus SYNCOM.....	202
Tableau 7.3 : applicabilité des systèmes combinés de TGC par voie sèche + bicarbonate de sodium + RSC + laveur.....	205

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Introduction

Le Plan de réduction de 20 %, d'ici 2010, de la génération de déchets dangereux provenant des installations industrielles dans la région méditerranéenne [7], élaboré dans le cadre du programme d'actions stratégiques (PAS), a démontré que le secteur de la gestion des déchets dangereux est l'un des principaux secteurs industriels produisant des déchets dangereux. Dans ce cadre, cette étude des meilleures techniques disponibles (MTD) et des meilleures pratiques environnementales (MPE) dans le domaine du traitement des déchets dangereux dans la région méditerranéenne se veut être un document de référence pour les pays du PAM qui souhaitent améliorer leurs pratiques de traitement des déchets dangereux.

Les différents types de traitement des déchets dangereux décrits dans cette étude ont été classés en quatre grandes catégories : traitement, traitement thermique, utilisation des déchets dangereux dans des procédés industriels et élimination des déchets en sites d'enfouissement.

Méthodologie

Les informations liées aux techniques et aux pratiques environnementales ainsi qu'au secteur du traitement des déchets dangereux proviennent principalement de sources dédiées aux activités et processus existant actuellement au sein de l'Union européenne. La faisabilité de l'application de ces techniques et pratiques dans le secteur méditerranéen du traitement des déchets dangereux a été évaluée et la mise en place d'autres études a été recommandée le cas échéant.

Bien que la définition des termes « meilleure technique disponible » et « meilleure pratique environnementale » soit différente dans l'annexe IV du protocole « tellurique » méditerranéen, l'Union européenne considère que le terme « meilleure technique disponible » est assez vaste pour englober le concept des « meilleures pratiques environnementales ».

Techniques du secteur du traitement des déchets dangereux

Ce chapitre est basé sur le document de référence des meilleures techniques disponibles (BREF) pour les industries de traitement des déchets [2]. Les techniques et pratiques environnementales ont été examinées pour chaque catégorie technique associée : techniques génériques, techniques destinées à des types spécifiques de traitement des déchets et techniques de réduction des émissions. Une évaluation de l'applicabilité au secteur méditerranéen du traitement des déchets a été effectuée. Les techniques ou pratiques jugées meilleures techniques disponibles (MTD) par le BREF ont été sélectionnées en raison de leurs avantages environnementaux et suite à une évaluation économique.

Techniques pour le secteur de l'incinération des déchets dangereux

Ce chapitre est largement extrait du document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets [3]. Il englobe le traitement thermique de l'incinération, traitement le plus souvent appliqué, mais présente également des informations sur la gazéification et la pyrolyse. Les techniques et pratiques prises en compte ont été divisées selon les principales étapes du processus de l'incinération. Parmi les techniques décrites, les techniques considérées comme les meilleures techniques disponibles (MTD) par le BREF ont été séparées dans des tableaux, section par section. Pour chaque tableau, une brève description et une évaluation de l'applicabilité au système

d'incinération des déchets dangereux en Méditerranée ont été incluses, ainsi qu'une description des avantages environnementaux et une évaluation économique.

Utilisation des déchets dangereux dans les procédés industriels

Ce chapitre s'attache principalement à décrire l'utilisation des déchets dangereux en tant que combustibles secondaires. Les informations fournies proviennent de deux grandes sources : combustible dérivé des déchets : pratiques et perspectives actuelles, direction générale de l'environnement de la Commission européenne [1] et le document de référence des meilleures techniques disponibles pour les industries de fabrication du ciment et de la chaux [6]. Les principaux déchets industriels utilisés comme substituts ou combustibles secondaires ainsi que les technologies et les procédés industriels associés sont décrits dans ce chapitre. Les bénéfices environnementaux et économiques ainsi qu'une évaluation de leur applicabilité aux procédés industriels méditerranéens sont également inclus.

Sites d'enfouissement des déchets

Les meilleures techniques disponibles (MTD) liées à la conception, à l'exploitation et à la fermeture sont rassemblées dans ce chapitre. Voici les principales sources d'information : notes d'orientation des MTD pour le secteur des déchets : activités des sites d'enfouissement des déchets (EPA) [4] et préparation d'une série d'outils pour la sélection, la conception et l'exploitation des sites d'enfouissement des déchets dangereux dans les zones ultra sèches (convention de Bâle, centre régional de formation et de transfert des technologies pour les États Arabes, Le Caire) [5]. Les techniques et les pratiques environnementales associées ont été classées en fonction des étapes de l'implantation d'un site d'enfouissement : éléments de gestion du site d'enfouissement de déchets dangereux ; conception du site ; exploitation du site et fermeture du site. L'évaluation a conclu que ceci était totalement applicable à la région méditerranéenne.

Futur développement du secteur

Les techniques susceptibles de voir le jour dans un avenir proche sont décrites dans ce chapitre. Seules des informations sur le traitement et l'incinération des déchets étaient disponibles.

Conclusions et recommandations

Les techniques et les pratiques liées à la conception de l'installation et à l'application des technologies des processus d'exploitation sont envisageables si l'installation en est au stade de projet. Les critères appliqués à la conception d'un site d'enfouissement et la conception des procédés d'une installation d'incinération en sont des exemples clairs.

L'amélioration du secteur méditerranéen du traitement des déchets dangereux, et plus spécifiquement des installations actuelles, n'implique pas forcément d'investissements dans les nouvelles technologies ; l'introduction adaptée d'outils de gestion et de bonnes pratiques environnementales entraînera certainement des avantages environnementaux significatifs pour les installations, à un coût raisonnable, lors des premières étapes.

Il faut porter une attention toute particulière aux techniques de réduction des émissions : traitement des eaux résiduaires, réduction des émissions atmosphériques et gestion des déchets, afin de garantir la conformité avec les obligations juridiques (les valeurs limites d'émissions par exemple) fixées par chaque pays et la réduction maximale des émissions. Les systèmes de surveillance et de contrôle englobent ces techniques.

Cependant, les recommandations destinées aux décideurs dans le cadre d'un projet d'implantation d'une installation de traitement des déchets dangereux sont fondées sur la connaissance et l'analyse des éléments suivants :

- Caractéristiques et quantité de déchets dangereux à traiter.

- Hiérarchie de la gestion des déchets : réduction, réutilisation, recyclage, récupération énergétique et, en dernier recours, élimination.
- Le site et son environnement.
- Résultats visés par l'activité.
- Aspect financier.
- Obligations juridiques du pays méditerranéen concerné (valeurs limites d'émissions par exemple).

1. INTRODUCTION

1.1. ANTÉCÉDENTS

L'objectif du programme d'actions stratégiques (PAS) est de faciliter l'introduction du protocole de protection de la mer Méditerranée contre la pollution due à des sources et des activités menées à terre (protocole « tellurique ») dans les pays du PAM. Il établit un calendrier de prévention, de réduction, de contrôle et/ou d'élimination des impacts des activités menées à terre, notamment des déchets dangereux, sur l'environnement marin.

Dans le cadre de ce programme, le Plan de réduction de 20 %, d'ici 2010, de la génération de déchets dangereux provenant des installations industrielles dans la région méditerranéenne [6] a été lancé par le CAR/PP en collaboration avec Enviro Spain. Selon ce plan, le secteur de la gestion des déchets dangereux est l'un des principaux secteurs industriels produisant des déchets dangereux. La production totale de déchets dangereux des pays du PAM est estimée à 20 millions de tonnes pour 2002.

Dans ce contexte, le CAR/PP a préparé cette étude sur les meilleures techniques disponibles (MTD) et les meilleures pratiques environnementales (MPE) pour le traitement des déchets dangereux dans la région méditerranéenne, en vue d'établir un document de référence destiné aux pays du PAM pour améliorer leurs pratiques en matière de traitement des déchets dangereux.

1.2. DÉFINITIONS

Des critères de définition des meilleures techniques disponibles et des meilleures pratiques environnementales sont présents à l'annexe IV du protocole « tellurique » méditerranéen :

Le terme « meilleures techniques disponibles » est lié au dernier stade de développement (de pointe) des procédés, des installations ou des modes d'exploitation et indique l'adaptation pratique d'une mesure spécifique de restriction pour les rejets, les émissions et les déchets. Pour savoir si une série de procédés, d'installations et de modes d'exploitation constitue une meilleure technique disponible, qu'il s'agisse ou non d'un cas particulier, il faut examiner plus particulièrement les éléments suivants :

- a) procédés, installations ou méthodes d'exploitation similaires récemment mis en place avec succès ;
- b) progrès et changements technologiques dans le cadre des connaissances et de la compréhension scientifiques ;
- c) viabilité économique des techniques concernées ;
- d) délai d'introduction dans les installations nouvelles et existantes ;
- e) nature et volume des rejets et des émissions concernés.

Le terme « meilleure pratique environnementale » est lié à l'application de l'ensemble des mesures de contrôle environnemental et de stratégies le plus approprié. Pour sélectionner les meilleures pratiques dans un cas spécifique, il faut au minimum tenir compte de la série de mesures suivantes (de la plus élémentaire à la plus élaborée) :

- a) Diffusion des informations auprès du grand public / des utilisateurs et leur sensibilisation aux conséquences environnementales de leur choix d'activités et de produits ainsi qu'à l'utilisation et l'élimination finale des produits sélectionnés ;

- b) Développement et application de codes de bonne pratique environnementale couvrant tous les aspects de l'activité concernant la durée de vie du produit ;
- c) Application obligatoire d'étiquettes informant les utilisateurs sur les risques environnementaux liés à un produit, à son utilisation et à son élimination finale ;
- d) Ressources permettant de réaliser des économies, notamment d'énergie ;
- e) Mise à la disposition du grand public les systèmes de collecte et d'élimination des déchets ;
- f) Utilisation limitée de substances et de produits dangereux ainsi que la production de déchets dangereux ;
- g) Recyclage, récupération et réutilisation ;
- h) Application d'instruments économiques aux activités, produits ou groupes de produits ;
- i) Établissement d'un système de licence incluant une série de restrictions ou une interdiction.

Le terme « meilleures techniques disponibles » est également défini dans l'article 2(11) de la directive du Conseil 96/61/CE relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (IPPC¹) comme « le stade de développement le plus efficace et avancé des activités et de leurs modes d'exploitation, démontrant l'aptitude pratique de techniques particulières à constituer, en principe, la base des valeurs limites d'émission visant à éviter et, lorsque cela s'avère impossible, à réduire de manière générale les émissions et l'impact sur l'environnement dans son ensemble ».

L'article 2(11) se fait ensuite plus précis dans sa définition :

- On entend aussi bien par « techniques » les techniques employées que la manière dont l'installation est conçue, construite, entretenue, exploitée et mise à l'arrêt ;
- On entend par techniques « disponibles » les techniques mises au point sur une échelle permettant de les appliquer dans le contexte du secteur industriel concerné, dans des conditions économiquement et techniquement viables, en tenant compte des coûts et des avantages, que ces techniques soient utilisées ou produites ou non sur le territoire de l'État membre intéressé, pour autant que l'exploitant concerné puisse y avoir accès dans des conditions raisonnables ;
- On entend par « meilleures » les techniques les plus efficaces pour atteindre un niveau général élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

En revanche, le terme « meilleure pratique environnementale » n'a pas été défini dans le cadre de l'Union européenne ; cependant, la définition du terme « techniques » est assez large pour englober le concept du terme « pratique ».

1.3. OBJECTIF ET PORTÉE

Voici les principaux objectifs de cette étude :

- a) Identifier les informations relatives aux meilleures techniques disponibles et aux meilleures pratiques environnementales liées aux différents types de traitement des déchets dangereux.

¹ PRIP, en français.

- b) Intégrer les informations disponibles en vue d'élaborer un document de référence sur les MTD et les MPE présentant les diverses options de traitement des déchets dangereux dans la région méditerranéenne.
- c) Fournir aux pays méditerranéens des informations spécifiques sur l'utilisation des MTD et des MPE dans le secteur du traitement des déchets dangereux.

Les différents types de traitement des déchets dangereux évoqués dans cette étude ont été classés en quatre grandes catégories : traitement, traitement thermique, utilisation des déchets dangereux dans les procédés industriels et sites d'enfouissement des déchets.

Comme dans le cas du Plan de réduction de 20 %, d'ici 2010, de la génération de déchets dangereux provenant des installations industrielles dans la région méditerranéenne [7] précité, la portée de notre étude englobe les pays du plan d'action pour la Méditerranée (PAM) soit l'Albanie, l'Algérie, la Bosnie-Herzégovine, la Croatie, Chypre, l'Égypte, la France, la Grèce, Israël, l'Italie, le Liban, la Libye, Malte, Monaco, le Maroc, la Palestine, la Serbie et le Monténégro, la Slovénie, l'Espagne, la Syrie, la Tunisie et la Turquie. Dans ce rapport, le terme « région méditerranéenne » correspond aux pays du PAM.

2. LE SECTEUR DU TRAITEMENT DES DECHETS DANGEREUX

Le Plan de réduction de 20 %, d'ici 2010, de la génération de déchets dangereux provenant des installations industrielles dans la région méditerranéenne [7], établi dans le cadre du programme d'actions stratégiques (PAS), considère que le secteur de la gestion des déchets dangereux est l'un des principaux secteurs industriels produisant des déchets dangereux. Dans ce cadre, nous souhaitons faire de cette étude un document de référence sur les techniques et pratiques environnementales applicables au secteur du traitement des déchets dangereux de la région méditerranéenne.

Ce document est divisé en quatre chapitres, conformément à la classification des pratiques de gestion des déchets dangereux suivante :

1. **Traitement des déchets dangereux** : installations dédiées aux traitements qui permettent la récupération, l'utilisation comme combustible ou l'élimination (des matières).
2. **Incinération des déchets dangereux** : incinération des déchets et traitements thermiques tels que la pyrolyse et la gazéification.
3. **Utilisation des déchets dangereux dans les procédés industriels** : utilisation des combustibles dérivés des déchets dans les procédés industriels (co-incinération ou procédés nécessitant de la chaleur).
4. **Site d'enfouissement des déchets** : dépôt souterrain ou sur site.

Chaque chapitre est également divisé en sections, en fonction des caractéristiques de chaque catégorie et des informations disponibles.

1. **Traitement des déchets dangereux** : le contenu de ce chapitre est principalement extrait du document de référence relatif aux meilleures techniques disponibles (BREF)² sur les industries de traitement des déchets [1]. En raison de sa complexité et de son hétérogénéité, ce chapitre est divisé en plusieurs catégories :
 - Techniques génériques.
 - Techniques destinées à des types spécifiques de traitement des déchets :
 - Traitements biologiques.
 - Traitements physico-chimiques.

² Un BREF est le produit d'un échange d'informations organisé par le bureau européen IPPC, basé sur la directive 96/61/CE (directive IPPC) et mené avec l'assistance d'un groupe de travail technique (GTT) spécialement constitué pour l'occasion. La directive IPPC dispose d'un cadre obligeant les États membres à produire des autorisations d'exploitation pour certaines installations menant des activités industrielles (décrites à l'annexe 1 de la directive). Ces autorisations doivent présenter des conditions basées sur les meilleures techniques disponibles (MTD) afin de garantir un niveau élevé de protection de l'environnement dans son ensemble.

- Traitements appliqués en vue d'échanger les déchets pour pratiquer le recyclage / la régénération des matières.
- Traitements appliqués en vue de transformer un déchet en matière utilisable sous forme de combustible.
- Techniques de réduction de la pollution.

Parmi les techniques et pratiques recensées, les meilleures techniques disponibles (MTD)³ sélectionnées par le BREF ont été classées dans des tableaux par catégorie. Mentionnons que pour chacune d'entre elles, une brève description, une évaluation de leur applicabilité au secteur méditerranéen du traitement des déchets dangereux ainsi que les avantages environnementaux identifiés et une évaluation économique ont été inclus. Nous avons conservé tout au long de ce document la numérotation du BREF afin de faciliter la traçabilité des MTD par rapport au document source.

2. **Incinération des déchets dangereux** : ce chapitre est principalement extrait du document de référence sur les meilleures techniques disponibles pour l'incinération des déchets [3]. Il décrit le traitement thermique le plus couramment appliqué, soit l'incinération, mais propose également des informations sur la gazéification et la pyrolyse. Les techniques et pratiques citées ont été divisées en fonction des principales étapes du processus d'incinération :

- Techniques génériques.
- Étape du traitement thermique.
- Étape de la récupération énergétique.
- Générateurs de vapeur et refroidissement par trempage pour les incinérateurs de déchets dangereux.
- Traitement appliqué des gaz de combustion (TGC) et systèmes de contrôle.
- Traitement des eaux résiduaires et techniques de contrôle.
- Traitement des déchets solides et techniques de contrôle.
- Techniques de surveillance et de contrôle.

Parmi les techniques décrites, les meilleures techniques disponibles (MTD) sélectionnées par le BREF ont été classées dans des tableaux par section. Pour chacune d'entre elles, une brève description, une évaluation de leur applicabilité au secteur méditerranéen de l'incinération des déchets dangereux, ainsi que les avantages environnementaux et une évaluation économique ont été inclus. Comme nous avons conservé tout au long de ce document la numérotation du BREF afin de faciliter la traçabilité des MTD par rapport au document source, certaines sections peuvent présenter des numéros non successifs.

3. **L'utilisation des déchets dangereux dans les procédés industriels** décrit principalement l'utilisation de déchets dangereux comme combustibles secondaires. Les informations associées proviennent de deux sources principales : combustibles dérivés des déchets : pratiques et perspectives actuelles, direction générale de l'environnement de la Commission européenne [1] et le document de référence des meilleures techniques disponibles pour les industries de fabrication du ciment et de la chaux [6]. Les principaux déchets industriels utilisés comme substituts ou combustibles secondaires ainsi que les procédés et technologies industriels sont ici décrits. Les bénéfices environnementaux et économiques ainsi qu'une évaluation de l'applicabilité aux procédés industriels méditerranéens sont également évoqués.

- Utilisation de combustible secondaire.

³ Le BREF ne comprend pas de catégorie de MPE ; cependant, le terme MTD englobe à la fois les techniques et les pratiques.

- Secteurs industriels utilisant des déchets dangereux.
 - Technologies.
 - Évaluation environnementale.
 - Évaluation économique.
4. Les **sites d'enfouissement des déchets** sont également considérés comme un type de traitement des déchets dangereux ; ce chapitre présente les critères de la conception, de l'exploitation et de la fermeture des sites d'enfouissement considérés comme meilleures techniques disponibles (MTD). Voici les principales sources d'information de ce chapitre : notes d'orientation des MTD pour le secteur des déchets : activités des sites d'enfouissement des déchets (EPA) [4] et préparation d'une série d'outils pour la sélection, la conception et l'exploitation des sites d'enfouissement des déchets dangereux dans les zones ultra sèches (convention de Bâle, centre régional de formation et de transfert des technologies pour les États Arabes, Le Caire) [5]. Les techniques et les pratiques associées ont été classées en fonction des étapes de l'installation d'un site d'enfouissement des déchets :
- Éléments de gestion d'un site d'enfouissement des déchets dangereux.
 - Conception d'un site d'enfouissement.
 - Exploitation d'un site d'enfouissement.
 - Fermeture d'un site d'enfouissement.

3. TECHNIQUES DE TRAITEMENT DES DECHETS DANGEREUX

Ce chapitre décrit les techniques et les pratiques de traitement des déchets dangereux garantissant un haut niveau de protection de l'environnement.

Les sections suivantes ont été classées en fonction des catégories de techniques établies par le BREF [2]. Les principales techniques associées sont décrites et les MTD associées sont résumées à la fin de chaque section. La description de chaque MTD inclut les avantages environnementaux concernés ainsi qu'une évaluation économique. Leur applicabilité au secteur du traitement des déchets dangereux dans la région méditerranéenne est également évaluée.

De manière générale, les informations sur les MTD pour le traitement des déchets ne font pas la différence entre les techniques liées aux déchets génériques et les techniques liées aux déchets dangereux, les premières étant généralement applicables à tout traitement, quelle que soit la dangerosité des déchets concernés. Cependant, toute référence spécifique aux déchets dangereux est signalée dans cette étude.

3.1. TECHNIQUES GENERIQUES

Les techniques génériques sont les étapes du secteur des déchets appliquées de manière générale et non spécifiques à un traitement de déchets bien précis (réception, mélange, tri, stockage, système énergétique, gestion). Elles englobent les prétraitements / activités ou les post-traitements / activités couramment mis en place dans le secteur du traitement des déchets, notamment le remballage, le broyage, le tamisage, le séchage, le mélange, l'homogénéisation, la mise à la ferraille, la fluidification, le lavage, la mise en balle, le regroupement et le stockage, le transport, la réception et le contrôle de la traçabilité ainsi que les techniques de gestion utilisées dans les installations de traitement des déchets.

3.1.1. Gestion de l'environnement

Les techniques et pratiques génériques liées à la gestion de l'environnement consistent principalement à introduire des techniques / outils de bonnes pratiques / gestion et des systèmes de gestion de l'environnement (SGE). Un SGE est un outil qui permet de réaliser la conception, la construction, l'entretien, l'exploitation et la mise hors service de façon systématique et démontrable, en prévenant les émissions et en contribuant à l'amélioration des performances environnementales de l'installation.

Toutes ces techniques sont principalement basées sur des outils de gestion et elles sont applicables à tous les types de sites et d'installations industrielles. Leur portée et leur type dépendant de la nature, de l'échelle et de la complexité de l'installation concernée ainsi que de leur éventuel impact sur l'environnement, leur application à l'ensemble des installations de traitement des déchets dangereux de la région méditerranéenne est viable.

Les MTD liées à la gestion de l'environnement sont présentées dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : MTD pour la gestion de l'environnement

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
1.- Introduire et adhérer à un système de gestion de l'environnement (SGE).	La mise en place de procédures d'exploitation claires et la conformité avec ce même type de procédures garantissent des conditions d'autorisation et des objectifs environnementaux efficaces en continu ; plus concrètement, il s'agit ici de tenir compte de l'impact sur l'environnement, des technologies plus propres et des classifications professionnelles par secteurs.	Il est difficile de définir les coûts et les bénéfices économiques de cette MTD.
2.- Réaliser une description détaillée des activités menées sur le site.	Ceci permet d'évaluer les propositions des exploitants et plus concrètement, les possibilités d'amélioration.	ND ⁴
3.- Procédure de bonnes pratiques et programme de formation adapté en matière de : a) échantillonnage ; b) installations réservées à la réception ; c) techniques de gestion ; d) personnel qualifié ; e) pratique d'activités liées au transfert vers et depuis les fûts / conteneurs ; f) techniques permettant d'améliorer le stockage.	a) Une bonne connaissance des déchets permet d'empêcher l'apparition de problèmes en cours de traitement. b) L'identification de la source, de la composition et de la dangerosité des déchets permet d'empêcher l'acceptation sans informations écrites. c) Amélioration de la sensibilisation à l'environnement. d) Amélioration des performances environnementales de l'installation. e) Évite les émissions fugitives et prévient les rejets et les réactions. f) Évite les émissions fugitives.	Coûts variables (concernant les installations d'échantillonnage et de réception, voir les MTD 9 et 10).
4.- Relation étroite avec le producteur / possesseur de déchets.	Tenter d'avoir une influence sur le producteur / possesseur de déchets peut permettre d'éviter l'utilisation de solutions de traitement des déchets très onéreuses.	Ceci permet de réduire les coûts de traitement des déchets.
5.- Disponibilité de personnel, qui doit toujours disposer des qualifications requises. (Voir également MTD n° 3).	La protection de l'environnement dépend de la gestion correcte de l'installation et donc de la qualification de ses employés.	Le personnel qualifié revient plus cher. Les programmes de formation impliquent également certains coûts.

⁴ Non disponible

3.1.2. Connaissance des déchets entrants

La connaissance des déchets entrants est nécessaire à l'identification et à l'analyse des types de contrôle susceptibles d'être menés au cours du traitement des déchets. L'objectif final est de disposer d'une caractérisation correcte des types de déchets afin d'optimiser l'efficacité du processus et d'éviter les fuites éventuelles. Le contrôle des déchets entrants peut être appliqué à la pré-approbation / arrivée des déchets sur le site de traitement mais également à leur répartition finale. Voici les différentes procédures concernées :

- Caractérisation de la composition des déchets.
- Procédure de pré-approbation.
- Procédures d'approbation.
- Échantillonnage.
- Installations de réception.

S'il est possible d'appliquer ces techniques dans les pays méditerranéens, le degré d'introduction dépend des ressources de chaque installation. Les procédures d'échantillonnage et d'analyse demandent généralement des investissements considérables dans un équipement analytique, ainsi que certains coûts d'exploitation. Ces techniques sont applicables à tous types de déchets mais elles sont particulièrement recommandées pour les déchets dangereux. Le Tableau 3.2 présente les MTD associées.

Tableau 3.2 : MTD pour la connaissance des déchets entrants

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>6.- Connaissance concrète des déchets entrants, par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Activités de laboratoire. • Sélection d'huiles usées à reraffiner. • Sélection des stocks d'alimentation destinés aux systèmes biologiques. 	<p>Un laboratoire dans l'installation garantit la mise en place des contrôles d'entrée nécessaires et la sortie continue des déchets.</p> <p>L'amélioration de la qualité des stocks d'alimentation peut permettre de rehausser les performances environnementales d'une installation ainsi que la qualité du produit.</p> <p>Évite l'entrée de composés toxiques dans les systèmes biologiques.</p>	ND
7.- Introduction d'une procédure de pré-approbation.	Ceci permet aux exploitants d'identifier et d'accepter uniquement les déchets adaptés à un traitement spécifique.	Frais d'administration supplémentaires (emballage, étiquetage).
8.- Introduction d'une procédure d'approbation.	Ceci permet de confirmer les caractéristiques des déchets pré-approuvés, d'empêcher l'approbation de déchets inappropriés et d'éviter le retour éventuel des déchets après leur rejet.	Coûts élevés de caractérisation et d'analyse des déchets.
9.- Introduction de diverses procédures d'échantillonnage. (Voir également MTD n° 3).	Une bonne connaissance des déchets évite les problèmes en cours de traitement.	L'échantillonnage demande un équipement de laboratoire spécifique.
10.- Disposition d'une installation de réception. (Voir également MTD n° 3).	L'identification de la source, de la composition et de la dangerosité des déchets permet d'éviter l'approbation sans informations écrites.	<p>Les coûts opérationnels sont relativement bas et impliquent principalement des frais d'administration.</p> <p>EXEMPLE : dans une installation de traitement des huiles usées d'une capacité de 10 000 t/an⁵, les coûts des investissements d'un laboratoire d'analyse sont estimés à 40 000 livres et ses coûts d'exploitation, à 20 000 livres ; dans le cas d'un équipement de surveillance continue, les coûts des investissements tout comme les coûts d'exploitation s'élèvent à 10 000 livres.</p>

⁵ t/an : tonne/an

3.1.3. Connaissance des déchets sortants

Ces techniques consistent à analyser les déchets sortants en fonction des paramètres les plus significatifs de l'installation de réception. Elles se limitent généralement à l'analyse de la composition et des paramètres élémentaires tels que le contenu énergétique, la teneur en eau, en matières organiques et inorganiques, etc.

Certaines autres techniques de caractérisation des déchets sont basées sur des procédures d'identification du/des composant(s) primaires, l'identification des sources de déchets et la garantie d'un transfert des connaissances approprié entre les possesseurs de déchets.

Ces types de techniques sont applicables à la plupart des installations de traitement des déchets des pays méditerranéens, le seul problème étant l'investissement dans l'équipement analytique ainsi que les coûts d'exploitation. Le tableau 3.3 présente les MTD associées.

Tableau 3.3 : MTD pour l'identification des déchets sortants

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
11.- Analyse des déchets sortants en fonction des paramètres significatifs, importants pour l'installation de réception.	Ceci permet d'améliorer la connaissance des éventuels problèmes environnementaux liés aux déchets à traiter et de réduire les risques d'accidents ou d'exploitation incorrecte.	L'investissement dans un équipement analytique pour une installation de traitement des huiles usées revient à environ 750 000 EUR par site.

3.1.4. Systèmes de gestion

Les techniques de gestion sont généralement appliquées à l'ensemble des installations de traitement des déchets, l'objectif étant d'optimiser l'efficacité du processus ainsi que d'éviter les émissions dans l'environnement.

Les procédures concernées sont liées aux éléments suivants :

- Traçabilité du traitement des déchets.
- Règles de mixage et de mélange.
- Procédures de séparation et de compatibilité.
- Amélioration de l'efficacité du traitement des déchets.
- Plan de gestion des accidents.
- Journal des incidents.
- Plan de gestion des nuisances sonores et des vibrations.
- Prise en considération des mises hors service à venir.

Certaines de ces pratiques sont parfois difficiles à appliquer dans les petites installations en raison des contraintes informatiques, notamment les systèmes de traçabilité pour le traitement des déchets ou l'amélioration de l'efficacité du traitement via des bilans massiques ou l'analyse des flux de matières, et plus concrètement dans la région méditerranéenne. D'autres pratiques, par exemple les procédures de séparation et de compatibilité ou les règles de mixage et de mélange, sont applicables à l'ensemble des installations. Signalons que les plans de gestion des accidents et les journaux des incidents sont particulièrement importants pour les installations spécialisées dans les déchets dangereux. Les MTD associées à ces techniques sont présentées dans le tableau 3.4.

Tableau 3.4 : MTD pour les systèmes de gestion

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
12.- Disposer d'un système garantissant la traçabilité du traitement des déchets.	Ceci permet de disposer d'une preuve écrite du traitement appliqué à un déchet spécifique.	ND
13.- Disposer de règles de mixage et de mélange destinées à limiter les types de déchets mixables / mélangeables et les appliquer, en vue d'éviter l'augmentation des émissions polluantes dues au traitement des déchets en aval.	La séparation appropriée, à la source, des déchets, évite les incidents susceptibles de mener au mélange de déchets incompatibles.	Il est possible de séparer efficacement certains flux de déchets solides via un simple petit changement d'équipement. Éliminer des déchets mixés revient plus cher que traiter un flux composé d'un seul type de déchets.
14.- Disposer de procédures de séparation et de compatibilité. (Voir également MTD n° 13 et 24).	Voir MTD n° 13.	Voir MTD n° 13.
15.- Amélioration de l'efficacité du traitement des déchets due à l'utilité des analyses des déchets sortants, de la consommation des matières premières et du flux de matières.	L'optimisation des installations de traitement des déchets permet d'obtenir des émissions et une consommation moindres.	ND
16.- Élaboration d'un plan structuré de gestion des accidents. (Voir également 3.1.1, Gestion de l'environnement).	Les risques environnementaux les plus significatifs liés aux opérations de traitement des déchets sont le stockage des déchets dangereux , les émissions découlant de la réaction de différents types de déchets mélangés, les fuites, les déversements ou encore les traitements non contrôlés.	ND
17.- Disposer d'un journal des incidents et l'utiliser correctement. (Voir également MTD n° 1 et 16).	Voir MTD n° 1 et 16.	Voir MTD n° 1 et 16.
18.- Disposer d'un plan de gestion des nuisances sonores et des vibrations dans le cadre du SGE. (Voir également MTD n° 1).	Réduction des niveaux de bruits produits par l'installation.	ND
19.- Prendre en considération la mise hors service dès l'étape de la conception. (Voir également MTD n° 1).	Évite les problèmes environnementaux lors de la mise hors service.	ND

3.1.5. Gestion des services et des matières premières

Ces techniques concernent principalement la gestion énergétique. Une installation a besoin de chaleur et d'électricité pour fonctionner. Les principales utilisations de l'énergie dans une installation de traitement des déchets sont les suivantes :

- Chauffage, éclairage et électricité dans l'installation.
- Électricité pour les processus de traitement et l'équipement de l'installation, notamment les pompes, les compresseurs d'air, les centrifugeuses, etc.
- Combustible pour les véhicules.

Une conception et une gestion correctes des systèmes énergétiques sont des aspects importants qui contribuent à minimiser l'impact d'une installation de traitement des déchets sur l'environnement.

Voici quelques techniques de gestion de l'énergie et des matières premières :

- Interruption de la consommation et de la production énergétiques par source.
- Utilisation de combustibles plus propres.
- Utilisation de déchets comme combustible.
- Mesures en vue d'améliorer l'efficacité énergétique (élaboration d'un plan d'efficacité énergétique, etc.).
- Sélection des matières premières.
- techniques de réduction de la consommation d'eau et prévention de la pollution de l'eau.

En principe, ces techniques sont applicables à tous les secteurs du traitement des déchets ; cependant, certains problèmes peuvent survenir concernant la répartition de la consommation énergétique dans le cadre d'activités uniques ou d'installations déjà en service. Malgré leur coût d'investissement élevé, ces techniques sont particulièrement adaptées aux pays méditerranéens en pleine phase d'ébauche de projet de nouvelles installations de traitement des déchets dangereux. Le tableau 3.5 présente les MTD de ce secteur.

Tableau 3.5 : MTD pour la gestion des services et des matières premières

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>20.- Proposer une interruption de la consommation et de la production énergétique (y compris dans le cadre des exportations) par type de source (électricité, gaz, combustibles liquides conventionnels, combustibles solides conventionnels et déchets).</p> <p>(Voir également MTD n° 1).</p>	<p>Ceci peut contribuer à optimiser l'adéquation production-consommation et donc à optimiser l'utilisation des ressources énergétiques.</p>	<p>Investissement de base et peu onéreux.</p>
<p>21.- Améliorer de façon continue l'efficacité énergétique de l'installation en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Développant un plan d'efficacité énergétique • Utilisant des techniques de réduction de la consommation d'énergie, ce qui réduit les émissions directes et indirectes • Définissant et en calculant la consommation énergétique spécifique précise de l'activité <p>(Voir également MTD n° 20).</p>	<p>Un plan d'efficacité énergétique et l'utilisation de combustibles plus propres peuvent réduire la consommation énergétique ainsi que les émissions atmosphériques dues à l'utilisation d'énergie.</p> <p>Améliorer l'efficacité énergétique des chaudières et des éléments de chauffage permet de réduire les émissions de COV.</p>	<p>Les systèmes d'efficacité énergétique sont généralement plus onéreux. Cependant, leurs coûts d'exploitation sont moindres (ou leur utilisation entraîne des revenus plus élevés).</p> <p>Les coûts sont plus importants pour les installations déjà en place.</p>
<p>22.- Effectuer des tests de performances internes (une fois par an) de la consommation des matières premières.</p>	<p>La sélection de matières premières peut</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contribuer à une plus faible utilisation des substances chimiques et autres matières ; • Remplacer des matières moins nocives par des matières plus facilement minimisables ; • Contribuer à développer une compréhension du destin des sous-produits et des polluants ainsi que leur impact sur l'environnement ; • Être considérée comme la meilleure option pour certains déchets acides (en fonction du volume et du degré de pollution des déchets). 	<p>ND</p>
<p>23.- Explorer les options consistant à utiliser les déchets comme matières premières dans le traitement d'autres déchets.</p> <p>Si les déchets sont utilisés pour traiter d'autres déchets, l'installation doit disposer d'un système garantissant la disponibilité continue de ces déchets.</p> <p>(Voir également MTD n° 22).</p>	<p>Si ces déchets doivent être utilisés comme réactifs dans un traitement spécifique, leur éventuelle indisponibilité peut retarder le traitement des déchets. Ce retard peut à son tour causer des problèmes environnementaux.</p>	<p>Par exemple, la garantie des performances à long terme des systèmes anaérobies est essentielle à leur rentabilité économique.</p>

3.1.6. Stockage et manipulation

L'introduction de pratiques environnementales en matière de stockage et de manipulation est particulièrement importante pour les installations de traitement des déchets dangereux. Les principaux objectifs des pratiques environnementales de stockage sont :

- le stockage sûr des déchets avant leur introduction dans le traitement ;
- la mise en place d'une période d'accumulation appropriée, par exemple lorsque les systèmes de traitement et d'élimination sont hors service ou lorsqu'un décalage est prévu entre le traitement et la répartition des déchets ;
- la séparation du traitement et de la répartition des déchets ;
- la classification efficace des procédures à mettre en place lors des périodes de stockage / d'accumulation ;
- la réalisation continue des traitements. Les traitements en continu réagissent mal aux changements brusques et massifs de la composition et des réactions des déchets, même s'ils garantissent certains résultats. Par conséquent, l'homogénéisation des divers propriétés et niveaux de malléabilité des déchets doit être mise en place et préservée via un stockage / une accumulation immédiats des déchets à traiter ;
- la mise en place, le cas échéant, du mixage, du mélange et du remballage des déchets ;
- l'introduction planifiée de divers types de déchets et de réactifs dans les processus de traitement postérieurs ;
- la collecte d'une quantité raisonnable de déchets avant de les envoyer vers certains traitements (stations de transfert) ;
- la réduction des émissions fugitives, des fuites, de l'eau potentiellement polluée susceptible d'être produite en cas de déversement ou d'allongement de la durée de vie utile du conteneur, la diminution de la pollution des sols et de l'eau due à des déversements massifs ou à des incidents impliquant une rupture de confinement.

Voici à présent quelques techniques environnementales courantes de stockage et de manipulation :

- Techniques génériques appliquées au stockage des déchets : spécification des procédures de stockage dans un contexte particulier (par exemple, jours fériés), zones de stockage à distance des cours d'eau et des périmètres sensibles, marquage et étiquetage clairs des zones de stockage (caractéristiques de qualité et de dangerosité des déchets stockés), etc. Voir MTD 24 du tableau 6.
- Techniques de stockage des fûts et autres déchets stockés dans des conteneurs : voir MTD 24 du tableau 3.6.
- Techniques d'amélioration de l'entretien des stocks : mise en place de procédures d'inspection et d'entretien réguliers des zones de stockage contenant des fûts, des réservoirs, des pavés et des murets de rétention ; inspection quotidienne des conteneurs et des palettes et registre de ces inspections ; inspection programmée et régulière des cuves et des réservoirs de mixage et de réaction.
- Murets de rétention pour le stockage des liquides : voir MTD 25 du tableau 3.6.
- Restriction de l'utilisation des cuves, fosses et réservoirs ouverts.
- Techniques génériques appliquées à la manipulation des déchets : continuer d'appliquer le système de suivi des déchets après l'étape de pré-approbation, disposer d'un système de gestion de chargement / déchargement des déchets dans l'installation et d'une zone de stockage d'urgence pour les véhicules faisant l'objet de fuites, en vue de minimiser les incidents graves, etc. Voir MTD 28 du tableau 3.6.
- Manipulation des déchets solides : garantir que le regroupement des différents lots est réalisé uniquement suite à des tests de compatibilité, sans ajout de déchets liquides aux déchets solides, en utilisant une ventilation par extraction interne afin de contrôler les odeurs et la

poussière, en déchargeant les déchets solides et les boues dans un bâtiment fermé et dépressurisé, etc.

- Activités liées aux transferts vers ou depuis les fûts et les conteneurs : voir MTD 31 du tableau 3.6.
- Déchargement automatique des fûts (pour une station complète) : une station d'alimentation en fûts gérée par moteur pneumatique, un système d'accrochage pour les fûts équipés d'un dispositif de serrage hydraulique, une station de coupe, de raclage, de lavage et d'éjection du fond du fût, une station d'élimination, de raclage et de lavage à haute pression de l'armature du fût, une station pour le pressage et l'élimination des fûts nettoyés, une cabine de contrôle, la prévention des émissions de COV.
- Techniques d'amélioration du contrôle des stocks : pour les déchets liquides en vrac, le contrôle des stocks implique l'élaboration d'un registre de cheminement tout au long du processus, la mise en place d'une capacité de stockage d'urgence, l'étiquetage clair et visible de tous les conteneurs (date d'arrivée et code de dangerosité approprié), l'utilisation de l'empilage des fûts comme mesure d'urgence, la surveillance automatique du stockage et des niveaux des cuves de traitement via les indicateurs de niveau des cuves, etc.
- Zone de stockage en hauteur automatisée pour les déchets dangereux. Dans de nombreuses installations de traitement, le centre de logistique est composé d'une zone de stockage en hauteur automatisée pour les déchets dangereux : toutes les substances y sont identifiées, pesées, photographiées et échantillonnées préalablement au stockage. Le laboratoire interne est particulièrement important, des échantillons des déchets y sont analysés avant leur élimination ou leur récupération afin d'identifier de manière précise les propriétés de la substance et de décider du traitement adapté. Le laboratoire produit également des concepts de nettoyage avec la coopération des autres départements.
- Étiquetage des cuves et des canalisations : tous les réservoirs doivent être clairement étiquetés (contenu et capacité) et l'étiquette apposée doit être individuelle. Celle-ci doit faire la différence entre les eaux résiduaires et les eaux de traitement, les liquides combustibles, les vapeurs combustibles et le sens du flux. Il faut conserver un registre pour l'ensemble des cuves, (avec identifiant individuel), utiliser un système de codification des canalisations adapté, apposer un identifiant individuel sur toutes les soupapes, inscrire toutes ces informations sur les schémas de procédés et de contrôle et enfin, calibrer correctement toutes les connexions et les conserver en bon état.
- Mise en place d'un test de compatibilité avant le transfert : on mélange à parts égales un échantillon de la cuve / du réservoir / du conteneur de réception à un échantillon provenant du flux de déchets entrant qui sera ajouté à la cuve / au réservoir / au conteneur ; ce test doit être réalisé selon la méthode du « pire cas », avec deux échantillons de composition standard, les émissions de gaz et les causes des éventuelles odeurs doivent être identifiées, etc.
- Séparation dans les zones de stockage : la compatibilité est l'un des éléments-clé d'un stockage sûr. Les deux éléments à prendre en compte sont la compatibilité des déchets avec les matériaux de construction de leur conteneur et la compatibilité des déchets avec les autres déchets stockés au même endroit. Voir MTD 30 du tableau 3.6.

Les MTD associées à ces techniques sont décrites dans le tableau 3.6. Ces techniques sont hautement recommandées et faciles à appliquer dans les pays méditerranéens particulièrement dans le secteur du traitement des déchets dangereux.

Tableau 3.6 : MTD pour le stockage et de la manipulation

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>24.- Appliquer des techniques liées au stockage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zones équipées d'un système de drainage adapté et de tous les dispositifs nécessaires à la prévention de risques spécifiques (odeurs, émissions volatiles et point d'éclair bas). • Toutes les connexions entre les différents réservoirs doivent pouvoir être fermées par des valves. 	<p>Le stockage correct et sûr des déchets contribue à la réduction des émissions fugitives (COV, odeurs et poussière) et des risques de fuites. Un stockage séparé est nécessaire pour prévenir les incidents dus à la réaction de substances incompatibles entre elles ainsi que « l'escalade » en cas d'incident.</p>	ND
<p>25.- Séparer les liquides de décantation et les zones de stockage par des murs de protection imperméables et résistants aux matières stockées.</p>	<p>Ceci réduit la pollution des sols et de l'eau due à des déversements massifs ou à des incidents impliquant une rupture de confinement.</p>	ND
<p>26.- Appliquer des techniques de type étiquetage des cuves et des canalisations :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Étiqueter de façon claire et visible tous les réservoirs (contenu, capacité). • Conserver un registre complet pour l'ensemble des cuves. 	<p>Ces systèmes permettent à l'exploitant de bien connaître l'ensemble du processus et contribuent à réduire les accidents et à contrôler les émissions.</p>	ND
<p>27.- Prendre des mesures en vue d'éviter tout problème lié au stockage / à l'accumulation des déchets. Peut s'opposer à la MTD n° 23, où les déchets sont utilisés comme réactifs.</p>	<p>Ceci contribue à prévenir les émissions lors des activités de stockage.</p>	ND
<p>28.- Appliquer certaines techniques dans le cadre de la manipulation des déchets :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes et procédures en place, système de gestion pour le chargement et le déchargement des déchets, personnel qualifié et s'assurer que les tuyaux, valves et connexions endommagés ne sont pas utilisés. • Pour les déchets liquides, collecter le gaz d'échappement des réservoirs et des cuves. • Déchargement des solides et des boues dans des zones fermées équipées d'un système de ventilation par extraction. 	<p>Une manipulation correcte et sûre des déchets contribue à réduire les émissions fugitives et les risques de fuites. Un stockage séparé est nécessaire pour prévenir les incidents dus à la réaction de substances incompatibles entre elles ainsi que « l'escalade » en cas d'incident.</p> <p>Une manipulation correcte et sûre des déchets solides permet d'éviter les incidents et les émissions fugitives.</p> <p>Des systèmes de réduction ordinaires peuvent être connectés aux systèmes de ventilation des cuves en vue de réduire les pertes de solvants dans l'air en raison du déplacement des cuves et des camions-citernes lors de leur remplissage. Les sites manipulant des déchets poussiéreux sont équipés de hottes, de filtres et de systèmes d'extraction spéciaux.</p> <p>La plupart des sites possèdent une base entièrement en béton.</p>	ND

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>29.- S'assurer que le regroupement / le mixage vers ou depuis les déchets emballés est réalisé sous surveillance, par un personnel qualifié.</p> <p>Avec certains types de déchets, cette opération doit être effectuée en utilisant une ventilation par extraction interne.</p>	<p>Ceci permet d'éviter les émissions fugitives, notamment en minimisant les éclaboussures, les fumées et les odeurs ainsi que les problèmes de santé et de sécurité ; prévient également les rejets accidentels ou les réactions inattendues.</p>	<p>ND</p>
<p>30.- S'assurer que les incompatibilités chimiques déterminent la séparation requise dans le cadre du stockage.</p> <p>(Voir également le chapitre 3.1.4, Systèmes de gestion).</p>	<p>Réaliser un test de compatibilité avant le transfert permet de prévenir les réactions et les rejets nocifs ou inattendus avant le transfert vers les cuves de stockage.</p> <p>Cette MTD englobe le déchargement des camions-citernes pour un stockage en vrac, le transfert de cuve à cuve, le transfert d'un conteneur à un réservoir en vrac, le transfert en vrac dans les fûts / conteneurs semi-vmac le transfert en vrac des déchets solides dans des fûts ou des bennes.</p> <p>Les conteneurs de liquides oxydants et inflammables sont stockés séparément les uns des autres afin de ne pas entrer en contact suite à une fuite.</p> <p>(Voir également MTD n° 28).</p>	<p>ND</p>
<p>31.- Appliquer les techniques suivantes lors de la manipulation de déchets en conteneurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stockage des déchets en conteneurs couverts (si nécessaire, protection anti-sensibilité à la luminosité, à la chaleur, aux changements de température ou à l'eau). • Veiller à toujours disposer d'un espace dans les zones de stockage pour les conteneurs renfermant des substances sensibles à la chaleur, à la lumière et à l'eau ; les stocker avec un couvercle, en les protégeant de la chaleur et des rayons du soleil. 	<p>Le stockage en conteneurs couverts permet de réduire la quantité d'eau potentiellement polluée susceptible d'être produite en cas de déversement et d'allongement de la durée de vie utile du conteneur. Certaines techniques permettent de prévenir les émissions causées par le stockage de substances incompatibles, qui pourrait entraîner une réaction.</p> <p>La prévention de la pollution des sols est un autre bénéfice pour l'environnement.</p>	<p>ND</p>

3.1.7. Séparation et compatibilité

Ces techniques permettent d'éviter de mélanger certains déchets, ce qui facilite le traitement postérieur et prévient tout problème éventuel. Le principe de la séparation et de la compatibilité consiste à mélanger une petite quantité de déchets dangereux à une quantité plus importante de déchets non dangereux, ce qui crée une quantité de matière qui doit être traitée comme un déchet dangereux. Voici quelques principes à respecter :

- Ne pas transformer un déchet sec en déchet liquide.
- Disposer d'un étiquetage correct de l'ensemble des lignes et des conteneurs.
- Si les déchets mélangés sont traités sur la base des déchets les plus pollués, veiller à mélanger uniquement des déchets pollués à différents degrés.
- Veiller à séparer l'eau de refroidissement des flux de déchets.
- Envisager ou appliquer la séparation pour le stockage des matières.
- Disposer d'un règlement sur la restriction des types de déchets pouvant être mélangés.

Il s'agit d'un principe de base facile à introduire via l'élaboration de procédures écrites et d'une formation du personnel, qui contribuent fortement à la réduction de la pollution à la source. Il est applicable à toutes les installations de traitement des déchets dangereux de la région méditerranéenne. Dans le cas des déchets dangereux, les avantages environnementaux sont considérables.

3.1.8. Techniques d'amélioration environnementale d'autres techniques courantes

Cette section décrit la réduction des émissions dans l'environnement dans deux étapes du traitement des déchets : activités de broyage et de déchiquetage des fûts et procédés de lavage.

Les MTD associées à ces techniques sont présentées dans le tableau 3.7. Elles sont généralement recommandées pour les installations spécialisées dans ce genre d'opérations.

3.1.8.1. Techniques de réduction des émissions issues des activités de broyage et de déchiquetage des fûts.

Ces techniques permettent de réduire les émissions de COV (composés organiques volatils) dans l'atmosphère ainsi que la pollution des cours d'eau et des sols.

Voici plusieurs techniques pouvant être appliquées en vue de réduire les émissions issues des activités de broyage et de déchiquetage des fûts :

- Clôturer complètement l'installation de broyage et de déchiquetage des fûts et l'équiper d'un système de ventilation par extraction connecté à l'équipement de réduction.
- Couvrir les bennes de stockage des fûts broyés / déchiquetés.
- Pratiquer le drainage calibré.
- Éviter de broyer les fûts contenant des déchets ou des substances volatiles inflammables ou hautement inflammables.

Voici les techniques pouvant également être appliquées dans le cadre du traitement des déchets dangereux d'une installation de déchiquetage :

- Canal anti-coups de bélier de 12 m de haut.
- Résistance de l'installation à une pression de 10 bars.
- Fonctionnement discontinu de la déchiqueteuse afin de minimiser l'exposition.
- Systèmes d'alarme anti-incendie et extincteurs automatiques.
- Connexion directe avec les services de secours les plus proches.
- Interrupteurs, agrégats et machines antidéflagrants.
- Cabines de surpression et filtre à charbon actif dans toutes les machines.
- Branchement d'incendie de 50 m³ dans un bassin en subsurface.

- Arrosage continu à l'azote de la zone de travail interne de la déchiqueteuse.

3.1.8.2. Techniques de réduction des émissions dues au lavage

Ces techniques permettent d'identifier et de traiter les déchets du lavage, via notamment :

- l'identification des composants potentiellement présents dans les éléments à laver (par exemple des solvants) ;
- le transfert des déchets lavés vers une zone de stockage adaptée ;
- l'utilisation des eaux résiduaires de l'usine de traitement des déchets.

Tableau 3.7 : MTD pour l'amélioration environnementale d'autres techniques courantes

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
32.- En cas de manipulation de matières susceptibles de produire des émissions dans l'atmosphère (odeurs, poussière, COV), exécuter les opérations de broyage, de déchiquetage et de tamisage dans des zones équipées de systèmes de ventilation par extraction connectés à l'équipement de réduction.	Ceci permet de réduire les émissions de COV dans l'atmosphère ainsi que la pollution des cours d'eau et des sols.	EXEMPLE : installation de déchiquetage de conteneurs : l'installation a une capacité de 5 000 Mg/a ⁶ . La quantité de déchets dangereux traitée est de 1 000 t/an. L'investissement nécessaire s'élève ici à 325 000 EUR. EXEMPLE : installation de déchiquetage de bombes aérosols : l'installation a une capacité de 500 t/an. L'investissement nécessaire s'élève ici à 500 000 EUR.
33.- Réaliser les opérations de broyage / déchiquetage sous encapsulation totale et dans une atmosphère inerte dans le cas des fûts / conteneurs renfermant des substances inflammables ou hautement volatiles. Ceci permet d'éviter l'ignition. L'atmosphère inerte doit être réduite. (Voir également MTD n° 32 et le chapitre Traitements des émissions atmosphériques)	Voir MTD n° 32.	Voir MTD n° 32.
34.- Réaliser le lavage en tenant compte des éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Identification des composants lavés éventuellement présents dans les éléments à laver (par exemple solvants). • Transfert les eaux de lavage vers une zone de stockage adaptée. • Utilisation des eaux résiduelles traitées de l'usine de traitement pour le lavage (au lieu d'eau fraîche). 	Ceci permet d'identifier et de traiter les déchets du lavage.	ND

⁶ Mg/a : mégagrammes/an

3.1.9. Techniques de prévention des accidents et de leurs conséquences

Ces techniques sont nécessaires pour prévenir les accidents susceptibles d'avoir des conséquences sur l'environnement ou pour réduire leurs impacts une fois produits. Voici quelques-unes de ces techniques :

- Élaboration d'un plan de gestion des accidents : identifier les dangers potentiels de l'installation pour l'environnement ; évaluer les risques d'accidents et leurs éventuelles conséquences.
- Disposer d'un système solide d'identification, d'évaluation et de minimisation des risques d'accidents et de leurs conséquences pour l'environnement.
- Disposer d'un inventaire des substances.
- Séparer les déchets et les substances incompatibles en fonction de leur dangerosité potentielle : les types de déchets incompatibles doivent être séparés par des travées ou stockés dans des bâtiments spéciaux. L'installation doit au minimum disposer d'un enclos restreint et pratiquer un drainage séparé.
- Disposer d'un système de stockage approprié pour les matières premières, les produits et les déchets.
- Utiliser un système automatique commandé par microprocesseur, par vanne de dérivation ou relevé des niveaux de cuve : par exemple des jauges à ultrasons, des alarmes de niveau élevé et des verrouillages de procédé.
- Consigner les mesures de contrôle en place, notamment l'évaluation de ces mesures et la décision prise quant à leur efficacité.
- Disposer d'un système de confinement adapté : par exemple, murets de rétention et séparateurs, bâtiment de confinement.
- Introduire des technologies et des procédures de prévention du surremplissage des cuves de stockage, par exemple des mesures de niveau, des alarmes autonomes de niveau élevé, des systèmes de fermeture en cas de niveau élevé et des compteurs de lots.
- Disposer d'un registre / journal à jour de l'installation afin d'y reporter tous les incidents, les quasi-incidents, les changements apportés aux procédures, les événements anormaux et le résultat des inspections d'entretien. Les problèmes de fuites et de déversements ainsi que les accidents peuvent être signalés dans le journal.
- Établir des procédures en vue d'identifier les incidents, d'y répondre et d'en tirer des enseignements.
- Identifier le rôle et les responsabilités du personnel impliqué dans la gestion des accidents.
- Proposer une formation au personnel.

Ces techniques sont génériques et applicables à tous les secteurs de traitement des déchets ; certaines d'entre elles sont particulièrement importantes pour le traitement des déchets dangereux. Outre la protection de l'environnement, la prévention des accidents est à la base de l'introduction de ces techniques ; celles-ci sont par conséquent considérées comme essentielles pour améliorer le secteur du traitement des déchets dangereux dans la région méditerranéenne.

3.1.10. Techniques de réduction des nuisances sonores et des vibrations

Une entreprise ayant introduit un SGE dispose généralement d'un plan de gestion des nuisances sonores. Ce plan doit comprendre :

- Une description des principales sources de nuisances sonores et de vibrations au sein des installations (dans le cadre des opérations habituelles et ponctuelles).
- Une description détaillée des enquêtes sur les nuisances sonores, des mesures effectuées, des investigations réalisées et des modélisations.

Ceci ne demandant qu'un contrôle de base des paramètres génériques de l'installation, son application est réalisable dans les installations de la région méditerranéenne.

3.1.11. Techniques de mise hors service

L'objectif de ces techniques est de minimiser les impacts sur l'environnement associés à la mise hors service d'une usine. Voici quelques-unes de ces techniques :

- Prendre en compte la mise hors service dès la conception, ce qui permet d'élaborer des plans corrects de minimisation des risques dans l'optique de la mise en service à venir.
- Pour les installations déjà en place, élaborer un programme d'amélioration de la conception.
- Conserver un plan de fermeture du site afin de prouver que, en l'état actuel des choses, l'installation pourrait être mise hors service pour éviter tout risque de pollution sans qu'une réhabilitation massive du site ne soit nécessaire.
- Mettre en place les mesures proposées pour prévenir les risques de pollution et restituer un site en bon état (y compris, le cas échéant, des mesures liées à la conception et à la construction de l'installation).
- Élaborer des plans de nettoyage des déchets déposés, des déchets et de toute trace de pollution résultant des activités de traitement des déchets.
- S'assurer que l'usine et l'équipement mis hors service sont dépollués et extraits du site.

Ces techniques sont applicables à toutes les étapes d'une installation de traitement des déchets, de la conception à la construction en passant par la mise hors service du site. Elles sont particulièrement adaptées aux pays méditerranéens en phase de fermeture d'installations obsolètes et de conception de nouvelles usines.

3.1.12. Techniques courantes

Cette section propose une description de trois techniques courantes : traitement des petits déchets, réduction de la taille des déchets et autres techniques courantes (nettoyage, emballage, filtration, sédimentation, tamisage, tri, mise à la ferraille et lavage). Elles sont utiles dans le cas des installations dont les déchets, de tailles différentes, doivent faire l'objet d'une homogénéisation avant d'être traités.

3.1.12.1. Traitement des petits déchets

Cette technique permet d'identifier différents types de déchets afin de les traiter correctement (traitement des déchets ménagers dangereux, provenant des universités, des laboratoires et des entreprises).

Les substances à traiter sont triées à la main puis emballées, broyées, le cas échéant, conditionnées et transférées vers des installations d'élimination internes et/ou externes.

Le système est divisé en trois parties, chaque opération étant réalisée dans une zone différente :

- Tri des substances chimiques : cette opération est effectuée dans une cabine de tri, via un dispositif d'aspiration qui sépare les substances chimiques des laboratoires et les conduit vers différents traitements (recyclage, élimination ou dépôt dans une décharge souterraine).
- Emballage en vue de vider les conteneurs de fluides : les petits volumes sont rassemblés afin de créer des lots volumineux (solvants ou acides). Ces lots sont ensuite éliminés via une incinération haute température en aval ou récupérés dans l'usine de traitement physico-chimique de l'installation.
- Traitement des produits phytosanitaires : les substances réactives et très odorantes sont traitées dans une cabine spéciale.

3.1.12.2. Réduction de la taille des déchets

Le principal objectif de cette technique est d'adapter la granulométrie solide des déchets aux autres traitements ou d'extraire les déchets difficiles à pomper ou à décanter.

Les technologies utilisées par les installations sont le déchiquetage, le tamisage, le fractionnement, le conditionnement et la confection.

Ces technologies sont utilisées par les installations de traitement des conteneurs et des bombes aérosols, dans le cadre de la préparation des déchets destinés à être utilisés comme combustible, de l'application de différents types de déchets tels le plastique, les fûts métalliques, les filtres à huile, les déchets solides municipaux, les déchets solides en vrac, les déchets de bois, les aérosols et le verre.

3.1.12.3. Autres techniques courantes

Il s'agit de techniques génériques utilisées dans le secteur du traitement des déchets, soit principalement des traitements mécaniques. Si ces techniques sont généralement utilisées comme prétraitement, certaines le sont comme traitement postérieur :

- Nettoyage : permet d'enlever la pollution qui empêche la récupération des déchets. Technique utilisée dans les condensateurs et les transformateurs de PCB.
- Remballage : certains déchets se désagrègent, il faut parfois les compacter afin de faciliter leur utilisation. Technique utilisée pour les déchets solides municipaux destinés à servir de combustible et pour les balles en plastique, en papier et en métal.
- Filtration.
- Sédimentation.
- Tamisage : technologie utilisée pour séparer les particules volumineuses (tamis vibrant, statique ou rotatif). Préparation des déchets destinés à servir de combustible.
- Tri et mise à la ferraille.
- Lavage : l'un des objectifs du lavage est de permettre la réutilisation des fûts dans l'installation ou leur vente à d'autres installations, qui les réutiliseront par la suite. Les opérations de lavage des fûts ne sont souvent rien d'autre qu'un lavage et une mise en place. Certains systèmes de retraitement lavent les filtres à huile, ce qui permet de recycler une fraction de métal partiellement nettoyée.

3.2. TECHNIQUES DESTINÉES À DES TYPES SPÉCIFIQUES DE TRAITEMENT DES DÉCHETS

3.2.1. Traitements biologiques

Le traitement biologique utilise des organismes vivants pour décomposer les déchets organiques en eau, CO₂ et composés inorganiques simples ou dans en composés organiques plus simples tels que les aldéhydes et les acides. Tous les traitements biologiques ne sont pas adaptés aux déchets dangereux car la présence de déchets toxiques réduit souvent l'activité biologique. Voici les différents types des traitements biologiques :

- Boue activée : décompose les déchets organiques en eau via l'exposition des déchets à la croissance biologique. Cette technologie est classée dans le traitement des eaux résiduaires.
- Lagunes aérées : grandes lagunes contenant de fortes concentrations de microorganismes. Cette technologie est classée dans le traitement des eaux résiduaires.
- Compostage : on construit des tas de déchets afin d'encourager la décomposition biologique des solides organiques, ce qui produit une substance humide qui peut servir de conditionneur de sol.

- Digestion aérobie : réduction du contenu organique des déchets. Appliquée aux déchets solides, aux eaux résiduaires non-continues, à la bioremédiation et aux boues et sols pollués par de l'huile.
- Digestion anaérobie : décompose les matières organiques dans des réservoirs fermés et sans air. Appliquée aux déchets solides-liquides, aux eaux résiduaires hautement polluées (par exemple, composés chlorés), à la bioremédiation et dans le cadre de la production de biogaz destiné à être utilisé comme combustible.

Les boues activées et les lagunes aérées sont considérées comme des traitements des eaux résiduaires ; le compostage et la digestion aérobie / anaérobie sont des traitements adaptés au traitement des déchets municipaux solides (spécifiquement, aux déchets biologiques). Cependant, la digestion anaérobie a également été testée dans le cadre de l'élimination des déchets dangereux.

Les performances environnementales des techniques et pratiques suivantes sont tout à fait convaincantes quant aux traitements biologiques ; ces techniques et pratiques sont généralement utilisées dans le cadre d'un traitement global des déchets :

- Sélection du traitement biologique approprié. L'un des facteurs techniques clés est que les composants organiques des déchets et la population microbienne soient bien en contact. Ceci dépend en premier lieu de l'état des déchets et de leur concentration. Cette technique permet d'éviter les problèmes de traitement et d'exploiter les déchets au maximum (utilisation comme combustible par exemple).
- Techniques de stockage et de manipulation spécifiques aux traitements biologiques. Voir MTD 65 du tableau 3.8.
- Sélection du stock d'alimentation des systèmes biologiques. L'introduction de substances n'ayant pas fait l'objet d'un traitement d'amélioration, notamment les métaux toxiques, dans les processus biologiques, doit être restreinte ; si le processus est un élément important, la qualité du stock d'alimentation l'est encore plus et c'est pourquoi il est essentiel de maximiser sa qualité.
- Techniques génériques de digestion anaérobie. Voir MTD 68 du tableau 3.8.
- Allongement du temps de rétention dans les processus de digestion anaérobie : Cette technique consiste à allonger le temps de dégradation du digestat. Plus le temps de rétention est élevé, plus la biodégradation est importante, ce qui permet d'obtenir un digestat de meilleure qualité et donc d'augmenter la production de biogaz.
- Techniques de réduction des émissions en cas d'utilisation de biogaz comme combustible : Voir MTD 68 du tableau 3.8. Le biogaz produit doit faire l'objet d'une désulfuration en raison de sa forte teneur en soufre, principalement pour prévenir la corrosion de l'unité qui utilise le biogaz.
- Augmentation de l'efficacité énergétique des générateurs électriques et des systèmes de digestion anaérobie : l'efficacité de la conversion électrique varie en fonction de l'usine de combustion ; l'installation de moteurs au biogaz présentant une efficacité supérieure à 30 % est essentielle pour obtenir une efficacité énergétique globale correcte.
- Techniques d'amélioration des traitements biologiques mécaniques : utiliser des filtres au niveau des sorties d'air pour minimiser les émissions de particules, réduire les émissions de composés d'azote en optimisant le rapport carbone sur azote et en utilisant des épurateurs acides, éviter les conditions anaérobies dans les installations de traitement aérobie, contrôler l'arrivée d'air à l'aide d'un circuit d'air stabilisé, faire attention à la disposition des fenêtres pour permettre l'accès au formage et au retournement, s'assurer que l'équilibre chimique de l'eau est correct afin de minimiser la production de lixiviats, etc.
- Digestion aérobie des boues : il s'agit d'un traitement biologique couramment appliqué aux boues.
- Contrôle d'aération de la dégradation biologique : appliquer des traitements de surpression, appliquer un traitement d'aspiration (par pression), disposer de sols aérés équipés de plaques à fentes et d'une cave afin de garantir une bonne aération de la totalité du

déplacement / retournement, adapter l'aération à l'activité de biodégradation de la matière en segmentant la zone de dégradation biologique en zones aérées contrôlables individuellement, s'assurer que le flux de matière biodégradée coule régulièrement dans les sols de tunnel, en utilisant des tuyaux perforés encastrés et des pressions assez élevées et enfin, en employant des échangeurs de chaleur en vue d'abaisser l'humidité et la température du gaz d'échappement.

- Gestion du gaz d'échappement dans le cadre des traitements biologiques mécaniques (TBM). Voir MTD 70 du tableau 3.8.
- Techniques de réduction dans le cadre des traitements biologiques. Voir MTD 69 du tableau 3.8.

Ces techniques biologiques sont en principe applicables à la région méditerranéenne car elles ne sont pas très onéreuses et sont faciles à introduire, à utiliser et à entretenir ; cependant, leur applicabilité est freinée par la présence de certaines substances toxiques telles que les métaux lourds. La digestion anaérobie est le traitement biologique qui convient le mieux aux déchets dangereux mais les coûts des investissements sont élevés. Le tableau 3.8 présente les MTD associées aux traitements biologiques.

Tableau 3.8 : MTD pour les traitements biologiques

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>65.- Utiliser les technologies suivantes pour le stockage et la manipulation des systèmes biologiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déchets peu odorants : utilisation de portes automatisées et à ouverture rapide combinées à un dispositif adapté de collecte de l'air évacué. • Déchets fortement odorants : utilisation de soutes hermétiques équipées d'une vanne. • Utiliser et équiper la soute d'un dispositif de collecte de l'air évacué. 	<p>Dans le cas des systèmes de traitement biologique des déchets liquides, le flux de substrats doit être relativement constant afin que l'opération reste correcte ; un flux irrégulier peut provoquer des émissions inattendues.</p> <p>Ces technologies permettent de prévenir les émissions atmosphériques.</p> <p>Les déchets résiduels peuvent contenir de larges quantités de particules à grains fins, ce qui entraîne des émissions de poussière considérables dans la soute en raison des processus de déchargement / basculement et de chargement à l'aide d'outils mobiles ; ces outils doivent être déposés aussi près que possible de la source.</p>	ND
<p>66.- Adapter les types de déchets admissibles et les opérations de séparation au type d'opération menée et à la technique de réduction applicable (en fonction de la teneur en composants non-biodégradables).</p>	<p>Ceci permet d'éviter l'entrée de composants toxiques dans le système biologique (toxiques en cela qu'ils réduisent l'activité biologique).</p> <p>Les parties actives non biologiques du stock d'alimentation séparées forment des flux aisément réutilisables ou recyclables (verre, métaux).</p>	ND
<p>67.- Utiliser les techniques suivantes pour appliquer la digestion anaérobie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intégration étroite entre les opérations et la gestion de l'eau. • Recyclage de la plus grande quantité possible d'eaux résiduelles dans le réacteur. • Exploitation du système dans des conditions de digestion thermophile. • Mesure des niveaux de COT, de DCO, de N, de P et de Cl dans les flux d'entrée et de sortie. 	<p>Ces techniques contribuent à l'augmentation de l'efficacité de la digestion anaérobie ; elles entraînent une meilleure utilisation de leurs produits et minimisent la quantité de matières potentiellement toxiques.</p> <p>Les systèmes anaérobie sont très efficaces pour décomposer les composés cycliques (par exemple, les phénols) et ils produisent du méthane qui peut ensuite être utilisé comme combustible. Cependant, tous les composés dérivés suite à la décomposition anaérobie des noyaux aromatiques (par exemple, les substances xénobiotiques) ne peuvent pas être minéralisés dans des conditions anaérobies.</p> <p>Il est possible d'obtenir des émissions d'odeurs de 250-500 ou/m³⁷ dans le cadre du traitement anaérobie en utilisant des filtres et des épurateurs biologiques adaptés (si la teneur en NH₃ est supérieure à 30 mg/Nm³⁸).</p>	Les coûts des investissements spécifiques sont généralement bien plus élevés que ceux du traitement aérobie.

⁷ ou/m³ : unité de mauvaises odeurs/mètre cube

⁸ Mg/Nm³ : milligramme/mètre cube normal

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<ul style="list-style-type: none"> Maximisation de la production de biogaz (étudier les effets sur la qualité du digestat et du biogaz). 	<p>L'augmentation du temps de rétention permet d'obtenir une biodégradation plus importante et donc un digestat de meilleure qualité et une production supérieure de biogaz.</p>	
<p>68.- Réduire les émissions de poussière, de NO_x, de SO_x, de CO, de H₂S et de COV dans les gaz d'échappement en cas d'utilisation de biogaz comme combustible, via la juxtaposition appropriée des techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Épuration du biogaz via des sels de fer Utilisation des techniques de dénitrification (RCS) Utilisation d'une unité d'oxydation thermique Utilisation de la filtration au charbon actif 	<p>Valeurs d'émissions : données en mg/Nm³ à 5 % O₂</p> <p>AOX : <150 biogaz.</p> <p>CO : 100-650 gaz d'échappement.</p> <p>Poussière : <10-50 gaz d'échappement.</p> <p>NO_x : 100-500 gaz d'échappement.</p> <p>H₂S : <5 gaz d'échappement.</p> <p>HCl : <10-30 gaz d'échappement.</p> <p>HF : <2-5 gaz d'échappement.</p> <p>Hydrocarbures : <50-150 gaz d'échappement.</p> <p>SO₂ : <50-500 gaz d'échappement.</p>	<p>Dans le cas des petites installations hydroélectriques ou centrales de production de chaleur utilisant le biogaz comme combustible, les mesures secondaires de réduction des émissions de gaz de combustion sont jugées non rentables aux niveaux économique et environnemental.</p>
<p>69.- Améliorer le traitement biologique mécanique (TBM) en :</p> <ul style="list-style-type: none"> utilisant des bioréacteurs protégés ; évitant les conditions anaérobies lors du traitement aérobie via le contrôle de la digestion, de l'arrivée d'air et l'adaptation à l'activité de biodégradation ; utilisant l'eau de façon efficace ; réalisant une isolation thermique du plafond de la zone de dégradation biologique (processus aérobie) ; minimisant la production de gaz d'échappement à des niveaux de 2 500 à 8 000 Nm³/t ; garantissant une alimentation uniforme ; recyclant les eaux de traitement ou les déchets boueux dans le traitement aérobie afin d'éviter 	<p>Les procédés biologiques optimisés associent la réduction des émissions dans l'eau et dans l'air lors du traitement dans l'installation de traitement.</p> <p>L'un des autres avantages environnementaux est que les déchets prétraités biologiquement et mécaniquement se traduisent par une réduction marquée de volume, de teneur en eau et de formation potentielle de gaz ; de plus, on note une amélioration significative de la lixiviation et de la décantation dans les sites d'enfouissement.</p> <p>En outre, un flux de déchets hautement calorifique est séparé et il peut être incinéré avec récupération énergétique. Les traitements mécaniques et physiques utilisés comme prétraitement en vue d'optimiser les conditions du traitement biologique à suivre sont ajustées afin de maximiser la séparation des matières importantes en inhibant les matières ne pouvant faire l'objet d'un traitement biologique.</p> <p>Voir également les MTD n° 65 et 66.</p>	<p>ND</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>totallement les émissions dans l'eau. Les eaux résiduaires éventuellement produites doivent être traitées et atteindre les valeurs indiquées dans la MTD n° 56 ;</p> <ul style="list-style-type: none"> réduisant les émissions de composés d'azote via l'optimisation du rapport carbone sur azote. 		
<p>70.- Abaisser les émissions dues au traitement biologique mécanique aux niveaux suivants :</p> <p>Odeurs : <500-600 ou E/m³ et NH₃ : <1-20 mg/Nm³.</p> <p>En utilisant les techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> Bonnes pratiques environnementales. Système d'oxydation thermique régénératrice. Élimination de la poussière. <p>Pour les COV et les MP, voir la MTD n° 41.</p>	<p>Il est possible de réduire les émissions en associant les techniques suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> Prévention générique. Adsorption. Épuration chimique. Opération faiblement oxydante. Incinération. Combustion catalytique. Système d'oxydation thermique régénératrice. Traitement plasma non-thermique. 	<ol style="list-style-type: none"> ND Coûts d'exploitation moindres pour les faibles concentrations de COV. ND ND La rentabilité de l'exploitation est déterminée par la taille du volume de flux à traiter et par les concentrations de polluants. L'investissement est relativement élevé. ND ND
<p>71.- Abaisser les émissions dans l'eau aux niveaux suivants (ppm) :</p> <p>DCO : 20-120</p> <p>DBO : 2-20</p> <p>Métaux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) : 0,1-1</p> <p>Métaux hautement toxiques :</p> <p>As : <0,1; Hg : 0,01-0,05 ; Cd : <0,1-0,2 ; Cr (IV) : <0,1-0,4</p> <p>Également, limiter les émissions d'azote, d'azote ammoniacal, de nitrate et de nitrite totaux.</p>	<p>Permet d'identifier et de faciliter la surveillance des polluants couramment rejetés.</p>	<p>ND</p>

3.2.2. Traitements physico-chimiques

Ces techniques sont basées sur des traitements qui modifient les propriétés physico-chimiques des déchets. Elles sont hautement spécifiques en fonction du type de déchets et de leur composition et peuvent demander des investissements élevés. Par conséquent, les déchets concernés doivent être identifiés et les options de traitement, soigneusement étudiées ; cet aspect est essentiel car les pays méditerranéens connaissent mal les flux de déchets dangereux et ceux-ci sont généralement envoyés dans des installations d'élimination des déchets.

Cette section se basant sur les conditions physiques des déchets, les traitements des liquides et des solides sont décrits séparément.

3.2.2.1. Traitements physico-chimiques des eaux résiduaires

Les traitements physico-chimiques sont organisés de telle manière que la quantité maximale de matières recyclables puisse être séparée afin d'utiliser un minimum de matières auxiliaires.

Les déchets traités dans les usines de traitement physico-chimique sont aqueux et liquides. Les usines traitent généralement des déchets liquides ou des boues à teneur relativement élevée en eau (>80 % en poids). Voici les déchets couramment traités par ces installations (sans tenir compte de leur origine ou de leurs caractéristiques) :

- Émulsions / lubrifiants de refroidissement.
- Acides.
- Solutions alcalines.
- Concentrés / solutions salines contenant des métaux.
- Eaux de lavage.
- Eaux résiduaires contenant un séparateur d'essence / d'hydrocarbures.
- Mélanges de solvants.
- Boues.
- Déchets aqueux liquides renfermant une haute concentration de matières biodégradables.
- Déchets aqueux marins.

Voici les techniques environnementales prises en compte pour la détermination des MTD (présentes dans le tableau 3.9) pour le traitement physico-chimique des eaux résiduaires :

- Planification de l'exploitation d'une usine de traitement physico-chimique : toutes les installations de mesure et de contrôle doivent être aisément accessibles et faciles à entretenir, des systèmes de contrôle et de test doivent être établis, l'inspection de la réception doit être exécutée conformément aux informations contenues dans l'analyse prouvant l'élimination des déchets et à la commande de procédé correspondant à chaque traitement particulier, la production d'eaux résiduaires doit être évitée au maximum via l'élaboration de mesures de construction, par exemple la pose d'un toit dans la zone de réception, etc.
- Techniques destinées aux réacteurs physico-chimiques, voir MTD 72.
- Neutralisation : éviter de mélanger les déchets acides / basiques aux autres flux à neutraliser si le mélange contient à la fois des métaux et des agents complexants. Les ions complexants à surveiller sont, par exemple, l'EDTA, l'acide nitrilotriacétique et les cyanures. Disposer d'un équipement de neutralisation robuste et facile à utiliser peut aider celui-ci à supporter les opérations des usines de traitement physico-chimique dédiées à la neutralisation des déchets acides / basiques.
- Précipitation des métaux. Voir MTD 75.
- Rupture des émulsions. Voir MTD 76.

- Oxydation / réduction. Voir MTD 77.
- Techniques de traitement des déchets contenant des cyanures. Voir MTD 78.
- Techniques de traitement des déchets contenant des composés de chrome (VI). Voir MTD 79.
- Techniques de traitement des eaux résiduaires contenant des nitrites. Voir MTD 80.
- Traitements des solutions phénoliques via l'oxydation : il est possible de traiter les déchets aqueux contenant du phénol (3-5 % M/M) par oxydation catalytique, à l'aide d'un agent oxydant et d'un catalyseur métallique ou d'un réactif oxydant puissant (par exemple KMnO₄).
- Techniques de traitement des déchets contenant de l'ammoniac. Voir MTD 81.
- Filtration / déshydratation : introduire des échantillons d'air, pour savoir s'il contient de l'ammoniac, dans des cheminées d'échappement ou des zones de filtre-presses en vue de trouver des COV, connecter la couche d'air au-dessus de certaines presses aux principaux systèmes de réduction de l'usine, améliorer le drainage des boues en ajoutant des agents de floculation, par exemple de la chaux, ou des agents de floculation synthétiques. Voir MTD 82.
- Système de flottation à air dissous : il s'agit de produire une solution sursaturée d'eaux résiduaires et d'air comprimé en alignant la pression du flux d'eau sur celle de l'air comprimé puis en mélangeant les eaux et l'air comprimé dans une cuve de rétention. Voir MTD 83.
- Échange d'ions : utiliser l'échange d'ions uniquement pour les concentrations de sels inférieures à 1 500 mg/l, utiliser les prétraitements pour réduire la concentration de sel (précipitation), extraire les matières solides des solutions via des filtres à sable ou l'adsorption au charbon actif avant de mettre en place l'échange d'ions, utiliser les mesures de conductivité pour surveiller et exploiter l'usine d'échange d'ions (combinaison cation-anion).
- Filtration sur membrane : décider quelle est la membrane la mieux adaptée aux déchets à traiter via des tests en laboratoire, soumettre les perméats et les concentrés résultant de l'ultrafiltration à un traitement et une surveillance postérieurs, pH, conductivité électrique, pression, température, etc.
- Sédimentation : la décantation s'effectue dans un clarificateur équipé de systèmes d'entrée et de sortie, d'une zone de décantation et d'un voile de boues. L'ajout d'agents de floculation aux boues et aux eaux résiduaires à traiter est recommandé pour accélérer la sédimentation et pour faciliter la séparation postérieure des solides.
- Tamisage : éviter la surcharge de l'équipement de tamisage, nettoyer correctement les ouvertures du filtre, conformément aux instructions, et s'assurer que les nappes supérieure et inférieure s'écoulent toujours en continu. Voir MTD 84.
- Extraction de solvants : utiliser des procédés connus et réglementés, récupérer le solvant pour le réutiliser en circuit fermé, utiliser des antimoissants si vous constatez un dysfonctionnement de l'extraction dû à des substances tensioactives (surfactants) procédant des opérations de mélange, ne pas utiliser de solvants présentant les mêmes caractéristiques chimiques que le composant à extraire afin d'éviter une séparation médiocre (mélanges azéotropiques), améliorer les performances de la séparation dans le cadre de l'extraction en augmentant la température et en séparant les substances susceptibles d'avoir des effets négatifs lors des procédures de prétraitement.
- Techniques de traitement des eaux résiduaires contenant des métaux précieux : les déchets liquides photographiques contiennent plusieurs composés toxiques et difficilement dégradables. Il est possible de minimiser la diffusion de ces composés dans l'environnement en les soumettant à un traitement physico-chimique et biologique, y compris à une évaporation.
- Techniques de traitement des déchets aqueux marins. Cette section peut être divisée en deux, avec d'une part les eaux résiduaires contenant du pétrole et d'autre part, les eaux résiduaires contenant des substances chimiques. Voici quelques-unes de ces techniques :
 - a) Application de prétraitements spécifiques dans le cas des eaux résiduaires contenant des métaux.

- b) Application d'un prétraitement physico-chimique et d'un traitement biologique dans le cas des eaux résiduaires contenant du pétrole.
- c) Traitement des gaz d'échappement afin de réduire les COV et les émissions d'odeurs.
- d) Définition des critères d'acceptation et de traitement pour chaque itinéraire de traitement, etc.
- Techniques de réduction appliquées aux usines de traitement physico-chimique : filtres à manches, épurateurs spécifiques aux acides et au NH₃, épurateur oxydant, gaz de dégagement utilisé durant l'incinération des déchets dangereux, biofiltres et biofiltres pour la partie organique.

Voici quelques-unes des opérations de traitement des déchets dangereux réalisées dans les usines de traitement physico-chimique :

- Traitement des émulsions.
- Traitement des émulsions et des déchets dont le contenu doit être détoxifier.
- Traitement des déchets liquides, aqueux contenant des solvants organiques.
- Traitement des émulsions et des mélanges huile / eau.
- Traitement des déchets liquides, aqueux contenant des solvants organiques et des tensioactifs.
- Détoxification (oxydation / réduction) des déchets contenant des nitrites, du Cr(VI), du cyanure (prétraitement).

Habituellement, les déchets traités sont issus de divers processus de production industrielle et commerciale, ainsi que des activités d'entretien, de réparation et de nettoyage. Les industries de l'impression et de la photographie sont des secteurs industriels qui utilisent les traitements physico-chimiques. Les MTD destinées à traiter spécifiquement les déchets dangereux sont présentées en **gras** dans le tableau 3.9.

Tableau 3.9: MTD pour le traitement physico-chimique des eaux résiduaires

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>72.- Appliquer les techniques suivantes aux réacteurs physico-chimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir clairement les objectifs et la réaction chimique prévue pour chaque traitement. • Évaluer chaque nouvelle série de réactions et de mélanges de déchets et de réactifs proposés via un test de laboratoire avant le traitement des déchets. • Concevoir et exploiter la cuve du réacteur de façon spécifique. • Cloisonner toutes les cuves de traitement / réaction et s'assurer qu'elles sont correctement ventilées via un lavage. • Surveiller la réaction afin de s'assurer que tout est sous contrôle et que l'opération suit le chemin prévu. • Éviter de mélanger des déchets ou autres flux contenant des métaux et des agents complexants. 	<p>Le contrôle de la réaction / du traitement est essentiel pour la protection de l'environnement et pour prévenir les accidents. Il est possible d'atteindre un taux de 96 % d'élimination des métaux.</p>	<p>ND</p>
<p>73.- D'autres paramètres doivent être identifiés pour le traitement physico-chimique des eaux résiduaires (outre les paramètres génériques identifiés par la MTD n° 56).</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<p>74.- Appliquer les techniques suivantes pour la neutralisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • S'assurer que les méthodes habituelles de mesure sont utilisées. • Stocker les eaux résiduaires neutralisées séparément. • Inspection finale des eaux résiduaires neutralisées. 	<p>Améliore la neutralisation et évite les problèmes en aval, soit le mélange de déchets ou d'autres flux qui empêche tout traitement postérieur des eaux résiduaires.</p>	<p>ND</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>75.- Appliquer les techniques suivantes afin de faciliter la précipitation des métaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajuster le pH au point de solubilité minimum (les métaux vont précipiter). • Éviter l'entrée d'agents complexants, de chromates et de cyanures. • Éviter les matières organiques (empêche la précipitation de pénétrer dans le processus). • Laisser les déchets traités se clarifier via la décantation. • Utiliser la précipitation des sulfures en cas de présence d'agents complexants. 	<p>Les substances telles que le chrome, le zinc, le nickel et le plomb sont généralement présentes sous forme de solution ou adsorbées sur des particules ou des matières colloïdales ; il s'agit d'une technique relativement simple et solide qui atteint des performances de près de 95 %.</p>	<p>ND</p>
<p>76.- Appliquer les techniques suivantes pour rompre les émulsions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la présence de cyanures dans les émulsions à traiter. Si des cyanures sont présents, les émulsions doivent faire l'objet d'un prétraitement. • Réaliser des tests de laboratoire simulés. 	<p>La dissociation acide des émulsions est très importante pour l'élimination des déchets et pour la protection de l'eau car les déchets peuvent être utilisés pour le traitement des émulsions.</p> <p>Ces techniques sont essentielles pour éviter les problèmes environnementaux et d'exploitation.</p>	<p>ND</p>
<p>77.- Appliquer les techniques suivantes pour l'oxydation / la réduction :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diminuer les émissions dans l'atmosphère. • Disposer de mesures de sécurité et de détecteurs de gaz. 	<p>Ces techniques permettent de réduire les émissions dues aux réactions d'oxydoréduction.</p>	<p>ND</p>
<p>78.- Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduaires contenant des cyanures :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Détruire les cyanures via l'oxydation. • Ajouter de la soude caustique en excès afin d'éviter une diminution du pH. 	<p>Il est difficile de réduire à nouveau le cyanate résultant pour lui faire retrouver sa forme première, et tout déchargement de cyanate dans un cours d'eau ne mène pas automatiquement à une production de cyanure libre. De plus, les risques pour la santé sont moindres.</p> <p>Le prétraitement des eaux résiduaires contenant des cyanures est essentiel pour</p>	<p>ND</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<ul style="list-style-type: none"> Éviter de mélanger déchets de cyanure et composés acides. Surveiller la progression de la réaction à l'aide de potentiels électriques. 	éviter la formation de complexes de métal-cyanure. Ces techniques, permettent d'obtenir des concentrations de cyanure inférieures à 0,1 mg/l ⁹ .	
<p>79.- Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduaires contenant des composés de chrome (VI) :</p> <ul style="list-style-type: none"> Éviter de mélanger les déchets de Cr(VI) à d'autres déchets Réduire le Cr(VI) à Cr(III) Précipiter le métal trivalent 	Le chrome (VI) est l'état d'oxydation le plus haut du métal. Par exemple, l'acide chromique ou oxyde de chrome, est acide, toxique, soluble dans l'eau et utilisé comme agent oxydant. Grâce aux traitements préconisés, on obtient des concentrations de chrome (VI) inférieures à 0,1 mg/l.	ND
<p>80.- Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduaires contenant des nitrites :</p> <ul style="list-style-type: none"> Éviter de mélanger les déchets de nitrite à d'autres déchets. S'assurer que les émissions de vapeurs nitreuses sont évitées durant le traitement d'oxydation / d'acidification des nitrites. 	L'optimisation efficace du traitement des nitrites permet d'obtenir des concentrations de nitrite inférieures à 2,0 mg/l.	ND
<p>81.- Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduaires contenant de l'ammoniac :</p> <ul style="list-style-type: none"> Utiliser un système <i>air stripping</i> à double colonne et un épurateur acide pour les déchets contenant des solutions d'ammoniac s'élevant jusqu'à 20 %. Récupérer l'ammoniac des épurateurs et les réincorporer dans le traitement avant l'étape de décantation. Enlever l'ammoniac extrait via la phase gazeuse en épurant les déchets à l'acide sulfurique, en vue de produire du sulfate d'ammonium. 	Ces techniques permettent de prévenir les émissions massives de gaz d'ammoniac lors du premier processus de neutralisation, au cours duquel le pH évolue rapidement en raison de l'agitation des cuves et de l'élévation de la température.	Les solutions contenant de l'ammoniac peuvent également être utilisées comme agents de dénitrification. Cette finalité peut être moins onéreuse que la collecte et le traitement comme déchet dangereux.

⁹ Mg/l : milligramme/litre

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<ul style="list-style-type: none"> • Introduire tous les échantillons d'air contenant de l'ammoniac dans des cheminées d'échappement ou des zones de filtre-presse pour traiter les COV de la filtration et de la déshydratation. 		
82.- Connecter la couche d'air des processus de filtration et de déshydratation au système de réduction principal de l'usine.	Améliore la filtration et réduit les émissions fugitives. Les gâteaux de filtre présentant une forte concentration de métaux, notamment du nickel et du cuivre, peuvent être utilisés comme matière première dans l'industrie métallurgique.	ND
83.- Ajouter les agents de floculation aux boues et eaux résiduaires à traiter afin d'accélérer la sédimentation et de faciliter la séparation postérieure des solides. Pour éviter l'utilisation des agents de floculation, appliquer l'évaporation (si rentable).	Ceci contribue à augmenter l'efficacité de la sédimentation. En règle générale, la sédimentation des solides simplifie les procédures postérieures de traitement des déchets. Cependant, une sédimentation non planifiée est défavorable, les opérations pouvant en être affectées et l'extraction des sédiments étant souvent très onéreuse.	L'application de cette technique permet de réaliser des économies de déchargement et de transport car seuls les sédiments, et non la suspension aqueuse dans sa totalité, sont à gérer.
84.- Appliquer un nettoyage rapide et un nettoyage à la vapeur ou au jet d'eau haute pression sur les ouvertures du filtre utilisé lors des opérations de tamisage.	Le tamisage des déchets constitue un traitement initial. La séparation des particules susceptibles d'endommager l'équipement, les processus ou les produits est bénéfique pour l'ensemble des mesures de traitement postérieur des déchets.	ND

Voici l'applicabilité spécifique de certaines de ces techniques :

- La neutralisation peut être appliquée à tous les déchets liquides mélangeables.
- Les traitements des déchets aqueux traitent différents types de déchets aqueux compatibles en précipitant les métaux solubles et les anions acides hors de la solution tout en augmentant la taille des particules des solides en suspension, ce qui permet de procéder par la suite à une séparation des solides et des liquides via la clarification et la filtration. Les déchets couramment concernés sont, entre autres, les déchets des séparateurs, des cabines de peinture par pulvérisation et des effluents des procédés.
- Les méthodes de traitement chimique et thermique sont la plupart du temps utilisées pour détruire les flux de déchets contenant du cyanure.
- Déchets contenant de l'ammoniac : ces systèmes sont appliqués aux eaux résiduaires à forte teneur en ammoniac ainsi qu'à certains autres déchets contenant de l'ammoniac / ammonium, par exemple aux lixiviats des sites d'enfouissement (en raison du transfert d'autres substances vers la phase gazeuse, un système d'extraction ne suffit pas dans ce cas).
- Ajouts d'agents de floculation : les solides peuvent être des particules en suspension peu volumineuses qui se décantent seules ou des particules de diverses tailles et aux diverses

caractéristiques de surface, ce qui nécessite la formation de matières de floculation afin de coaguler et de décantier la masse. Dans certains cas, il n'est pas nécessaire d'utiliser des agents de floculation (les solides se décantent seuls ou les agents sont inefficaces).

3.2.2.2. Traitement physico-chimique des déchets solides et des sols pollués

Le principal objectif du traitement physico-chimique des déchets solides est de minimiser les rejets à long terme en lixiviant principalement les métaux lourds et les composés peu biodégradables.

En principe, toutes les options de traitement peuvent être appliquées aux déchets solides et aux boues. Cependant, les caractéristiques des matières traitées et l'efficacité des technologies de traitement peuvent considérablement varier en fonction des propriétés spécifiques des déchets entrants et du type de nettoyage appliqué. Les options de traitement ont été placées dans différentes catégories en fonction des types suivants :

- Extraction et séparation.
- Traitement thermique.
- Séparation mécanique.
- Conditionnement.
- Immobilisation.
- Déshydratation.
- Séchage.
- Thermodésorption.
- Extraction de vapeur des sols déblayés.
- Extraction au solvant des déchets solides.
- Excavation et extraction des sols déblayés.
- Lavage des sols.

Voici les techniques environnementales prises en compte pour la détermination des MTD pour le traitement physico-chimique des déchets solides :

- Prétraitement avant l'immobilisation : cette technique consiste à laver / lixivier les sels à l'eau et à soumettre les métaux à un prétraitement physico-chimique (concrètement, l'insolubilisation des métaux amphotères. Voir MTD 85 du tableau 3.10).
- Activités de laboratoire : disposer d'un laboratoire sur le site, appliquer un contrôle de la qualité, appliquer des liants / additifs secondaires aux inhibiteurs identifiés dans la formulation du liant, préciser la durée pendant laquelle les échantillons doivent être disponibles en vue d'analyses, etc.
- Immobilisation : définir une gamme acceptable de caractéristiques des déchets pouvant être efficacement traités par le procédé, réaliser cette opération dans des réacteurs contrôlés, appliquer des procédures de pré-acceptation afin d'évaluer les déchets. Voir MTD 87 du tableau 3.10.
- Solidification du ciment : les déchets sont généralement mélangés à du ciment Portland et à des additifs pour contrôler les propriétés du ciment, ainsi qu'à de l'eau afin de garantir la liaison correcte du ciment. La solidification basée sur le ciment repose sur l'utilisation d'un équipement généralement facilement disponible.
- Utilisation d'autres réactifs dans l'immobilisation : encapsulation à l'aide de bitume, carbonisation au CO₂ et immobilisation via des minéraux argileux.
- Stabilisation au phosphate : stabilisation chimique qui utilise du phosphate comme agent de stabilisation. Il s'agit d'un traitement relativement simple qui consiste à introduire les déchets

entrants dans un dispositif de mélange (par exemple une bétonnière-malaxeuse) à un rythme contrôlé.

- Traitements thermiques des déchets solides : incluent la vitrification et la fusion des déchets solides. Appliqués aux déchets solides des incinérateurs de déchets.
- Récupération des sels via solution / évaporation : la récupération est envisageable dans le cas de production de déchets solides. La récupération des sels en est un exemple. Il est possible d'obtenir ces produits par évaporation ou recristallisation des sels du système de nettoyage des gaz de combustion des eaux résiduelles, localement ou dans une usine d'évaporation centralisée. Une fois le liquide de l'épurateur traité séparément et soumis à l'évaporation, on obtient des produits tels que des sels ou de l'acide chlorhydrique. La réutilisation potentielle de ces produits dépend fortement de leur qualité.
- Extraction acide : cette technologie combine l'extraction acide des métaux lourds solubles et des sels à l'aide de la purge de l'épurateur (acide). Avant d'utiliser le liquide de l'épurateur, on extrait le mercure via la filtration (lorsque du charbon actif est introduit dans l'épurateur) et/ou un échange d'ions spécifique.
- Excavation et extraction des sols pollués : identifier et introduire des options de réduction des émissions fugitives via la gestion adaptée du site, enfermer la zone de remédiation sous une coupole, appliquer un traitement à l'air et contrôler le rythme de l'excavation, la quantité de sol pollué exposée et la période pendant laquelle les amas de sol sont laissés à l'air libre.
- Extraction de vapeur : les vapeurs extraites des déchets solides sont traitées afin de réduire les émissions. En théorie, la combustion directe est possible si la teneur en hydrocarbure du gaz d'échappement est assez élevée mais en règle générale, la concentration diminue considérablement au cours de l'extraction. Dans le cas d'une faible teneur en hydrocarbures, l'oxydation catalytique ou l'adsorption au charbon sont efficaces.
- Lavage des sols : recycler autant d'eau de purge que possible, utiliser des filtres à charbon pour le traitement des émissions atmosphériques provenant du site de déchets ou de l'unité de lavage des sols et s'assurer que les boues et les solides du traitement des eaux résiduelles sont soumis à un traitement et à une élimination adaptés.
- Extraction au solvant : cette technique est beaucoup plus efficace pour le traitement des composés organiques que pour celui des composés inorganiques et des métaux. L'extraction au solvant est différente du lavage des sols en cela qu'elle utilise des solvants organiques (propane, butane, dioxyde de carbone, amines aliphatiques) et non des solutions aqueuses pour extraire les polluants du sol. Ce type de séparation ne détruit pas les polluants.
- Évaporation : cette technique est un élément important des usines de traitement physico-chimique. Celles-ci concentrent les **déchets dangereux**. Le concentré obtenu est généralement brûlé et les eaux usées (condensat) sont temporairement stockées ; après analyse et contrôle, elles sont envoyées vers usine de traitement des eaux résiduelles. L'air expulsé est nettoyé à l'aide d'un filtre à charbon. Certains prétraitements sont effectués dans l'usine de traitement physico-chimique avant l'évaporation : floculation, précipitation, ultrafiltration et dissociation organique. Après l'évaporation, on passe à la floculation du condensat si celui-ci contient de l'huile. L'air évacué est traité via un lavage alcalin et une filtration au charbon actif.
- Purification et recyclage des déchets du traitement des gaz de combustion (TGC) : les déchets sont principalement composés de chlorure de sodium (résultat de la neutralisation du HCl), sulfate de sodium (résultat de la neutralisation du SO₂), carbonate de sodium (résultat de l'excès de bicarbonate de sodium), cendres volantes et adsorbant (charbon actif ou coke de lignite). Voici le traitement appliqué :
 - a) Mélanger les déchets du TGC aux liants hydrauliques.
 - b) Les dissoudre dans l'eau et ajouter des additifs.
 - c) Filtrer cette suspension et purifier la saumure afin de pouvoir la réutiliser dans la production de carbonate de sodium.

L'applicabilité spécifique de certaines de ces techniques ainsi que les références spécifiques aux déchets dangereux (en **gras**) sont présentées ci-dessous :

- Insolubilisation des métaux amphotères : les déchets contenant des chromates, des métaux amphotères (Pb et Zn) et des sels solubles doivent faire l'objet d'un prétraitement qui peut être appliqué dans des incinérateurs de déchets municipaux via des systèmes de traitement des gaz de combustion par voie humide. Ce type de traitement peut être appliqué uniquement dans des incinérateurs équipés d'un système de TGC par voie humide disposant d'une autorisation de déchargement d'eaux résiduaires traitées. Le traitement est appliqué aux produits non façonnés et aux matériaux granulaires (traitement de mâchefers).
- Restriction de l'acceptation des déchets : technique efficace pour le traitement des déchets inorganiques à faible solubilité. Les déchets contenant des chromates et des métaux amphotères ainsi que les déchets renfermant des sels solubles doivent passer en prétraitement. Certains déchets ne peuvent pas faire l'objet d'un prétraitement (mais peuvent être acceptés si leur concentration est très faible) :
 - a) Déchets inflammables.
 - b) Agents oxydants.
 - c) Déchets malodorants.
 - d) Déchets contenant des substances volatiles ou des déchets organiques hautement solubles et une forte teneur en DCO ou en molybdène.
 - e) Cyanures solides et agents complexants.
- Solidification, vitrification, fusion et utilisation d'autres réactifs : ces opérations étant généralement menées dans des usines situées à proximité de la destination finale des produits finis, les incinérateurs autonomes ne doivent pas forcément disposer d'un équipement de solidification. Cette technique est applicable à tous les types de déchets du TGC. La solidification au ciment a déjà été utilisée sur **de nombreux types de déchets dangereux, notamment dans le cadre de l'élimination des déchets faiblement radioactifs**. Les déchets entrants doivent être conformes à certains critères :
 - a) Teneur en eau <5 %,
 - b) Imbrûlés <3 %,
 - c) Teneur en métaux <20 % par poids,
 - d) Taille des cendres <100 mm.

Ce traitement est appliqué au mâchefer et aux combinaisons de mâchefer et de déchets du TGC. En raison de la forte teneur en sels et en **métaux lourds des déchets du TGC, le traitement individuel des déchets du TGC peut demander un traitement complet des gaz de dégagement, ce qui réduit les bénéfices globaux découlant d'un traitement individuel de ces matières**. L'encapsulation au bitume a seulement été utilisée sur les cendres volantes et non sur les déchets issus des systèmes de TGC par voie sèche et semi-humide. Ce système peut être directement intégré à l'incinérateur ou installé sous forme d'usine de traitement centralisée des déchets pour plus d'un incinérateur.

- Contrôle de la progression de l'excavation : le cloisonnement de la remédiation sous une coupole n'est pas une mesure couramment appliquée.
- Mise en place d'un test sur banc d'essai : applicable aux sols pollués par des composés volatils à la température de fonctionnement. Les composés organiques de poids moléculaire élevé peuvent polluer ou obturer les systèmes de filtres à manches ou de condensation. Les séchoirs rotatifs peuvent généralement traiter les sols présentant une teneur en matières organiques inférieure à 2 %. Les tarières thermiques peuvent traiter des sols contenant jusqu'à 50 % de matière organique.

Le tableau 3.10 présente les MTD associées au traitement physico-chimique des déchets solides. Les techniques spécifiquement applicables aux déchets dangereux sont indiquées en **gras**.

Tableau 3.10: MTD pour le traitement physico-chimique des déchets solides

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>85.-Promouvoir l'insolubilisation des métaux amphotères et réduire la lixiviation des sels solubles toxiques en combinant les opérations :</p> <p>a) de lavage à l'eau ;</p> <p>b) de évaporation et recristallisation ;</p> <p>c) d'extraction acide</p> <p>en utilisant l'immobilisation pour traiter les déchets solides contenant des composés dangereux pour le site d'enfouissement.</p>	<p>a) Ceci produit un gâteau de filtre moins toxique et soluble contenant une moindre quantité d'eau salée, ce qui contribue à réduire la lixivabilité des déchets sortants ainsi que la pollution via l'extraction des composés solubles.</p> <p>b) Ces technologies évitent le déchargement d'eaux résiduaire salines dans l'infrastructure d'assainissement via l'évaporation du liquide de l'épurateur du système de traitement des gaz de combustion par voie humide.</p> <p>c) Elles permettent d'extraire une partie significative de la quantité totale de métaux lourds des déchets entrants (Cd et Zn :>85 %, Pb et Cu :>33 %, Hg :>95 %) ; la lixivabilité des matières est réduite d'un facteur de 10^2-10^3. Les zinc, le cadmium et le mercure sont recyclés.</p>	<p>a) Les coûts des investissements sont supérieurs aux coûts de la seule opération de solidification.</p> <p>b) Ceci représente plusieurs fois les coûts de production des mêmes sels issus de sources naturelles. Appliquée pour des raisons environnementales et non économiques.</p> <p>c) Les coûts d'exploitation du traitement des déchets du TGC s'élèvent à environ 150-250 EUR/t (frais de recyclage du gâteau de filtre de zinc compris).</p>
<p>86.- Tester la lixivabilité des composés inorganiques via les procédures normalisées de test de lixiviation (CEN) et l'application du niveau de test approprié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation de base. • Test de conformité. • Vérification sur site. 	<p>Un laboratoire dans l'installation garantit la mise en place des contrôles d'entrée nécessaires et la sortie continue des déchets.</p>	<p>ND</p>
<p>87.- Limiter l'acceptation des déchets à traiter via la solidification / l'immobilisation aux déchets ne contenant pas de hautes concentrations de COV, de composants malodorants, de cyanures solides, d'agents oxydants, d'agents complexants, de déchets à forte teneur en COT ni de bouteilles de gaz.</p>	<p>Ceci permet d'améliorer les performances environnementales des techniques d'immobilisation (réduction de la perméabilité, réduction des surfaces spécifiques, capacité de tamponnement chimique).</p> <p>La stabilisation est une opération à froid qui ne demande donc pas d'énergie. Les caractéristiques physico-chimiques / de lixiviation des déchets sortants de cette technique sont généralement très satisfaisantes. S'agissant d'une opération à froid, les fumées ou la pollution atmosphérique sont mineures. Il est possible d'obtenir une perméabilité à l'eau du produit final de $3.7E10^{-11}$ m/s si l'agent immobilisant utilisé est le ciment.</p>	<p>Les opérations à froid sont considérées comme des techniques économiquement avantageuses. Elles ne demandent qu'un équipement simple et de faibles investissements (bétonnières, silos, pompes, etc.) et coûts d'exploitation.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
88.- Appliquer des techniques de contrôle et incluant une enceinte pour le chargement / déchargement et les systèmes de transport clos.	Voir MTD n° 87.	Voir MTD n° 87.
89.- Disposer d'un système de réduction, ou de plusieurs, pour gérer l'écoulement d'air ainsi que les pics associés au chargement et au déchargement.	Voir MTD n° 87.	Voir MTD n° 87.
<p>90.- Utiliser au minimum :</p> <p>a) la solidification ;</p> <p>b) la vitrification et la fusion ;</p> <p>c) d'autres réactifs.</p> <p>Stabiliser les phosphates avant d'envoyer tout déchet solide en site d'enfouissement.</p>	<p>a) La solidification au ciment entraîne un contact réduit entre l'eau et les déchets entrants et, dans une certaine mesure, une formation moindre d'hydroxydes métalliques ou de carbonates solubles. Les métaux amphotères peuvent également être traités. Le produit solidifié est relativement facile à manipuler et les risques de formation de poussière sont assez bas. Les risques de libération à court terme de métaux lourds issus des produits sont relativement faibles.</p> <p>b) L'un des avantages inhérents à ces opérations est la destruction des polluants organiques, c'est-à-dire des dioxines. Les installations de traitement thermique réduisent le volume de ces polluants d'approximativement 30-50 % du volume d'entrée. La fusion ramène la densité du produit à 2,4-2,9 tonnes/m³. La vitrification donne les produits les plus stables et denses.</p> <p>c) Les particules de cendres volantes peuvent être encapsulées avec du bitume ; tout contact avec l'eau est alors interdit. Ceci contribue à améliorer les propriétés lixiviantes des cendres volantes, ce qui permet sans doute de rejeter une moindre quantité de métaux lourds que dans le cas de la solidification au ciment.</p> <p>d) Cette opération retient les sels dans les déchets sortants et ne produit pas d'eaux résiduelles.</p>	<p>a) La plupart du temps, les déchets entrants sont envoyés dans des usines déjà en service. Les coûts de traitement de cette technique sont estimés à environ 25 EUR/tonne de déchets entrants (100-500 EUR/tonne d'entrée).</p> <p>b) Les coûts de traitement sont estimés à 100-500 EUR/tonne d'entrée. L'investissement est estimé à 20 millions d'EUR pour une usine disposant d'une capacité de 1-1,5 tonnes/heure.</p> <p>c) ND</p> <p>d) Les coûts de traitement sont estimés à 15 EUR/tonne de déchets du TGC. Outre ces coûts, une redevance est prélevée pour l'utilisation du procédé breveté (5-10 EUR/tonne). L'investissement est estimé à 150 000-500 000 EUR par installation, en fonction de l'équipement déjà en place.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
91.- Contrôler le rythme d'excavation, la quantité de sol pollué exposée ainsi que la durée pendant laquelle les amas de sol sont laissés à découvert lors de l'excavation et de l'extraction des sols pollués.	Ceci contribue à la réduction des émissions fugitives produites par l'excavation et l'extraction des sols pollués. Le contrôle des émissions de COV peut également être effectué via le contrôle des conditions d'exploitation dans le contexte actuel.	ND
92.- Mettre en place un test sur banc d'essai afin de déterminer la recevabilité du procédé à appliquer et les meilleures conditions d'exploitation de son utilisation.	La thermodésorption des sols peut traiter une vaste gamme de polluants organiques (les systèmes peuvent être mobiles). Les dispositifs de thermodésorption fonctionnent à basse température, ce qui peut entraîner d'importantes économies de combustible par rapport à l'incinération. En outre, les volumes de gaz de dégagement à traiter sont inférieurs.	En règle générale, moins onéreux que l'incinération.
93.- Disposer d'un équipement de collecte et de contrôle tels que des dispositifs de post-combustion, des systèmes d'oxydation thermique, des dépoussiéreurs à couche filtrante, du charbon actif ou des condensateurs pour le traitement des gaz issus des traitements thermiques.	Voir MTD n° 92.	Voir MTD n° 92.
94.- Rendre compte du taux d'efficacité des procédés pour chaque composant réduit et chaque composant non affecté par le procédé.	Voir MTD n° 87.	Voir MTD n° 87.

3.2.3. Récupération des matières présentes dans les déchets

Les procédés de récupération des matières ou de portions de matières présentes dans les déchets dépendent généralement du type de déchets traité et des matières que l'on souhaite ou doit produire. Les matières produites via ces traitements peuvent être réutilisées dans les procédés (huiles lubrifiantes) ou récupérées à des fins non-énergétiques (récupération des métaux des catalyseurs). Ce type de traitement est appelé « régénération » sauf dans le cas de la régénération des huiles usées, appelée « reraffinage ».

Ces types de techniques étant hautement spécifiques et dépendant de la nature des déchets, du type d'installation et de la capacité à couvrir les coûts, une évaluation doit être mise en place avant leur introduction dans la région méditerranéenne. Cependant, si une collecte correcte est réalisée, le reraffinage des huiles usées ainsi que la régénération des solvants usés semblent être les techniques les plus adaptées pour les pays de la région Méditerranée.

3.2.3.1. Récupération des matières des déchets : reraffinage des huiles usées

Il existe deux options principales pour le traitement des huiles usées ; le traitement en vue de produire une matière principalement utilisée comme combustible ou à d'autres fins (absorbant, huile de démoulage, huile de flottation). Dans ce cas, le nettoyage des huiles usées, le craquage thermique et la gazéification font partie des traitements appliqués ; l'autre option, le reraffinage, consiste à traiter les huiles usées afin de les reconvertir en matière utilisable comme huile de base dans la production de lubrifiants.

La réutilisation des huiles usées exige un nettoyage ou reraffinage. Voici les principaux procédés utilisés :

- Prétraitement des huiles usées.
- Nettoyage des huiles usées.
- Fractionnement des huiles usées.
- Finissage des huiles usées.
- Technologies utilisées pour le reraffinage des huiles usées.

Les techniques environnementales prises en compte pour la définition des MTD du reraffinage des huiles usées sont présentées ci-dessous. Les MTD spécifiques au reraffinage des huiles usées sont décrites dans le tableau 3.11 :

- Techniques génériques d'augmentation du rendement du reraffinage : envoi des déchets de la colonne de distillation sous vide vers une unité « selectopropane » (procédé IFP), envoi des boues de fond de la colonne de distillation sous vide vers une unité de craquage thermique afin de produire du carburant diesel, sélection du vide adapté dans les unités de distillation sous vide, utilisation d'un épurateur pour réduire les émissions de COV et pour récupérer les matières premières, utilisation de tamis pour extraire les matières de type fibre de plastique, disposer d'une cuve intermédiaire entre les unités de déshydratation et de distillation.
- Sélection des huiles usées à reraffiner. Les huiles usées recyclables sont les suivantes (voir MTD 96) :
 - a) Les huiles (noires) pour moteur, aux caractéristiques homogènes et recherchées par les usines de reraffinage.
 - b) Les huiles noires industrielles sont potentiellement raffinables mais en raison de leur teneur en additifs et en autres substances, elles ne sont généralement pas sélectionnées par les usines de reraffinage.
 - c) Les huiles industrielles légères, relativement propres.
- Distillation / traitement à l'argile. Voir MTD 100.
- Distillation et traitement chimique ou extraction au solvant : cette technique consiste à effectuer un traitement dans une série d'évaporateurs cyclone sous vide puis un traitement chimique des huiles lubrifiantes obtenues.
- Extraction au solvant et distillation : Le procédé Interline d'extraction du propane comprend trois étapes et ne nécessite pas d'étape finale : prétraitement chimique via des réactifs et des catalyseurs, extraction du propane liquide des bases lubrifiantes, séparation de l'eau et de l'asphalte et distillation atmosphérique et sous vide afin de séparer les fractions légères et les huiles de base destinées aux lubrifiants. Voir MTD 101.
- Évaporateur à couche mince et différents procédés de finissage : la distillation sous vide est un procédé courant dans de nombreuses installations de reraffinage. L'une des techniques à prendre en compte est l'application de garnitures mécaniques aux arbres de rotation des évaporateurs à couche mince raclée.
- Raffinerie de désasphaltage thermique. Voir MTD 102.

- Hydrorafinage : l'une des techniques à prendre en compte est l'épuration ou l'incinération des gaz de dégagement acides de l'hydrorafinage.
- Hydrogénation par contact direct.
- Extraction au solvant.
- Traitement à la soude caustique et à la terre décolorante.
- Traitement en raffinerie : deux options de mélange sont possibles :
 - a) Mélange du stock d'alimentation (généralement de l'huile brute) :

L'huile prétraitée est mélangée à l'huile brute et le mélange passe dans le dessaleur avant d'être transféré dans l'unité de distillation d'huile brute de la raffinerie.
 - b) Mélange au résidu sous vide :

L'huile usée prétraitée est utilisée comme composant à mélanger au produit déposé de la colonne sous vide.
- Gestion de l'eau dans les installations de reraffinage des huiles usées : s'assurer que tous les effluents sont traités avant déversement, utiliser une unité de traitement des eaux résiduaires, réutiliser les eaux résiduaires nettoyées comme eau de refroidissement en appliquant le traitement approprié et en produisant des produits susceptibles d'être réutilisés en dehors de l'installation et enfin, alimenter les effluents dans l'appareil de chauffage avec les huiles en vue d'incinérer les composants nocifs.
- Gestion des déchets dans les installations de traitement des huiles usées : brûler les huiles non-lubrifiantes récupérées dans un appareil de chauffage équipé d'un épurateur afin de produire de l'énergie pour l'usine, traiter et éliminer tous les filtres usés, appliquer un traitement thermique à l'ensemble des déchets et utiliser les déchets des distillations sous vide et des évaporateurs comme produits asphaltiques. Voir MTD 104.

Voici l'applicabilité spécifique de ces techniques :

- Contrôle rigoureux des matières entrantes : cette technique est totalement applicable à toute installation de traitement des déchets recevant des déchets. L'inconvénient de l'analyse des déchets est qu'il est impossible de définir la totalité de leurs composants.
- Vérifier au minimum la présence de solvants chlorés et de PCB. Les huiles usées suivantes sont re-recyclables :
 - a) Huiles pour moteur sans chlore.
 - b) Huiles hydrauliques sans chlore.
 - c) Huiles diathermanes minérales non-chlorées.
 - d) Huiles pour moteur avec chlore.
 - e) Huiles hydrauliques avec chlore.
- Utiliser la condensation comme traitement de la phase gazeuse de l'unité de distillation éclair : cette technique est utilisée si les volumes ou les flux à traiter sont relativement petits (50-100 Nm³/h¹⁰), si de l'azote liquide est disponible et lorsque la concentration de COV est relativement haute. Cette technologie est disponible pour les volumes et les concentrations stables.
- Disposer d'une canalisation de retour de la vapeur :

¹⁰ Nm³/h : mètre cube normal/heure

- a) Système d'oxydation thermique : les applications incluent le traitement des émissions issues des réservoirs de chauffage du retraitement des huiles, qui incorporent également la récupération des composants huileux. La condensation peut servir de prétraitement pour l'oxydation thermique et réduire les nécessités de combustible et la taille globale du système d'oxydation requis. Une dilution préalable à l'air est nécessaire en cas de concentration explosive.
- b) Adsorption au charbon actif : cette technique est utilisée pour réduire les COV, les odeurs et les émissions fugitives, mais également comme technique de diminution dans le cadre des points d'extraction locaux, dans le traitement des émissions atmosphériques dues au lavage des sols, l'extraction des sols aux solvants, le lessivage des sols, le traitement des bombes aérosols, dans les usines de traitement biologique et physico-chimique. Cette technique n'est pas adaptée à la réduction des émissions atmosphériques issues d'un réservoir de chauffage du retraitement des huiles ou aux hautes concentrations ou petites molécules, ou encore en présence de poussière, et il est impossible de l'utiliser en présence de certaines molécules (l'acétone, par exemple).
- Transférer les flux des conduits d'évacuation vers un système d'oxydation thermique via traitement des gaz résiduaux :
 - a) Condensation : peut être utilisée comme prétraitement de l'oxydation thermique, en réduisant les nécessités de combustible et la taille globale du système d'oxydation requis. Applicable à des flux de 50-100 Nm³/h et à des charges de 1 à 10 kg/h¹¹.
 - b) Lavage en milieu alcalin : couramment utilisé pour le traitement de l'air extrait de la cuve du réacteur via une bouillie de lavage (solution caustique). Cette technique est couramment appliquée dans les usines de traitement physico-chimique.
- Utilisation du reraffinage des huiles usées :
 - a) Techniques génériques : les mieux adaptées sont celles qui ne sont pas excessivement polluées ainsi que celles qui présentent un indice de viscosité élevé et une absence d'esters et de biolubrifiants.
 - b) Distillation et traitement chimique : usines de taille moyenne (25 kt/an¹²).
 - c) Extraction au solvant : possibilité de reraffinage dans les zones présentant une faible production d'huiles usées.
 - d) Évaporateur à couche mince : la taille de ces installations oscille entre 25 et 160 kt/an.
 - e) Désasphaltage thermique : appliqué aux grandes et aux petites installations (100-108 kt/an et 40-100 kt/an).
 - f) Extraction au solvant : complètement applicable dans le secteur.
 - g) Soude caustique : appliquée aux huiles usées.

¹¹ kg/h : kilogramme/heure

¹² kt/an : kilotonne/an

Tableau 3.11 : MTD pour la récupération des matières des déchets : reraffinage des huiles usées

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>95.- Mettre en place un contrôle rigoureux des matières entrantes via un équipement, des laboratoires et des ressources analytiques (viscosimètre, infrarouge, chromatographie et spectrométrie de masse).</p>	<p>Ceci permet d'améliorer les connaissances sur les éventuels problèmes environnementaux liés aux déchets à traiter et de réduire les risques d'accidents ou d'exploitation incorrecte.</p> <p>Voir MTD n° 6.</p>	<p>L'investissement dans l'équipement d'analyse destiné aux installations de traitement des huiles usées est estimé à 75 000 EUR par site.</p> <p>Voir MTD n° 6.</p>
<p>96.- Vérifier au minimum la présence de solvants chlorés et de PCB.</p>	<p>Les lubrifiants usés séparés sont principalement récupérés pour servir de combustible et de nouvelle matière dans le cadre du reraffinage. Il est possible d'éviter les problèmes environnementaux et les problèmes d'exploitation en empêchant l'entrée des composés chlorés dans le processus de reraffinage.</p> <p>Voir également MTD n° 6 et 95.</p>	<p>ND</p> <p>Voir MTD n° 6 et 95.</p>
<p>97.- Utiliser la condensation comme traitement de la phase gazeuse de l'unité de distillation éclair.</p>	<p>Les COV condensés peuvent être récupérés. Il est possible d'atteindre des émissions de COV de 10 à 50 g/h et une efficacité de 99,3 %.</p> <p>Les émissions de chloroforme peuvent être réduites et atteindre 20 mg/Nm³. L'azote est réutilisable dans le cadre d'autres opérations dans l'usine.</p>	<p>Les coûts d'exploitation sont généralement élevés. Coûts d'exploitation de 2 EUR/t de solvant traité pour un condensateur d'azote liquide.</p>
<p>98.- Disposer d'une canalisation de retour de la vapeur pour le chargement et le déchargement des véhicules, connecter tous les orifices aux éléments ci-dessous :</p> <p>a) Système d'oxydation thermique / incinérateur.</p> <p>b) Installation d'adsorption au charbon actif.</p>	<p>a) Synergie avec les installations de combustion en place. Ceci permet de récupérer l'énergie produite à partir du brûlage des COV lors de la combustion.</p> <p>b) Le charbon actif utilisé peut être récupéré plusieurs fois ou utilisé comme combustible ; l'efficacité de l'adsorption au charbon actif est similaire à celle des systèmes d'oxydation thermiques mais cette technique présente moins de risques d'incendies instantanés dans les véhicules chargés / déchargés. Si les huiles usées sont nettoyées, les émissions de COV du piège à charbon (solvants chlorés) sont de 8-32 ng/Nm³ ou 215 kg/an.</p> <p>Voir également MTD n° 28 et 63.</p>	<p>a) Les coûts d'adaptation peut être élevés. L'exploitant peut compenser les frais supplémentaires de combustible en utilisant la chaleur résiduelle produite dans d'autres sections de l'installation.</p> <p>b) Coûts d'exploitation bas dans le cas de faibles concentrations de COV et coûts supplémentaires de renouvellement du charbon actif.</p> <p>Voir également MTD n° 28 et 63.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>99.- Transférer les flux des conduits d'évacuation vers un système d'oxydation thermique via traitement des gaz résiduels si des matières chlorées sont présentes dans le flux. En cas de présence de hauts niveaux de matières chlorées on procède à :</p> <p>a) une condensation suivie d'un ;</p> <p>b) lavage en milieu alcalin puis d'un ;</p> <p>c) lit de charbon actif (traitement le plus courant).</p>	<p>a) Les émissions de chloroforme peuvent être réduites et atteindre 20 mg/Nm³.</p> <p>b) Ceci améliore l'efficacité de l'adsorption des polluants (particulièrement significatif dans le cas de l'extraction des gaz acides via l'injection de particules de base dans l'épurateur, si applicable).</p> <p>c) Voir MTD n° 98.</p>	<p>a) Coûts d'exploitation généralement élevés.</p> <p>b) ND</p> <p>c) Voir MTD n° 98.</p>
<p>100.- Utiliser l'oxydation thermique à 850 °C et un temps de séjour de deux secondes pour l'orifice de distillation sous vide des générateurs sous vide ou pour l'air des appareils de chauffage industriel.</p>	ND	ND
<p>101.- Utiliser un système sous vide hautement efficace.</p>	Ceci permet d'augmenter l'efficacité des traitements de reraffinage des huiles usées.	ND
<p>102.- Utiliser les résidus de la distillation sous vide ou des évaporateurs à couche mince comme produits asphaltiques.</p>	Ceci permet de réduire la quantité de déchets produite par le traitement.	ND
<p>103.- Mettre en place un reraffinage des huiles usées pouvant atteindre un rendement supérieur à 65 % sur une base sèche.</p>	<p>Pour atteindre un rendement supérieur à 65 %, il faut utiliser une combinaison appropriée des techniques suivantes :</p> <p>a) Techniques génériques d'augmentation du rendement ou reraffinage.</p> <p>b) Sélection d'huiles usées à reraffiner.</p> <p>c) Distillation / traitement à l'argile.</p> <p>d) Distillation et traitement chimique ou extraction au solvant.</p>	<p>a) ND</p> <p>b) ND</p> <p>c) ND</p> <p>d) Pour une installation d'une capacité de 108 kt/an, l'investissement s'élève à 29 millions de dollars.</p> <p>e) Réduction des coûts d'exploitation et des coûts des investissements.</p> <p>f) Pour une installation d'une capacité de 108 kt/an, l'investissement s'élève à 43 millions de dollars.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
	<ul style="list-style-type: none"> e) Extraction au solvant et distillation. f) Évaporateur à couche mince et différents procédés de finissage. g) Désasphaltage thermique. h) Recyclage dans une raffinerie d'huile lubrifiante. i) Hydoraffinage. j) Hydrogénation par contact direct. k) Extraction au solvant. l) Traitement à la soude caustique et à la terre décolorante. 	<ul style="list-style-type: none"> g) Le coût d'une installation de désasphaltage à l'argile d'une capacité de 100 kt/an est de 280 EUR/t huile pour une installation désasphaltage à l'eau de 304 EUR/t huile. h) Coûts des investissements : 45 millions de dollars. i) Coûts des investissements très élevés. j) Économiquement intéressant, produits de haute qualité et rendement par tonne d'entrée plus élevé. k) Moins onéreux que l'option d'hydrofinissage. l) Produits de haute qualité et rendement par tonne d'entrée plus élevé.
<p>104.- Atteindre les valeurs suivantes dans les eaux résiduaires déversées issues de l'unité de reraffinage :</p> <p>Hydrocarbures : <0,01-5 ppm¹³ ; phénols : 0,15-0,45 ppm via une série de techniques intégrées au procédé et/ou des traitements de finissage primaires, secondaires et biologiques.</p>	<p>Les niveaux de COT varient en fonction du type de traitement des déchets appliqué.</p>	<p>ND</p>

3.2.3.2. Récupération des matières présentes dans les déchets : régénération des solvants dérivés de déchets

Voici les deux principales alternatives de traitement des solvants dérivés de déchets :

- a) Utilisation du pouvoir calorifique en les employant directement comme combustible ou en les mélangeant à d'autres combustibles.
- b) Traitement des solvants dérivés de déchets afin de les transformer en matière pouvant être réutilisée comme solvant (régénération).

¹³ ppm : parties par million

La régénération des solvants est une pratique courante dans bon nombre d'industries, notamment les industries chimiques, pharmaceutiques et des peintures ; parmi la vaste gamme de solvants régénérés, voici les plus courants :

- Alcools : éthyle, isopropyle.
- Composés aliphatiques : hexane, heptane.
- Composés aromatiques : benzène, solvant naphta, toluène, xylène, térébenthine.
- Composés chlorés : trichloroéthylène, perchloroéthylène, chlorure de méthylène.
- Esters : acétate d'éthyle, acétate de butyle.
- Cétones : méthyléthylcétone, cétone méthylisobutylique.
- Mélange de solvants : toluène / xylène, alcools, cétones, phénols, toluène / heptane.

Les techniques environnementales prises en compte pour déterminer les MTD (les MTD associées à cette catégorie sont présentées dans le tableau 3.12) sont les suivantes :

- Sélection des solvants dérivés de déchets à recycler. Les solvants dérivés de déchets composés de monoflux sont habituellement régénérés. Un solvant utilisé est considéré comme régénérable si, par exemple, il s'agit d'un monoflux (un lot d'un générateur de déchets), il produit un minimum de 60 % de distillat, sa quantité atteint un minimum par charge et les coûts de sa distillation sont similaires ou inférieurs à ceux de l'incinération. Voir MTD 105.
- Amélioration du traitement de régénération des solvants dérivés de déchets : appliquer la distillation azéotropique, appliquer la distillation sous vide, utiliser les évaporateurs à couche mince, chauffer le flux d'alimentation avec le distillat via un échangeur de chaleur et des mesures d'isolation, appliquer la réutilisation en cascade des solvants, utiliser des systèmes d'équilibrage de la vapeur et soumettre les gaz résiduels à des techniques de réduction (filtration au charbon actif, systèmes fermés et utilisation des canalisations d'équilibrage de la vapeur lors du chargement), utilisation de la distillation pour la séparation des solvants organiques dans les solides, utilisation de la rectification pour l'extraction des substances polluantes et obtention d'une certaine qualité des déchets sortants et déshydratation à l'aide d'un décanteur si les solvants renferment de l'eau.
- Traitement des eaux résiduaires dans les installations de solvants dérivés de déchets : bioréacteurs, cuves primaires des eaux résiduaires, cuves de stockage intermédiaire des eaux résiduaires et installations d'ultrafiltration.
- Déchets de l'évaporation ou de la distillation. Les techniques de séchage sous vide et autres types de séchage sont utilisés pour les fonds de distillation. Voir MTD 106.
- Incinération des déchets complètement automatisée. Dans une usine de distillation des solvants, le déversement des boues de la distillation est optimisé. Pour des raisons de sécurité et de protection de l'environnement, le déversement est à présent totalement automatisé. En raison de valeurs de chaleur élevées, le transfert des boues vers l'usine d'incinération de l'installation est complètement automatisé.

Tableau 3.12 : MTD pour la récupération des matières issues des déchets : régénération des solvants dérivés de déchets

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
105.- Mettre en place un contrôle rigoureux des matières entrantes via un équipement, des laboratoires et des ressources analytiques.	Voir MTD n° 95.	Voir MTD n° 95.
106.- Évaporer les déchets des colonnes de distillation et récupérer les solvants.	Ceci permet d'augmenter le pourcentage de solvants récupérés (99 % du solvant du conteneur). Les résines et les pigments peuvent également être récupérés. Par ailleurs, cette technique peut contribuer à réduire les émissions d'odeurs et de COV susceptibles d'être produites par les fonds.	L'investissement s'élève à 1,2 millions EUR. Les coûts d'exploitation varient entre 100 et 150 EUR par tonne de déchets traités.

3.2.3.3. Récupération des matières issues des déchets : régénération des catalyseurs usés

Bien qu'il existe d'autres alternatives de régénération des catalyseurs usés, seules les installations de régénération ex-situ ont été prises en compte dans cette étude. Cette section présente également des informations sur la récupération des composants des déchets produits par les techniques de réduction.

Les catalyseurs des raffineries, notamment ceux utilisés pour l'hydroraffinage, l'hydrocraquage, le reformage et l'isomérisation, sont généralement régénérés. Les métaux économiquement viables à la récupération sont le Rh, Cd, Pt, Ir, le nickel de Raney et certains catalyseurs renfermant du Ni-Co, Co-Mo, Co.

Les principales techniques prises en compte dans la détermination des MTD (présentées dans le tableau 3.13) pour la régénération des catalyseurs usés sont les suivantes :

- Techniques génériques utilisées dans le traitement des catalyseurs usés : appliquer la récupération de la chaleur sous forme de production ou récupération énergétique. Pour la récupération, il est possible d'utiliser des brûleurs de récupération, des échangeurs de chaleur et des chaudières ; utiliser de l'oxygène ou de l'air / oxygène enrichi à l'oxygène dans les brûleurs, préchauffer l'air de combustion utilisé dans les brûleurs, préchauffer les matières chargées dans le four et automatiquement contrôler le point d'extraction à l'aide de registres et des commandes du ventilateur afin que les systèmes fonctionnent en cas de nécessité, par exemple durant le chargement ou le « déploiement » d'un convertisseur. Voir MTD 107.
- Pour améliorer le contrôle du procédé : régler les niveaux de température et le temps de séjour du catalyseur dans l'unité afin d'atteindre les niveaux souhaités de carbone et de soufre, appliquer le refroidissement avant le passage dans le filtre à manches, utiliser des fours hermétiques permettant la capture hautement efficace des fumées, utiliser des conduites et des ventilateurs pour transporter les gaz collectés vers des procédés de réduction ou de traitement, etc.
- techniques de réduction utilisées dans le secteur de la régénération des catalyseurs usés : dépoussiéreur à couche filtrante et laveur. Voir MTD 108.

Les dépoussiéreurs à couche filtrante sont généralement utilisés comme dispositif secondaire ou tertiaire de nettoyage du gaz en association avec un cyclone ou un épurateur à sec situés en amont ; ces dispositifs sont adaptés à une concentration haute ou basse (par exemple 1-200 mg/Nm³), à des flux gazeux basse température et à des polluants chimiquement réactifs. Cependant, ils ne sont pas adaptés à une utilisation dans des flux très humides ou aux caractéristiques acides, goudroneuses ou visqueuses.

Tableau 3.13 : MTD pour la récupération des matières : régénération des catalyseurs usés

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
107.- Utilisation de filtres à manches pour réduire les particules des fumées produites lors de la régénération.	<ul style="list-style-type: none"> Collecte hautement efficace des particules volumineuses et fines. Efficace avec les hautes concentrations. La poussière collectée peut être réutilisée dans le procédé. Collecte hautement efficace à haute température, si des matières spéciales (téflon) sont utilisées. 	ND
108.- Utilisation d'un système de réduction du SO _x .	<p>L'épuration réduit les émissions de COV, d'acides, d'ammoniac, de particules, etc., dans l'atmosphère et améliore l'efficacité de l'adsorption des polluants.</p> <p>Voir MTD n° 107.</p>	<p>Coûts variables en fonction de l'utilisation chimique.</p> <p>Voir MTD n° 107.</p>

3.2.3.4. Récupération des matières des déchets : régénération du charbon actif usé

L'objectif de cette technique est de traiter le charbon actif usé en vue de produire une matière aux propriétés et aux qualités très similaires à celles du charbon actif original. Les principaux procédés de régénération utilisés sont les traitements thermiques. Au cours du processus, on met en place un séchage, une désorption thermique et un traitement thermique. Cette activité est uniquement applicable au charbon actif extrudé ou en granulés et n'est pas adaptable à la poudre de charbon.

Les techniques prises en compte pour définir les MTD sont les suivantes :

- Choix du four utilisé pour régénérer le charbon actif usé : parmi les options, on compte les fours à soles multiples, les fours rotatifs à chauffage direct et les fours à chauffage indirect (s'il n'y a pas de contact entre le contenu du four et les gaz de combustion issus des brûleurs).
- Traitement des gaz de combustion : utiliser un dispositif de post-combustion pour les gaz sortants du four, concevoir le régénérateur et les conduites / l'équipement associés de façon à ce qu'ils puissent fonctionner à basse pression, en vue de prévenir l'échappement des gaz du régénérateur dans l'air, appliquer la récupération de la chaleur, refroidir les gaz de combustion à l'aide d'une section de refroidissement ou d'un laveur venturi, etc. Voir MTD 114 du tableau 3.14.
- Usines de traitement des eaux résiduaires : ces procédés nécessitent un système de traitement des effluents liquides produits dans l'usine de traitement des gaz de combustion. Voici quelques techniques de traitement :
 - a) Appliquer une précipitation en deux phases de l'oxyde hydraté à différentes valeurs de pH.
 - b) Utiliser la précipitation des sulfures pour extraire les métaux.
 - c) Utiliser la floculation.
 - d) Décantation.
 - e) Filtration ou centrifugeuses pour séparer les matières en suspension.
 - f) Ajuster le pH pour faciliter la précipitation de certaines substances chimiques.
 - g) Obtenir un effluent acceptable, etc. Voir MTD 116 du tableau 3.14.
- Techniques de contrôle de la pollution applicables à la régénération du charbon actif : mesures fondamentales de contrôle des particules (applicables à la température des fours, au rythme de

retournement des fours rotatifs et au type de combustible), mesures secondaires de contrôle des particules et des gaz acides (séparateurs mécaniques, laveurs et épurateurs à sec, précipitateurs électrostatiques et filtres en tissu), mesures fondamentales de contrôle du NO_x (réduire les températures des fours et de la combustion, réduire l'excès d'air et donc la concentration d'oxygène atomique dans les zones à haute température, réduire le temps de séjour dans l'ensemble des zones à haute température, contrôler le taux de rejet de la chaleur des fours et éliminer les pics de haute température, etc.) et mesures secondaires de contrôle du NO_x (réduction sélective catalytique et non catalytique, SO_x, NO_x, RO_x BOX).

Voici l'applicabilité spécifique de quelques-unes des techniques précitées (les MTD associées sont présentées dans le tableau 3.14) :

- Procédure efficace de contrôle de la qualité : les installations de traitement des gaz perdus varient en fonction de l'application du charbon. Le charbon utilisé dans le cadre d'une application industrielle peut demander des exigences plus rigoureuses.
- Exiger un rapport écrit : ceci est largement appliqué dans le secteur du traitement des déchets. Dans les petites usines de traitement des eaux usées, les systèmes de traçabilité peuvent être difficiles à appliquer.
- Utiliser un four à chauffage indirect pour les charbons industriels : traitement des charbons industriels où des critères de température plus onéreux s'appliquent au dispositif de post-combustion.
- Appliquer, dans l'usine de traitement des eaux résiduaires, une combinaison de traitements adaptée : s'applique aux effluents du traitement de refroidissement ou de lavage des gaz de combustion.

Tableau 3.14 : MTD pour la récupération des matières : régénération du charbon actif usé

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
109.- Disposer d'une procédure efficace de contrôle de la qualité afin que l'exploitant puisse faire la différence entre le charbon utilisé pour l'eau potable ou le charbon alimentaire et autres charbons usés (les charbons dits « industriels »).	Ceci contribue à la réduction des émissions de gaz de combustion.	Pour les charbons utilisés dans des applications industrielles, des mesures de réduction plus onéreuses seront peut-être nécessaires.
110.- Exiger un compte rendu écrit des clients indiquant l'utilisation du charbon actif.	Ceci permet de disposer d'une preuve du traitement appliqué à certains types de déchets.	ND
111.- Utiliser un four à chauffage indirect pour les charbons industriels (ce traitement est censé pouvoir s'appliquer aux charbons de l'eau potable. Cependant, en raison de limites de capacité et de corrosion, seuls les traitements de type four à soles multiples ou à chauffage direct peuvent être utilisés dans ce cas précis).	L'avantage est qu'il n'est pas nécessaire de mélanger les gaz de combustion des brûleurs aux gaz de transformation. L'utilisation du volume minimum de gaz nécessitant un réchauffage économise de l'énergie et permet de minimiser la taille de l'équipement de réduction. Les gaz de combustion des brûleurs ayant indirectement chauffés le four sont ensuite transportés à la base du bloc avant d'être éventuellement combinés aux gaz de dégagement du four en vue de réduire la visibilité des fumées produites.	ND
112.- Utiliser un dispositif de post-combustion atteignant 1 100 °C minimum, présentant deux secondes de temps de séjour et 6 % d'excès d'oxygène pour la régénération des charbons industriels susceptibles de contenir des substances réfractaires halogénés ou autres substances thermorésistantes.	Voir MTD n° 109.	Voir MTD n° 109.
113.- Utiliser un dispositif de post-combustion atteignant une température de chauffe de 850 °C minimum, présentant deux secondes de temps de séjour et 6 % d'excès d'oxygène pour le charbon actif alimentaire et d'eau potable.	Voir MTD n° 109.	Voir MTD n° 109.
114.- Appliquer un traitement des gaz de combustion consistant en une section de refroidissement et/ou un lavage venturi et aqueux suivi d'un ventilateur de tirage.	Voir MTD no° 109.	Voir MTD n° 109.

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
115.- Utiliser des solutions de lavage en milieu alcalin ou au carbonate de sodium pour neutraliser les gaz acides des usines de charbon industriel.	Voir MTD n° 109.	Voir MTD n° 109.
116.- Appliquer, dans l'usine de traitement des eaux résiduaires, une combinaison adaptée de floculation, décantation, filtration et ajustement du pH pour le traitement des charbons de l'eau potable. Les traitements supplémentaires des effluents des charbons industriels (hydroxyde métallique, précipitation des sulfures) sont également considérés comme des MTD.	Voici les niveaux de déversement qui peuvent être atteints pour les substances-clés dans le contexte des procédés concernés : <ul style="list-style-type: none"> • Solides en suspension : 50 mg/l • Cadmium : 5 µg/l¹⁴ • Mercure : 1-10 µg/l • Autres métaux lourds : <0,5 mg/l • Simazine et atrazine : 1 µg/l 	ND

3.2.3.5. Récupération des matières des déchets : régénération des résines

La régénération des résines échangeuses d'ions peut être exécutée via l'application d'un système d'équilibrage du pH ou d'eau chaude. Le traitement à l'eau chaude est uniquement applicable aux résines thermiquement stables.

3.2.4. Préparation des déchets en vue d'une utilisation comme combustible

Ces traitements et procédés sont principalement appliqués en vue d'obtenir, à partir des déchets, une matière qui sera utilisée comme combustible, ou afin de modifier ses propriétés physico-chimiques pour une meilleure récupération de son pouvoir calorifique. Certains traitements peuvent produire des déchets susceptibles d'être utilisés à d'autres fins que la production de combustible. Ces procédés sont très similaires et dépendent uniquement des propriétés physiques des déchets entrants et des propriétés physiques que doivent revêtir les déchets sortants pour être brûlés dans une chambre de combustion.

Les déchets présentant un pouvoir calorifique sont utilisés comme combustible dans certains procédés de combustion, par exemple dans l'incinération des déchets, les fours à ciment ou à chaux, les grandes installations de combustion, les installations de chauffage, les travaux chimiques, les chaudières à vapeur industrielle, les installations céramiques, la production de briques, la production de fer et d'acier, et la production de métal non ferreux. Certains secteurs utilisant les déchets comme combustible sont directement liés à la production de ces déchets. Ceci signifie que certains déchets n'ont peut-être pas besoin de préparation supplémentaire pour être réutilisés dans ce secteur. Cependant, cette section envisage la transformation de divers types de déchets en une matière utilisable comme combustible dans différents procédés : fours à ciment ou à chaux, incinération des déchets, grandes installations de combustion et autres secteurs.

¹⁴ µg/l : microgramme/litre

L'utilisation postérieure de ces types de déchets comme combustible dans divers secteurs industriels est décrite au chapitre 5.

Trois aspects-clés sont à prendre en compte avant de développer des installations de préparation des déchets en vue d'une utilisation comme combustible dans la région méditerranéenne : (a) la disponibilité d'installations industrielles susceptibles d'utiliser les déchets dangereux comme combustible, (b) le pouvoir calorifique des déchets disponibles et (c) la nécessité d'un traitement préalable de ces déchets.

3.2.4.1. Préparation des déchets solides en vue d'une utilisation comme combustible

Les performances environnementales des techniques suivantes sont correctes en termes de préparation des déchets solides :

- Séchage du combustible dérivé des déchets solides : en fonction de la teneur en eau et des caractéristiques physiques des déchets, une première étape de déshydratation peut être appliquée. Celle-ci peut prendre la forme de l'une des opérations suivantes :
 - a) Épaississement par gravité.
 - b) Épaississement centrifuge.
 - c) Épaississement par flottation.
 - d) Courroie de gravité.
 - e) Épaississement en tambour rotatif.
- Séparation magnétique des métaux ferreux : installer un overband sur toute la longueur des bandes de transport juste au-dessus de l'itinéraire de la matière, les petites particules ferreuses pouvant être toujours présentes sous une couche non magnétique, retrier la matière à l'aide d'un séparateur à tambour magnétique ou d'une poulie magnétique, augmenter la vitesse des bandes de transport en vue d'obtenir des niveaux bas de matière et suralimenter la séparateur à tambour magnétique.
- Séparation des métaux non ferreux : conditionner la grosseur de grain des composants non ferreux des déchets afin qu'elle atteigne de 3 à 150 mm avant la séparation à l'aide d'un séparateur à courant de Foucault, utiliser un champ magnétique alternatif haute fréquence afin d'améliorer la séparation des métaux non ferreux à grain fin, placer le système de polarité magnétique excentriquement, etc.
- Séparateurs métalliques : lors de la préparation des combustibles dérivés des déchets solides, les séparateurs métalliques sont appliqués au traitement des plastiques. Il est possible d'obtenir de hauts débits si la matière est diversifiée avant la reconnaissance automatique. En règle générale, les séparateurs métalliques fonctionnent à l'aide d'une bobine de détection placée transversalement au sens du transport et découpée en segments.
- Tri positif et négatif : le tri positif signifie que seules les matières souhaitées disposant d'un pouvoir calorifique élevé et contenant un faible taux de substances nocives sont extraites du flux de matière. Cette méthode produit des quantités plus importantes de matières dans le site d'enfouissement et des combustibles dérivés des déchets solides de meilleure qualité. Le tri négatif ne fait que séparer les matières indésirables dans le produit. Avec cette méthode, les quantités de matières présentes dans le site d'enfouissement sont moins importantes car des matières susceptibles de contenir un taux important de substances nocives restent dans le produit.
- Utilisation de l'assistance pneumatique pour la réduction de la taille des particules : assistance pneumatique en vue de traiter la matière déversée suite à un broyage (réduction de la taille des particules).
- Tamis rotatifs : les meilleurs résultats sont obtenus à une vitesse rotative de 70 % de la vitesse critique en mode cataracte. L'inconvénient du mode cascade est que le tamis crée des masses, ce qui empêche la libération correcte des fines.

- Amélioration des filtres à poussière dans les cyclones des séparateurs pneumatiques : réutilisation de l'air utilisé pour les séparateurs pneumatiques et la purge. Approximativement 30 % de l'air du flux circulaire est rejeté sur le côté refoulement du ventilateur et nettoyé via un filtre à poussière.
- Spectroscopie dans le proche infrarouge : la matière à séparer est fréquemment placée sur un transporteur à bande ; celui-ci fonctionne souvent à haute vitesse, ce qui fait quasiment de lui un dispositif d'isolation. Le détecteur consiste en un capteur de spectroscopie dans le proche infrarouge qui scanne la largeur totale du transporteur et transmet le spectre caractéristique des différentes matières à un système de traitement des données.
- Prélèvement automatique : la matière passe dans un couloir vibrant qui alimente une bande de transport. Un détecteur de métaux situé sous la bande de transport envoie des données sur chaque particule à l'ordinateur.
- Pelletisation et agglomération : les agglomérateurs à disques sont composés d'un compartiment métallique contenant un ou plusieurs disques. Le réacteur est rempli de matière de façon discontinue. Les disques, qui sont équipés de superstructures afin de remuer la matière plus efficacement, commencent à tourner et à transformer l'énergie de friction en chaleur de friction. Lorsque la matière commence à se plastifier, la consommation énergétique augmente et le réacteur se vide.
- Cryobroyage : le cryobroyage est un traitement de type réduction de la taille et tamisage des emballages réfrigérés remplis et vides dans une atmosphère inerte. L'objectif est de séparer l'emballage usé de peinture, encre et substances similaires en fractions afin de les utiliser comme combustible et métaux / plastiques secondaires en réduisant les émissions de COV et de composés volatils en raison des basses températures utilisées.

Certaines de ces techniques sont génériques, ce qui les rend faciles à appliquer ; certaines autres ont des applications spécifiques :

- Essayer d'avoir des relations étroites avec l'utilisateur de combustible issu de déchets : le mélange de solvants dérivés de déchets, plus particulièrement, est effectué par une personne qui connaît bien les composés concernés, afin de respecter les critères de pouvoir calorifique et de limites de polluants, par exemple le chlore et les métaux lourds.
- Production de combustible issu de déchets dangereux : l'adsorption est simple et sûre et un traitement par lot est possible.
- Production de combustible issu de déchets dangereux : détailler les activités à mettre en place (totalement applicable dans l'ensemble des usines de traitement des eaux usées). Techniques de prévention des accidents : certaines techniques sont très générales mais d'autres sont spécifiques au secteur du traitement des eaux usées et au traitement des déchets dangereux.

Le tableau 3.15 présente les MTD associées à la préparation des déchets destinés à être utilisés comme combustible.

Tableau 3.15 : MTD pour la préparation des déchets destinés à être utilisés comme combustible

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
117.- Essayer d'avoir des relations étroites avec l'utilisateur de combustible issu de déchets afin de mettre en place le transfert des connaissances approprié sur la composition du combustible issu de déchets dangereux.	Connaissance des émissions potentielles et de tout problème éventuel lié à l'exploitation.	ND
118.- Disposer d'un système d'assurance de la qualité en vue de garantir les caractéristiques du combustible issu de déchets produit.	Voir MTD n° 117.	Voir MTD n° 117.
119.- Fabriquer plusieurs types de combustible issu de déchets en fonction de l'utilisation à laquelle il est destiné (fours à ciment par exemple), du type de four (à combustion en couche ou à soufflage par exemple) et du type de déchets utilisé pour produire le combustible (déchets dangereux par exemple).	Ceci fournit à l'utilisateur les propriétés physico-chimiques requises du combustible issu de déchets.	ND
120.- En cas de production de combustible issu de déchets dangereux, appliquer le traitement au charbon actif pour les eaux peu polluées et le traitement thermique pour les eaux très polluées. Le traitement thermique consiste en n'importe quel traitement ou incinération thermique. Voir MTD sur l'incinération des déchets dangereux (chapitre 4).	Les avantages sont la clarification efficace des effluents et la récupération des substances des effluents avant leur réutilisation ou leur déversement dans les égouts, les eaux de surface, etc. Voir également MTD n° 104.	ND Voir également MTD n° 104.
121.- En cas de production de combustible issu de déchets dangereux, veiller au suivi correct des règles en matière de risques électrostatiques et d'inflammabilité. Utiliser les techniques suivantes : a) Détail des activités à mettre en place b) Techniques de prévention des accidents et de leurs conséquences	a) Ceci permet d'évaluer les propositions des exploitants et plus concrètement, les possibilités d'amélioration. b) Les risques environnementaux les plus significatifs associés au traitement des eaux usées viennent du stockage des déchets dangereux, des émissions issues de la réaction de déchets suite à des fuites ou des déversements ou encore des traitements non contrôlés.	a) ND b) ND

3.2.4.1.1. Préparation de combustible issu de déchets solides à partir de déchets dangereux

L'objectif de la préparation de ce type de combustible est de produire un combustible issu de déchets sur mesure, homogène et fluide pouvant être utilisé pour la combustion (le traitement / l'utilisation de ce type de combustible est en outre facilité). Les types de déchets utilisés sont les déchets pâteux, en poudre et solides, principalement les déchets dangereux et, dans certains cas, les déchets liquides. L'opération consiste à préparer mécaniquement le combustible issu de déchets solides en imprégnant les déchets sur un support. Les principales utilisations sont les usines de co-incinération telles que les

fours à ciment. Le tableau 3.16 présente les MTD associées à la préparation des combustibles issus de déchets solides à partir de déchets dangereux.

Tableau 3.16 : MTD pour la préparation de combustible issu de déchets solides à partir de déchets dangereux

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
122.- Tenir compte des dangers liés aux émissions et à l'inflammabilité si une opération de séchage ou de chauffage est nécessaire.	Ceci permet de nettoyer et de réduire les émissions issues du traitement des déchets liquides. Pour la vente du combustible issu de déchets liquides, il est indispensable que la haute teneur en solides de l'huile chauffée soit éliminée. Voir également MTD n° 121.	ND Voir également MTD n° 121.
123.- Envisager de mener les opérations de mixage et de mélange dans des zones fermées équipées de systèmes de contrôle de l'atmosphère.	Ceci permet de réduire les émissions fugitives (COV, particules) et les déversements. Voir également MTD n° 122.	ND Voir également MTD n° 122.
124.- Utiliser des filtres à manches pour réduire les particules.	Voir MTD n° 107.	Voir MTD n° 107.

3.2.4.2. Préparation des déchets destinés à être utilisés comme combustible

L'objectif est d'obtenir un combustible issu de déchets liquides fluidifiable et déplaçable en cas d'application de pression ou de gravité différentes. Certaines matières produites peuvent être très visqueuses et très difficiles et onéreuses à pomper. Les déchets sortant de ces traitements sont appelés « combustible issu de déchets liquides » que le combustible soit semi-liquide ou liquide.

En règle générale, les matières préparées via ce type de traitement sont des déchets dangereux. Il est possible de préparer divers types de combustibles issus de déchets liquides en fonction des besoins en déchets ou du marché :

- Préparation organique liquide via mélange.
- Fluidification.
- Émulsions.
- Boues (technologie émergente).

Les techniques prises en compte dans la définition des MTD associées sont les suivantes :

- Techniques génériques pour la préparation de combustible issu de déchets liquides : utiliser des unités d'échange de chaleur extérieures au réservoir, utiliser l'adsorption au charbon ou la condensation pour éviter les émissions de COV, extraire la teneur importante en solides dans les déchets liquides destinés à être utilisés comme combustible, extraire l'huile des effluents liquides avant le déversement dans les égouts ou autres types d'eau, s'assurer que chaque chambre des boîtes à graisse à plusieurs chambres est assez grande pour contenir une rétention de six minutes à un débit maximum prévisible et utiliser un agitateur vertical sans palier dans la cuve.
- Craquage thermique des huiles usées. Voir extraction au solvant.
- La filtration sur membrane comme traitement doux des huiles usées est précédée d'un prétraitement en vue de protéger le système des membranes.

3.2.4.2.1. Préparation de combustibles issus de déchets liquides à partir de déchets dangereux

Il existe deux procédés : le mélange et la fluidification.

Le mélange est basé sur le contrôle du mélange via l'ajout de certaines substances chimiques ou de surfactants ; les émulsions résultants sont généralement issues de déchets dangereux tels que les huiles et les émulsions des industries mécaniques et métallurgiques, les déchets et les boues contenant du pétrole (raffinage du pétrole), les dysfonctionnements de production, etc. Les principales utilisations sont les usines de co-incinération telles que les fours à ciment.

La fluidification consiste à homogénéiser et à déchiqeter en même temps les déchets liquides, pâteux et solides en vue de produire un liquide utilisable comme combustible. En règle générale, les déchets entrants sont des résidus huileux, des solvants dérivés de déchets, des résidus de la synthèse chimique organique, des huiles et des graisses, etc.

Les principales utilisations sont les usines de co-incinération telles que les fours à ciment.

Les MTD associées sont présentées dans le tableau 3.17.

Tableau 3.17 : MTD pour la préparation de combustible issu de déchets liquides à partir de déchets dangereux

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
125.- Utiliser des unités d'échange de chaleur extérieures au réservoir en cas de nécessité de chauffage du combustible liquide.	Voir MTD n° 122.	Voir MTD n° 122.
126.- Adapter le contenu de matières solides en suspension afin de garantir l'homogénéité du combustible liquide.	Voir MTD n° 122.	Voir MTD n° 122.

3.2.4.2.2. Traitements des huiles usées dans le cas d'une utilisation des déchets sortants comme combustible

Le traitement des huiles usées en vue de les transformer en matière utilisable comme huile de base dans la production de lubrifiants, soit le reraffinage, est décrit à la section 3.2.3.1.

Cette section décrit les traitements des huiles usées qui, en raison de leur pouvoir calorifique, sont traitées en vue de produire une matière principalement utilisée comme combustible ou d'autres produits (absorbant, huile de démoulage, huile de flottation).

Les huiles usées utilisées comme combustible, principalement pour le charbon, le carburant diesel et le fioul domestique, ont une valeur économique. Il existe un certain nombre d'applications de brûlage des huiles usées, différenciables par la température à laquelle elles brûlent et la technologie de contrôle utilisée pour réduire les impacts sur l'environnement. Avant d'être utilisées comme combustible (voir section 5), ces huiles doivent faire l'objet de plusieurs traitements de nettoyage ou de transformation :

- Brûlage direct des huiles usées : fours à ciment, incinérateurs de déchets, hauts fourneaux et grandes installations de combustion.
- Retraitement doux des huiles usées : traitements de nettoyage impliquant la décantation des solides et de l'eau, la déminéralisation chimique, la centrifugation et la filtration sur membrane.
- Retraitement intensif : séparation de la portion des huiles usées combustibles de la fraction de fond indésirable contenant des métaux, des cendres non-combustibles, du sable et des saletés.

- Craquage thermique : utilisation de la chaleur pour briser les molécules d'hydrocarbures à longue chaîne en molécules plus petites, ce qui produit des combustibles liquides plus légers. Il s'agit d'une opération de raffinerie.
- Hydrorafinage : hydrogénation catalytique (industrie des huiles minérales).

3.2.4.3. Préparation de combustibles gazeux à partir des déchets

Il existe deux méthodes de production de combustibles gazeux à partir des déchets :

- Gazéification des déchets à haute température via une oxydation partielle et conversion des matières contenant du carbone en gaz de synthèse (principalement H₂ et CO).
- Production de biogaz, principalement du méthane, via la digestion anaérobie des déchets (voir la section 3.2.1 relative aux traitements biologiques).

Il s'agit d'une option pour la réutilisation des huiles usées et d'autres types de déchets, notamment en cas de réutilisation du combustible gazeux sur le site.

3.3. TECHNIQUES DE REDUCTION DES EMISSIONS

Il existe de nombreuses techniques qui ne sont pas liées à la production dans le secteur du traitement des déchets. Plus concrètement, il s'agit de techniques de contrôle et de réduction des émissions dans l'atmosphère, dans l'eau, les résidus et les sols.

S'agissant de techniques en bout de ligne, elles sont applicables dans la région méditerranéenne (tout particulièrement dans le secteur du traitement des déchets dangereux).

3.3.1. Traitements des émissions atmosphériques

Cette section décrit des techniques utilisées dans le secteur du traitement des déchets afin de réduire ou de contrôler les émissions atmosphériques. Il faut mettre l'accent sur la prévention de la production et du déplacement des polluants.

Les techniques suivantes permettent principalement de prévenir ou de contrôler les émissions de poussière, d'odeurs, de COV et de certains composés inorganiques. Elles consistent à restreindre l'utilisation des cuves, des fosses et des réservoirs ouverts, à utiliser un système d'extraction fermé ou sous dépression, dans une installation de réduction adaptée, à appliquer un système d'extraction de taille adaptée, à correctement utiliser et entretenir l'équipement de réduction, à disposer d'un système d'épuration, d'un système de détection des fuites et de procédures de réparation et enfin, à réduire les émissions atmosphériques à l'aide de techniques de prévention et/ou de réduction.

Voici l'applicabilité spécifique de certaines de ces MTD (la liste complète se trouve dans le tableau 3.18) :

- Limiter l'utilisation de cuves ouvertes : cette technique s'applique spécifiquement au stockage des déchets susceptibles de produire des émissions fugitives (COV, particules).
- Utiliser un système d'extraction fermé : l'utilisation de zones complètement fermées sur les sites où d'autres options de contrôle ne sont pas acceptables est strictement restreinte.
- Utiliser et entretenir correctement l'équipement de réduction : cette technique est adaptable aux concentrations basses à haut débit (1-200 mg/Nm³ COV), aux flux de gaz basse température et dans le cas de polluants réagissant chimiquement (ou s'ils sont solubles, dans le cas des COV). Elle est généralement appliquée aux émissions de source ponctuelle liées aux composés résultant de la collecte du gaz d'un réservoir ou d'une zone et transférés via une réduction ou directement dans une cheminée ou un conduit d'évacuation. Elle est également utilisable dans le cadre du traitement des gaz de dégagement produits lors du déchargement des cuves de stockage.

- Disposer d'un système d'épuration : la technologie d'épuration acide est appliquée pour capturer les émissions d'ammoniac libérées à l'occasion du traitement acide pratiqué dans le reraffinage des huiles usées. Les laveurs à huile minérale sont également utilisés pour piéger les COV et les odeurs dans les installations de traitement des huiles usées. L'hypochlorite ou le peroxyde d'hydrogène peuvent être utilisés pour l'épuration des cyanures et le contrôle des odeurs. Il est possible d'utiliser un système en deux phases (lavage en milieu alcalin et lavage oxydant en série).
- Disposer d'un système de détection des fuites et de procédures de réparation : adapté aux sites renfermant un grand nombre de composants de tuyauterie (vannes) et traitant une quantité importante d'hydrocarbures légers (solvants).
- Réduction des émissions atmosphériques.
 - a) Techniques génériques de prévention : on utilise généralement des protections synthétiques pour contrôler les émissions de COV.
 - b) Programme de détection des fuites et de réparation : applicable aux sites renfermant un grand nombre de composants de tuyauterie.
 - c) Cyclones : à utiliser uniquement en association avec un filtre à manches ; en outre, les cyclones ne sont pas efficaces pour la séparation des petites particules.
 - d) Précipitateurs électrostatiques : non applicable aux particules organiques.
 - e) Dépoussiéreur à couche filtrante : utilisé pour les émissions fugitives et les émissions de source ponctuelle dans l'air.
 - f) Séparateurs à lamelles : uniquement utilisés pour la séparation des particules de poussière volumineuses.
 - g) Adsorption : utilisée pour la réduction des COV.
 - h) Condensation : la concentration de COV est assez élevée.
 - i) Mousses temporaires et durables : couramment utilisées pour contrôler les émissions de COV lors de la remédiation des sites de déchets dangereux contenant des composés volatils toxiques.
 - j) Biofiltres : utilisés pour l'épuration des grands volumes de gaz d'échappement contenant des charges organiques faibles. Applicables aux concentrations basses à haut débit, aux flux de gaz basse température et dans le cas de polluants solubles.
 - k) Incinération : pas de limite d'application.
 - l) Combustion combinée : une dilution préalable à l'air est nécessaire en cas de concentration explosive.
 - m) Combustion catalytique : son applicabilité semble compromise étant donné les facteurs problématiques.

Tableau 3.18 : MTD pour les traitements des émissions atmosphériques

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>35.- Limiter l'utilisation des cuves, fosses et réservoirs ouverts en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • évitant de pratiquer une ventilation / un rejet direct dans l'air ; • recouvrant les déchets ou les matières premières d'une protection ou en les conditionnant dans des emballages imperméables (voir également le stockage et la manipulation) ; • connectant l'espace vide situé au-dessus des cuves de décantation aux unités générales de lavage et d'échappement du site. 	<p>Ceci contribue à la réduction des émissions fugitives (COV, particules) et des déversements.</p>	<p>ND</p>
<p>36.- Utiliser un système d'extraction fermé ou sous dépression, dans une installation de réduction adaptée.</p> <p>Cette technique est surtout applicable aux traitements impliquant le transfert des liquides volatils, y compris lors du chargement / déchargement du véhicule-citerne.</p>	<p>Le système fermé collecte toutes les émissions ; celles-ci peuvent alors être évacuées vers un dispositif de contrôle adapté aux sources ponctuelles. Ce système peut être pneumatique ou rigide. Un système correctement conçu et utilisé peut permettre d'obtenir un taux négligeable d'émissions fugitives.</p>	<p>Les coûts des investissements de ce système sont relativement élevés. Les coûts d'exploitation peuvent également être très onéreux si d'importants volumes d'air doivent être traités et éliminés afin de conserver la concentration des polluants de l'atmosphère interne, sous la coupole, à des niveaux non dangereux pour les employés.</p>
<p>37.- Appliquer un système d'extraction de taille adaptée pouvant couvrir les réservoirs de stockage, les zones de prétraitement, les cuves de stockage, les cuves de mélange / réaction et les zones de filtre-presse ou disposer d'un système séparé pour traiter les gaz de ventilation de certaines cuves.</p>	<p>Les filtres à charbon actif des cuves contenant des déchets à teneur en solvants permettent de réduire les émissions fugitives dans l'air (COV et odeurs).</p>	<p>Voir MTD n° 36.</p>
<p>38.- Utiliser et entretenir correctement l'équipement de réduction, notamment la manipulation et le</p>	<p>L'épurateur réduit les émissions atmosphériques des COV, des acides, de l'ammoniac, des particules,</p>	<p>Voici un résumé des coûts de lavage liés au contrôle des émissions pour les sources étendues (excavation et extraction) :</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
traitement / l'élimination des milieux de lavage usés.	etc. Efficacité améliorée de l'adsorption des polluants en raison du contact particule-gaz (particulièrement vrai pour l'extraction des gaz acides via des particules basiques injectées dans l'épurateur, si applicable).	Technique de contrôle des émissions : eau pulvérisée : 0,001 (USD/m ²¹⁵) (coût matériel). Si les coûts d'eau de ville s'élèvent à 1 USD/1 000 litres. L'eau exige une ré-application constante. Location de citerne à eau : 500 USD/semaine. Technique de contrôle des émissions : additifs : surfactant : 0,65 USD/m ² ; sel hygroscopique : 2,58 USD/m ² ; bitume/adhésifs : 0,02 USD/m ² . Les coûts varient en fonction de l'utilisation chimique.
39.- Disposer d'un système d'épuration pour les libérations massives de gaz inorganiques résultant des opérations présentant un point de rejet pour les émissions du procédé. Installer une unité d'épuration secondaire dans certains systèmes de prétraitement si le déchargement est incompatible avec l'épurateur ou trop concentré par rapport à lui. (Voir également MTD n° 38).	Voir MTD n° 38.	Voir MTD n° 38.
40.- Disposer d'un système de détection des fuites et de procédures de réparation dans le cas d'un site renfermant un grand nombre de composants de tuyauterie et de stockage ainsi que des composés susceptibles de fuir facilement et de créer un problème environnemental. Il s'agit d'un élément du SGE (voir également le chapitre sur la gestion de l'environnement).	Le programme de détection des fuites et de réparation permet de détecter les fuites de COV des vannes, des pompes et d'autres éléments de tuyauterie.	Les coûts d'une enquête sur la détection des fuites et les réparations associées peuvent être partiellement compensés par les économies liées à la réduction de perte de matière dans l'air. Ces économies varieront en fonction de la valeur de la matière perdue.
41.- Abaisser les émissions atmosphériques aux niveaux suivants : NIVEAUX D'ÉMISSION (mg/Nm ³) :	Il est possible de réduire les émissions atmosphériques via une combinaison adaptée de MTD associées (n° 35 à 41) et les techniques suivantes :	a) ND b) Partiellement compensable via des économies dues à la réduction de perte de matières dans l'air.

¹⁵ USD/m² : dollars américains/mètre carré

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>COV : 7-20 (pour les faibles charges de COV, la valeur maximum peut aller jusqu'à 50)</p> <p>MP : 5-20</p>	<p>a) Techniques génériques de prévention.</p> <p>b) Programme de détection des fuites et de réparation.</p> <p>c) Cyclones.</p> <p>d) Précipitateurs électrostatiques (PE).</p> <p>e) Dépoussiéreur à couche filtrante.</p> <p>f) Séparateurs à lamelles.</p> <p>g) Adsorption.</p> <p>h) Condensation.</p> <p>i) Mousses temporaires et durables.</p> <p>j) Biofiltres.</p> <p>k) Épuration.</p> <p>l) Incinération.</p> <p>m) Combustion combinée.</p> <p>n) Combustion catalytique.</p> <p>o) Traitements oxydants.</p> <p>p) Traitement combiné de l'air d'échappement.</p>	<p>c) Relativement peu onéreux.</p> <p>d) ND</p> <p>e) ND</p> <p>f) ND</p> <p>g) Coûts d'exploitation bas pour les faibles concentrations de COV.</p> <p>h) Coûts d'exploitation généralement élevés.</p> <p>i) ND</p> <p>j) Coûts d'exploitation inférieurs à d'autres technologies de contrôle de la pollution dans l'air.</p> <p>k) ND</p> <p>l) Le rapport coût-efficacité de l'opération est déterminé par la taille du flux à traiter et par les concentrations de polluants.</p> <p>m) Les coûts d'adaptation peuvent être élevés.</p> <p>n) Les investissements sont relativement importants.</p> <p>o) ND</p> <p>p) ND</p>

3.3.2. Gestion des eaux résiduaires

Cette section couvre uniquement la gestion des eaux résiduaires suite à leur pollution.

Le principal objectif du traitement des eaux résiduaires est la réduction de la teneur en DBO des effluents liquides (et donc la réduction de la DCO). Le traitement implique généralement une phase d'agitation qui permet non seulement d'homogénéiser les boues mais également de promouvoir les actions suivantes : décomposition des particules solides, désorption des particules solides, désorption des déchets des particules solides, contact entre les déchets organiques et les micro-organismes et oxydation des boues par aération.

En règle générale, le traitement et la purification des eaux résiduaires des installations de traitement des déchets sont des éléments importants, principalement en raison des charges de pollution potentiellement élevées présentes dans les eaux résiduaires. Il faut faire la distinction entre les opérations de séparation et de conversion.

Opérations de séparation :

- Traitement mécanique.
- Évaporation.

- Adsorption.
- Filtration.
- Nanofiltration, ultrafiltration.
- Osmose inverse.
- Centrifugation.

Opérations de conversion :

- Oxydation en milieu liquide à l'aide de H₂O₂.
- Traitement à l'ozone.
- Précipitation / neutralisation.
- Traitements biologiques anaérobie et aérobie des eaux résiduaires.

La gestion des eaux résiduaires est une phase essentielle pour toute installation de traitement des déchets dangereux, y compris dans la région méditerranéenne ; les techniques nécessaires dépendent des procédés réalisés dans l'installation et des valeurs limites d'émission.

Voici l'applicabilité spécifique de quelques-unes des techniques identifiées de gestion des eaux résiduaires (vous trouverez la liste des MTD dans le tableau 3.19) :

- Réduire la consommation et la pollution de l'eau : cette technique fait partie d'un SGE intégré dans l'installation. Certaines techniques sont uniquement utilisées dans les stations d'épuration complexes, en vue d'identifier les opportunités de maximisation de la réutilisation et de minimiser la consommation d'eau. L'applicabilité de ces techniques peut être limitée en fonction d'un déversement de l'eau en continu ou par lots et de la présence de la station d'épuration sur le site ou à l'extérieur de celui-ci.
- Disposer de certaines procédures : technique généralement appliquée dans l'ensemble des installations de traitement des déchets.
- Séparer les systèmes de captage : la séparation s'effectue généralement dans deux systèmes différents, un réservé à l'eau de pluie, généralement non traitée et un autre réservé à la collecte de tous les autres effluents aqueux (généralement traités en même temps).
- Maximiser la réutilisation des eaux résiduaires traitées : l'application de cette technique peut être limitée en raison de l'augmentation de la concentration de certains composants solubles susceptible d'interférer avec le traitement des déchets.
- Vérifier quotidiennement le système de gestion des effluents : la fréquence de l'application dépend parfois d'une approche des risques.
- Identifier les principaux composants chimiques : cette technique doit tenir compte du fait qu'il est impossible de réaliser une évaluation de l'impact sur l'environnement pour toutes les variations des déversements de l'installation de traitement des eaux usées.
- Déverser les eaux résiduaires uniquement après leur stockage, suite à l'application de l'ensemble des mesures de traitement : cette technique peut nécessiter une cuve de stockage supplémentaire, ce qui peut être onéreux et exiger de l'espace, particulièrement pour les flux volumineux et continus.
- Valeurs des émissions dans l'eau :
 - a) Traitements primaires des eaux résiduaires : l'*air stripping* est utilisé pour extraire les hydrocarbures halogénés et non-aromatés des solutions aqueuses diluées.
 - b) Traitements secondaires des eaux résiduaires : la précipitation chimique est utilisée pour extraire les ions métalliques des eaux résiduaires.
 - c) Traitements tertiaires des eaux résiduaires : technique très efficace pour éliminer les composés d'azote et les composés biodégradables de carbone organique.

Tableau 3.19 : MTD pour la gestion des eaux résiduaires

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>42.- Réduire la consommation et la pollution de l'eau en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • appliquant des méthodes d'imperméabilisation du site et de rétention des stocks ; • effectuant une vérification régulière des cuves et des fosses ; • appliquant un drainage des eaux séparé en fonction de la charge polluante ; • appliquant un système de bassin de collecte de sécurité ; • effectuant des audits réguliers des eaux ; • séparant les eaux industrielles de l'eau de pluie. <p>(Voir également MTD n° 46).</p>	<p>La réduction de la consommation d'eau peut être un objectif environnemental (ou économique) valable en soi. Elle permet en outre d'obtenir divers bénéfices du point de vue de la réduction des émissions polluantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des bénéfices au sein du procédé (réduction des besoins énergétiques pour la chauffage et le pompage de l'eau). • Réduction de la dissolution des polluants dans l'eau, ce qui entraîne une réduction de la production des boues dans l'installation de traitement des effluents. • Le calcul du bilan massique de l'eau indique généralement les secteurs où peut être effectuée une réduction de la consommation. 	<p>Voici quelques mesures incitatives économiques liées à l'application de cette technique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduire la taille des installations (pour les usines en projet) de traitement des eaux résiduaires. • Réduire les coûts si l'eau est réutilisée sur le site ou encore achetée à une installation ou éliminée dans une autre installation.
<p>43.- Disposer de procédures permettant de garantir que la spécification des effluents est adaptée au système de traitement des effluents / au déversement sur les lieux.</p>	<p>Ces techniques permettent généralement de minimiser les émissions dans les cours d'eau. Elles peuvent également contribuer à réduire les risques de pollution des procédés ou des eaux de surface ainsi que les émissions d'odeurs et de COV.</p>	<p>ND</p>
<p>44.- Éviter les effluents en dérivant le système de l'installation de traitement.</p>	<p>Voir MTD n° 43.</p>	<p>Voir MTD n° 43.</p>
<p>45.- Disposer d'une enceinte à l'endroit où l'eau de pluie tombe sur les zones de traitement ; celle-ci sera collectée en même temps que les liquides de lavage des véhicules-citernes et sera ramenée à l'usine de traitement ou collectée dans un intercepteur combiné.</p>	<p>Voir MTD n° 43.</p>	<p>Voir MTD n° 43.</p>
<p>46.- Séparer les systèmes de collecte accueillant des eaux fortement polluées de ceux accueillant des eaux moins polluées.</p>	<p>Ceci permet d'éviter les problèmes de traitement et de dilution postérieurs.</p>	<p>ND</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
47.- Posséder une base entièrement en béton dans l'ensemble de la zone de traitement permettant l'écoulement vers des systèmes de drainage internes puis vers des cuves de stockage ou des intercepteurs de collecte de l'eau de pluie et de tout déversement. Les intercepteurs autorisant un écoulement du trop-plein dans les égouts doivent généralement être équipés de systèmes de surveillance automatiques tels que la vérification du pH, qui peut stopper l'écoulement. (Voir également MTD n° 63).	Voir MTD n° 42.	Voir MTD n° 42.
48.- Collecter l'eau de pluie dans un bassin spécial afin de vérifier son contenu ; la traiter si elle est polluée et destinée à être utilisée.	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.
49.- Maximiser la réutilisation des eaux résiduaires traitées et l'utilisation de l'eau de pluie dans l'installation.	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.
50.- Effectuer des vérifications quotidiennes du système de gestion des effluents et conserver un registre de toutes les vérifications, via un système de surveillance des déchargements des effluents et de la qualité des boues.	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.
51.- Identifier tout d'abord les eaux résiduaires contenant des composés dangereux . Séparer ensuite les flux identifiés (sur les lieux) et enfin, traiter les eaux résiduaires de façon spécifique en interne ou sur un autre site.	Voir MTD n° 46.	Voir MTD n° 46.
52.- Après l'application de la MTD n° 42, sélectionner la technique de traitement adaptée à chaque type d'eau résiduaire.	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.
53.- Introduire des mesures d'amélioration de la fiabilité des opérations de contrôle et de réduction nécessaires (par exemple en optimisant la précipitation des métaux).	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.
54.- Identifier les principaux composants chimiques des effluents traités (notamment la formation de la DCO) et effectuer une évaluation détaillée du destin de ces substances dans l'environnement.	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
55.- Déverser les eaux résiduaires uniquement après leur stockage, suite à l'application de l'ensemble des mesures de traitement et à une inspection finale.	Voir MTD n° 43.	Voir MTD n° 43.
56.- Les valeurs d'émission dans l'eau doivent atteindre les niveaux suivants avant déversement. VALEURS D'ÉMISSION (ppm) <ul style="list-style-type: none"> • DCO : 20-120 • DBO : 2-20 • Métaux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) : 0,1-1 • Métaux lourds hautement toxiques : As : <0,1 ; Hg : 0,01-0,05 ; Cd : <0,1-0,2 ; Cr (IV) : <0,1-0,4 (Voir également MTD n° 42-55)	La réduction des émissions dans l'eau est possible via l'application d'une combinaison adaptée de MTD de gestion des eaux résiduaires et des techniques suivantes : a) Traitements primaires des eaux résiduaires. b) Traitements secondaires des eaux résiduaires. c) Traitements tertiaires des eaux résiduaires. d) Compte rendu des composants présents dans les effluents produits par les installations de traitement des déchets.	a) ND b) ND c) ND d) ND

3.3.3. Gestion des résidus produits suite aux différents procédés

« Résidu » signifie ici les déchets solides produits par l'activité de traitement des déchets ; les résidus ne sont pas directement liés au type de déchets traités dans l'installation.

Les techniques génériques de gestion de l'environnement étant applicables à la gestion de ces résidus (section 3.1.1) l'application dans les installations méditerranéennes est viable ; cependant, il faut tenir compte des caractéristiques de l'installation.

Cette section décrit les techniques suivantes :

- Techniques de réduction des résidus produits suite au traitement.
- Gestion des résidus produits suite au traitement.
- Ces techniques sont centrées sur la réduction de la pollution des sols.

Voici l'applicabilité spécifique de certaines des techniques de gestion des résidus produits suite aux traitements (les MTD associées sont détaillées dans le tableau 3.20) :

- Maximiser l'utilisation des emballages réutilisables : il est possible de réutiliser les emballages et les palettes si l'emballage est fait pour être réutilisé. Cette réutilisation peut entrer en conflit avec les réglementations ADR si l'emballage n'est pas conforme.
- Réutiliser les fûts en bon état : pour recycler les fûts, il faut tenir compte du taux de pollution de leur contenu. Les fûts non adaptés au recyclage direct sont généralement soumis à un traitement.
- Réutiliser les résidus d'une activité ou d'un traitement chaque fois que possible : applicable si une synergie est identifiée et qu'une autre activité est menée.

Tableau 3.20 : MTD pour la gestion des résidus produits suite à un traitement

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
57.- Disposer d'un plan de gestion des résidus intégré au SGE et incluant des techniques de base de bonnes pratiques et des techniques de tests des performances internes. Voir également MTD 1 et 3.	Ceci permet une utilisation rationnelle des ressources naturelles et peut contribuer à réduire la production de déchets. Contribue à réduire les émissions dues à la gestion des résidus manipulés dans l'installation, minimiser la quantité de résidus émis et identifier les méthodes correctes d'élimination.	En termes de dépenses en immobilisations et de coûts d'exploitation, le traitement des boues est un élément significatif et la gestion et l'élimination des déchets solides font partie des plus gros problèmes des exploitants.
58.- Maximiser l'utilisation des emballages réutilisables (fûts, conteneurs, conteneurs semi-vrac, palettes, etc.).	Voir MTD n° 57.	Voir MTD n° 57.
59.- Réutiliser les fûts en bon état. Si ce n'est pas le cas, les soumettre à un traitement adapté.	Voir MTD n° 57.	Voir MTD n° 57.
60.- Élaborer un inventaire de surveillance des déchets sur site via un registre de la quantité de déchets réceptionnés et un registre de la quantité de déchets traités. Voir également MTD n° 27.	Évite de stocker de grandes quantités de déchets, de fûts et de conteneurs et empêche la non-identification des déchets.	ND
61.- Réutiliser les déchets issus d'une activité / d'un traitement, éventuellement en tant que stock d'alimentation d'une autre activité ou d'un autre traitement. Voir également MTD n° 23.	Ceci contribue à une plus grande efficacité énergétique et à la réduction de la production de déchets ainsi qu'à la réduction de la consommation d'eau et des émissions dans l'eau pour l'ensemble du complexe.	Permet généralement de réduire les coûts globaux des traitements.

3.3.4. Pollution des sols

Ces techniques sont liées aux déversements dans l'eau et aux autres émissions fugitives ainsi qu'aux mises hors service. Voici quelques techniques spécifiques :

- Disposer de surfaces dans les zones d'exploitation et les entretenir. Voir MTD 62 du tableau 3.21.
- Utiliser une base imperméable et un système de drainage interne sur le site. Voir MTD 63 du tableau 3.21.
- Introduire des systèmes séparés de drainage et de puisards afin d'isoler certaines zones de manipulation et de regroupement des déchets, ceci afin d'éviter les éventuels déversements et de protéger le drainage des eaux de surface contre la pollution. Ceci peut contribuer à réduire les émissions liquides.

- Minimiser le site de l'installation. Voir MTD 64 du tableau 3.21.
- Vérifier régulièrement qu'il n'y a pas de fuites au niveau des réservoirs souterrains (vérification du niveau des réservoirs durant les périodes d'inactivité par exemple).
- Transformer les zones de transfert des liquides dangereux pour l'eau en murets de rétention étanches à l'eau. L'étanchéité est nécessaire car en cas d'accident, il est possible d'éviter l'écoulement du liquide dangereux jusqu'à la mise en place de mesures de sécurité.
- Équiper les conteneurs de stockage / d'accumulation de matières dangereuses pour l'eau d'une double paroi ou les installer à la verticale dans des cuves étanches.
- Équiper les conteneurs de stockage / d'accumulation de matières dangereuses pour l'eau de commandes de trop-plein reliées au poste de contrôle par un relais de signalisation ainsi que des signaux optiques et sonores.

Voici les trois meilleures techniques disponibles identifiées pour prévenir la pollution des sols (voir tableau 3.21).

Tableau 3.21 : MTD pour la pollution des sols

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
62.- Disposer de surfaces dans les zones d'exploitation et les entretenir, notamment en appliquant des mesures de prévention ou d'élimination rapide des fuites et des déversements et veiller à effectuer l'entretien des systèmes de drainage et autres structures souterraines.	Ceci peut contribuer à la prévention à court et long terme de la pollution du site. La minimisation des conduites et des réservoirs souterrains facilite l'entretien et les inspections.	ND
63.- Utiliser une base imperméable et un système de drainage interne sur le site.	Ceci permet d'éviter les accidents et les émissions fugitives. Voir également MTD 43 et 62.	Voir également MTD 43 et 62.
64.- Réduire le site de l'installation et minimiser l'utilisation de conduites et de réservoirs souterrains.	Voir MTD 10, 25, 40 et 63.	Voir MTD 10, 25, 40 et 63.

4. TECHNIQUES D'INCINERATION DES DECHETS DANGEREUX

Ces techniques se rapportent à l'incinération contrôlée des déchets.

Les sections suivantes ont été classées en fonction des catégories de techniques établies par les BREF. [3]. Les principales MTD sont résumées dans chaque section. La description de chaque MTD inclut ses avantages environnementaux et une étude financière. De plus, la possibilité d'application au secteur de l'incinération des déchets dangereux dans la région méditerranéenne a été étudiée. Dans certains cas, les MTD ont été développées en sous-sections.

Même si l'incinération est la technique la plus largement appliquée et loin devant les autres, il existe trois types de traitement thermique des déchets concernant cette section :

- La pyrolyse : dégradation thermique de matière organique en absence d'oxygène.
- La gazéification : oxydation partielle.
- L'incinération : combustion complète par oxydation.

La structure linéaire de base d'une usine d'incinération des déchets (applicable aussi aux déchets dangereux) peut comprendre les opérations suivantes :

- Réception des déchets.
- Stockage des déchets et des matières premières.
- Prétraitement des déchets (principalement traitements sur site et opérations de mélange).
- Chargement des déchets dans l'installation.
- Traitement thermique (type de four, etc.)
- Récupération d'énergie (options de la chaudière et d'approvisionnement en énergie par exemple).
- Nettoyage des gaz de combustion.
- Gestion des déchets du nettoyage des gaz de combustion.
- Évacuation des gaz de combustion.
- Contrôle des émissions.
- Contrôle et traitement des eaux résiduaires (provenant par exemple du drainage du terrain, du traitement des gaz de combustion, du stockage).
- Traitement et gestion des cendres / du mâchefer (issus de l'étape de combustion).
- Évacuation des déchets solides.

Les usines de pyrolyse et de gazéification suivent une structure de base similaire aux installations d'incinération des déchets, mais elles sont très différentes dans les détails.

4.1. TECHNIQUES GÉNÉRIQUES

Ces techniques, pratiques et mesures peuvent être appliquées à toutes les installations d'incinération des déchets dangereux en raison de leur nature générale. Le choix du concept le mieux adapté à chaque cas est considéré comme une étape essentielle, en particulier pour les pays méditerranéens qui prévoient de nouvelles installations d'incinération. Les pratiques de gestion sont applicables aussi bien aux nouvelles qu'aux anciennes installations, la seule restriction est l'adaptation des caractéristiques à chaque installation.

Le choix des meilleures techniques disponibles (MTD) est présenté dans le tableau 4.1. Un bref descriptif de chaque technique considérée comme MTD est développé dans les sections suivantes.

Tableau 4.1: MTD pour les techniques génériques dans le secteur de l'incinération des déchets dangereux

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>1.- Le choix d'un concept d'installation est adapté aux caractéristiques des déchets reçus en utilisant les techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Pertinence du procédé. b) Caractéristiques de la chambre de combustion. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Des technologies sont développées afin de répondre aux exigences de traitement spécifiques à certains types de déchets. b) Elle permettent d'améliorer les résultats de la combustion avec de plus faibles émissions dans tous les milieux et une consommation réduite. 	<ul style="list-style-type: none"> a) ND b) Dans les nouvelles usines, ces technologies peuvent être optimisées dès le début. Les coûts supplémentaires de ces modifications peuvent alors être assez faibles. Dans les usines existantes, les coûts de modification du concept sont très élevés.
<p>2.- Le maintien du site dans un état rangé et propre.</p>	<p>Le rangement et la propreté contribuent à un environnement de travail amélioré et peuvent permettre d'identifier les problèmes opérationnels avant qu'ils ne se produisent.</p>	<p>ND</p>
<p>3.- Le maintien de tout l'équipement en bon état de fonctionnement et la réalisation de vérifications de maintenance et d'une maintenance préventive afin de respecter la MTD n° 2.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<p>4.- La mise en place et le suivi de contrôles qualité sur les déchets entrants, suivant les types de déchets qui peuvent être reçus dans l'installation en utilisant les techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Mise en place de limites d'entrée pour l'installation et identification des risques majeurs. b) Communication avec les fournisseurs de déchets afin d'améliorer le contrôle qualité des déchets entrants. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Cette technique assure un fonctionnement fluide et stable de l'incinérateur et réduit les conditions requises en cas d'intervention d'urgence. b) En évitant de recevoir des déchets non adaptés ou en contrôlant la livraison des déchets difficiles à traiter ou nécessitant une attention particulière, il est possible de réduire les difficultés de fonctionnement et donc d'éviter les rejets supplémentaires. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Elles ne sont pas quantifiables avec précision. b) Des économies peuvent avoir lieu en évitant les difficultés de fonctionnement. c) ND d) Ces techniques peuvent représenter une partie importante des coûts d'exploitation des usines de déchets dangereux.

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>c) Contrôle qualité de l'alimentation en déchets sur le site de l'incinérateur.</p> <p>d) Vérification, échantillonnage et test des déchets entrants.</p> <p>e) Détecteurs de matières radioactives.</p>	<p>c) Réduction des émissions dans les gaz de combustion grâce à : des opérations rapides, une combustion efficace, une amélioration de la récupération d'énergie, des concentrations de gaz brut plus régulières et donc un meilleur fonctionnement de l'usine de nettoyage des gaz de combustion et une réduction de l'encrassement de la chaudière en réduisant la libération de poussière.</p> <p>d) L'identification avancée des déchets, des substances ou des propriétés non adaptés peut réduire les difficultés de fonctionnement et donc éviter les rejets supplémentaires.</p> <p>e) Prévention de la pollution de l'usine et de la libération de substances radioactives.</p>	<p>Le coût d'investissement pour l'installation des détecteurs est d'environ 25 000 – 50 000 EUR.</p>
<p>5.- Le stockage des déchets en fonction d'une étude des risques de leurs propriétés afin de minimiser le risque de rejets potentiellement polluants.</p>	<p>Avantages environnementaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réduction des risques de rejet grâce à un confinement sûr. • Prévention de la pénétration des déchets stockés dans les eaux de pluie. • Prévention de la dispersion par le vent. • Possibilité de gestion des émissions fugitives. • Réduit : la production de lixiviats, la mobilisation des polluants, la détérioration des conteneurs, l'expansion et la contraction des conteneurs scellés en raison de la température et le dégagement d'odeurs. 	<p>ND</p>
<p>6.- Utiliser des techniques et des procédures pour restreindre et gérer les temps de stockage des déchets afin de réduire le risque de rejets dus à la détérioration des conteneurs ou au stockage des déchets et de réduire les difficultés de traitement qui pourraient survenir.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
7.- Minimiser le dégagement d'odeurs (et d'autres émissions fugitives potentielles) des zones de stockage des déchets en vrac et des zones de prétraitement des déchets en passant l'atmosphère extraite dans l'incinérateur pour la combustion.	Une réduction générale des émissions fugitives, des odeurs, des émissions de gaz à effet de serre et des risques sanitaires est obtenue.	Coûts supplémentaires de canalisations pour les modifications. La mise en place d'un système de remplacement lorsque l'incinérateur n'est pas disponible entraîne le coût supplémentaire de ce système.
8.- La séparation du stockage des déchets en fonction de l'étude des risques de leurs caractéristiques chimiques et physiques pour permettre un stockage et un traitement sûrs.	La séparation des déchets incompatibles réduit les risques d'émissions en : <ul style="list-style-type: none"> • Réduisant les risques d'accident. • Permettant l'alimentation stable des substances. 	ND
9.- L'étiquetage clair des déchets stockés dans les conteneurs afin qu'ils soient toujours identifiés. Cette technique concerne les déchets dangereux.	Elle permet de connaître le contenu des déchets et de permettre à l'opérateur de mieux trouver les sources de problèmes et de prendre ensuite les mesures nécessaires pour les éliminer ou les contrôler.	ND
10.- Le développement d'un plan pour la prévention, la détection et le contrôle des risques d'incendie dans les installations, en particulier pour : <ul style="list-style-type: none"> • les zones de stockage et de prétraitement des déchets ; • les zones de chargement dans les fours ; • les systèmes de contrôle électrique ; • les filtres à manche et les filtres à lit statique. 	Cette technique réduit le risque d'émissions fugitives accidentelles suite à un incendie ou à une explosion.	Les coûts correspondent à l'installation et à la maintenance. Coûts en azote, le cas échéant. La prévention des dommages liés aux incendies peut entraîner une réduction importante des coûts. L'installation de mesures de sécurité incendie peut réduire les primes d'assurance.
11.- Le mélange ou le prétraitement avancé des déchets hétérogènes jusqu'au niveau requis pour répondre aux spécifications de l'installation de réception.	La capacité de combustion des déchets est améliorée s'ils sont plus homogènes, les émissions provenant du four sont alors réduites et la génération de vapeur ou d'eau chaude par les chaudières est plus régulière.	Les coûts dépendent de la nature des déchets.
12.- L'utilisation de : <ol style="list-style-type: none"> a) la suppression par pré-combustion des métaux recyclables ; b) la séparation des métaux dans le mâchefer. 	a) Récupération de métaux recyclables, plus grande valeur des métaux qui n'ont pas été partiellement oxydés, réduction du contenu en métaux volatiles dans les gaz de combustion ce qui permet de réduire la pollution	a) Des coûts d'investissements et d'exploitation sont associés à l'utilisation de l'équipement de déchiquetage et de séparation.

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>Supprimer les métaux recyclables ferreux et non ferreux pour leur récupération :</p> <ul style="list-style-type: none"> • après l'incinération dans les résidus du mâchefer ; • lorsque les déchets sont déchiquetés, avant l'incinération. 	<p>des résidus de nettoyage des gaz de combustion et meilleure qualité du mâchefer grâce à la réduction de la teneur en métaux (faction non volatile).</p> <p>Il est nécessaire de permettre le recyclage des différents composants des cendres.</p> <p>Voir aussi MTD n° 52.</p>	<p>Les factions de métaux peuvent être vendues à des ferrailleurs (pour les matériaux ferreux 0,01-0,05 EUR/kg et pour les matériaux non ferreux 0,1-0,6 EUR/kg).</p> <p>Voir aussi MTD n° . 52.</p>
<p>13.- L'équipement des opérateurs en moyens de contrôle visuel, direct ou grâce à l'utilisation d'écrans de télévision ou d'autres systèmes semblables, des zones de stockage et de chargement des déchets.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<p>14.- La minimisation de l'entrée d'air non contrôlée dans la chambre de combustion à travers le chargement des déchets ou d'autres voies.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<p>55.- L'implantation de mesures de réduction du bruit pour répondre aux exigences locales en la matière.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<p>56.- Application de la gestion de l'environnement.</p> <p>En général, la portée et la nature du SGE seront liées à la nature, à l'échelle et à la complexité de l'installation et aux différents impacts qu'elle peut avoir sur l'environnement.</p>	<p>Les systèmes de gestion de l'environnement assurent normalement l'amélioration continue de la performance environnementale de l'installation. Plus le point de départ est mauvais, plus il est possible d'attendre des améliorations importantes à court terme.</p>	<p>Il est difficile de déterminer avec précision les coûts et les avantages économiques de l'introduction et de la maintenance d'un bon SGE.</p>
<p>69.- Contrôles qualité supplémentaires dans l'incinérateur de déchets dangereux : en utilisant des systèmes et des procédures spécifiques, en utilisant une approche basée sur les risques en fonction de la source de déchets, pour l'étiquetage, la vérification, l'échantillonnage et le test des déchets à stocker / traiter. Les procédures analytiques devront être gérées par un personnel correctement qualifié et des procédures adaptées devront être utilisées.</p> <p>Voir aussi MTD n° . 4</p>	<p>L'identification avancée des déchets, des substances ou des propriétés non adaptés peut réduire les difficultés de fonctionnement et donc éviter les rejets supplémentaires. La connaissance des opérations et de l'origine des déchets est importante car certaines caractéristiques dangereuses (comme par exemple la toxicité ou la nature infectieuse) sont difficiles à déterminer de façon analytique.</p>	<p>Le coût de la mise en œuvre de ces techniques augmente rapidement avec l'étendue et la complexité des procédures adoptées. Les frais d'échantillonnage, d'analyse, de stockage et de temps de traitement supplémentaire peuvent représenter une partie importante des coûts opérationnels dans les usines de déchets dangereux en particulier, où les régimes d'échantillonnage et d'analyse appliqués sont les plus importants.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>70.- Le mixage, le mélange et le prétraitement des déchets en vue d'améliorer leur homogénéité, les caractéristiques de combustion et le niveau de combustion en tenant compte de la sécurité. En cas de déchiquetage, une pressurisation en atmosphère inerte devrait être réalisée.</p> <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Déchiquetage de déchets dangereux mis en fût et emballés. b) Prétraitement et préparation ciblée des déchets solides pour la combustion. 	<ul style="list-style-type: none"> a) L'utilisation d'une alimentation continue améliore les performances de combustion et réduit les pics de CO et de COV, elle augmente la récupération de chaleur moyenne grâce au flux de gaz stable dans les chaudières, elle stabilise les conditions de fonctionnement de l'équipement de nettoyage des gaz de combustion, elle évite les explosions dans le four et elle réduit les temps d'arrêt dus aux dommages sur le réfractaire, etc. b) Meilleure combustion grâce à l'homogénéisation des déchets. Charges de polluants réduites, fluctuations de la valeur de la chaleur réduites et émissions et consommations réduites pour un fonctionnement plus fluide. Le mélange intensif de déchets avant qu'ils n'entrent dans le silo peut améliorer les qualités du combustible. 	<ul style="list-style-type: none"> c) Exemple : le recyclage d'acier emballé à partir d'une usine de 35 t/jour¹⁶ a produit un revenu supplémentaire de 35 000 EUR/an. Le nombre d'opérateurs nécessaires à la manutention des emballages a été réduit de 6 à 3. Les coûts de construction de deux lignes ont été indiqués : ligne de liquides emballés de 35 t/jour = 2,9 millions EUR et ligne de solide en vrac et emballé de 75 t/jour = 5,4 millions EUR. d) Le coût de séparation des déchets mélangés peut être important.

¹⁶ t/jour : tonne/jour

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
71.- L'utilisation d'un système de régulation de l'alimentation pour les déchets dangereux solides afin d'améliorer les caractéristiques de combustion des déchets entrants et d'améliorer la stabilité de la composition des gaz de combustion, ce qui permet de mieux contrôler les émissions de pics de CO à court terme.	<p>L'alimentation continue en déchets dangereux solides permet de mieux contrôler l'alimentation en déchets et réduit les pics de CO.</p> <p>Utilisation optimale de la capacité d'incinération du four rotatif pour les déchets dangereux à faible pouvoir calorifique.</p> <p>Un flux homogène de mâchefer fondu est formé.</p> <p>La sécurité incendie est améliorée dans la zone du silo de déchets dangereux grâce à l'utilisation d'un équipement d'extinction automatique des incendies.</p> <p>L'installation d'un équipement de contrôle vidéo permet l'observation en continu de l'alimentation en déchets.</p>	ND
72.- L'injection directe de déchets dangereux liquides et gazeux, lorsque les risques d'exposition, de dégagement ou d'odeur de ces déchets doivent être réduits.	Prévention des émissions d'air dispersé car les déchets sont alimentés par un système entièrement fermé.	Le prix d'investissement moyen pour une ligne spécialisée atteint les 100 000 – 200 000 EUR.

4.1.1. Adaptation des opérations aux déchets reçus

Une des décisions les plus importantes à prendre par l'opérateur concerne la sélection d'une étape de combustion (ou traitement thermique) techniquement adaptée à la matière qui alimentera le procédé.

Le choix de la technique de traitement thermique doit tenir compte des critères techniques suivants (voir aussi MTD 1 dans le tableau 4.1) :

- Composition et variation chimique des déchets, comme par exemple les techniques conçues pour traiter une gamme réduite de déchets spécifiques présentent une plage de limites de performance encore plus réduite.
- Composition physique des déchets, comme par exemple la taille et la position des particules.
- Caractéristiques thermiques des déchets, comme par exemple le pouvoir calorifique, les niveaux d'humidité.
- Capacité de traitement et disponibilité nécessaires.
- Qualité et composition requises du mâchefer et des autres résidus.
- Possibilités d'utilisation des produits d'oxydation partielle, tels que du gaz de synthèse ou du coke.
- Cibles de niveau d'émission et système de réduction choisi.
- Type de récupération d'énergie (chaleur, électricité, centrale bivalente).

Dans la pratique, de nombreux incinérateurs de déchets n'ont probablement qu'un contrôle limité sur le contenu précis des déchets qu'ils reçoivent. Les opérateurs recevant ces déchets doivent alors

concevoir des opérations suffisamment flexibles pour pouvoir traiter toute la gamme de déchets qui peuvent alimenter le procédé.

4.1.2. Bonnes pratiques environnementales générales

Le rangement et la propreté contribuent à un environnement de travail amélioré et peuvent permettre d'identifier les problèmes opérationnels avant qu'ils ne se produisent. Ces techniques peuvent être appliquées à toutes les installations et à tous les secteurs. Ce point est particulièrement important pour les déchets dangereux malgré sa nature délicate.

Les principaux éléments des bonnes pratiques environnementales sont les suivantes :

- Utilisation de systèmes pour identifier et localiser / stocker les déchets reçus en fonction de leurs risques.
- Prévention d'émissions de poussières par l'équipement en fonctionnement.
- Gestion efficace des eaux résiduaires
- Maintenance préventive efficace.

Les meilleures techniques disponibles suivant ces critères peuvent être consultées dans le tableau 4.1., notamment les points 2 et 3.

4.1.3. Techniques de prétraitement, de stockage et de manipulation des déchets dangereux

Les opérations de prétraitement, de stockage et de manipulation avant l'incinération sont différentes en fonction des types de déchets. Pour ce rapport, seuls les déchets dangereux sont étudiés.

En ce qui concerne les déchets dangereux, deux types d'installations sont possibles : usines commerciales d'incinération et usines d'incinération spécialisées. Les principales différences entre elles sont résumées dans le tableau 4.2.

Tableau 4.2: Résumé des différences entre les opérateurs sur le marché de l'incinération des déchets dangereux

Critères	Usines commerciales	Usines spécialisées
Propriété	Sociétés privées, municipalités ou associations	Normalement des sociétés privées (pour leurs propres déchets)
Caractéristiques des déchets traités	Très grande variété de déchets. La connaissance de la composition exacte des déchets peut être limitée dans certains cas.	Grande variété de déchets. Souvent uniquement les déchets provenant d'une seule entreprise voire même d'un seul procédé. Connaissance de la composition des déchets généralement meilleure.
Technologies de combustion appliquées	Principalement des fours rotatifs. Certaines technologies spécialisées pour des déchets dont les caractéristiques sont spéciales ou limitées.	Fours rotatifs. Grande variété de techniques spécifiques pour des déchets dont les caractéristiques sont spéciales ou limitées.
Considérations sur le fonctionnement et le concept	Flexibilité et grande plage de performances nécessaires pour assurer un bon contrôle des opérations.	Le procédé peut être conçu avec plus de précision pour une spécification d'alimentation plus restreinte dans certains cas.
Traitement des gaz de combustion	Lavage hydraulique souvent appliqué pour donner une performance plus flexible, ainsi qu'une gamme de techniques de TGC appliquées en parallèle.	Lavage hydraulique souvent appliqué pour donner une performance plus flexible, ainsi qu'une gamme de techniques de TGC appliquées en parallèle.
Études des coûts et du marché	Les opérateurs sont généralement en concurrence sur un marché (global) ouvert. Certaines usines profitent des politiques nationales ou régionales sur la destination des déchets produits dans ce pays ou cette région. Le mouvement des déchets dangereux au sein de l'UE est contrôlé par les réglementations sur les transferts transfrontaliers qui limitent l'étendue d'un marché global ouvert.	Concurrence plus limitée voire même inexistante dans certains cas. Coûts d'élimination plus élevés tolérés par les utilisateurs dans certains cas en raison de la politique du producteur de déchets sur l'évacuation des déchets en interne.

Cette section a été divisée en quatre sous-sections (admission des déchets, stockage, alimentation / prétraitement et transfert / chargement des déchets) pour une meilleure compréhension.

4.1.3.1. Admission des déchets

Un effort important est nécessaire pour analyser, définir et suivre les déchets entrants en raison de la grande variété des types de déchets, de leur risque potentiel élevé et des grandes incertitudes quant à leur composition précise.

Les procédures exactes nécessaires pour l'admission et le stockage des déchets dépendent des caractéristiques chimiques et physiques des déchets.

Pour chaque type de déchet dangereux, une déclaration de la nature du déchet réalisée par le producteur est présentée pour que le gestionnaire des déchets puisse ensuite décider si le traitement de chaque type spécifique de déchet est possible. Lorsque la composition des déchets ne peut pas être décrite en détail (par exemple avec de petites quantités de pesticides), la société de gestion des déchets peut convenir avec le producteur des déchets de conditions spécifiques d'emballage, pour s'assurer que les déchets ne réagiront pas pendant le transport, lorsqu'ils sont admis en incinération, ou dans les conteneurs.

Il est également important d'établir les limites de l'installation quant aux caractéristiques des déchets qui peuvent entrer dans l'incinérateur. En connaissant les limites d'admission du procédé d'incinération, il est possible de dresser des spécifications d'entrée de déchets qui indiquent les taux d'entrée maximum et souhaitables du système. Il est ensuite possible d'identifier les risques clés (tels que par exemple, des taux de mercure, d'iode ou de brome élevés, entraînant des concentrations de gaz de combustion brut élevées, des charges de soufre élevées dépassant la capacité de TGC, etc.) et le contrôle nécessaire pour éviter ou réduire le fonctionnement en dehors de ces limites.

Lorsque les déchets reçus ne peuvent pas être traités (par risques de problèmes de fonctionnement), une discussion entre l'opérateur et les personnes produisant et fournissant les déchets peut aider sur toute la chaîne de gestion des déchets.

La vérification, l'échantillonnage et le test des déchets entrants implique l'utilisation d'un régime adapté à l'étude des déchets entrants. Les études réalisées sont choisies pour s'assurer que les déchets reçus restent dans les limites acceptables par l'installation et pour décider si les déchets ont besoin d'une manipulation, d'un stockage, d'un traitement ou d'un retrait particuliers pour le transfert en dehors du site et si les déchets correspondent aux descriptions du fournisseur (pour des raisons contractuelles, opérationnelles ou légales).

Les techniques varient d'une simple étude visuelle à une étude chimique complète (et des tests pour détecter les matières radioactives) : nature et composition des déchets, hétérogénéité des déchets, connaissance des difficultés avec les déchets, etc.

À priori, ces techniques pourraient être appliquées dans toutes les usines d'incinération, (y compris dans la région méditerranéenne) en particulier celles qui reçoivent des déchets dangereux. Application spécifique des MTD concernant cette sous-section (voir tableau 4.1, numéros 4, 14, 96.1, 69 et 70) :

- Contrôles qualité :
 - a) Entrées dans l'installation : cette partie est applicable à toutes les usines d'incinération, en particulier celles qui reçoivent des déchets de différentes sources et dont la spécification est vaste ou difficile à contrôler (**usines commerciales de traitement des déchets dangereux par exemple**).
 - b) Communication avec les fournisseurs de déchets : cette partie peut être appliquée à toutes les usines d'incinération, en particulier celles qui reçoivent des déchets de différentes sources et dont la spécification est vaste ou difficile à contrôler.
 - c) Contrôle de la qualité de l'alimentation en déchets : toutes les installations doivent produire leur propre ensemble de limites d'entrée dans le procédé et adopter ensuite des restrictions de réception adaptées et un prétraitement possible pour s'assurer que ces limites ne sont pas dépassées. Cette technique est particulièrement nécessaire pour les **déchets dangereux**.
 - d) Vérification, échantillonnage et test des déchets entrants : ces techniques conviennent lorsque la composition et les sources des déchets sont très variables (**usines commerciales de traitement des déchets dangereux par exemple**) ou lorsqu'il existe des difficultés connues.

- e) Détecteurs de matières radioactives : ils sont applicables dans les usines d'incinération où des déchets hétérogènes sont reçus d'une grande variété de fournisseurs.
- Contrôles qualité supplémentaires pour les déchets dangereux : les systèmes d'échantillonnage et d'analyse les plus vastes conviennent lorsque la composition et les sources des déchets sont très variables (par exemple dans les usines commerciales de traitement des déchets dangereux) ou lorsqu'il existe des difficultés connues.
- Contrôle qualité supplémentaires : les systèmes d'échantillonnage et d'analyse les plus vastes conviennent lorsque la composition et les sources des déchets sont très variables (par exemple dans les usines commerciales de traitement des déchets dangereux) ou lorsqu'il existe des difficultés connues.
- Mixage, mélange et prétraitement des déchets afin d'améliorer leur homogénéité :
 - a) Déchiquetage de déchets dangereux mis en fût et emballés : cette technique concerne les incinérateurs recevant des déchets dangereux emballés.
 - b) Prétraitement et préparation ciblée des déchets solides pour la combustion : cette technique concerne principalement les déchets qui peuvent être transférés en plusieurs fractions ou qui peuvent être traités efficacement pour séparer les fractions nécessaires.
 - c) Cette technique peut convenir particulièrement aux installations dont les spécifications d'entrées sont limitées telles que les lits fluidisés.
 - d) Les avantages de l'application de cette technique peuvent être plus limités lorsqu'une installation est déjà conçue pour la « combustion en gros » comme par exemple les chaudières à grille et les fours rotatifs.
- L'utilisation d'un système de régularisation de l'alimentation pour les déchets dangereux : cette technique concerne les incinérateurs à déchets dangereux recevant des déchets solides hétérogènes.

4.1.3.2. Stockage

En règle générale, pour le stockage des déchets il est également nécessaire de tenir compte de la nature et de la composition inconnues des déchets puisque ces éléments impliquent des risques et des incertitudes supplémentaires.

Le stockage des déchets dans des zones possédant des surfaces scellées et résistantes et dont le drainage est contrôlé évite la libération de substances provenant directement des déchets ou par lessivage à travers les déchets. Les techniques employées dépendent du type de déchets, de leur composition et de la vulnérabilité ou du risque, associé à la libération de substances par les déchets. En général, les techniques de stockage suivantes sont adaptées :

- Matériaux malodorants stockés avec des systèmes d'aération contrôlée en utilisant l'air dégagé pour la combustion.
- Zones désignées pour le chargement et le déchargement avec un système de drainage contrôlé.
- Zones clairement marquées pour le drainage à partir de zones potentielles de contamination.
- Limitation des temps de stockage en fonction du type de déchet et des risques associés.
- Capacité de stockage adéquate.
- L'emballage ou le confinement de certains déchets pour un stockage temporaire est possible suivant les facteurs de risque liés au type de déchets et à leur situation.
- Mesure de protection contre les incendies.

Recommandations spéciales pour les déchets dangereux :

- Stockage séparé en fonction de l'étude de risque.

- Attention particulière aux durées de stockage.
- Appareils de manutention et de chargement automatiques.
- Mécanismes de nettoyage pour les surfaces et les conteneurs.

Une bonne analyse des déchets est essentielle pour le choix des options de stockage et de chargement. Quelques points importants :

- Pour le stockage des **déchets dangereux solides**, de nombreux incinérateurs sont équipés d'un silo (de 500 à 2 000 m³) à partir duquel les déchets entrent dans l'installation au moyen de grues ou de trémies d'alimentation.
- **Boues et déchets dangereux liquides** : ils sont normalement stockés dans des parcs de stockage. Certains réservoirs permettent le stockage sous atmosphère inerte (N₂ par exemple). Les déchets liquides sont pompés dans des canalisations vers les brûleurs et introduits dans les fours rotatifs ou les chambres de post-combustion (CPC). Les boues peuvent être transférées dans les fours rotatifs grâce à des pompes spéciales pour matières visqueuses.
- Certains incinérateurs peuvent accepter certaines substances, telles que les liquides toxiques, malodorants, réactifs ou corrosifs grâce à un système d'**injection directe** en les faisant passer directement du conteneur de transport dans le four ou la CPC.
- Certains incinérateurs commerciaux, en particulier en Europe, sont équipés de convoyeurs et d'élévateurs pour transporter et introduire des **fûts** et/ou de petits emballages directement dans le four rotatif.

Application spécifique des MTD associées (voir tableau 4.1, numéros 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 72) :

- Minimisation du dégagement d'odeurs : cette technique concerne tous les incinérateurs où il existe un risque de dégagement d'odeur ou d'autres substances à partir des zones de stockage. Les usines utilisant des solvants volatiles peuvent réduire considérablement leurs émissions de COV grâce à cette technique.
- Séparation du stockage des déchets : cette technique est applicable lorsque les déchets sont déjà ramassés et livrés de sorte qu'il n'y ait pas besoin de réaliser de séparation.
- Étiquetage clair : cette technique est applicable principalement aux **déchets dangereux, aux usines de déchets médicaux ou à d'autres situations** où les déchets sont conservés dans des conteneurs et présentent des compositions variables / différentes.
- Développement d'un plan de prévention : applicable à toutes les installations.
- Injection directe de liquide et de déchets dangereux : cette technique est applicable aux déchets dangereux liquides, en particulier les déchets qui présentent des risques pour la sécurité et la santé lors de leur manipulation et auxquels les travailleurs doivent donc être exposés le moins possible.

4.1.3.3. Alimentation et prétraitement

Pour aider à contrôler la qualité d'alimentation des déchets et donc à stabiliser les opérations de combustion dans les limites des paramètres de conception, il est possible de produire un ensemble de conditions de qualité pour les déchets introduits dans la chaudière. Les conditions de qualité des déchets peuvent être obtenues en comprenant les limites de fonctionnement du procédé, telles que :

- Capacité de rendement thermique de l'incinérateur.
- Exigences physiques de l'alimentation (taille des particules).
- Contrôle utilisé pour l'incinération.
- Capacité du système de traitement des gaz de combustion et concentrations / taux d'entrée de gaz brut maximum.
- Valeurs limites d'émission qui doivent être respectées.

- Exigences de qualité du mâchefer.

Le stabilisateur d'alimentation est constitué de deux convoyeurs à vis robustes, capables de broyer des déchets solides et de les transporter, et d'une trémie d'alimentation faite sur mesure pour recevoir différents types de déchets.

La séparation des métaux peut être obtenue en utilisant :

- Des séparateurs magnétiques overband pour les matériaux ferreux importants tels que les fûts déchiquetés.
- Des séparateurs magnétiques à tambour pour les petits éléments ferreux lourds tels que les batteries, les clous, les pièces, etc.
- Des séparateurs par courant de Foucault pour les métaux non ferreux (principalement le cuivre et l'aluminium utilisés pour l'emballage et dans les composants électriques).

Il peut être nécessaire de nettoyer les métaux retirés afin de supprimer la contamination par les déchets avec lesquels ils ont été en contact. La nécessité de cette étape dépend du type de contamination et des conditions du procédé de stockage, de transport et de recyclage.

Certains incinérateurs possèdent des installations d'homogénéisation intégrées et spécialisées pour le prétraitement des déchets, telles que :

- Un destructeur pour les solides en vrac.
- Un destructeur spécial pour les fûts.
- Un destructeur combiné à un appareil de mélange mécanique.

En raison de la grande diversité de spécifications chimiques et physiques de certains déchets dangereux, des difficultés peuvent survenir au cours de l'incinération. Les déchets sont alors mélangés ou prétraités jusqu'à un certain degré afin d'obtenir des charges plus régulières. Il est aussi nécessaire de développer des critères d'admission pour chaque installation.

Suivant la composition des déchets, les caractéristiques de l'usine d'incinération et la disponibilité d'autres moyens de traitement pour les déchets produits, un autre prétraitement peut aussi être réalisé (par exemple : neutralisation, égouttage et solidification des boues avec des liants).

Les techniques utilisées pour le prétraitement et le mélange des déchets sont très vastes et peuvent inclure :

- le mélange de déchets dangereux liquides pour répondre aux conditions d'entrées de l'installation ;
- le déchiquetage, concassage et cisaillement des déchets emballés et des déchets combustibles en vrac ;
- le mélange des déchets dans un silo à l'aide d'une pelle mécanique ou d'une autre machine.

Il est possible de prétraiter les déchets emballés liquides et les déchets solides, emballés ou en vrac, pour produire une mixture permettant l'alimentation continue du four. Certains déchets appropriés peuvent être traités pour permettre leur pompage pour l'injection dans le four ou peuvent être déchiquetés pour les ajouter dans les brûleurs de stockage où les solides et les liquides sont séparés pour être envoyés dans le four séparément à l'aide de pelles mécaniques et de pompes respectivement. Le principe général de l'augmentation de l'homogénéité grâce à la préparation correcte des déchets peut être appliqué à tous les incinérateurs lorsque des variations importantes au niveau des paramètres de gaz brut sont détectées après la combustion.

Application spécifique de certaines MTD concernant cette sous-section (voir tableau 4.1, numéros 11, 12 et 58) :

- Mélange ou prétraitement : cette technique est applicable dans toutes les usines recevant des déchets solides hétérogènes (**déchets dangereux emballés par exemple**). Le prétraitement est souvent nécessaire lorsque les installations ont été conçues pour des déchets homogènes aux caractéristiques limitées.
- Utilisation de l'élimination de la précombustion et de la séparation du mâchefer :
 - a) Séparation du mâchefer : la séparation magnétique des métaux ferreux est applicable dans toutes les installations, nouvelles ou existantes.
 - b) La séparation des métaux non ferreux demande de l'espace et un rendement suffisant et elle peut être réalisée par une installation externe de traitement du mâchefer. **Dans certaines usines de traitement des déchets dangereux, les fûts déchiquetés sont retirés avec des aimants avant la combustion.**
- Mixage, mélange et prétraitement :
 - a) Déchiquetage de déchets en fût et emballés : cette technique concerne les incinérateurs recevant des déchets dangereux emballés.
 - b) Prétraitement et préparation ciblée : cette technique concerne principalement les déchets qui peuvent être transférés en plusieurs fractions ou qui peuvent être traités efficacement pour séparer les fractions nécessaires. Cette technique peut convenir particulièrement aux installations dont les spécifications d'entrées sont limitées, telles que les lits fluidisés. Les avantages de l'application de cette technique peuvent être plus limités lorsqu'une installation est déjà conçue pour la « combustion en gros » comme par exemple les chaudières à grille et les fours rotatifs.

4.1.3.4. Transfert et chargement des déchets

Les opérateurs de systèmes d'alimentation en déchets doivent bien voir les zones de stockage et de chargement des déchets et leurs mécanismes de contrôle. Pour cela il suffit de placer la salle de contrôle avec une vue sur les zones de chargement et d'utiliser des moniteurs de contrôle vidéo ou d'autres systèmes de détection. La première option est préférable sauf s'il existe des raisons de sécurité ou d'autres raisons techniques particulières qui l'empêchent.

Les déchets liquides, pâteux et gazeux peuvent être introduits directement dans les fours rotatifs à travers plusieurs lignes d'alimentation directes. En général, l'opération d'injection directe est réalisée en reliant le conteneur de déchets et la ligne d'alimentation et en mettant sous pression le conteneur avec de l'azote ou, en cas de viscosité suffisamment basse, en vidant le conteneur avec des pompes adaptées.

L'utilisation de systèmes évitant l'entrée d'air dans la chambre de combustion aide à conserver la stabilité des opérations et à réduire les émissions. Ce genre de système implique :

- le maintien d'une trémie pleine pour les déchets solides ;
- l'utilisation de vis de distribution intégrées ;
- l'utilisation de double portes synchronisées pour le chargement par lots ;
- l'utilisation d'une injection directe pompée pour les déchets liquides et pâteux.

Application spécifique des MTD associées (voir MTD 13 et 71 dans le tableau 4.1) :

- Utilisation d'un séparateur de mâchefers : la séparation magnétique des métaux ferreux est applicable dans toutes les installations, nouvelles ou existantes. La séparation des métaux non ferreux demande de l'espace et un rendement suffisant et elle peut être réalisée par une installation externe de traitement du mâchefer. **Dans certaines usines de traitement des déchets dangereux, les fûts déchiquetés sont retirés avec des aimants avant la combustion.**
- Injection directe de déchets dangereux liquides et gazeux : Cette technique est applicable aux déchets dangereux liquides, en particulier les déchets qui présentent des risques pour la

sécurité et la santé lors de leur manipulation et auxquels les travailleurs doivent donc être exposés le moins possible.

4.1.4. Techniques de prétraitement, de stockage et de manipulation des boues d'épuration

La composition des boues d'épuration varie très largement. Facteurs particulièrement importants à prendre en compte lors de l'incinération des boues d'épuration :

- La teneur en matière sèche (cette valeur varie de 10 à 45 %).
- Si la boue est digérée ou non.
- La teneur en chaux, en calcaire et en autres matières contenues dans la boue.
- La composition de la boue en tant que boue primaire, secondaire, biologique, etc.
- Problèmes d'odeur, en particulier pendant la distribution de la boue dans le système de stockage.

Les opérations de prétraitement des boues d'épuration sont présentées dans les sous-sections suivantes et sont : déshydratation physique, séchage et digestion de la boue.

4.1.4.1. Déshydratation physique

L'égouttage mécanique avant l'incinération réduit le volume du mélange boueux en réduisant la teneur en eau et donc en augmentant le pouvoir calorifique de cette opération. Grâce à l'égouttage mécanique des boues d'épuration dans des décanteurs, des centrifugeuses, des filtres-presses à bandes et des filtres-presses à chambre, une teneur en matière sèche de 10 à 45 % peut être obtenue.

4.1.4.2. Séchage

Une substance séchée par égouttage mécanique n'est souvent pas suffisamment sèche pour l'incinération thermique automatique. Dans ce cas, une usine de séchage thermique peut être utilisée avant le four d'incinération. Le volume de la boue d'épuration est alors encore réduit et le pouvoir calorifique augmenté. (Voir MTD 75 et 76 dans le tableau 4.1).

4.1.4.3. Digestion de la boue

La digestion de la boue permet de réduire la teneur en matières organiques dans la boue et de produire du biogaz (au moins lors de la digestion anaérobie). La boue digérée peut généralement être plus facilement déshydratée que la boue non digérée, ce qui permet donc d'avoir une teneur en matière sèche un peu plus élevée après la déshydratation mécanique.

Le Tableau 4.3 montre les meilleurs techniques disponibles associées à l'incinération des boues d'épuration.

Tableau 4.3: MTD pour l'incinération des boues d'épuration.

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
76.- L'utilisation d'une technologie à lit fluidisé dans les installations peut généralement être une MTD en raison de l'augmentation de l'efficacité de combustion et de la diminution des volumes de gaz de combustion qui sont obtenus normalement avec ces systèmes.	ND	ND
77.- Le séchage des boues d'épuration, de préférence en utilisant la chaleur récupérée de l'incinération, de sorte qu'il ne soit pas nécessaire d'utiliser des combustibles supplémentaires pour le fonctionnement normal de l'installation.	ND	ND

4.2. PHASE DE TRAITEMENT THERMIQUE

Le traitement thermique consiste à appliquer de la chaleur aux déchets afin de réduire leur volume avant l'évacuation finale.

Différents types de traitements thermique sont appliqués aux différents types de déchets. Cependant, tous les traitements thermiques ne conviennent pas à tous les déchets. Techniques d'incinération (détaillées dans la section 4.2.1) :

- Incinérateurs à grille.
- Fours rotatifs.
- Lits fluidisés.
- Systèmes de pyrolyse et de gazéification.

Incinération des boues d'épuration : cette étape se fait dans des fours rotatifs, des fours à soles multiples ou des incinérateurs à lit fluidisé. La co-combustion dans les systèmes de chauffe sur grille, dans les usines de combustion au charbon et dans les procédés industriels est également appliquée.

Incinération de déchets dangereux et médicaux : les fours rotatifs sont plus souvent utilisés mais les incinérateurs à grille (y compris en co-combustion avec d'autres déchets) sont aussi appliqués aux déchets solides et les incinérateurs à lit fluidisé à certaines matières prétraitées. Les fours statiques sont également largement utilisés dans les usines chimiques avec installations internes.

D'autres procédés ont été développés, ils se basent sur la séparation des phases qui se déroulent dans un incinérateur : séchage, évaporation, pyrolyse, carbonisation et oxydation des déchets. La gazéification à l'aide d'agents gazéifiants tels que la vapeur, l'air, les oxydes de carbone et l'oxygène est également appliquée. Ces procédés visent à réduire les volumes des gaz de combustion et leurs coûts de traitement. Une partie de ces développements a rencontré des problèmes technologiques et économiques lorsqu'ils ont été étudiés à l'échelle industrielle et commerciale et ne sont donc plus utilisés.

Le Tableau 4.4 montre les meilleurs techniques disponibles associées aux procédés de traitement thermique. Elles représentent une sélection des techniques développées dans toute la section. Chaque technique est décrite succinctement dans chaque sous-section correspondante. La possibilité d'application au secteur des déchets dangereux et dans la région méditerranéenne a été étudiée.

Tableau 4.4: MTD pour les procédés de traitement thermique

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>15.- L'utilisation de la modélisation des écoulements qui peut aider à donner des informations lorsqu'il existe des inquiétudes sur les performances de la combustion ou du TGC et à donner des informations pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> optimiser la géométrie du four et de la chaudière ; optimiser l'injection d'air de combustion ; optimiser les points d'injection de réactifs lorsqu'une RSNC ou RSC est utilisée. 	<p>Cette technique peut améliorer les performances de combustion et donc limiter la formation de CO, de COT, de PCDD/F et de NO_x. Il n'y a aucun effet sur les autres polluants contenus dans les déchets.</p> <p>La réduction de l'engorgement dû à des vitesses de gaz de combustion locales excessives en utilisant la modélisation numérique (CFD) peut augmenter la disponibilité des usines et améliorer la récupération d'énergie au cours du temps. Amélioration de la performance de l'équipement de réduction.</p>	<p>En général, une étude d'optimisation par ordinateur coûtera entre 10 000 et 30 000 EUR en fonction de la portée de l'étude et du nombre de passes de modélisation nécessaires.</p>
<p>16.- Adopter des régimes de fonctionnement et des procédures d'implantation afin de réduire les émissions globales.</p>	<p>Le fonctionnement régulier des usines améliore l'efficacité énergétique.</p>	<p>En évitant les arrêts il est possible de réduire les coûts dans les installations d'incinération ; en effet le rendement est continu ce qui permet une meilleure utilisation de l'installation.</p>
<p>17.- L'identification d'une philosophie de contrôle de la combustion et l'utilisation de critères clés de combustion et d'un système de contrôle de la combustion pour contrôler et respecter ces critères dans des conditions limites appropriées afin de conserver une bonne performance de combustion. Les techniques à considérer sont :</p> <p>a) Choix et utilisation de systèmes et de paramètres adaptés pour le contrôle de la combustion</p> <p>b) Utilisation de caméras infrarouge pour le contrôle de la combustion</p>	<p>a) L'opération d'incinération présente moins de variation dans le temps (meilleure stabilité) et dans l'espace (plus homogène), ce qui permet d'améliorer la performance générale de combustion et de réduire les émissions dans tous les milieux.</p> <p>b) Elle améliore la performance générale de combustion et réduit les émissions dans tous les milieux.</p>	<p>a) Les avantages incluent aussi une maintenance plus réduite et donc une meilleure disponibilité de l'installation.</p> <p>b) Le coût estimé d'une caméra est de 50 000 EUR.</p>
<p>18.- L'optimisation et le contrôle des conditions de combustion grâce :</p> <ul style="list-style-type: none"> au contrôle de l'alimentation, de la distribution et de la température de l'air, incluant le mélange du gaz et de l'oxydant ; à la distribution et au niveau de température de la combustion ; au temps de séjour du gaz brut. 	<p>a) Le but de l'optimisation est de réduire les volumes de gaz de combustion (et donc des besoins en traitement) tout en obtenant un épuisement efficace du gaz.</p> <p>b) Optimisation de l'étape de la combustion dans le procédé d'incinération et réduction des émissions générales.</p>	<p>a) ND</p> <p>b) Si le concept initial est correct et possède des systèmes et des équipements pour le contrôle de l'air primaire, aucun équipement ni coût supplémentaire n'est normalement nécessaire.</p> <p>c) Les coûts varieront en fonction des caractéristiques du concept.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) optimisation de la stœchiométrie de l'alimentation en air ; b) distribution et optimisation de l'alimentation en air primaire ; c) injection, distribution et optimisation de l'alimentation en air secondaire ; d) optimisation du temps, de la température, de la turbulence des gaz dans la zone de combustion et des concentrations d'oxygène ; e) plan pour augmenter la turbulence dans la chambre de combustion secondaire. 	<ul style="list-style-type: none"> c) Les avantages obtenus sont la réduction de la quantité de substances liées à la combustion (NO_x, CO et/ou COV). Les niveaux de CO et de COV ne sont pas traités dans les TGC. d) Cette technique réduit la production de NO_x ainsi que les traitements nécessaires et leurs émissions, elle réduit les volumes de gaz de combustion et améliore l'efficacité énergétique. e) Cette technique améliore la combustion et entraîne de plus petites concentrations de gaz brut Elle peut réduire le volume d'air secondaire nécessaire et réduire ainsi les volumes généraux de gaz de combustion et la production de NO_x. 	<ul style="list-style-type: none"> d) ND e) ND
<p>19.- L'utilisation de ces conditions de fonctionnement (température, temps de séjour et turbulence) telles qu'elles sont indiqués dans l'article 6 de la directive 2000/76/CE est généralement une MTD. L'utilisation d'autres conditions de fonctionnement peut aussi être une MTD.</p>	<p>Si des déchets dangereux contenant plus de 1 % de substances organiques halogénées, exprimées sous forme de chlore, sont incinérés, la température doit être augmentée à 1 100 °C pendant au moins deux secondes.</p>	<p>ND</p>
<p>21.- L'utilisation de brûleurs auxiliaires pour le démarrage et l'arrêt et pour maintenir les températures de combustion requises à tout moment lorsque des déchets non brûlés se trouvent dans la chambre de combustion.</p>	<p>L'utilisation de brûleurs automatiques pour s'assurer que les températures d'incinération sont adéquates garantit la bonne combustion des gaz produits ce qui permet de réduire les concentrations en gaz brut des produits de la combustion incomplète à la sortie du four et donc les émissions dans tous les milieux.</p>	<p>Les coûts de modification des installations peuvent être importants en raison des difficultés de mise en place des brûleurs. Les coûts seront beaucoup plus importants pour les procédés travaillant par lots.</p>
<p>22.- L'utilisation d'une combinaison entre la suppression de chaleur près du four et l'isolation du four, en fonction du pouvoir calorifique net et de la corrosion des déchets incinérés, permet une bonne rétention de chaleur dans le four et le transfert de la chaleur en excès pour la récupération énergétique.</p> <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) L'usine étant plus disponible, les risques supplémentaires d'émission associés au démarrage et à l'arrêt sont réduits. Il faudra également moins de combustibles de soutien pour les déchets à faible pouvoir calorifique. L'utilisation de parois refroidies à l'eau et à l'air permet de récupérer la chaleur, de réduire la 	<ul style="list-style-type: none"> a) La modification de la configuration des fours dans les usines en place n'est peut être pas possible en raison des coûts élevés. b) Cette technique est moins chère qu'une chaudière séparée pour les usines au-dessus de fours à très faible capacité (1 ou 2 t/h).

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>a) Protection des parois de la membrane du four et de la première sortie de la chaudière avec du réfractaire ou d'autres matériaux</p> <p>b) Utilisation d'une chaudière-four intégrale</p>	<p>température des gaz et de réduire l'ajout d'air secondaire.</p> <p>b) Cette technique améliore la récupération de chaleur en réduisant les pertes de chaleur par radiation à la sortie du four. Elle permet l'installation de systèmes de RSNC pour éliminer les NO_x et réduit le besoin en air supplémentaire et donc les volumes de gaz de combustion.</p>	
<p>23.- L'utilisation de fours assez grands pour fournir une combinaison efficace des temps de séjour des gaz et de la température afin que les réactions de combustion puissent approcher la combustion complète et donner des émissions de CO et COV faibles et stables.</p>	<p>Elle permet de réduire les émissions de substances organiques lors de la combustion. Elle améliore également l'échange de chaleur dans les chaudières, grâce à la réduction des dépôts sur les tuyaux de la chaudière. Ceci peut entraîner une meilleure récupération d'énergie.</p>	<p>Les grands fours sont plus chers à la construction.</p>
<p>24.- Lorsque la gazéification ou la pyrolyse est utilisée, afin d'éviter la génération de déchets, une MTD consiste à combiner l'étape de gazéification ou de pyrolyse avec une étape de combustion avec récupération d'énergie et traitement des gaz de combustion</p>	ND	ND
<p>25.- Afin d'éviter des problèmes de fonctionnement qui peuvent être causés par des cendres volantes collantes, utilisation d'une chaudière qui permette de réduire suffisamment la température des gaz avant les faisceaux d'échange de chaleur par convection.</p> <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <p>a) Optimisation de l'architecture de la chaudière</p> <p>b) Utilisation d'un surchauffeur de type « plateau »</p>	<p>a) Une meilleure disponibilité de l'usine et un meilleur échange de chaleur permet d'augmenter les possibilités de récupération d'énergie. Conception permettant de réduire l'encrassement de la chaudière et qui réduit également la rétention de poussière dans des zones de température qui peuvent augmenter le risque de formation de dioxine.</p> <p>b) Ces surchauffeurs de type « plateau » permettent une température de vapeur surchauffée élevée avec une bonne disponibilité et une bonne stabilité.</p> <p>Voir aussi MTD n° 23.</p>	<p>a) Les économies sur les coûts d'exploitation grâce à la réduction de la maintenance et à l'augmentation des ventes d'énergie peuvent donner des périodes d'amortissement très courtes et peuvent justifier l'adoption de ces techniques dans les nouvelles installations.</p> <p>b) Moins cher que les faisceaux pour surchauffeurs de dernière étape lorsqu'ils sont installés dans des zones dont les températures des gaz de combustion sont plus élevées. L'utilisation peut faire augmenter les coûts de construction et ce point doit être comparé à l'augmentation de la durée de vie de l'échangeur de chaleur qui pourrait être obtenue.</p> <p>Voir aussi MTD n° 23.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
73.- L'utilisation d'une chambre de combustion permettant le confinement, l'agitation et le transport des déchets, telle que : les fours rotatifs - avec ou sans refroidissement à eau. Le refroidissement à eau des fours rotatifs peut être avantageux dans les situations où : le pouvoir calorifique minimal des déchets entrants est plus élevé (>15-17 GJ/tonne) ou des températures plus élevées sont utilisées.	Le principal avantage des fours rotatifs avec refroidissement à eau est qu'il est possible d'utiliser des températures de combustion plus élevées si nécessaire.	ND

4.2.1. Choix de la technologie de combustion

La choix de la technologie de combustion est étroitement lié au type de déchets qui peuvent être incinérés dans l'installation. Une explication détaillée des types d'incinérateur et de leurs caractéristiques a été développée dans cette section.

Ces technologies sont très spécifiques, une étude de chaque situation particulière (installation, type et quantité de déchets, etc.) doit donc être menée, en particulier dans la région méditerranéenne (voir tableau 4.4, MTD numéros 17 et 73).

- Identification d'une philosophie de contrôle de la combustion :
 - a) Système adapté de contrôle de la combustion : applicable à toutes les installations d'incinération.
 - b) Caméras infrarouge : applicable principalement dans les incinérateurs à grille. Cette technique n'est applicable que si le four est conçu de telle sorte que la caméra peut voir les zones importantes de la grille. De plus, l'application est limitée en général aux fours à grande échelle possédant plusieurs lignes de grille (par exemple >10 t/h).
- Utilisation d'un concept de chambre de combustion : cette technique est applicable aux incinérateurs à four rotatif avec des pouvoirs calorifiques minimaux plus élevés. Elle est principalement utilisée dans les usines de traitement des déchets dangereux mais pourrait également être appliquée plus largement aux autres déchets brûlés dans des fours rotatifs. Cette technique convient particulièrement aux usines nécessitant des température élevées pour la destruction de certains types de déchets.

4.2.1.1. Incinérateurs à grille

Les incinérateurs à grille sont largement utilisés pour l'incinération de déchets municipaux mélangés. D'autres déchets généralement traités : déchets industriels et commerciaux non dangereux, boues d'épuration et certains déchets cliniques.

Étant donné que ce document ne traite que des déchets dangereux, cette technologie ne sera pas développée.

4.2.1.2. Fours rotatifs

Les fours rotatifs sont très robustes et presque tous les déchets, quel que soit le type et la composition, peuvent être incinérés.

Les températures de fonctionnement des fours rotatifs utilisés pour les déchets vont de 500 °C (comme un gazogène) à 1 450 °C (comme un four de fusion des cendres). Il est possible de trouver des températures supérieures mais en principe pour des applications autres que les déchets.

Lorsqu'ils sont utilisés pour la combustion oxydative conventionnelle, la température est normalement supérieure à 850 °C. Les températures les plus fréquentes lors de l'incinération des déchets dangereux se situent entre 900 et 1 200 °C.

Afin d'augmenter la destruction des composés toxiques, une chambre de post-combustion est normalement ajoutée. Une cuisson supplémentaire à l'aide de déchets liquides ou de combustible peut être utilisée pour maintenir les températures nécessaires à la destruction des déchets incinérés.

4.2.1.3. Fours et chambres de post-combustion pour l'incinération des déchets dangereux

La température de fonctionnement des installations d'incinération varie normalement de 850 °C à 1 300 °C. La température peut être maintenue en brûlant des déchets à pouvoir calorifique plus élevé, des huiles usées, des huiles ou gaz de chauffage. Des fours à plus haute température peuvent être équipés de systèmes de refroidissement à eau, que l'on préfère lorsque des températures plus élevées sont atteintes. Lorsque les températures sont plus élevées, le mâchefer (scories) peut fondre (vitrifié) ; à basse température le mâchefer est fritté.

Les températures dans la chambre de post-combustion varient normalement entre 900 et 1 200 °C suivant l'installation et les déchets entrants. La plupart des installations ont la possibilité d'injecter de l'air secondaire dans la chambre de post-combustion. En raison des températures élevées et de l'introduction d'air secondaire, la combustion des gaz d'échappement est complète et les composés organiques (PAH, PCB et dioxines), y compris les hydrocarbures à faible poids moléculaire, sont détruits.

4.2.1.3.1. *Four à tambour avec chambre de post-combustion pour l'incinération des déchets dangereux*

Pour l'incinération de déchets dangereux, une combinaison de fours à tambour et de chambres de post-combustion s'est montrée efficace car elle peut traiter les déchets solides, pâteux, liquides et gazeux uniformément.

Des fours à tambour mesurant entre 10 et 15 m de long, dont le rapport entre la longueur et le diamètre se trouve normalement entre 3 et 6 et de diamètre interne entre 1 et 5 m sont normalement utilisés pour l'incinération des déchets dangereux.

4.2.1.4. Lits fluidisés

Les incinérateurs à lit fluidisé sont largement appliqués pour l'incinération de déchets divisés avec précision, tels que les combustibles dérivés des déchets et les boues d'épuration. Ils ont principalement été utilisés pour la combustion de combustibles homogènes. Parmi ceux-ci on trouve le charbon, la lignite brute, les boues d'épuration et la biomasse.

Le séchage, l'évaporation, l'allumage et la combustion ont lieu dans le lit fluidisé. La température dans l'espace libre au-dessus du lit est généralement entre 850 et 950 °C. Au-dessus du lit fluidisé, la partie libre est conçue pour permettre la rétention des gaz dans la zone de combustion. Dans le lit même, la température est inférieure (environ 650 °C).

La distribution des températures et de l'oxygène est généralement uniforme dans les systèmes d'incinération à lit fluidisé en raison de la nature bien mélangée du réacteur. Cette particularité permet un fonctionnement stable. Pour les déchets hétérogènes, une étape de préparation des déchets est nécessaire pour que leur taille soit conforme aux spécifications du lit fluidisé.

4.2.1.4.1. *Incinération à lit fluidisé bouillonnant*

Ce type de lit fluidisé est communément utilisé pour les boues d'épuration ainsi que pour d'autres boues industrielles telles que les boues des industries pétrochimiques et chimiques.

Au démarrage ou lorsque la qualité de la boue est basse (par exemple avec les vieilles boues ou une grande partie de boues secondaires) du combustible supplémentaire (pétrole, gaz et/ou combustible dérivé des déchets) peut être utilisé pour atteindre la température nécessaire (normalement 850 °C). De l'eau peut être injectée dans le four pour contrôler la température.

4.2.1.4.2. *Lit fluidisé circulant pour les boues d'épuration*

Le lit fluidisé circulant convient tout particulièrement à l'incinération des boues d'épuration séchées avec un haut pouvoir calorifique. Il fonctionne avec un matériau fin pour le lit et avec des vitesses élevées de gaz qui enlèvent la plus grande partie des particules de matière solide de la chambre du lit fluidisé dans le gaz de combustion. Les particules sont ensuite séparées dans un cyclone en aval et sont renvoyés dans la chambre d'incinération. L'avantage de ce procédé est qu'il est possible d'obtenir un renouvellement de la chaleur élevé et une température plus uniforme sur la hauteur, et ce avec un petit volume de réaction. La taille de l'usine est normalement plus grande que les lits fluidisés bouillonnants et une grande variété de déchets peut être traitée.

4.2.1.4.3. *Four à foyer à projection*

Ce système peut être considéré comme un système intermédiaire entre le four à grille et l'incinération à lit fluidisé.

La construction du four à grille est moins compliquée car la charge thermique et mécanique est relativement plus petite. Quand on compare avec les systèmes de lit fluidisé, l'uniformité de la taille des particules est moins importante et le risque d'obstruction plus faible.

4.2.1.4.4. *Lit fluidisé tournant*

Ce système est un développement du lit fluidisé bouillonnant pour l'incinération des déchets. Afin d'assurer une manipulation fiable des déchets solides, des plaques de buse inclinées, de larges glissières d'extraction des cendres du lit et des vis d'alimentation et d'extraction plus grandes doivent être utilisées. Le contrôle de la température dans la combustion à revêtement réfractaire se fait grâce au recyclage des gaz de combustion. Cette technique permet une grande gamme de pouvoirs calorifiques de combustibles.

4.2.1.5. *Systèmes de pyrolyse et de gazéification*

Des technologies alternatives pour le traitement thermique des déchets ont été développées depuis les années 70. En général, elles ont été appliquées à des types de déchets précis et à une plus petite échelle que l'incinération. Ces technologies essaient de séparer les composants des réactions qui se produisent dans les usines d'incinération de déchets conventionnelles en contrôlant les températures et les pressions dans des réactions conçues exprès.

Les autres buts de la gazéification et de la pyrolyse sont de :

- Convertir certaines fractions des déchets en gaz de transformation (appelé gaz de synthèse).
- Réduire les besoins en nettoyage du gaz grâce à la réduction des volumes de gaz de combustion.

Une des différences entre ces deux systèmes et l'incinération est qu'ils peuvent être utilisés pour récupérer la valeur chimique des déchets (au lieu de la valeur énergétique). Les produits chimiques dérivés peuvent dans certains cas être utilisés ensuite comme matière première pour d'autres opérations. Cependant, lorsqu'il s'agit des déchets, il est plus courant de combiner la pyrolyse, la gazéification et la combustion souvent sur un même site et dans le cadre d'un procédé intégré.

Lorsque c'est le cas, l'installation récupère normalement la valeur énergétique au lieu de la valeur chimique des déchets, comme dans un incinérateur normal.

Dans certains cas, les résidus solides de ces procédés contiennent des polluants qui, dans un système d'incinération, seraient transférés vers la phase gazeuse puis éliminés avec les résidus du TGC.

Les produits et les conditions de réaction typiques de la pyrolyse, de la gazéification et de l'incinération sont indiqués dans le tableau 4.5.

Tableau 4.5: Conditions de réaction typiques pour la pyrolyse, la gazéification et l'incinération

	Pyrolyse	Gazéification	Combustion
Température de réaction (°C)	250-700	500-1 600	800-1 450
Pression (bar)	1	1-45	1
Atmosphère	Inerte / azote	Agent de gazéification O ₂ , H ₂ O	Air
Rapport stœchiométrique	0	<1	>1
Produits du procédé			
Phase gazeuse :	H ₂ , CO, hydrocarbures, H ₂ O, Ns	H ₂ , CO, CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, N ₂	CO ₂ , H ₂ O, O ₂ , N ₂
Phase solide :	Cendre, coke	Scories, cendres	Cendres, scories
Phase liquide :	Eau et huile de pyrolyse		

La meilleure technique disponible pour les deux systèmes est la numéro 24 du tableau 4.4.

4.2.1.5.1. Pyrolyse

La pyrolyse est le fait de dégazer les déchets en absence d'oxygène. Au cours de ce procédé, du gaz de pyrolyse et du coke solide sont formés. Le pouvoir calorifique du gaz de pyrolyse se trouve normalement entre 5 et 15 MJ/m³ pour les déchets municipaux et entre 15 et 30 MJ/m³ pour les combustibles dérivés des déchets. D'une manière plus générale, la pyrolyse est un terme générique incluant un certain nombre de combinaisons technologiques différentes qui sont constituées, en général, des étapes suivantes :

- Combustion lente : formation d'un gaz à partir de particules de déchets volatiles à des températures entre 400 et 600 °C.
- Pyrolyse : décomposition thermique de molécules organiques de déchets entre 500 et 800 °C qui donne une formation de gaz et une fraction solide.
- Gazéification : conversion de la partie de carbone restant dans le coke de la pyrolyse à 800 - 1 000 °C à l'aide d'une substance de gazéification dans un gaz de transformation.
- Incinération : suivant la combinaison de technologies utilisée, le gaz et le coke de la pyrolyse sont brûlés dans une chambre d'incinération.

En plus du traitement thermique de certains déchets municipaux et des boues d'épuration, la pyrolyse est également utilisée dans les opérations suivantes :

- Décontamination des sols.
- Traitement des déchets synthétiques et des pneus usés.
- Traitement des morceaux de câble et des matériaux composés de métal et de plastique pour récupérer des substances.

Les avantages possibles de la pyrolyse peuvent comprendre :

- Possibilité de récupérer la valeur matérielle de fractions organiques, le méthanol par exemple
- Possibilité d'augmenter la génération d'électricité en utilisant des moteurs ou des turbines à gaz (au lieu de chaudières à vapeur).
- Réduction des volumes de gaz de combustion après la combustion, ce qui permet de réduire les coûts des investissements pour le TGC.
- Possibilité de respecter des spécifications pour l'utilisation externe du charbon produit par le lavage (la teneur en chlore par exemple).

4.2.1.5.2. Gazéification

La gazéification est la combustion partielle de substances organiques pour produire des gaz qui peuvent être utilisés comme charge d'alimentation ou combustible.

Il existe plusieurs procédés de gazéification différents disponibles actuellement ou en cours de développement. Ils conviennent normalement au traitement des déchets municipaux, de certains déchets dangereux et des boues d'épuration séchées.

Il est important que la nature des déchets entrants reste dans certaines limites prédéfinies. Le prétraitement est nécessaire, en particulier pour les déchets municipaux. Les déchets dangereux peuvent être gazéifiés directement s'ils sont liquides, pâteux ou en granulés fins.

Caractéristiques spéciales du procédé de gazéification :

- Volume de gaz moins important que le volume de gaz de combustion de l'incinération (jusqu'à un facteur de 10 en utilisant de l'oxygène pur).
- Formation majeure de CO au lieu de CO₂.
- Pressions de fonctionnement élevées (dans certains procédés).
- Accumulation de résidus solides sous forme de scories (dans les systèmes gazogènes à fusion de cendres haute température).
- Agrégat petit et compact (particulièrement pour la gazéification sous pression).
- Utilisation matérielle et énergétique du gaz de synthèse.
- Flux d'eaux résiduaires moins importants provenant du nettoyage des gaz de synthèse.

Les réacteurs de gazéification suivants sont utilisés.

- Gazogène à lit fluidisé.
- Gazogène à co-courant.
- Gazogène à cyclone.
- Gazogène à lit fixe.

4.2.1.6. Autres techniques

4.2.1.6.1. Fours à soles étagées et statiques

Les fours à soles statiques sont constitués d'un caisson à revêtement réfractaire dans lequel les déchets sont brûlés à la base du four. Des combustibles de soutien sont souvent injectés au-dessus des déchets en combustion pour aider à maintenir les températures. Ce type de système a été utilisé dans certains cas comme moyen d'élimination des animaux morts, de parties d'animaux, de déchets d'emballage et de certains déchets médicaux.

Les systèmes de fours à soles étagées sont un développement des soles statiques. Ils sont normalement constitués de 2 à 4 soles statiques disposées sur plusieurs étages. Ces systèmes sont capables de respecter les réglementations les plus récentes avec certains types de déchets. L'épuisement des déchets peut être variable et dépend beaucoup du type de déchet.

4.2.1.6.2. Fours à soles multiples

Les fours à soles multiples sont principalement utilisés pour l'incinération de boues (boues d'épuration par exemple).

Le nombre de plateaux pour le séchage, l'incinération et le refroidissement est déterminé en fonction des caractéristiques des matières résiduelles. Le four à soles multiples est aussi équipé d'un brûleur de démarrage, d'un mécanisme de dosage des boues, d'un système de circulation, d'un arbre à manchon et de ventilateurs d'air frais.

La température d'incinération est limitée à 980 °C puisqu'au-delà, la température de fusion des cendres de la boue serait atteinte et des scories se formeraient. Afin d'éviter des fuites de gaz de combustion toxiques chauds, les fours à soles multiples fonctionnent toujours avec une légère dépression.

4.2.1.6.3. Four à lit fluidisé à soles multiples

Plusieurs couches sont installées dans l'espace libre d'un lit fluidisé stationnaire, ce qui permet de pré-sécher la boue avec le gaz de combustion. Grâce à ce procédé, seule une petite quantité d'eau doit être évaporée dans le lit fluidisé, ce qui signifie que la surface de la grille et le four dans son ensemble peuvent être réduits.

L'incinération uniforme est favorisée dans les fours à lit fluidisé à soles multiples en optimisant l'alimentation en air, l'ajout de sable et l'évaporation dans les couches et dans le lit fluidisé. Des températures plus élevées (différences de température entre le haut et le bas du four) peuvent être évitées, ce qui permet de réduire la formation de NO_x.

4.2.1.6.4. Chambre d'incinération pour déchets liquides et gazeux

Les chambres d'incinération sont spécialement conçues pour l'incinération de déchets liquides et gazeux ainsi que des solides présent dans les liquides. Les chambres d'incinération sont souvent utilisées dans l'industrie chimique pour l'incinération des liquides et des gaz de dégagement. Il est possible de récupérer du HCl dans les déchets contenant des chlorures.

Toutes les chambres de post-combustion dans les usines d'incinération des déchets dangereux sont principalement des chambres d'incinération. Dans une usine (Ravenna, Italie), la chambre de post-combustion est si grande que tout le procédé thermique peut s'y dérouler.

Les températures de fonctionnement sont souvent choisies pour assurer une bonne destruction des déchets alimentant la chambre. Des systèmes catalytiques sont utilisés pour certains types de déchets, ils fonctionnent à des températures réduites situées entre 400 et 600 °C.

4.2.1.6.5. *Chambre d'incinération cycloïde pour les boues d'épuration*

Une chambre d'incinération cycloïde est maintenant utilisée pour la destruction thermique des boues d'épuration. La taille optimale des particules pour l'allumage du combustible se situe entre 1 et 5 mm, il n'est donc possible d'utiliser que des granules de boues d'épuration séchées.

4.2.1.6.6. *Incineration des eaux résiduaires*

Les eaux résiduaires peuvent être nettoyées grâce à l'incinération de leur contenu organique. Il s'agit d'une technologie spéciale pour le traitement des eaux résiduaires industrielles dans lesquelles des matières organiques et parfois inorganiques sont oxydées chimiquement à l'aide de l'oxygène de l'atmosphère avec évaporation de l'eau à haute température. Le terme « oxydation en phase gazeuse » est utilisé pour différencier ce type d'incinération des autres technologies telles que l'oxydation humide. Le procédé d'oxydation en phase en gazeuse est utilisé si les substances organiques dans l'eau ne peuvent pas être réutilisées ou si leur récupération n'est pas économique ou si une autre technique n'est pas appliquée.

4.2.1.6.7. *Technologies plasma*

Le plasma est un mélange d'électrons, d'ions et de particules neutres. Ce gaz conducteur ionisé haute température peut être créé par l'interaction entre un gaz et un champ électrique ou magnétique. Les plasmas sont une source d'espèces réactives et les températures élevées favorisent des réactions chimiques rapides.

Les procédés par plasma utilisent de hautes températures (entre 5 000 et 15 000 °C), provenant de la conversion d'énergie électrique en chaleur, pour produire un plasma. Ils impliquent le passage d'un énorme courant électrique dans un flux de gaz inerte.

Dans ces conditions, les polluants dangereux tels que les PCB, les dioxines, les furannes, les pesticides, etc. sont décomposés en constituants atomiques par injection dans le plasma. Ce procédé est utilisé pour traiter les déchets organiques, les métaux, les PCB (avec un équipement à petite échelle) et les HCB. Dans de nombreux cas, le prétraitement des déchets peut être nécessaire.

Un système de traitement des gaz de dégagement en fonction du type de déchet traité est nécessaire et le résidu est composé de cendres ou d'un solide vitrifié. L'efficacité de destruction pour cette technologie est assez élevée (> 99,99 %). Le plasma est une technologie établie au niveau commercial, cependant le procédé peut être très complexe, cher et coûteux en personnel.

4.2.2. **Utilisation de la modélisation des écoulements**

Des modèles physiques et/ou informatiques peuvent être utilisés pour étudier l'effet des caractéristiques d'un concept. Différents paramètres peuvent être étudiés tels que la vitesse et la température des gaz à l'intérieur des fours et des chaudières. Les écoulements gazeux dans les systèmes de TGC peuvent aussi être étudiés afin d'améliorer leur efficacité, unités de RSC par exemple.

La modélisation a été utilisée avec succès dans les nouvelles usines d'incinération et dans celles en place pour optimiser :

- La géométrie du four et de la chaudière.
- La mise en place d'air secondaire et/ou d'air de recyclage des gaz de combustion (si nécessaire).
- Les points d'injection du réactif pour la réduction des NO_x par RSNC.
- Les écoulements gazeux par des unités de RSC.

Pour plus d'informations, consultez la MTD numéro 15 dans le tableau 4.4. Application spécifique de cette technique :

- Modélisation des écoulements : cette technique est applicable aux nouveaux projets d'incinération de déchets, aux usines en place où il existe des préoccupations quant à la combustion et à la conception de la chaudière, aux usines en place subissant des altérations sur le four ou la chaudière, aux nouvelles usines et usines existantes étudiant la mise en place d'un équipement ou d'installations d'injection d'air de recyclage des gaz de combustion ou d'air secondaire en installant ou en utilisant une RSC.

Pour la région méditerranéenne, cette technique peut être utile, cependant les coûts étant assez élevés, ses avantages globaux doivent être étudiés avec soin.

4.2.3. Utilisation d'un fonctionnement continu au lieu d'un fonctionnement par lots

Les émissions des usines d'incinération sont plus faciles à contrôler pendant les opérations de routine que pendant les opérations de démarrage et d'arrêt. La réduction du nombre de démarrage et d'arrêts nécessaires est une stratégie importante qui peut réduire la consommation et les émissions générales. Le calibrage et la maintenance des usines pour maximiser le fonctionnement continu sont aussi importants.

Les facteurs qui aident à obtenir un débit continu incluent :

- le taux de rendement du procédé similaire au taux de réception des déchets ;
- le stockage des déchets (si possible), qui peut aider à couvrir les périodes creuses (fluctuations de génération des déchets selon les saisons) ;
- l'organisation de la chaîne d'alimentation pour éviter les périodes creuses ;
- l'ajout de combustibles supplémentaires aux déchets ;
- L'utilisation d'un nettoyage en marche.

Vous trouverez plus de détails dans la MTD 16 (tableau 4.4). Application spécifique de cette technique :

- Adopter des régimes de fonctionnement : prévoir et obtenir un plus petit nombre d'arrêts réduira forcément les niveaux d'émission de masse annuels d'une usine.

4.2.4. Contrôle des conditions de combustion

Cette section a été divisée en trois parties (optimisation de la stœchiométrie de l'alimentation en air, optimisation de l'alimentation en air primaire et secondaire et distribution). En général, les techniques de contrôle sont un élément clé du procédé de combustion car elles assurent que les conditions adéquates sont fournies. En raison de leur grande valeur en terme de prévention des incidents et des situations anormales, elles sont fortement recommandées dans la région méditerranéenne.

Application spécifique de ces techniques (voir MTD 18, tableau 4.4) :

- Optimisation et contrôle des conditions de combustion :
 - a) Alimentation en air primaire : cette technique est appliquée à toutes les usines.
 - b) Injection en air secondaire : cette technique est applicable à toutes les usines d'incinération de déchets.
 - c) Conception permettant d'augmenter la turbulence : la chambre de combustion secondaire est conçue par le fournisseur lors de l'étape de conception. Des caractéristiques supplémentaires peuvent être nécessaires avec certains types de fours et certains types de déchets. L'utilisation de caractéristiques physiques supplémentaires pour augmenter le mélange est actuellement appliquée principalement dans l'**industrie d'incinération des déchets dangereux**.

4.2.4.1. Optimisation de la stœchiométrie de l'alimentation en air

Dans les systèmes de combustion, de l'oxygène en quantité suffisante (normalement à partir de l'air) doit être fourni pour assurer des réactions de combustion complètes. L'alimentation en air joue alors les rôles suivants :

- Refroidissement.
- Prévention de la formation de scorie dans la chambre de combustion ou la chaudière.
- Mélange des gaz pour améliorer l'efficacité.
- Influence sur la qualité de l'épuisement.

La quantité précise d'air nécessaire dépend du type et des caractéristiques des déchets et du type d'appareil de combustion.

En général, la suralimentation en air doit être évitée, mais elle doit toujours être suffisante pour assurer une combustion efficace (comme le démontrent les concentrations de CO faibles et stables en aval du four).

4.2.4.2. Distribution et optimisation de l'alimentation en air primaire

L'air primaire est celui qui est injecté dans le lit de déchets, ou directement au-dessus, pour fournir l'oxygène nécessaire à la combustion. La méthode d'alimentation en air primaire est directement liée à la technologie d'incinération.

Dans les systèmes à grille, il est fourni à travers la grille dans le lit de déchets pour apporter l'air nécessaire aux différentes zones de la grille où les réactions se produisent et pour assurer une distribution correcte et homogène à l'intérieur du lit de déchets. Cette technique améliore la combustion du mâchefer et le refroidissement des barres de la grille pour éviter la scorification et la corrosion. Le refroidissement des grilles à refroidissement par fluide est obtenu au moyen d'un circuit d'eau séparé et l'air primaire n'a alors aucun effet sur le refroidissement.

4.2.4.3. Injection, distribution et optimisation de l'alimentation en air secondaire

Pendant le séchage, la gazéification, l'incinération et la combustion, les déchets combustibles sont transformés en gaz. Ces gaz sont un mélange de plusieurs composants volatiles qui doivent être encore oxydés. Dans ce but, de l'air supplémentaire (appelé air secondaire) est introduit dans le four.

L'air secondaire sert également à mélanger les gaz de combustion chauds. Pour cela il est soufflé dans le four à travers un grand nombre de buses, ce qui permet d'assurer une couverture suffisante de toute la section transversale du four.

4.2.5. Utilisation de brûleurs auxiliaires automatiques

Lors du démarrage, des brûleurs auxiliaires sont utilisés pour créer une zone au-dessus de la température minimum requise, à travers laquelle les gaz de combustion sont transférés de la zone du four vers l'incinérateur secondaire. Il s'agit de la principale condition de fonctionnement du brûleur. Afin d'assurer une température suffisante sous des conditions extrêmes, des brûleurs auxiliaires sont installés. Ils sont utilisés lorsque la température descend en dessous de la température minimum requise.

La MTD associée à cette pratique est la numéro 21 (tableau 4.4). Elle peut être appliquée dans tous les incinérateurs, en particulier ceux recevant des déchets à faible pouvoir calorifique ou des déchets de qualité irrégulière.

4.2.6. Protection des parois membranaires du four et du premier passage de la chaudière avec du réfractaire ou d'autres matériaux

Le four est formé de parois membranaires constituées de rangées de tubes verticaux, reliés par des bandes, soudés ensemble afin de former une paroi fermée (membrane), qui fait partie de la section d'évaporation de la chaudière. Dans la section inférieure du four en particulier, les parois membranaires doivent être protégées contre l'effet corrosif et abrasif des gaz de combustion qui ne sont pas encore entièrement incinérés à ce moment. Dans ce but, les parois du four de la section inférieure sont couvertes d'une couche de matériau réfractaire en céramique ou d'un autre matériau de protection. Pour les déchets à faible pouvoir calorifique, cette protection permet également de réduire le transfert de chaleur vers la chaudière, ce qui est un avantage lorsque les températures doivent être maintenues.

La meilleure technique disponible est la numéro 22 du tableau 4.4. Application spécifique de cette technique :

- Utilisation d'une combinaison d'évacuation de la chaleur proche de l'isolation du four :
 - a) Protection des parois membranaires du four : cette technique est applicable principalement dans les incinérateurs à grille pour déchets municipaux.
 - b) Utilisation d'une chaudière-four intégrale : cette techniques est applicable à tous les types d'incinérateurs à grille sauf aux fours rotatifs et oscillants. La capacité des fours doit être supérieure à 10 t/h de déchets.

4.2.7. Utilisation de petites vitesses de gaz dans le four et inclusion de passages à vide avant la section de convection de la chaudière

Les fours des incinérateurs à déchets sont normalement assez grands pour fournir de petites vitesses de gaz et des temps de séjour du gaz importants. Cette particularité permet aux gaz de combustion d'être entièrement brûlés et évite l'encrassement des tubes de la chaudière.

L'encrassement de l'échangeur de chaleur peut aussi être réduit en incluant des passages à vide entre la zone du four principal et les faisceaux d'échange de chaleur pour permettre de réduire la température du gaz et donc la viscosité des cendres volantes.

Voir les MTD 23 et 25 (tableau 4.4) pour plus d'informations sur ces techniques. Elles peuvent être appliquées dans la région méditerranéenne lorsqu'elles sont nécessaires et les avantages compensent les coûts supplémentaires. Application de chaque élément :

- Utilisation d'un four assez grand pour fournir une combinaison efficace de séjour du gaz : cette technique est applicable principalement à la conception de nouvelles usines et lorsque des modifications importantes de fours et chaudières existants sont réalisées. Elle est également applicable à presque tous les types d'incinérateurs.
- Utilisation d'une chaudière qui permet aux températures des gaz d'être suffisamment réduites : cette technique est applicable, lors de la conception, à toutes les usines d'incinération avec chaudières de récupération d'énergie, lorsque l'on veut améliorer la durée de vie et l'efficacité de fonctionnement. Utilisation d'un surchauffeur de type « plateau » : cet appareil peut être installé dans toutes les chaudières possédant deux ou trois passages ouverts.

4.3. PHASE DE RECUPERATION D'ENERGIE

La récupération d'énergie est un point important dans ces types d'installations car elle évite les problèmes d'énergie et permet des économies. La section suivante présente une description des principales techniques associées à l'amélioration de l'étape de récupération d'énergie. Le tableau 4.6 résume les meilleures techniques et pratiques disponibles. L'application spécifique est présentée dans

chaque section, cependant, ces techniques sont généralement applicables à tous les incinérateurs de déchets dangereux.

Des études particulières devraient être réalisées pour chaque installation dans la région méditerranéenne afin d'assurer les améliorations attendues.

Tableau 4.6: MTD pour la récupération d'énergie

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>26.- L'optimisation générale de l'efficacité énergétique de l'installation et de la récupération d'énergie, en général :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour réduire les pertes en énergie avec les gaz de combustion. • L'utilisation d'une chaudière pour transférer l'énergie des gaz de combustion afin de produire de l'électricité et/ou d'apporter de la vapeur / chaleur avec une efficacité de conversion thermique pour les déchets dangereux entraînant de plus grands risques de corrosion (principalement de la teneur en chlore / soufre) de la chaudière, supérieurs à 60-70 %. • Pour les procédés de gazéification et de pyrolyse, l'utilisation d'une chaudière avec une efficacité de conversion thermique d'au moins 80 % ou l'utilisation d'un moteur à gaz ou d'une autre technologie de génération électrique. 	<p>L'augmentation de la récupération et de l'alimentation / utilisation effective de la valeur énergétique des déchets remplace le besoin d'une génération externe de cette énergie, ce qui permet une économie des ressources et évite les émissions et la consommation d'une usine de génération d'énergie externe qui a été évitée.</p>	<p>Les coûts de traitement plus élevés dans les plus petites usines et le manque d'une économie d'échelle tend à mener à une plus petite disponibilité du capital pour l'investissement dans les techniques de récupération d'énergie les plus sophistiquées. Ceci signifie alors que des rendements inférieurs peuvent être espérés dans les plus petites installations.</p>
<p>27.- Protéger, si possible, les contrats d'approvisionnement en chaleur / vapeur en fonction de la charge à long terme avec les grands utilisateurs de chaleur / vapeur pour qu'il existe une demande plus régulière de l'énergie récupérée et ainsi qu'une plus grande proportion de la valeur énergétique des déchets incinérés puisse être utilisée.</p>	<p>Voir la MTD n° 26.</p>	<p>Voir la MTD n° 26.</p>
<p>28.- La localisation des nouvelles installations pour que l'utilisation de la chaleur et de l'énergie générée dans la chaudière puisse être maximisée grâce à une combinaison entre :</p>	<p>Ce système améliore l'efficacité énergétique générale en fournissant de la chaleur à un utilisateur synergique.</p>	<p>Les prix élevés de l'électricité encouragent l'adoption de techniques qui augmentent le rendement de la génération électrique.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<ul style="list-style-type: none"> • La génération d'électricité avec un approvisionnement en chaleur ou en vapeur. • L'approvisionnement en chaleur ou vapeur des réseaux de distribution de chaleur de la région. • L'approvisionnement en vapeur pour différentes utilisations, principalement industrielles. • L'approvisionnement en chaleur ou en vapeur pour entraîner des systèmes de refroidissement ou de climatisation. 		
<p>29.- Lorsque de l'électricité est générée, l'optimisation des paramètres de la vapeur, qui inclut la possibilité d'utiliser des paramètres de vapeur plus élevés pour augmenter la génération électrique et de protéger des matériaux de la chaudière en utilisant des matériaux suffisamment résistants.</p>	<p>Un rendement électrique supérieur par tonne de déchets brûlés peut être obtenu en augmentant la pression et la température de la vapeur. L'augmentation de l'efficacité réduit l'utilisation externe de combustible fossile et les émissions de CO₂ correspondantes.</p>	<p>Le coût du revêtement peut être ignoré comparé à la réduction des coûts de maintenance et au revenu de la vente d'électricité et de la meilleure disponibilité de l'usine.</p> <p>Le coût du revêtement est d'environ 3 000 EUR/m².</p> <p>L'étendue de l'augmentation des revenus dépend du prix de l'énergie obtenue.</p>
<p>30.- Le choix d'une turbine adaptée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au régime d'approvisionnement en chaleur et en électricité. • À un rendement électrique élevé. 	<p>Cette technique a une influence sur la production électrique et l'efficacité énergétique.</p> <p>La prise de vapeur optimise l'utilisation de l'énergie.</p> <p>Économies en combustibles fossiles moins polluants et produisant moins de gaz à effet de serre.</p>	<p>ND</p>
<p>31.- Dans les nouvelles installations ou celles en cours de modernisation, lorsque la génération d'électricité est la priorité sur la création de chaleur, minimisation de la pression du condensateur.</p>	<p>Une plus grande génération d'énergie électrique est possible en améliorant le vide.</p>	<p>L'utilisation de techniques plus importantes de réduction de la pression est plus économique lorsque l'énergie électrique est plus chère. Pour les condensateurs à air, les chutes de pression plus importantes demandent un équipement de surface plus importante et des ventilateurs aux moteurs plus performants, ce qui fait augmenter les coûts.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>32.- La minimisation générale de la demande en énergie de toute l'installation, comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour le niveau de performance requis, le choix de techniques dont la demande en énergie est plus faible. • L'agencement des systèmes de traitement des gaz de combustion de façon à éviter le réchauffage des gaz de combustion. • L'utilisation d'échangeurs de chaleur pour chauffer les gaz de combustion de l'entrée de la RSC avec l'énergie des gaz de combustion de la sortie de la RSC. • L'utilisation de systèmes d'échange de chaleur pour minimiser la demande en énergie pour le réchauffage des gaz de combustion. • Éviter l'utilisation de combustibles primaires en utilisant de l'énergie produite sur place. 	<p>La réduction de la demande du procédé permet de réduire le besoin en énergie externe ou permet d'exporter de plus grandes quantités d'énergies. L'énergie supplémentaire récupérée peut être livrée pour être utilisée.</p>	<p>Des économies sur les coûts d'exploitation peuvent être réalisées en réduisant la demande en énergie externe. Lorsque l'énergie économisée peut être exportée, elle peut donner des revenus supplémentaires. Les coûts des investissements d'une reconception importante dans les usines existantes peuvent être importants par rapport aux bénéfices qui peuvent être obtenus.</p>
<p>33.- Lorsque des systèmes de refroidissement sont nécessaires, le choix de l'option technique du système de refroidissement du condensateur de vapeur qui convient le mieux aux conditions environnementales locales.</p>	<p>Les avantages environnementaux dépendent du type choisi, il est possible de faire baisser la demande en électricité parasite de l'installation et les impacts thermiques, sonores et visuels.</p>	<p>ND</p>
<p>34.- L'utilisation d'une combinaison de techniques de nettoyage des chaudières pendant le fonctionnement et à l'arrêt pour réduire la présence et l'accumulation de poussière dans la chaudière.</p>	<p>L'amélioration de l'échange de chaleur permet d'augmenter la récupération d'énergie. Même si des systèmes de traitement des gaz de combustion (TGC) peuvent être utilisés pour absorber ou détruire les PCDD/F, le risque de reformation peut être réduit grâce à un nettoyage efficace.</p>	<p>ND</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>37.- Lors du choix entre un système de TGC par voie humide, semi-humide et sèche, prise en compte des critères généraux donnés comme exemple dans le tableau 5.3.</p> <p>(BREF d'incinération des déchets [3]).</p>	<p>Exemple d'étude de certains critères importants de prévention et réduction intégrées de la pollution qui peuvent être pris en compte.</p> <p>(BREF d'incinération des déchets [3], tableau 5.3)</p>	<p>ND</p>
<p>38.- Éviter l'augmentation de la consommation électrique associée, pour éviter en général (c'est-à-dire sauf s'il existe un moteur d'entraînement local spécifique) l'utilisation de deux filtres à manche sur une ligne de TGC.</p> <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <p>a) Application d'un système de nettoyage des gaz de combustion.</p> <p>b) Application d'un double filtrage à manche.</p>	<p>i) Réduction supplémentaire des émissions de poussière (en dessous de 1 mg/m^3), de métaux lourds, de mercure, de PCDD/F et de gaz acides dans l'air.</p> <p>ii) Réduction supplémentaire des émissions de poussière dans l'air. Des niveaux moyens sur 24 heures de moins de 1 mg/m^3 peuvent être obtenus dans presque toutes les situations. La séparation des résidus de TGC est possible, c'est-à-dire la séparation des cendres volantes dans les résidus de la neutralisation des gaz de combustion. La récupération de l'une des fractions peut alors être possible s'il existe des sorties adaptées.</p>	<p>a) Les aspects clés du coût de cette technique sont les suivants : augmentation des coûts des investissements pour l'unité de traitement supplémentaire et des coûts d'exploitation (principalement en raison des conditions énergétiques pour la chute de pression, de la fourniture en air comprimé pour la contre pression périodique des filtres à manche et des coûts de maintenance plus élevés).</p> <p>b) Coût et unités de traitement supplémentaires. Coûts énergétiques et maintenance supplémentaires.</p>
<p>72.- L'injection directe de déchets dangereux liquides et gazeux, lorsque ces déchets ont besoin d'une réduction spécifique des risques d'exposition, de dégagements ou d'odeur.</p>	<p>Prévention des émissions d'air dispersé car les déchets sont alimentés par un système entièrement fermé.</p>	<p>Le prix d'investissement moyen pour une ligne spécialisée atteint les 100 000 – 200 000 EUR.</p>
<p>74.- Réduire la demande en énergie de l'installation et atteindre une demande électrique moyenne de l'installation de moins de 0,3 - 0,5 MWh/tonne de déchets traités.</p>	<p>La réduction de la demande du procédé permet de réduire le besoin en énergie externe ou permet d'exporter de plus grandes quantités d'énergies. L'énergie supplémentaire récupérée peut être livrée pour être utilisée.</p>	<p>Des économies sur les coûts d'exploitation peuvent être réalisées en réduisant la demande en énergie externe. Lorsque l'énergie économisée peut être exportée, elle peut donner des revenus supplémentaires. Les coûts des investissements d'une reconception importante dans les usines existantes peuvent être importants par rapport aux bénéfices qui peuvent être obtenus.</p>

4.3.1. Introduction et principes généraux

Les usines d'incinération peuvent libérer la valeur énergétique des déchets et peuvent fournir de l'électricité, de la vapeur et de l'eau chaude. La valeur énergétique des déchets peut être mieux utilisée en étudiant la localisation de l'usine pour maximiser l'approvisionnement et l'utilisation de ces produits.

L'alimentation en énergie des usines d'incinération provient principalement du pouvoir calorifique des déchets mais peut aussi venir de combustibles ajoutés pour soutenir le procédé de combustion, et de puissance importée (électricité). L'optimisation de l'efficacité des usines implique l'optimisation de tout le procédé. La technique fournissant la meilleure efficacité énergétique dépend de la localisation de l'usine et de facteurs de fonctionnement. Exemples de facteurs qui doivent être pris en compte lors de la détermination de l'efficacité énergétique optimale :

- Localisation. S'il existe un utilisateur ou un réseau de distribution pour l'énergie produite.
- Demande pour l'énergie récupérée. Il n'y a aucun intérêt à récupérer de l'énergie qui ne sera pas utilisée. Ce problème se pose souvent avec la chaleur mais beaucoup moins avec l'électricité.
- Variabilité de la demande.
- Climat. En général, la chaleur aura une plus grande valeur dans les climats plus froids.
- Fiabilité de l'approvisionnement en combustible / électricité. Les usines isolées peuvent faire face à des livraisons de déchets peu fiables voire même à des interruptions de l'alimentation électrique qui peuvent entraîner des arrêts ou une plus grande dépendance à la puissance générée sur site.
- Composition des déchets. De plus grandes concentrations en substances corrosives peuvent entraîner un plus grand risque de corrosion et donc limiter les paramètres de la vapeur si la disponibilité du procédé doit être maintenue.
- Variabilité des déchets. Les fluctuations rapides et importantes dans la composition peuvent encrasser et dégrader le système, ce qui limite la pression de la vapeur et donc la génération d'électricité.
- Les usines de conversion à rendement électrique élevé peuvent être attrayantes lorsque les prix de l'électricité sont élevés ; cependant, une technologie souvent plus sophistiquée doit être utilisée avec un effet négatif possible sur la disponibilité.

La combustion est un procédé exothermique (dégageant de la chaleur). La majorité de l'énergie produite pendant la combustion est transférée dans les gaz de combustion. Le refroidissement des gaz de combustion permet :

- la récupération de l'énergie à partir des gaz de combustion chauds ;
- le nettoyage des gaz de combustion avant qu'ils ne soient libérés dans l'atmosphère.

Dans les usines sans récupération de l'énergie, les gaz sont normalement refroidis par injection d'eau, d'air ou des deux. Dans la plupart des cas, une chaudière est utilisée.

Dans les usines d'incinération des déchets, la chaudière a deux fonctions liées :

- Refroidir les gaz de combustion.
- Transférer la chaleur des gaz de combustion vers un autre fluide, normalement de l'eau, qui est transformée en vapeur à l'intérieur de la chaudière.

La conception de la chaudière dépendra principalement des caractéristiques des gaz de combustion et de la vapeur. Les caractéristiques des gaz de combustion dépendent elles-mêmes en grande partie du contenu des déchets. La composition des **déchets dangereux**, par exemple, varie beaucoup et les gaz bruts peuvent parfois présenter de grandes concentrations de substances corrosives. Ce point a un impact important sur les techniques de récupération énergétique qui peuvent être utilisées. En

particulier, la chaudière peut subir une corrosion importante et il se peut que la pression de la vapeur ait besoin d'être réduite avec ce type de déchet.

Les principales utilisations de l'énergie transférée vers la chaudière sont :

- Production et distribution de chaleur (sous forme de vapeur ou d'eau chaude).
- Production et distribution d'électricité.
- Combinaison des deux.

Application spécifique (MTD 26, 27 et 73 dans le tableau 4.6) :

- L'optimisation générale de l'efficacité énergétique de l'installation : l'efficacité qui peut être atteinte dépend de la nature physique et chimique des déchets brûlés et de leur pouvoir calorifique. En règle générale, un rendement électrique supérieur peut être atteint lorsque les déchets contiennent des concentrations moins importantes ou moins variables de substances qui peuvent augmenter la corrosion dans les chaudières. Étant donné que la corrosion à haute température devient un problème plus important lorsque les paramètres de la vapeur sont plus élevés, la haute disponibilité de l'usine peut devenir un facteur limitant.
- Réduction de la demande énergétique de l'installation : les options d'optimisation sont plus importantes dans les nouvelles installations mais ces options peuvent être plus limitées dans les usines déjà en place.

4.3.2. Réduction de la consommation énergétique de tout le procédé

La réduction de la consommation énergétique est une bonne pratique, importante en raison de ses avantages environnementaux et financiers. Cette pratique est entièrement applicable à la région méditerranéenne à partir du moment où les particularités de chaque installation sont prises en compte.

La réduction des besoins énergétiques de l'installation doit être comparée avec le besoin d'assurer une incinération efficace, pour permettre le traitement des déchets et le contrôle des émissions (en particulier dans l'air).

Certaines sources communes de consommation énergétique importante :

- Ventilateurs d'extraction et de soufflage pour contrôler les chutes de pression et pour l'air de combustion.
- Équipement de transfert / chargement des déchets (par exemple pompes / grues et pelles mécaniques / vis d'alimentation).
- Condensateurs à air.
- Prétraitement des déchets (déchiqueteurs, etc.)
- Chauffage des gaz de combustion pour les appareils de contrôle de pollution de l'air spécifiques (par exemple les filtres à manche ou les systèmes de RSC).
- Réchauffage des gaz de combustion pour réduire la visibilité du panache.
- Combustibles pour le soutien de la combustion et pour les démarrages et arrêts.
- Traitements par voie humide des gaz de combustion, qui refroidissent mieux les gaz de combustion que les systèmes par voie semi-humide et sèche.
- Demande en électricité des autres appareils.

Les techniques et les mesures suivantes peuvent réduire la demande du procédé :

- Éviter l'utilisation d'équipement inutile.

- Utiliser une approche intégrée pour cibler l'optimisation générale de l'énergie de l'installation au lieu d'essayer d'optimiser chaque unité séparément.
- Placer les équipements haute température en amont des équipements à basse température ou à chute de température élevée.
- Utiliser des échangeurs de chaleur pour réduire l'alimentation en énergie.
- Utiliser l'énergie générée par l'usine de traitement des déchets qui ne serait pas utilisée ou exportée autrement, afin de remplacer l'importation de sources d'énergie externes.
- Utiliser un équipement rotatif avec régulation par la fréquence pour les parties qui fonctionnent à vitesse variable telles que les ventilateurs et les pompes, lorsqu'ils sont souvent utilisés à charge réduite.

La MTD sélectionnée est la 32, comme le montre le tableau 4.6 et elle est applicable comme suit :

- Minimisation générale de la demande en énergie de toute l'installation : les options pour l'optimisation sont plus importantes dans les nouvelles installations - où il sera possible d'examiner et de sélectionner parmi une variété de concepts généraux afin d'obtenir une solution compromise entre la réduction des émissions et la consommation d'énergie. Dans les installations existantes, les options peuvent être plus limitées, en raison des dépenses (et des risques techniques supplémentaires) associées à une reconception totale. Les usines qui ont été modifiées pour atteindre des valeurs limites d'émission précises doivent généralement installer un équipement de nettoyage des gaz en fin de chaîne mais elles consommeront alors plus d'énergie.

4.3.3. Facteurs externes affectant l'efficacité énergétique : type et nature des déchets

Les caractéristiques des déchets livrés dans l'installation détermineront les techniques appropriées et le niveau jusqu'auquel l'énergie peut être effectivement récupérée. Les caractéristiques chimiques et physiques sont prises en compte lors du choix du procédé.

4.3.4. Facteurs externes affectant l'efficacité énergétique : influence de la localisation de l'usine sur la récupération de l'énergie

En plus de la qualité des déchets et des aspects techniques, le rendement possible d'un procédé d'incinération des déchets est influencé en grande mesure par les options d'utilisation de l'énergie produite. Les procédés incluant une option de fourniture d'électricité, de vapeur ou de chaleur pourront utiliser une plus grande partie de la chaleur générée pendant l'incinération dans ce but et n'auront pas besoin de refroidir la chaleur, ce qui sinon réduit l'efficacité.

L'efficacité d'utilisation de l'énergie des déchets la plus importante peut normalement être obtenue lorsque la chaleur récupérée du procédé d'incinération peut être utilisée de façon continue pour le chauffage urbain, la vapeur à usage industriel, etc., ou en combinaison avec la génération électrique. Cependant, l'adoption de ce type de système dépend en grande partie de la localisation de l'usine, en particulier de la disponibilité d'un utilisateur fiable pour l'énergie créée.

La génération d'électricité seule (c'est-à-dire sans fournir de chaleur) est courante et représente normalement un moyen de récupération d'énergie des déchets moins dépendant des circonstances locales.

Application spécifique de la MTD associée (n° 28 dans le tableau 4.6) :

- Localisation des nouvelles installations : cette technique n'est applicable que lorsqu'un fonctionnement synergique est mis en place correctement et lorsque des accords commerciaux sont établis. Elle est principalement applicable lorsque la récupération d'énergie se centre sur la production d'électricité. Elle est moins applicable aux usines qui peuvent fournir de la vapeur ou de la chaleur directement à un utilisateur.

4.3.5. Facteurs pris en compte lors du choix du concept pour le cycle énergétique

Les facteurs suivants sont pris en compte lors de la détermination du concept local d'une nouvelle usine d'incinération de déchets.

Facteur à considérer	Aspects détaillés à considérer
Alimentation en déchets	<ul style="list-style-type: none"> • Quantité et qualité. • Disponibilité, régularité, variation de la livraison en fonction des saisons. • Perspective de changement au niveau de la nature et de la quantité de déchets. • Effets de la séparation et du recyclage des déchets.
Possibilités de vente d'énergie	<p>Chaleur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aux communautés. • À des industries privées. • Utilisation de la chaleur. • Contraintes géographiques ; possibilité de réaliser une canalisation de livraison. • Durée de la demande, durée du contrat d'approvisionnement. • Obligations pour la disponibilité de l'approvisionnement. • Conditions de l'eau chaude et de la vapeur : pression, température, débit, recyclage du condensat ou non ? • Courbe de demande en fonction des saisons. • Les subventions peuvent avoir une grande influence sur l'aspect économique. • Actions des clients de la chaleur dans le financement de l'usine. <p>Électricité :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réseau électrique national ou réseau industriel, consommation propre de l'usine, consommation propre d'un client. • Le prix de l'électricité à une grande influence sur l'investissement. • Les subventions ou les prêts à taux réduits peuvent augmenter l'investissement. • Conditions techniques : tension, puissance, disponibilité d'une connexion au réseau de distribution.
Conditions de charge	<ul style="list-style-type: none"> • Moyen de refroidissement choisi : air ou eau. • Conditions météorologiques dans le temps. • Panache de vapeur d'eau accepté ou non. • Disponibilité d'eau de source froide.
Chaleur et puissance combinée	<ul style="list-style-type: none"> • Répartition en fonction de la saison. • Évolution de la répartition dans le futur.

Autre	<ul style="list-style-type: none">• Choix entre : augmenter l'efficacité énergétique, réduire les coûts des investissements, la complexité de fonctionnement, les conditions de disponibilités, etc.• Niveau de bruit acceptable.• Espace disponible.• Contraintes sur l'architecture.
-------	---

Certaines ont été sélectionnées comme meilleures techniques disponibles (numéros 29 et 31 dans le tableau 4.6). Application spécifique de ces MTD :

- Optimisation des paramètres de la vapeur : applicable à tous les incinérateurs récupérant uniquement de l'électricité ou lorsque la proportion de chaleur est faible dans les usines à chaleur et puissance combinées, afin d'augmenter le rendement en électricité. La technique a une applicabilité limitée aux procédés disposant d'options fiables pour la fourniture de vapeur ou de chaleur.
- Lorsque la génération d'électricité est la priorité : lorsque la génération d'électricité est moins prioritaire, la pression de sortie de la turbine peut être au-dessus de la pression atmosphérique. Les condensateurs à air sont souvent les seuls types applicables. Les condensateurs à eau à circuit ouvert ne conviennent qu'aux lieux avec un approvisionnement important en eau qui peut tolérer l'effet de réchauffement.

4.3.6. Choix des turbines

Le procédé d'incinération peut utiliser différents types de turbines. Les plus communes sont :

- Turbines à contre-pression : utilisées lorsqu'une quantité de chaleur importante et probablement constante peut être fournie à des clients.
- Turbines à condensation : utilisées lorsqu'il y a peu ou pas de possibilités de fournir de la chaleur à des clients et lorsque l'énergie récupérée doit être convertie en électricité.
- Turbines d'extraction à condensation : il s'agit de turbines à condensation avec une extraction importante de vapeur à pression intermédiaire dans un but donné. Il y a presque toujours des extractions de sorte que des quantités importantes et variables de chaleur ou de vapeur peuvent être fournies aux clients.
- Turbines à condensation à deux étages : Elles chauffent la vapeur entre les deux étages en utilisant une partie de la vapeur entrante pour surchauffer la vapeur du deuxième étage afin d'atteindre une plus grande production d'énergie à des températures de condensation faibles.

Une MTD est sélectionnée à ce sujet (numéro 30 dans le tableau 4.6) :

- Choix d'une turbine : le choix de la turbine doit être réalisé en même temps que les autres caractéristiques du cycle de vapeur et il dépend plus d'aspects externes que du procédé d'incinération.

4.3.7. Efficacité énergétique des incinérateurs de déchets

L'entrée et la production d'énergie sont impliquées dans l'efficacité énergétique :

Entrée d'énergie dans les incinérateurs qui doit être prise en compte pour l'efficacité énergétique :

- Entrée d'électricité : les usines peuvent choisir d'exporter toute l'électricité générée par l'incinérateur, en particulier lorsque des mesures économiques incitatives soutiennent la

production d'énergie électrique à partir de l'incinération et d'importer du réseau national l'énergie nécessaire pour faire tourner le procédé d'incinération.

- Entrée de vapeur, de chaleur, d'eau chaude : la vapeur (chaleur ou eau chaude) peut être utilisée dans le procédé. La source peut être externe ou recyclée.
- Les combustibles conventionnels sont consommés afin de : assurer la stabilité des températures de la chambre de combustion ; augmenter la température dans la chambre de combustion jusqu'au niveau nécessaire avant que l'usine ne puisse accepter des déchets ; augmenter la température des gaz de combustion afin d'éviter la corrosion des filtres à manche et de la cheminée et de supprimer la visibilité du panache ; préchauffer l'air de combustion et chauffer les gaz de combustion pour le traitement dans des appareils spécifiques, tels que la réduction catalytique sélective (RSC) ou des dépoussiéreurs à couche filtrante.

Production d'énergie à partir des incinérateurs de déchets :

- Électricité : le procédé d'incinération lui-même peut utiliser une partie de l'électricité produite.
- Combustible : du combustible (gaz de synthèse par exemple) est produit dans les usines de gazéification / pyrolyse et peut être exporté ou brûlé sur place avec ou sans récupération d'énergie.
- Vapeur / eau chaude : la chaleur dégagée lors de la combustion des déchets est souvent récupérée dans un but avantageux, tel que fournir de la vapeur ou de l'eau chaude à des utilisateurs particuliers ou industriels, générer de l'électricité externe ou même produire une énergie motrice pour les systèmes de refroidissement. Les usines de chaleur et puissance combinées fournissent de la chaleur et de l'électricité.

4.3.8. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : prétraitement des déchets

Les techniques de prétraitement ayant une importance pour la récupération d'énergie se divisent en deux catégories : homogénéisation et extraction / séparation :

L'homogénéisation de la charge d'alimentation en déchets mélange les déchets reçus à l'usine en utilisant des techniques physiques afin de fournir une alimentation aux qualités de combustion constantes.

L'extraction / séparation implique le retrait de certaines fractions des déchets avant de les envoyer dans la chambre de combustion. Les techniques vont de vastes procédés physiques pour la production de combustibles dérivés des déchets et le mélange de déchets liquides pour répondre à des critères de qualité spécifiques, à la simple localisation et suppression par des grutiers de grands éléments qui ne peuvent pas passer dans la combustion, tels que les blocs de béton ou les grands objets métalliques.

4.3.9. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : chaudières et transfert d'énergie

Des chaudières à eau tubulaires sont généralement utilisées pour la génération de vapeur et d'eau chaude à partir du potentiel énergétique des gaz de combustion chauds. La vapeur ou l'eau chaude est normalement produite dans des faisceaux de tubes le long du chemin des gaz de combustion. L'enveloppe du four, les passages à vide suivants et l'espace où se trouvent les faisceaux de tubes de l'évaporateur et du surchauffeur sont normalement constitués de membranes refroidies à l'eau.

Des paramètres de vapeur plus élevés permettent d'augmenter l'efficacité de la turbine et donnent une plus grande production d'électricité par tonne de déchets brûlés. Cependant, en raison de la nature corrosive des gaz émis par les déchets lorsqu'ils sont brûlés, les incinérateurs ne peuvent pas utiliser les mêmes températures et les mêmes pressions que certains générateurs d'énergie primaire.

Des systèmes de refroidissement par trempage et par surface froide sont utilisés dans les chaudières à circulation afin de maintenir la vapeur à une température exacte. Leur fonction est de diminuer les fluctuations de la température de la vapeur qui sont dues aux fluctuations de la charge, aux changements de qualité des déchets, à l'air excédant ainsi qu'à la contamination des surfaces de chauffe.

La préparation de l'eau d'alimentation de la chaudière et de l'eau d'appoint est essentielle pour un fonctionnement efficace et pour réduire la corrosion (à l'intérieur des tubes) ou le risque de dommages sur la turbine. La qualité de l'eau de la chaudière doit être plus élevée lorsque les paramètres de la vapeur sont augmentés.

4.3.10. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : préchauffage de l'air de combustion

Le préchauffage de l'air de combustion est particulièrement intéressant pour aider à la combustion de déchets très humides. L'apport en air préchauffé sèche les déchets qui brûleront alors plus facilement. La chaleur peut être tirée de la combustion des déchets grâce à des systèmes d'échange de chaleur.

4.3.11. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : grilles refroidies à l'eau

Le refroidissement à l'eau des grilles est utilisé pour protéger la grille. L'eau est utilisée comme moyen de refroidissement pour capturer la chaleur à partir du lit de déchets en combustion et l'utiliser ailleurs dans le procédé. La chaleur ainsi récupérée est souvent utilisée pour le préchauffage de l'air de combustion ou le chauffage du condensat. Une autre option est d'intégrer directement le système de refroidissement à eau dans le circuit de la chaudière en l'utilisant comme évaporateur.

Ces grilles sont appliquées lorsque le pouvoir calorifique net des déchets est plus élevé, en général au-dessus de 10 MJ/kg. Lorsque le pouvoir calorifique est inférieur, leur application est plus limitée.

Application spécifique de la meilleure technique disponible (numéro 33 dans le tableau 4.6) :

- Systèmes de refroidissement : Le choix du système de refroidissement dépend de questions de santé et d'environnement locales et de l'importance relative des effets sur les autres milieux. Le refroidissement à l'eau par convection n'est pas applicable dans des régions intérieures arides.

4.3.12. Réduction de la pression du condensateur

Après avoir quitté la section basse pression de la turbine à vapeur, la vapeur est condensée dans les condensateurs et la chaleur est ensuite passée dans le fluide de refroidissement. L'eau condensée à partir de la vapeur est généralement réinjectée dans le circuit et utilisée comme eau d'alimentation de la chaudière.

La température de la source froide à la sortie de la turbine est importante pour la productivité de la turbine. Plus la source est froide, plus la variation d'enthalpie est élevée et donc plus la génération d'énergie est importante. Pour des raisons de conditions climatiques, il est clair qu'il est plus facile d'obtenir cette basse pression dans les climats plus froids. Il ne s'agit donc pas d'une technique utilisable à grande échelle dans la région méditerranéenne.

4.3.13. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : condensation des gaz de combustion

L'eau contenue dans les gaz de combustion comprend de l'eau libre évaporée du combustible et de l'eau de réaction provenant de l'oxydation de l'hydrogène, ainsi que de la vapeur d'eau dans l'air de

combustion. Lors de la combustion des déchets, la teneur en eau dans les gaz de combustion après la chaudière et l'économiseur varie entre 10 et 20 % du volume, ce qui correspond à des points de rosée d'environ 50-60 °C. Pendant le nettoyage de la chaudière à la vapeur, la teneur en eau dans les gaz de combustion augmente d'environ 25 %.

La température minimum possible de séchage des gaz à ce point est de 130 à 140 °C en utilisant un matériau de construction de chaudière normal. Cette température est déterminée principalement pour être au-dessus du point de rosée acide, lié à la teneur en SO₃ et en H₂O des gaz de combustion.

4.3.14. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : pompes à chaleur

Le rôle principal des pompes à chaleur est de transformer l'énergie d'un niveau de température vers un niveau plus élevé. Il existe trois types différents de pompes à chaleur en fonctionnement dans des installations d'incinération : pompes à chaleur entraînées par compresseur, pompes à chaleur à absorption et pompes à chaleur ouvertes.

Les pompes à chaleur entraînées par compresseur sont, par exemple, installées dans les réfrigérateurs, les climatiseurs, les refroidisseurs, les déshumidificateurs et les pompes à chaleur utilisées pour chauffer avec l'énergie extraite des roches, du sol, de l'eau et de l'air. Un moteur électrique entraîne normalement la pompe mais pour les grandes installations, des compresseurs entraînés à la vapeur peuvent être utilisés. Dans un circuit fermé, une substance réfrigérante est diffusée pour circuler dans un condensateur, un détendeur, un évaporateur et un compresseur. Le rapport entre la chaleur produite et la puissance du compresseur peut atteindre 5.

Les pompes à absorption de chaleur sont semblables aux pompes à compresseur. Elles fonctionnent avec de l'eau dans un circuit fermé passant par un générateur, un condensateur, un évaporateur et un absorbeur. À la place de la compression, la circulation est maintenue par absorption d'eau dans une solution saline, normalement du brome de lithium, dans l'absorbeur. Le rapport entre la chaleur produite et la puissance de l'absorbeur est normalement de 1:6.

Pompes à chaleur ouvertes : le principe est de diminuer la teneur en eau des gaz de combustion provenant du condensateur en utilisant un échangeur de chaleur et d'humidité utilisant de l'air comme moyen intermédiaire. Plus la teneur en eau des gaz de combustion du condensateur est élevée, plus le point de rosée est élevé et plus la différence est grande entre le point de rosée de l'eau et le point de rosée de l'eau qui revient du système de chauffage urbain.

4.3.15. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : recyclage des gaz de combustion

Une partie (environ 10 à 20 % du volume) des gaz de combustion est recyclée, normalement après le pré-dépoussiérage, pour remplacer l'air secondaire entrant dans la chambre de combustion. Les rapports indiquent que cette technique réduit les pertes de chaleur dans les gaz de combustion et augmente l'énergie du procédé d'environ 0,75 à 2 %. D'autres avantages de la réduction de NO_x primaire ont aussi été indiqués. Le décalage de la conduite de recyclage apporte un remède efficace aux questions de corrosion dans cette zone.

Ces techniques sont applicables à tous les incinérateurs de déchets avec chaudières, y compris dans la région méditerranéenne (MTD 34 dans le tableau 4.6).

4.3.16. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : réchauffage des gaz de combustion pour atteindre les températures de fonctionnement des appareils de TGC

Certains équipements de contrôle de la pollution de l'air ont besoin que les gaz de combustion soient réchauffés pour permettre leur bon fonctionnement. Par exemple les systèmes de RSC et les filtres à manche qui ont normalement besoin de températures autour de 250 °C et 120 °C respectivement.

L'énergie pour le chauffage des gaz peut être obtenue de sources externes et de l'utilisation de chaleur ou de puissance produite par le système lui-même. L'utilisation des échanges de chaleur pour recapturer la chaleur après l'équipement réduit le besoin en énergie externe. Cette opération est réalisée lorsque la température des gaz de combustion n'a pas besoin d'être aussi élevée pour l'étape suivante du procédé que celle émise par l'équipement précédent.

Application spécifique de certaines de ces MTD (numéros 38 et 39 dans le tableau 4.6) :

- Éviter la consommation électrique croissante associée :
 - a) Application d'un système de nettoyage des gaz de combustion : très adapté lorsque la réduction des métaux lourds doit être encore plus importante. Les plus grandes usines avec des flux plus importants peuvent obtenir de meilleures réductions en contributions locales aux émissions. Il s'agit d'une technique en fin ligne, bien adaptée aux modifications lorsque la poussière doit être réduite. Les usines en place obtenant déjà de faibles niveaux d'émission par d'autres moyens ne profiteront peut-être pas autant de l'ajout de cette technique.
 - b) Application d'un double filtrage à manche : Cette technique peut être appliquée à tous les procédés d'incinération, mais elle convient mieux lorsque des valeurs limites d'émission de poussière très faibles sont appliquées ou lorsque les composants des résidus du TGC doivent être séparés.
- La réduction de la consommation en réactif et de la production de résidus du TGC :
 - a) Contrôle des gaz acides pour optimiser les procédés de TGC. Cette technique est particulièrement adaptée aux procédés de TGC par voie semi-humide et intermédiaire avec une grande variation des concentrations en gaz acides à l'entrée. Les petites usines peuvent être les plus concernées car l'apport en déchets variés peut exercer une grande influence sur les systèmes à plus petit débit. Elle convient aux nouveaux procédés et à ceux en place mais elle est particulièrement adaptée aux modifications au cours desquelles le contrôle des gaz acides pourrait être encore optimisé.
 - b) Recyclage des résidus de TGC dans le système de traitement : cette technique est applicable à tous les types de déchets sauf lorsque les concentrations à l'entrée sont très variables, comme par exemple pour les déchets dangereux commerciaux, à moins qu'un autre système soit utilisé en combinaison pour ces polluants. Il n'y a pas de restriction spécifique pour les nouvelles usines et usines existantes.

4.3.17. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : réduction de la visibilité du panache

Certains lieux sont très sensibles aux panaches visibles. Certaines techniques (le lavage hydraulique par exemple) donnent également de plus hauts niveaux d'humidité dans les gaz de combustion et augmentent la possibilité de panaches très visibles. Des niveaux plus faibles de température ambiante et plus élevés d'humidité font augmenter le risque de condensation du panache et donc sa visibilité. L'augmentation de la température des gaz de combustion est un moyen de réduction de la visibilité du panache tout comme l'amélioration des caractéristiques de dispersion du rejet. Suivant le taux d'humidité des gaz de combustion et les conditions atmosphériques, la visibilité du panache est considérablement réduite au-dessus des températures de dégagement des cheminées qui sont de 140 °C. Ceci peut être obtenu en choisissant différents traitements des gaz de combustion ou en utilisant des épurateurs de condensation pour supprimer de l'eau dans les gaz de combustion.

4.3.18. Techniques appliquées pour améliorer la récupération d'énergie : amélioration du cycle d'eau de la vapeur

Le choix du cycle d'eau de la vapeur aura normalement un plus grand impact sur l'efficacité énergétique de l'installation que l'amélioration de chaque élément du système. Ce choix fournit donc une plus grande opportunité pour augmenter l'utilisation de l'énergie contenue dans les déchets. Cette technique devrait être appliquée dans la région méditerranéenne.

4.3.19. Nettoyage efficace des faisceaux de convection

L'échange de chaleur est meilleur si les tubes des chaudières et des autres surfaces d'échange de chaleur sont propres. Le risque de formation de dioxine dans la chaudière peut également être réduit par ce procédé.

Le nettoyage peut être réalisé pendant le fonctionnement de la chaudière ou à l'arrêt (au cours des arrêts ou des périodes de maintenance). Les dimensions de la chaudière et le modèle de l'échangeur de chaleur (l'écart entre les tubes par exemple) ont une influence sur le type de nettoyage.

Les techniques pour le nettoyage en marche comprennent :

- Ébranlage mécanique.
- Soufflage de suie par injection de vapeur.
- Pulvérisation d'eau à haute ou basse pression (principalement sur la paroi du passage à vide de la chaudière).
- Nettoyage aux ultra et infrasons.
- Grenailage ou récurage mécanique aux graviers.
- Nettoyage par explosion.
- Injection d'air haute pression avec des lances mobiles.

Les techniques pour le nettoyage à l'arrêt comprennent :

- Nettoyage manuel périodique.
- Nettoyage chimique.

En plus de ces techniques, il peut aussi être intéressant d'éviter que les gaz à température plus élevée (lorsque les cendres volantes sont plus collantes et ont donc plus de possibilités d'adhérer aux surfaces avec lesquelles elles entrent en contact) n'entrent en contact avec les faisceaux d'échange de chaleur par convection en :

- incluant des passages à vide avec des murs d'eau uniquement ;
- utilisant de grands fours et donc des vitesses de gaz moins élevées avant les faisceaux.

4.4. GENERATEURS DE VAPEUR ET REFROIDISSEMENT PAR TREMPAGE POUR LES INCINERATEURS DE DECHETS DANGEREUX

Il existe deux approches principales adoptées pour refroidir les gaz de combustion sortant des incinérateurs de déchets dangereux : chaudières à récupération de chaleur et refroidissement par trempage rapide.

Les chaudières à récupération de chaleur dans les installations d'incinération des déchets dangereux : les gaz de combustion chauds sont refroidis dans un générateur de vapeur (ou chaudière) avec une capacité située entre 16 et 35 MW suivant l'installation. La pression de la vapeur produite est de 13 à 40 bar et la température entre 207 et 385 °C. Une série de facteurs influence l'efficacité des générateurs de vapeur utilisés dans les incinérateurs de déchets dangereux, tels que la composition des gaz et la possibilité de dépôt sur les surfaces d'échange de chaleur. Ces facteurs ont une influence importante sur les matériaux de construction utilisés ainsi que sur la durée de vie et les performances de l'équipement. Pour certaines installations, la vapeur est utilisée dans une turbine pour produire de l'électricité. La vapeur peut également être transportée pour être utilisée directement dans des procédés industriels, par exemple la production de produits chimiques, ou dans d'autres procédés de traitement des déchets, ou être utilisée dans un système de chauffage urbain. Plusieurs options sont parfois utilisées en même temps.

Refroidissement rapide par trempage : certaines installations ne sont pas équipées d'une chaudière mais la température des gaz de combustion est réduite au moyen d'un système de refroidissement très rapide par trempage. Cette technique est utilisée pour éviter la formation de dioxines et pour éviter l'installation d'une technique de suppression des dioxines à la fin du système. Ces installations sont appelées des systèmes de refroidissement rapide et ont été adoptées dans certaines usines où une très grande gamme de déchets hautement halogénés doit être traitée. Ceci limite les options possibles de récupération d'énergie.

Les principaux avantages et inconvénients de ces deux approches sont décrits dans le tableau 4.7 :

Tableau 4.7: Avantages et inconvénients des systèmes de refroidissement des gaz

Système de refroidissement des gaz	Avantages	Inconvénients
Chaudière à récupération de chaleur	<ul style="list-style-type: none"> • Grande efficacité de récupération d'énergie possible (70-80 % peuvent être convertis en vapeur). • Plus faible consommation d'eau et plus petits volumes de traitement de l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de risque plus important de reformation de dioxine dans la chaudière. • Coûts supplémentaires de maintenance et du capital pour le système de la chaudière.
Refroidissement rapide par trempage	<ul style="list-style-type: none"> • Risque limité de reformation de dioxine. • Le besoin de contrôles des dioxines supplémentaires sur les émissions atmosphériques peut être réduit. • Il peut être possible de traiter les déchets présentant une plus grande variabilité et contenant plus d'halogènes ou de sels si cette technique est utilisée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Récupération d'énergie très limitée. • La consommation d'eau peut être plus élevée. • Les volumes de traitement d'eau peuvent être plus élevés.

4.5. SYSTEME DE CONTROLE ET DE TRAITEMENT DES GAZ DE COMBUSTION (TGC)

Ce chapitre est divisé en deux parties. Une d'elle concerne le traitement des gaz de combustion et l'autre les techniques de contrôle des émissions (y compris les particules, les gaz acides, les NO_x, les dioxines et les furannes, le mercure et les métaux lourds, les composés organiques et les gaz à effet de serre). Le tableau suivant (tableau 4.8) présente la sélection des meilleures techniques disponibles.

Les techniques et les pratiques centrées sur la réduction du traitement des gaz de combustion, notamment des émissions de PCDD/F, sont considérées critiques pour toutes les installations d'incinération. L'application de la technique la plus appropriée est donc essentielle, y compris dans la région méditerranéenne.

Tableau 4.8: MTD pour les systèmes de contrôle et de traitement des gaz de combustion

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
35.- L'utilisation d'un système de traitement des gaz de combustion (TGC) général qui, s'il est combiné avec l'installation dans son ensemble fournit les niveaux d'émission indiqués dans le tableau 5.2 (BREF d'incinération des déchets [3]) pour les rejets dans l'air associés à l'utilisation de la MTD.	Gammes de niveaux d'émission associées à l'utilisation de la MTD pour les rejets dans l'air (BREF d'incinération des déchets [3], Tableau 5.2)	ND
36.- Lors de la sélection du système général de TGC, tenir compte : des facteurs généraux, des impacts possibles sur la consommation d'énergie de l'installation et des problèmes de compatibilité du système qui peuvent survenir lors de la modification d'installations en place.	Voir la MTD n° 15	Voir la MTD n° 15
37.- Lors du choix entre un système de TGC par voie humide, semi-humide et sèche, tenir compte des critères généraux donnés comme exemple dans le tableau 5.3. (BREF d'incinération des déchets [3])	Exemple d'étude de certains critères importants de prévention et réduction intégrées de la pollution qui peuvent être pris en compte (BREF d'incinération des déchets [3], Tableau 5.3)	ND
40.- L'utilisation de mesures de réduction des NO _x primaires pour réduire la production de NO _x avec une RSC ou une RNSC, suivant l'efficacité nécessaire de réduction des gaz de combustion.	Voir la MTD n° 36.	Voir la MTD n° 36.
41.- Pour la réduction des émissions générales de PCDD/F dans tous les milieux environnementaux, l'utilisation de : <ul style="list-style-type: none"> techniques pour améliorer la connaissance des déchets et leur contrôle ; techniques primaires pour détruire les PCDD/F contenus dans les déchets et les précurseurs possibles ; 	<p>a) ND</p> <p>b) Cette technique réduit le risque de production de PCDD/F dans le procédé et les émissions associées.</p> <p>c) Les PCDD/F sont adsorbés dans le charbon actif pour donner des émissions inférieures à 0,1 mg/Nm³ TEQ. Le mercure métallique est également adsorbé.</p>	<p>a) ND</p> <p>b) Pas de coûts importants impliqués pour les nouveaux procédés mais des investissements en capital très importants peuvent être nécessaires dans certaines installations existantes pour le remplacement de la chaudière ou des systèmes de traitement des gaz de combustion.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<ul style="list-style-type: none"> • concepts d'installations et de contrôles de fonctionnement qui évitent que ces conditions entraînent la reformation ou la génération de PCDD/F. <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Techniques primaires pour la prévention des PCDD/F. b) Prévention de la reformation de PCDD/F dans le système de TGC. c) Adsorption des PCDD/F par injection de charbon actif ou avec d'autres réactifs. d) Adsorption des PCDD/F dans des lits statiques. e) Destruction des PCDD/F grâce à la réduction sélective catalytique (RSC). f) Destruction des PCDD/F grâce à des filtres à manches catalytiques. 	<ul style="list-style-type: none"> d) Réduction des émissions atmosphériques comme suit : les PCDD/F sont adsorbés pour donner des émissions de gaz propres inférieures à 0,1 ng/Nm³ TEQ, le mercure est adsorbé pour donner des émissions inférieures à 50 µg/Nm³, d'habitude inférieures à 30 µg/Nm³ et la poussière est récupérée par le filtre. e) Une efficacité de destruction pour les PCDD/F en phase gazeuse de 98 à 99,9 % est rencontrée, donnant des émissions de PCDD/F inférieures à 0,1 ng/Nm³ TEQ et plus souvent entre 0,5 et 0,02 ng/Nm³ TEQ. f) Les rapports indiquent une efficacité de destruction des PCDD/F entrant dans les filtres à manches catalytiques supérieure à 99 %. Concentrations d'émission de PCDD/F inférieures à 0,02 ng/Nm³ TEQ obtenues grâce à des concentrations d'entrée de 1,9 ng/Nm³. Les filtres permettent aussi de supprimer la poussière. Le rejet total de dioxines de l'installation (dans tous les milieux) est aussi réduit d'avantage par la destruction que par l'absorption (au charbon actif). 	<ul style="list-style-type: none"> c) Les rapports indiquent que le coke de lignite est plus économique que le charbon actif. Ils indiquent également qu'en général la consommation de coke de lignite est plus élevée que celle de charbon actif (jusqu'à deux fois plus). d) Le coût d'investissement d'un filtre à coke pour 100 000 t/an est estimé à 1,2 millions EUR. Le coût d'investissement pour un filtre humide à lit statique (vide) (ligne d'incinération de 50 000 t/an) est d'environ 1 million EUR (équipement et travaux). e) ND f) Les aspects clés du coût de cette technique sont les suivants : coût d'investissement pour les manches supérieur par rapport aux manches non catalytiques. Le coût de ce moyen est de 300 EUR/m², ce qui est inférieur à la RSC mais avec une efficacité de destruction similaire et le besoin de prévoir des équipements supplémentaires pour supprimer le mercure.
<p>42.- Lorsque des laveurs hydrauliques sont utilisés, réaliser une étude de la montée des PCDD/F dans le laveur et adopter des mesures adaptées pour traiter cette montée et éviter des fuites à travers le laveur.</p>	<p>ND</p>	<p>ND</p>
<p>44.- Pour le contrôle des émissions de mercure, lorsque des laveurs sont appliqués comme seuls moyens de contrôle de l'émission totale de mercure ou comme moyen le plus efficace :</p>	<ul style="list-style-type: none"> a) Le rendement d'épuration du mercure est d'environ 85 %. L'impact de la concentration en mercure dans les déchets incinérés et la teneur en Cl sont décisifs pour déterminer les niveaux d'émission atteints au final. 	<ul style="list-style-type: none"> a) ND b) Le coût d'une installation est d'environ 4 millions EUR pour une capacité de 200 000 tonnes de déchets. Les rapports indiquent que le H₂O₂

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'une première phase à pH faible avec l'ajout de réactifs spécifiques pour la suppression du mercure ionique. • Injection de charbon actif. • Filtres à coke ou à charbon actif. <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Lavage hydraulique à faible pH et ajout d'additifs. b) Ajout de peroxyde d'hydrogène dans les laveurs hydrauliques. c) Injection de chlorite pour le contrôle du mercure élémentaire. d) Injection de charbon actif pour l'adsorption du mercure e) Utilisation de charbon actif statique ou de filtres à coke. 	<ul style="list-style-type: none"> b) Réduction supplémentaire de la concentration de tous les types de mercure dans les gaz de combustion (associé au charbon actif habituellement avec un rendement d'épuration d'environ 99,5 %) ainsi que la réduction en HCl et SO₂. c) Permet de réduire les émissions de mercure. Autres avantages : Réduction des NO_x. d) Le mercure métallique est adsorbé (normalement avec un rendement d'épuration d'environ 95 %) pour donner des émissions atmosphériques inférieures à 30 µg/Nm³. Le mercure ionique est également supprimé par adsorption chimique obtenue grâce au soufre contenu dans les gaz de combustion ou au soufre imprégné dans certains types de charbon actif. Le charbon adsorbe également les dioxines. e) Réduction des émissions atmosphériques comme suit : le mercure est adsorbé pour donner des émissions inférieures à 50 µg/Nm³, normalement inférieures à 30 µg/Nm³ et la poussière est récupérée par le filtre. 	<p>revient cher et que sa consommation peut s'avérer difficile à contrôler</p> <ul style="list-style-type: none"> c) Le coût du réactif est le facteur limitant. d) Les coûts des investissements supplémentaires pour cette technique sont minimum pour les procédés qui ont déjà un système d'injection de réactif et de filtres à manches ou qui ont l'intention d'utiliser un tel système. Les coûts d'exploitation supplémentaires proviennent de la consommation en réactif et du rejet des résidus. Le coût des opérations (coût du charbon) est d'environ 125 000 EUR/an pour une installation traitant 65 000 tonnes de déchets dangereux par an. e) Le coût d'investissement d'un filtre à coke pour une usine de traitement de 100 000 t/an est estimé à 1,2 millions EUR.
<p>45.- Pour le contrôle des émissions de mercure lorsque des systèmes de TGC par voie semi-humide et sèche sont appliqués, l'utilisation du charbon actif ou d'autres réactifs adsorbants pour l'adsorption des PCDD/F et du mercure, avec un contrôle du dosage en réactif pour que les émissions finales dans l'air se trouvent dans la plage d'émission donnée par les MTD pour le mercure.</p>	<p>Voir la MTD n° 44.</p>	<p>Voir la MTD n° 44.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>48.- Lorsque le traitement des gaz de combustion par voie humide est utilisé :</p> <p>a) L'utilisation d'un traitement physicochimique sur place pour les effluents du laveur avant leur rejet.</p> <p>b) Le traitement séparé des eaux résiduaires acides et alcalines provenant des phases de lavage lorsqu'il existe des conducteurs particuliers pour la réduction supplémentaire des rejets dans l'eau et/ou lorsque le HCl ou le gypse doit être récupéré.</p> <p>c) Le recyclage des effluents du lavage hydraulique à l'intérieur du système de lavage et l'utilisation de la conductivité électrique de l'eau recyclée comme mesure de contrôle.</p> <p>d) L'apport en capacité de stockage / tamponnement pour les effluents du laveur afin d'obtenir un procédé de traitement des eaux résiduaires plus stable.</p> <p>e) L'utilisation de sulfures ou d'autres liants pour mercure afin de réduire le mercure (et les autres métaux lourds) dans les effluents finaux.</p> <p>f) Lorsque la RSNC est utilisée avec le lavage hydraulique, les niveaux de NH₃ dans les effluents peuvent être réduits en utilisant une revaporisation du NH₃ et en recyclant le NH₃ récupéré pour l'utiliser comme réactif de réduction des NO_x.</p>	<p>a) Avec l'application de sulfures pour augmenter la précipitation des métaux lourds dans les effluents de lavage hydraulique, une réduction de 99,9 % des niveaux de mercure dans les effluents traités et des niveaux d'émission de mercure dans l'eau inférieurs à 0,003 mg/l peuvent être atteints.</p> <p>b) Les émissions dans l'eau peuvent être encore réduites avec un traitement combiné. L'optimisation des vapeurs séparées réduit la consommation en réactifs et permet un traitement ciblé. Du gypse peut être récupéré des laveurs à soufre, ce système réduit les rejets de soufre avec les eaux résiduaires et la teneur en soufre des résidus solides provenant de l'usine de traitement des effluents. Du HCl peut être généré par les laveurs acides de la première phase.</p> <p>c) Réduction de la consommation d'eau par les laveurs hydrauliques. Réduit également la demande en eau douce et les effluents envoyés à l'usine de traitement.</p> <p>d) La réduction des émissions dans l'eau, la meilleure stabilité du procédé de traitement et l'optimisation du traitement peuvent permettre de réduire la consommation pour le traitement des effluents.</p> <p>e) ND</p> <p>f) Réduction du NH₃ dans les effluents libérés par le laveur et réduction de la consommation de NH₃ lorsqu'il est recyclé vers le réactif de réduction des NO_x.</p>	<p>a) Les additifs et les réactifs peuvent être chers.</p> <p>b) Les coûts des investissements et d'exploitation pour la deuxième usine de traitement des effluents peuvent être partiellement compensés par un coût de rejet réduit lorsque le gypse et les sels tels que le NaCl et le CaCl sont récupérés.</p> <p>c) ND</p> <p>d) Il est nécessaire de fournir des volumes plus importants pour le tamponnement et la capacité de rendement du traitement des eaux résiduaires</p> <p>e) ND</p> <p>f) Les coûts des investissements et d'exploitation pour l'évaporateur d'ammoniac peuvent être partiellement compensés par la réduction en coûts de réactifs lorsque l'ammoniac récupéré est recyclé pour l'injection de réactif dans la RSNC.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>49.- L'utilisation d'une combinaison adaptée des techniques pour améliorer l'épuisement des déchets afin d'atteindre une valeur de COT dans les résidus des cendres inférieure à 3 % du poids comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'utilisation d'un compromis entre le concept, le fonctionnement et le rendement du four qui fournisse une agitation suffisante et un temps de séjour à des températures suffisamment élevées ; • l'utilisation de fours qui retiennent physiquement les déchets dans la chambre de combustion afin de permettre leur combustion ; • l'utilisation de techniques pour le mélange et le prétraitement des déchets (MTD n° 11) ; • l'optimisation et le contrôle des conditions de combustion. <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Amélioration de l'épuisement du mâchefer. b) Choix d'une technologie de combustion. c) Augmentation de l'agitation et du temps de séjour. d) Ajustement du rendement pour maintenir un bon épuisement et de bonnes conditions de combustion. e) Réduction du taux de criblage des grilles et/ou retour du produit criblé refroidi dans la chambre de combustion. 	<ol style="list-style-type: none"> f) Cette technique réduira la teneur en charbon résiduel et donc le COT. g) ND h) Destruction efficace des déchets, meilleures caractéristiques des résidus solides et extraction plus importante de la valeur énergétique des déchets. i) Cette technique assure une destruction correcte des déchets et une meilleure qualité des résidus produits. j) Meilleur épuisement des déchets et meilleure qualité du mâchefer. 	<ol style="list-style-type: none"> a) Le prétraitement de base des déchets n'est probablement pas cher. b) ND c) Dans les nouvelles installations, cette technique n'est pas chère mais elle l'est dans les usines en place. d) La restriction du débit des déchets peut réduire le revenu tiré du traitement des déchets. e) Les coûts des investissements peuvent être importants pour modifier les usines en place et il peut y avoir des coûts supplémentaires d'exploitation.

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>51.- Lorsqu'une phase de prédépoussiérage est utilisée, une étude de la composition des cendres volantes recueillies de cette façon devrait être réalisée pour déterminer si elles devraient être récupérées, directement ou après le traitement, au lieu d'être jetées.</p> <p>Les techniques suivantes peuvent être utilisées :</p> <p>a) Séparation de la phase de dépoussiérage et de traitement des gaz de combustion.</p> <p>b) Application d'un système de nettoyage des gaz de combustion.</p>	<p>a) Il est possible de réduire la production générale de dioxines (PCDD/F) en réduisant la production de résidus solides grâce au recyclage des cendres volantes dans l'appareil de combustion. Les traitements non thermiques des cendres volantes ne changent normalement pas le bilan massique des PCDD/F mais ils concentrent les PCDD/F sur de plus petites quantités de résidus.</p> <p>b) Réduction des émissions dans les flux de gaz de combustion en réduisant la charge de particules sur des procédés de TGC ultérieurs. La séparation des cendres volantes contenues dans le résidu du TGC permet de réduire les quantités de résidus de TGC produites et de traiter séparément les cendres volantes pour leur recyclage.</p>	<p>a) Le coût des procédés supplémentaires peut être compensé par la réduction des coûts de rejet des résidus du TGC.</p> <p>b) Les aspects financiers clés sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coûts des investissements plus élevés pour les unités supplémentaires. • Coûts énergétiques plus élevés, en particulier pour les filtres à manches. • Réduction possible des coûts de rejet lorsque des issues sont possibles pour séparer les cendres volantes. • Augmentation possible des coûts pour la manipulation de flux de résidus supplémentaires.
<p>75.- Pour les incinérateurs de déchets dangereux commerciaux et les autres incinérateurs de déchets dangereux acceptant des déchets de compositions et de sources très variables, l'utilisation :</p> <p>a) du TGC par voie humide est normalement une MTD pour fournir un meilleur contrôle des émissions atmosphériques à court terme ;</p> <p>b) de techniques spécifiques pour la réduction des émissions d'iode élémentaire et de brome lorsque les déchets présentent des concentrations considérables de ces substances.</p>	<p>a) Cette technique réduit les émissions atmosphériques et les systèmes de TGC par voie humide fournissent les meilleurs rendements d'épuration (pour les gaz acides solubles) parmi tous les systèmes de TGC avec les facteurs stœchiométriques d'excès les plus faibles.</p> <p>b) Un gaz de combustion jaune / marron ou pourpre peut être vu dans certains cas quand des concentrations considérables de brome ou d'iode (respectivement) passent par le système de TGC. L'utilisation d'un ajout en $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ciblé ou régulier évite cet effet.</p>	<p>a) Coûts des investissements plus importants que les autres systèmes, principalement dus à l'usine de traitement des effluents et au plus grand nombre d'unités de procédé nécessaires ; les coûts d'exploitation associés à l'enlèvement des résidus peuvent être moins élevés.</p> <p>b) Les coûts de construction d'une troisième étape de lavage dans un incinérateur de déchets dangereux existant sont d'environ 600 000 EUR. La consommation annuelle de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pour chaque ligne d'incinérateur est d'environ 50 tonnes (0,5 EUR/tonne).</p>

4.5.1. Application des techniques de TGC

Les systèmes de traitement des gaz de combustion sont une combinaison de plusieurs unités de traitement individuelles qui fournissent ensemble un système de traitement global pour les gaz de combustion.

Les composants individuels d'un système de TGC sont combinés pour fournir un système global performant pour le traitement des polluants trouvés dans les gaz de combustion. Les composants individuels sont nombreux et ils peuvent être combinés de nombreuses façons.

Dans les sous-sections suivantes, certaines indications concernant ces traitements sont développées. Certaines MTD (numéros 35, 36, 74 et 48 dans le tableau 4.8) sont sélectionnées comme mesures concernant le traitement des gaz de combustion. En principe, ces techniques peuvent être appliquées dans la région méditerranéenne. L'application spécifique de cette technique est décrite ci-dessous :

- Pour les incinérateurs de déchets dangereux commerciaux et les autres incinérateurs de déchets dangereux absorbants des déchets :
 - a) Le TGC par voie humide est normalement une MTD pour fournir un meilleur contrôle des émissions atmosphériques à court terme : il peut être appliqué à tous les types de déchets mais il convient plus particulièrement aux gaz dont la composition varie beaucoup (par exemple les déchets dangereux). Il peut aussi être appliqué à toutes les usines quelle que soit leur taille, mais il est généralement appliqué dans les moyennes et grandes usines où il existe des économies d'échelle.
 - b) Techniques spécifiques pour la réduction des émissions d'iode élémentaires et de brome : cette technique est principalement applicable aux incinérateurs de déchets dangereux ou autres installations dont les concentrations en brome / iode dans les déchets incinérés varient beaucoup et/ou sont difficiles à prévoir / contrôler.
- Lorsque le traitement des gaz de combustion par voie humide est utilisé :
 - a) L'utilisation d'un traitement physicochimique sur site : cette technique est applicable à toutes les usines d'incinération de déchets avec lavage hydraulique. Elle peut aussi être applicable à d'autres flux d'eaux résiduaires qui demandent ce type de traitement avant d'être rejetées.
 - b) Le traitement séparé des flux d'eaux résiduaires acides et alcalines provenant des étapes du laveur : cette technique est applicable uniquement dans les installations d'incinération avec laveurs hydrauliques. En général elle ne convient qu'aux nouvelles installations présentant des énergies motrices spéciales pour la pureté des effluents, etc. Elle est mieux adaptée lorsque les effluents finaux doivent être de très haute qualité et lorsqu'il existe des possibilités d'utilisation du gypse / HCl récupéré.
 - c) Le recyclage des effluents du laveur hydraulique : Cette technique ne doit être utilisée que dans les systèmes de lavage hydraulique ou pour la déshydratation des boues d'épuration.
 - d) L'apport en capacité de stockage / tamponnement pour les effluents du laveur : ce système est plus important lorsque les déchets sont très hétérogènes ou lorsque leur composition est incertaine et que le contenu des effluents varie beaucoup.
 - e) Lorsque la RSNC est utilisée avec un lavage hydraulique : cette technique peut être appliquée à toutes les installations d'incinération de déchets avec des laveurs hydrauliques en aval de l'injection de réactif d'ammoniac / d'urée pour la réduction des NO_x. Cette technique est particulièrement intéressante lorsque les niveaux de rejet d'ammoniac en aval de la chaudière sont plus élevés.

4.5.1.1. Facteurs généraux à prendre en compte lors du choix des systèmes de traitement des gaz de combustion

Les facteurs suivants doivent être pris en compte lors du choix des systèmes de traitement des gaz de combustion (TGC) (voir aussi la MTD numéro 37 dans le tableau 4.8) :

- Type de déchet : composition et variation.
- Type de procédé de combustion et sa taille.
- Flux et température des gaz de combustion.
- Contenu, taille et taux de fluctuation dans la composition des gaz de combustion.
- Valeurs limites d'émission cibles.
- Terrain et espace disponible.
- Disponibilité et coûts des sorties pour les résidus accumulés / récupérés dans l'eau et les autres réactifs.
- Possibilités d'alimentation en énergie (approvisionnement en chaleur pour les laveurs à condensation par exemple).
- Charge de rejet tolérable pour les déchets entrants (il faut tenir compte du marché et de la politique).
- Émissions sonores.
- Organiser si possible différents appareils de nettoyage des gaz de combustion avec des températures de gaz décroissantes entre la chaudière et la cheminée.

4.5.1.2. Optimisation de l'énergie

Certaines techniques de traitement des gaz de combustion peuvent augmenter considérablement l'énergie nécessaire pour l'incinération dans son ensemble. Il faut aussi tenir compte des conditions énergétiques supplémentaires imposés par la loi.

4.5.1.3. Optimisation générale et approche du « système global »

En plus des aspects énergétiques, il est intéressant de considérer le système de TGC comme une unité globale. Ce point est particulièrement important pour la suppression des polluants car les unités interagissent souvent entre elles en offrant une réduction primaire pour certains polluants et un effet supplémentaire sur les autres. Suivant la composition de la séquence de nettoyage, différentes valeurs d'efficacité de nettoyage sont obtenues.

4.5.1.4. Choix d'une technique pour les nouvelles ou anciennes installations

L'optimisation générale et l'interface entre les composants des systèmes de TGC (ainsi que le reste du procédé d'incinération) est aussi importante pour les nouvelles que pour les anciennes installations. Avec les installations existantes, le nombre d'options peut être plus restreint qu'avec les nouvelles installations. Des commentaires sur la compatibilité inter-procédé sont donnés dans les sections traitant des techniques de TGC individuelles.

4.5.2. Vue d'ensemble des traitements des gaz de combustion dans les incinérateurs de déchets dangereux

Différentes techniques sont utilisées pour réduire la concentration des composants polluants dans les gaz de combustion :

- Des systèmes de lavage sont utilisés pour réduire les composants acides dans les gaz de combustion. Des précipitateurs électrostatiques (ESP) et des filtres à manches sont utilisés pour réduire la quantité de poussière et de métaux lourds dans les gaz de combustion. Les systèmes d'ESP sont normalement installés avant les laveurs pour réduire l'entrée de solides dans le liquide de lavage mais cette technique n'est normalement pas utilisée pour les systèmes de traitement par voie sèche et semi-sèche où des filtres à manches sont utilisés. Les filtres à manches fournissent un système de contrôle de la poussière.
- Pour réduire le rejet de dioxines dans l'air, les techniques suivantes sont utilisées : charbon actif, filtres à charbon actif à lit fixe et réduction sélective catalytique.
- Pour réduire les émissions de NO_x : réduction sélective catalytique (RSC) et réduction non sélective catalytique (RNSC).

4.5.3. Traitement des gaz de combustion pour les incinérateurs à boue

Le type de systèmes de TGC utilisé dépend en grande partie de la composition des déchets et sera souvent semblable aux systèmes appliqués dans les incinérateurs de déchets municipaux. Cependant, une attention particulière peut être nécessaire pour supprimer les oxydes d'azote et le mercure.

4.5.4. Techniques pour réduire les émissions de particules

Le choix de l'équipement de nettoyage des gaz pour les particules des gaz de combustion est principalement déterminé par :

- la charge de particules dans le gaz ;
- la taille moyenne des particules ;
- la composition granulométrique des particules ;
- le débit du gaz ;
- la température des gaz de combustion ;
- la compatibilité avec les autres composants de tout le système de TGC ;
- les concentrations de sorties requises.

Certains paramètres sont rarement connus (tels que la composition granulométrique des particules ou la taille moyenne) et sont des chiffres empiriques. Les options de traitement ou de rejet disponibles pour les substances déposées peuvent aussi jouer sur le choix du système de TGC. Ainsi, s'il existe une option pour le traitement et l'utilisation des cendres volantes, celles-ci peuvent être collectées séparément des cendres volantes collectées dans les résidus de TGC.

L'application d'un système pour retirer la poussière des gaz de combustion est généralement considérée comme essentielle pour les installation d'incinération des déchets.

4.5.4.1. Phase de prédépoussiérage avant les autres traitements des gaz de combustion

Cette section considère la position d'une phase de dépoussiérage, généralement après le prédépoussiérage au niveau de la chaudière mais avant les autres phases de TGC suivantes.

Les systèmes de prédépoussiérage suivants sont utilisés pour l'incinération des déchets :

- Cyclones et multi-cyclones.
- Précipitateurs électrostatiques.
- Filtres à manches (dépoussiéreurs à couche filtrante).

4.5.4.1.1. Cyclones et multi-cyclones

Ces systèmes utilisent la force centrifuge pour séparer les particules dans le flux de gaz. Les multicyclones sont composés de nombreuses petites unités de cyclone.

En général, les cyclones seuls ne peuvent pas atteindre les niveaux d'émission appliqués maintenant dans les incinérateurs de déchets modernes. Ils peuvent cependant, avoir un rôle important lorsqu'ils sont appliqués comme prédépoussiéreur avant les autres phases de traitement des gaz de combustion. Les besoins énergétiques sont normalement faibles puisqu'il n'y a pas de chute de pression dans le cyclone. Ces systèmes sont considérés appropriés pour la région méditerranéenne.

Application spécifique de la meilleure technique disponible concernant les cyclones (numéro 51 dans le tableau 4.8) :

- Lorsqu'une phase de prédépoussiérage est utilisée, étude de la composition des cendres volantes :
 - a) Séparation de la phase de dépoussiérage et de traitement des gaz de combustion : cette technique est applicable à toutes les nouvelles installations et aux procédés existants en remplacement des systèmes de traitement des gaz de combustion.
 - b) Application d'un système de nettoyage des gaz de combustion : cette technique est applicable à tous les types de déchets (elle ne sera peut-être pas nécessaire pour les petites concentrations de poussière dans les gaz bruts). L'espace peut être un facteur limitant pour les usines existantes.

4.5.4.1.2. Précipitateurs électrostatiques (ESP)

Les précipitateurs électrostatiques sont parfois aussi appelés filtres électrostatiques. Le rendement d'épuration de la poussière des précipitateurs électrostatiques est influencée principalement par la résistance électrique de la poussière. Si les valeurs de résistance de la couche de poussière dépassent les 10^{11} à 10^{12} Ωcm , le rendement d'épuration est réduit. La résistance de la couche de poussière est influencée par la composition des déchets. Elle peut donc changer rapidement si la composition des déchets change, particulièrement dans **l'incinération des déchets dangereux**. Le soufre dans les déchets (et la teneur en eau à des températures de fonctionnement en dessous de 200 °C) réduit souvent la résistance de la couche de poussière, comme le SO_2 dans les gaz de combustion, et facilite ainsi le dépôt dans le champ électrique.

Pour le dépôt de poussière fine et d'aérosols, les installations qui conservent l'effet du champ électrostatique par formation de gouttes dans le gaz de combustion peuvent améliorer le rendement d'épuration.

Les températures de fonctionnement typiques des précipitateurs électrostatiques se trouvent entre 160 et 260 °C. Les températures plus élevées (au-dessus de 250 °C) sont normalement évitées puisqu'elles pourraient augmenter le risque de formation de PCDD/F (et donc les rejets).

4.5.4.1.3. Dépoussiéreurs à couche filtrante

Ils sont également appelés filtres à manche et sont largement utilisés dans les usines d'incinération des déchets. L'efficacité de filtration est très élevée et englobe une grande gamme de tailles de particules. Lorsque les particules sont plus petites que 0,1 microns, l'efficacité est réduite mais les gaz de combustion issus des usines d'incinération des déchets contiennent très peu de particules de cette taille. De faibles émissions de poussière sont obtenues avec cette technologie. Elle peut aussi être utilisée après un ESP et des laveurs hydrauliques.

La compatibilité du moyen filtrant avec les caractéristiques des gaz de combustion et de la poussière et avec la température de fonctionnement du filtre est importante pour la performance effective. Les propriétés du moyen filtrant doivent être adaptées à la résistance thermique, physique et chimique. Le débit des gaz détermine la surface filtrante appropriée.

La contrainte mécanique et thermique sur le matériau du filtre détermine la durée de vie et les besoins énergétiques et de maintenance.

4.5.4.2. Système de nettoyage des gaz de combustion

Cette technique concerne l'application de systèmes de traitement supplémentaire des gaz de combustion pour la réduction finale des émissions de poussière après l'application des autres TGC mais avant le rejet final des fumées dans l'atmosphère. Les principaux systèmes appliqués sont les suivants :

- Filtres à manches (tissu).
- ESP humides.
- Laveurs venturi électrodynamiques.
- Modules de filtrage aggro.
- Laveurs hydrauliques avec ionisation.

Il est possible de considérer l'ajout d'un système de nettoyage des gaz de combustion comme traitement supplémentaire après les autres systèmes qui traitent les gaz acides, etc. Cet ajout est généralement réalisé pour contrôler les émissions de HCl lorsqu'elles varient beaucoup.

Ces systèmes sont en général chers et très spécifiques et il peut-être plus intéressant d'utiliser une technique générique (plus économique) dans la région méditerranéenne.

4.5.4.2.1. *Précipitateurs électrostatiques humides (ESP humides)*

Ces systèmes se basent sur le même principe de fonctionnement technologique que les précipitateurs électrostatiques. Avec ce concept, cependant, la poussière précipitée sur les plaques du collecteur est nettoyée à l'aide d'un liquide (eau). Cette technique fonctionne bien lorsque des gaz de combustion humides ou plus froids entrent dans le précipitateur électrostatique.

4.5.4.2.2. *Précipitateur électrostatique à condensation*

Ce système est utilisé pour déposer des particules solides, liquides ou pâteuses très fines, par exemple, dans les gaz de combustion venant des usines d'incinération des **déchets dangereux**. Il est constitué de tubes en plastique verticaux organisés en faisceaux, qui sont refroidis à l'eau en externe.

Les gaz de combustion contenant de la poussière sont tout d'abord refroidis jusqu'à une température de rosée dans un refroidisseur rapide par injection directe d'eau puis saturés avec de la vapeur. En refroidissant d'avantage les gaz dans les conduites collectrices, une couche liquide lisse et fine se forme sur la surface intérieure des tubes suite à la condensation de la vapeur. Ce système est mis à la terre et sert donc d'électrode passive.

4.5.4.2.3. *Laveurs hydrauliques à ionisation (LHI)*

Ces laveurs suppriment plusieurs polluants des gaz de combustion. Le LHI combine les principes de chargement électrostatiques des particules, d'attraction et de dépôt électrostatiques pour les aérosols, de dépôt vertical pour les particules solides et liquides grossières et d'absorption des gaz dangereux, corrosifs et malodorants.

4.5.5. Techniques pour la réduction des gaz acides

Les gaz acides (émissions de HCL, HF et SO_x par exemple) sont normalement nettoyés des gaz de combustion à l'aide de réactifs alcalins. Les procédés de nettoyage des gaz de combustion suivants sont appliqués :

Procédés secs : un agent d'absorption sec (chaux ou bicarbonate de sodium par exemple) est ajouté au flux des gaz de combustion. Le produit réactif est aussi séché.

Procédés semi-humides : appelés également semi-secs, l'agent d'absorption ajouté au flux des gaz de combustion est une solution aqueuse (lait de chaux par exemple) ou une suspension (comme une pâte) La solution aqueuse s'évapore et les produits de réaction sont secs. Le résidu peut être recyclé pour améliorer l'utilisation du réactif. Les procédés de séchage éclair sont un sous-ensemble de cette technique. Ils consistent à injecter de l'eau (ce qui permet un refroidissement rapide des gaz) et un réactif à l'entrée du filtre.

Procédés humides : le flux de gaz de combustion est passé dans l'eau, dans du peroxyde d'hydrogène et/ou dans une solution de lavage contenant une partie du réactif (solution d'hydroxyde de sodium par exemple). Le produit réactif est aqueux.

4.5.5.1. Recyclage des résidus de TGC dans le système de traitement

Les résidus recueillis dans le filtre à manches utilisé par les systèmes de TGC par voie sèche, semi-humide et similaire (mais pas humide) contiennent normalement une proportion importante de réactifs de traitement des gaz de combustion non utilisés ainsi que des cendres volantes et d'autres polluants retirés du flux des gaz. Une partie des résidus accumulés peut être recyclée dans le système de TGC.

En raison du recyclage, la taille du TGC est normalement augmentée pour s'adapter au volume supplémentaire de matière recyclée.

4.5.5.2. Suppression du dioxyde de soufre et des halogènes

Le dioxyde de soufre et les halogènes gazeux sont nettoyés des gaz de combustion par l'injection d'agents d'absorption chimiques ou physiques qui sont mis en contact avec les gaz de combustion. Les produits de la réaction sont ici des sels dissous ou secs. Il existe trois systèmes : sec, semi-humide et humide. Une petite explication de chaque système est donnée ci-après.

Systèmes secs : dans les procédés d'absorption secs, l'agent d'absorption (normalement de la chaux ou du bicarbonate de sodium) est inséré dans le réacteur sous forme de poudre sèche. Le taux de réactif dépend de la température et du type de réactif. Avec la chaux, ce taux est normalement égal à deux ou trois fois la quantité stœchiométrique de la substance à déposer ; avec le bicarbonate le taux est inférieur. Ce calcul est nécessaire pour assurer le respect des limites d'émission sur une gamme de concentrations d'entrée. Les produits générés par la réaction sont des solides et ils doivent être déposés à partir des gaz de combustion sous forme de poussière dans une étape suivante, normalement avec un filtre à manches.

Systèmes semi-humides : dans l'absorption par pulvérisation, l'agent d'absorption est injecté sous forme de suspension ou de solution dans le flux de gaz de combustion dans un réacteur à pulvérisation. Ce type de procédé utilise la chaleur des gaz de combustion pour l'évaporation du solvant (eau). Les produits générés par la réaction sont des solides et ils doivent être déposés à partir des gaz de combustion sous forme de poussière dans une étape suivante.

Systèmes humides : les procédés de nettoyage des gaz de combustion utilisent différents types de laveurs. La solution de lavage est fortement acide (normalement pH 0-1) en raison des acides qui se forment au cours du dépôt. Le HCl et le HF sont supprimés en grande partie au cours de la première étape du laveur hydraulique. Les effluents de la première étape sont recyclés de nombreuses fois avec un petit ajout d'eau fraîche et une vidange du laveur pour conserver le rendement d'épuration des gaz acides. Dans ce milieu acide, le dépôt de SO₂ est faible, une deuxième étape de lavage est donc nécessaire.

4.5.5.3. Désulfuration directe (ajout direct de réactifs alcalins dans les déchets)

La désulfuration dans des procédés à lit fluidisé peut être réalisée en ajoutant des absorbants (composés de magnésium / calcium par exemple) directement dans la chambre d'incinération. Des additifs tels que la poussière de calcaire, l'hydroxyde de calcium et la poudre de dolomie sont utilisés. Le système peut être utilisé en combinaison avec la désulfuration des gaz de combustion en aval.

Le niveau de température constant des fours cycloïdes offre des conditions idéales pour la désulfuration directe.

L'absorption (et adsorption) des polluants peut être réalisée dans un réacteur à lit fluidisé dans lequel les résidus et les réactifs sont recyclés au cours d'une combustion à grande vitesse. Le recyclage des gaz de combustion maintient le flux de gaz au-dessus d'un niveau minimum afin de conserver la fluidisation du lit. La matière du lit est séparée dans un filtre à manches. L'injection d'eau réduit considérablement la consommation d'absorbants (et donc la production de résidus).

4.5.5.4. Contrôle des gaz acides pour optimiser les procédés de TGC

Le contrôle du HCl gazeux à réponse rapide en amont et/ou en aval des systèmes de TGC par voie sèche et semi-humide permet d'ajuster le fonctionnement du système de TGC afin que la qualité du réactif alcalin utilisé soit optimisée pour le point défini d'émission de l'opération. Cette technique est généralement appliquée comme méthode supplémentaire pour contrôler les pics de concentrations avec l'intégration d'une couche de réactif sur les filtres à manches qui offre également un effet de tamponnement important pour les fluctuations du réactif.

4.5.6. Techniques pour la réduction des émissions d'oxydes d'azote

La production de NO_x peut être réduite avec des techniques primaires et secondaires.

Techniques primaires : la production de NO_x peut être réduite en utilisant des mesures de contrôle du four qui évitent la suralimentation en air (ce qui évite l'apport en azote supplémentaire) ou évitent l'utilisation de températures élevées inutiles dans le four (y compris les points chauds locaux). Les techniques suivantes peuvent être utilisées : apport d'air, contrôle du mélange et de la température des gaz, recyclage des gaz de combustion, injection d'oxygène, combustion par étapes, injection de gaz naturel (rebrûlage) et injection d'eau dans le four / flamme.

Techniques secondaires : elles sont appliquées pour respecter une valeur de NO_x moyenne quotidienne (par exemple 200 mg/Nm^3 dans l'UE). Pour la plupart des procédés, l'application d'ammoniac et de dérivés de l'ammoniac (urée par exemple) en tant que réactifs de réduction a été une réussite. Les oxydes d'azote dans les gaz de combustion sont constitués en grande partie de NO et de NO_2 et sont réduits en azote N_2 et en vapeur d'eau par l'agent de réduction. Deux procédés sont importants pour la suppression de l'azote dans les gaz de combustion : la réduction sélective catalytique (RSC) et la réduction non sélective catalytique (RNSC). Le NH_3 et l'urée sont tous deux appliqués dans des solutions aqueuses. Le NH_3 est normalement fourni sous forme de solution à 25 % pour des raisons de sécurité.

La meilleure technique disponible sélectionnée (numéro 40) est indiquée dans le tableau 4.8.

4.5.6.1. Réduction sélective catalytique (RSC)

La réduction sélective catalytique (RSC) est un procédé catalytique pendant lequel de l'ammoniac mélangé à de l'air (agent de réduction) est ajouté dans les gaz de combustion et est passé dans un catalyseur, normalement une maille (platine, rhodium, TiO_2 , zéolite par exemple). L'ammoniac, lors de son passage dans le catalyseur, réagit avec les NO_x pour donner de l'azote et de la vapeur d'eau.

4.5.6.2. Réduction non sélective catalytique (RNSC)

Dans ce procédé, les oxydes d'azote sont supprimés par réduction non sélective catalytique. L'agent de réduction (normalement de l'ammoniac ou de l'urée) est injecté dans le four et il réagit avec les oxydes d'azote.

4.5.6.3. Optimisation du choix du réactif pour la réduction des NO_x par RSNC

Les réactifs utilisés pour la RSNC sont l'ammoniac et l'urée. Le choix des réactifs doit tenir compte de différents facteurs économiques et opérationnels pour être sûr que le réactif optimal est choisi pour l'installation en question.

Les nouveaux procédés peuvent être conçus spécialement pour atteindre des conditions de combustion prévisibles et stables et pour choisir les positions d'injection optimales pour le réactif, ce qui permet alors de sécuriser l'ammoniac. Les procédés existants ayant des difficultés à stabiliser les conditions de combustion (en raison du type de déchet, du contrôle ou de l'installation) ont moins de possibilités d'optimiser l'injection de réactif et devraient donc peut-être utiliser de l'urée.

4.5.7. Techniques de réduction des émissions de PCDD/F

En général, pour obtenir un bon niveau (émissions faibles), il est nécessaire d'utiliser une combinaison de techniques primaires pour réduire la production des PCDD/F, suivies de mesures secondaires pour réduire encore plus leurs niveaux d'émission dans l'air.

Les techniques qu'il est possible d'utiliser sont les suivantes :

- Adsorption sur des réactifs au charbon actif dans un système de flux entraîné : le carbone est filtré à partir du flux gazeux grâce à des filtres à manches. Le charbon actif montre une efficacité d'absorption élevée pour le mercure, ainsi que pour les PCDD/F.
- Systèmes RSC : les systèmes RSC sont utilisés pour la réduction des NO_x et détruisent aussi les PCDD/F gazeux via une oxydation catalytique.
- Filtres à manches catalytiques : les filtres à manches peuvent être imprégnés d'un catalyseur, ou bien le catalyseur est directement mélangé à la matière organique lors de la production des fibres. De tels filtres ont été utilisés pour réduire les émissions de PCDD/F.
- Recombustion des adsorbants de carbone : le carbone est utilisé pour adsorber les dioxines (et le mercure) dans de nombreux incinérateurs de déchets.
- Utilisation des plastiques imprégnés de carbone pour l'adsorption des PCDD/F : les plastiques sont largement utilisés dans la construction d'équipement de nettoyage des gaz de combustion, à cause de leur excellente résistance à la corrosion. Les PCDD/F sont adsorbées sur ces plastiques dans des laveurs.
- Filtres à lit statique : les filtres à lit fluidisé de coke actif sont utilisés comme processus de nettoyage secondaire des gaz de combustion, produits par l'incinération des déchets municipaux et dangereux. Il est possible de déposer les substances contenues dans les gaz de combustion à de très faibles concentrations, avec une grande efficacité.
- Refroidissement rapide par trempage des gaz de combustion : cette technique implique l'utilisation d'un laveur hydraulique pour refroidir directement les gaz de combustion, de leur température de combustion à une température inférieure à 100 °C. Elle est en usage dans certaines usines d'incinération des déchets dangereux. L'action d'un trempage rapide réduit la présence des gaz de combustion dans les zones de température où pourrait survenir une synthèse de novo supplémentaire des PCDD/F.
- Adsorption sur des réactifs au charbon actif dans un système de flux entraîné : le charbon actif est injecté dans le flux gazeux. Le charbon est filtré à partir du flux gazeux grâce à des filtres à manches. Le charbon actif montre une efficacité d'absorption élevée pour le mercure, ainsi que pour les PCDD/F.

- Utilisation de boues de charbon dans des laveurs : cette technique réduit les émissions du flux des gaz de combustion et empêche l'accumulation des dioxines dans la matière du laveur. Les molécules de dioxine ou de furanne sont transférées dans le liquide pulvérisé dans le laveur et les dioxines sont ensuite adsorbées sur le charbon, où se produit une réaction catalytique.

Comme indiqué précédemment, certaines de ces techniques (qui peuvent varier d'un pays à l'autre) doivent être appliquées en Méditerranée, à cause de leurs performances contre les polluants organiques persistants comme les dioxines et les furannes.

Les meilleures techniques disponibles concernant les dioxines et les furannes (PCDD/F) sont les numéros 41 et 42 (tableau 4.8). Leurs applications spécifiques sont les suivantes :

- Réduction des émissions globales de PCDD/F dans tous les milieux environnementaux :
 - a) Techniques primaires : elles sont utilisées pour améliorer les aspects relatifs à la combustion, ce qui conduira à augmenter en général les performances d'incinération, y compris avec une réduction du risque de production des PCDD/F.
 - b) Prévention de la reformation des PCDD/F : c'est notamment un problème avec les PCB ou d'autres déchets où le risque de formation des PCDD/F est considéré comme plus élevé. Cette technique est utilisée dans les usines de toutes les tailles et elle est plus difficile à intégrer dans les installations existantes.
 - c) Adsorption des PCDD/F par le charbon actif : cette technique est utilisée avec tous les types de déchets, dans les usines de toutes les tailles et dans les usines nouvelles et existantes (modification facile des équipements dans la plupart des cas).
 - d) Adsorption des PCDD/F sur des lits statiques : cette technique s'utilise avec tous les types de déchets, mais elle est particulièrement adaptée aux **déchets dangereux** et hétérogènes, où la quantité des PCDD/F peut être élevée à cause des conditions de combustion difficiles.
 - e) Destruction des PCDD/F à l'aide de la méthode de dispersion par réaction chimique (DCR) : cette technique peut être utilisée avec tous les types de déchets et dans des usines de toutes les tailles, mais elle est plus économique pour les installations moyennes à grandes à cause des coûts des investissements.
 - f) Destruction des PCDD/F à l'aide de filtres catalytiques : cette technique s'applique à tous les types de déchets et aux usines de toutes les tailles. Elle est aussi applicable aux installations nouvelles et existantes.

4.5.8. Techniques de réduction des émissions de mercure

Il existe deux types de techniques de réduction des émissions de mercure (Hg) : primaire et secondaire. Les techniques primaires sont à usage général (complètement applicables en Méditerranée) et les secondaires à usage spécifique.

Techniques primaires : le mercure est hautement volatil et par conséquent, il passe pratiquement exclusivement dans le flux des gaz de combustion. Les seules techniques primaires appropriées pour éviter les émissions de mercure dans l'air sont celles qui empêchent ou qui contrôlent, si possible, l'introduction du mercure dans les déchets : collecte sélective efficace des déchets susceptibles de contenir des métaux lourds, par exemple les piles, les batteries, les amalgames dentaires, etc. ; notification aux producteurs de déchets de la nécessité d'isoler le mercure ; identification et/ou restriction lors de la réception de déchets potentiellement pollués par le mercure, et dans les lieux de réception desdits déchets, contrôle des admissions pour éviter une surcharge de la capacité du système de réduction.

Techniques secondaires : le mercure est entièrement vaporisé à une température de 357 °C et il reste sous forme gazeuse dans les gaz de combustion, après avoir traversé le four et la chaudière. Le mercure minéral et le mercure élémentaire sont affectés différemment par les systèmes de TGC et un examen détaillé des résultats pour les deux sont nécessaires. La sélection d'un procédé de réduction du mercure dépend de la charge entrante et du contenu en chlore de la matière en combustion. Avec un contenu plus

élevé en chlore, le mercure présent dans les gaz de combustion bruts prendra de plus en plus une forme ionique, qui peut être déposée dans des laveurs. C'est un argument de poids pour les usines d'incinération des boues d'épuration où les niveaux gazeux bruts de chlore peuvent être assez faibles. Cependant, si le contenu en chlore des boues d'épuration (sèches) représente une masse de 0,3 % ou plus, seul 10 % du mercure dans le gaz nettoyé est élémentaire ; et l'élimination du seul mercure ionique peut aboutir à un niveau total d'émission du Hg de 0,03 mg/Nm³. Le mercure métallique peut être enlevé du flux des gaz de combustion grâce à : la transformation en mercure ionique par l'ajout d'oxydants suivie d'un dépôt dans le laveur, ou un dépôt direct sur du charbon actif dopé au soufre, du coke de four à sole ou des zéolithes.

Les quatre sous-sections suivantes présentent quatre cas différents de réduction du mercure.

Les meilleures techniques disponibles concernant cette catégorie sont indiquées dans le tableau 4.8 (N° 44 et 45). L'applicabilité particulière de la MTD 44 est la suivante :

- Pour le contrôle des émissions de Hg :
 - a) Lavage à faible pH et ajout d'additif : cette méthode est conforme uniquement aux limites d'émission définies dans la directive 2007/76/CE relative à l'incinération des déchets. Cette technique est applicable uniquement pour le contrôle des émissions de Hg dans l'air en tant qu'étape de prétraitement du Hg, ou lorsque les concentrations entrantes de déchets sont suffisamment faibles (par exemple inférieures à 4 mg/kg¹⁷). Sinon, cette méthode peut provoquer des émissions atmosphériques supérieures à 50 µg/Nm³.
 - b) Ajout de peroxyde d'hydrogène dans les laveurs : cette méthode est applicable à tous types d'incinérateur de déchets utilisant le lavage. Le meilleur effet est atteint si le laveur est situé en aval du filtre à manches avec injection de carbone.
 - c) Injection de chlorite pour le contrôle du mercure élémentaire : incinération des déchets ; réduction du mercure dans les gaz de combustion contenant au moins 400 mg/Nm³ de chlorure d'hydrogène. Compatible uniquement avec les systèmes de lavage.
 - d) Injection de charbon actif pour adsorption du Hg : cette technique fournit une réduction efficace des émissions pour de nombreux types de déchets. Elle est applicable aux nouvelles installations et en tant que mise aux normes pour les anciennes.
 - e) Utilisation des filtres statiques au coke ou au charbon actif : cette technique est particulièrement adaptée aux usines très hétérogènes et de déchets dangereux. Indépendamment de la taille de l'usine, elle peut être appliquée à des installations nouvelles ou existantes.

4.5.8.1. Lavage à faible pH et ajout d'additif

L'utilisation de laveurs pour la suppression des gaz acides provoque la réduction du pH du laveur. La plupart des laveurs fonctionnent au moins en deux étapes. La première élimine principalement le HCl, le HF et certains SO₂. La seconde, où le pH est maintenu à 6-8, sert à supprimer le SO₂. Si pendant la première étape, le pH reste inférieur à 1, l'efficacité de la suppression du Hg ionique en tant que HgCl₂, qui est généralement le composé principal du mercure après la combustion des déchets, dépasse les 95 %. Cependant, les taux de suppression du Hg métallique sont uniquement de l'ordre de 0-10 %, principalement à cause de la condensation à la température de fonctionnement du laveur, d'environ 60 à 70 °C.

L'adsorption du mercure métallique peut être augmentée jusqu'à un maximum de 20-30 %, grâce à :

- l'ajout de composés sulfurés à la bouillie du laveur ;
- l'ajout de charbon actif à la bouillie du laveur ;

¹⁷ mg/kg : milligramme/kilogramme

- l'ajout d'oxydants, par exemple du peroxyde d'hydrogène, à la bouillie du laveur. Cette technique transforme le mercure métallique sous forme ionique en HgCl_2 pour faciliter sa précipitation, et elle possède l'effet le plus significatif.

4.5.8.2. Injection de charbon actif pour adsorption du Hg

Cette technique implique l'injection de charbon actif en amont d'un filtre à manches ou d'un autre dispositif de dépoussiérage. Le mercure métallique est adsorbé dans le flux et là où des filtres barrière, comme les filtres à manches, sont utilisés. Il est également adsorbé sur le réactif conservé à la surface du manche.

4.5.8.3. Séparation du mercure à l'aide d'un filtre à résine

Après le dépoussiérage et le premier rinçage acide, les acides bruts contenus dans le métal lourd retenu ioniquement sont emportés à travers un échangeur d'ions Hg. Le mercure est isolé dans un filtre à résine. Puis l'acide est neutralisé à l'aide d'un lait de chaux.

4.5.8.4. Injection de chlorite pour le contrôle du Hg élémentaire

L'injection d'un agent d'oxydation puissant convertira le mercure élémentaire en mercure oxydé et rendra possible son lavage dans le laveur. Pour éviter que cet agent ne s'épuise en réagissant avec d'autres composés, il est introduit juste avant la pulvérisation du premier lavage acide. Le pH du laveur est maintenu entre 0,5 et 2.

Lorsque le liquide pulvérisé entre en contact avec les vapeurs acides contenant le chlorure d'hydrogène, le chlorite est transformé en dioxyde de chlore, qui est l'élément actif réel.

4.5.9. Techniques de réduction des autres émissions de métaux lourds

Les autres métaux lourds, lors de l'incinération, sont convertis principalement en oxydes non volatils et déposés avec les cendres de combustion. Par conséquent, les principales techniques appropriées sont celles applicables au dépoussiérage. Les rapports indiquent également que le charbon actif est aussi utilisé pour réduire les émissions de métaux lourds.

4.5.10. Techniques de réduction des émissions de composés de carbone organique

Une combustion efficace est le meilleur moyen de réduire les émissions atmosphériques des composés de carbone organique. Les gaz de combustion en provenance des usines d'incinération des déchets peuvent contenir des traces d'un large éventail d'éléments organiques : hydrocarbures aromatiques halogénés ; hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ; benzène, toluène et xylène (BTX) ; polychlorodibenzodioxines (PCDD) et polychlorodibenzofurannes (PCDF). Les PCDD/F peuvent se former après le four, à partir des composés précurseurs. Les composés précurseurs sont les suivants : le PCB, les polychlorodiphénylméthanes (PCDM), les chlorobenzènes et les chlorohydroxybenzènes.

Les PCDD et PCDF peuvent aussi se former lors des réactions catalytiques du carbone, ou des composés du carbone, avec les composés chlorés minéraux sur des oxydes métalliques. Ces réactions se produiront surtout sur des cendres volantes ou de la poussière de filtre, à des températures entre 200 et 450 °C.

Les trois mécanismes suivants sont supposés conduire à la formation de dioxine / furanne lors de l'incinération des déchets :

- Formation des PCDD/F à partir des hydrocarbures chlorés déjà présents, ou créés, dans le four (tels que du chlorohydrobenzène ou du chlorobenzène).

- Synthèse de novo dans la plage des basses températures (chaudières, ESP à sec).
- Destruction incomplète des PCDD/F fournis avec les déchets.

L'incinération optimisée des gaz de combustion détruit en grande partie les composés précurseurs. La formation des PCDD/F à partir des composés précurseurs est, par conséquent, supprimée.

Les émissions des composés d'hydrocarbures organiques peuvent être réduites par un dépôt supplémentaire de poussière et d'aérosol, puisque ce polluant adsorbe de préférence sur une fine couche de poussière, et par un refroidissement renforcé des gaz de combustion (condensation).

L'applicabilité particulière de cette technique (MTD numéro 49 dans le tableau 4.8) est la suivante :

- L'utilisation d'une combinaison adaptée des techniques pour l'amélioration de la combustion des déchets :
 - a) Utilisation d'une combinaison de conceptions de four : elle est applicable aux installations nouvelles et existantes.
 - b) Agitation et temps de présence augmentés : la nature des déchets reçus peut restreindre la sélection de la technologie de combustion réelle. Cependant, ces techniques sont appliquées dans tous les cas.
 - c) Réglage de sortie pour maintenir une bonne combustion et des conditions de combustion correctes : cette technique est applicable à toutes les usines d'incinération des déchets.
 - d) Réduction du taux de criblage de la grille et/ou retour du criblage refroidi dans la chambre de combustion : cette technique est applicable à tous les incinérateurs à grille, notamment ceux où :
 - des inquiétudes particulières ou des exigences existent et nécessitent une amélioration de la combustion ;
 - des déchets médicaux et d'autres déchets infectieux sont co-brûlés et peuvent traverser la grille du foyer ;
 - les grilles avec un plus grand espace entre les barres de la grille et les criblages en hauteur ou dans d'autres systèmes où les niveaux de criblage peuvent être relativement plus hauts.

4.5.11. Réduction des gaz à effet de serre (CO₂, N₂O)

Il existe essentiellement deux façons de réduire les émissions des gaz à effet de serre :

- Augmenter l'efficacité de la fourniture et de la récupération de l'énergie.
- Contrôler les émissions de CO₂ grâce au traitement des gaz de combustion.

La production de carbonate de soude par la réaction du CO₂ avec du NaOH dans les gaz de combustion reste possible.

4.5.11.1. Prévention des émissions d'oxyde d'azote

Les émissions d'oxyde d'azote à partir de l'incinération des déchets peuvent survenir à la suite de :

- l'utilisation de températures de combustion trop basses – s'applique généralement aux températures inférieures à 850 °C ;
- l'utilisation de la RSNC pour la réduction de NO_x (notamment lorsque l'urée est le réactif sélectionné).

La température optimale pour la diminution simultanée de la production de NO_x et de N₂O est comprise entre 850 et 900 °C. Dans des conditions où la température dans la chambre de post-combustion est supérieure à 900 °C, les émissions de N₂O sont faibles. Les émissions de N₂O à partir

de l'utilisation de la RSC sont aussi faibles. Par conséquent, si les températures de combustion sont supérieures à 850 °C, en général, la RSNC représente la seule source significative d'émission de N₂O, en provenance des incinérateurs de déchets modernes.

Pour éviter les émissions d'oxyde d'azote, les techniques suivantes sont utilisées :

- Réduction du dosage du réactif de la RSNC par l'optimisation du processus de la RSNC.
- Sélection de la fenêtre de température optimisée pour l'injection du réactif de la RSNC.
- Utilisation des méthodes de modélisation des flux pour optimiser l'emplacement des buses d'injection.
- Élaboration d'une conception qui garantisse un mélange gaz / réactif efficace à la température appropriée.
- Zones de combustion sur-stœchiométrique pour garantir l'oxydation de l'oxyde d'azote.
- Utilisation d'ammoniac au lieu d'urée dans la RSNC.

4.6. TRAITEMENT DES EAUX RÉSIDUAIRES ET TECHNIQUES DE CONTRÔLE

Cette section décrit les techniques nécessaires au traitement des eaux résiduares en provenance du traitement des gaz de combustion et des usines d'incinération des déchets dangereux. Le tableau 4.9 présente la sélection des meilleures techniques et pratiques disponibles. L'application d'un certain type de traitement des eaux résiduares est indispensable dans les incinérateurs de déchets dangereux, y compris en Méditerranée.

Tableau 4.9 : MTD pour le traitement des eaux résiduares et techniques de contrôle

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>46.- L'optimisation générale de la recirculation et de la réutilisation des eaux résiduares produites sur le site à l'intérieur de l'installation.</p> <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <p>a) Recyclage des effluents dans le processus sur le lieu de leur rejet.</p> <p>b) Utilisation des eaux usées de la chaudière pour l'alimentation en eau des laveurs.</p>	<p>a) Cette technique peut permettre à l'incinérateur de déchets de concentrer les polluants minéraux sous la forme de déchets solides, de réduire la consommation d'eau et d'éliminer (ou de réduire) la nécessité de rejeter les effluents.</p> <p>b) Réduction de la consommation d'eau grâce au remplacement de l'eau d'approvisionnement des laveurs.</p>	<p>a) Les coûts augmenteront si un traitement provisoire des effluents est nécessaire. Des économies peuvent être réalisées en réduisant la consommation d'eau et les coûts de rejet.</p> <p>b) ND</p>
<p>47.- L'utilisation de systèmes indépendants pour le drainage, le traitement et le rejet des eaux de pluie qui tombent sur le site, y compris les eaux des toits, de manière à ce qu'elles ne se mélangent pas avec les flots d'eaux résiduares polluées, réelles ou potentielles. Certains de ces flots d'eaux résiduares peuvent nécessiter aucun ou uniquement un petit traitement avant leur rejet, en fonction du risque de pollution et des conditions de rejet locales.</p>	<p>L'avantage environnemental est une réduction du volume des eaux résiduares nécessitant un traitement ; la part polluée restante est d'une concentration plus élevée et peut être traitée plus efficacement.</p>	<p>Les coûts de mise aux normes peuvent être significatifs pour les sites existants, mais ces systèmes peuvent être installés efficacement sur de nouveaux sites. Des économies peuvent être réalisées grâce à la réduction de la capacité de la réserve d'eau nécessaire sur le site.</p>

4.6.1. Sources potentielles d'eaux résiduaires

Les émissions potentielles dans l'eau pour les usines d'incinération des déchets sont les suivantes : eaux résiduaires du processus, eaux résiduaires provenant de la collecte, du traitement et du stockage du mâchefer, eaux résiduaires des sanitaires, eaux de pluie propres, eaux de pluie polluées, eaux de refroidissement utilisées et eaux résiduaires condensées en provenance du préséchage partiel des boues d'épuration.

4.6.2. Principes de conception de base pour le contrôle des eaux résiduaires

Les principes de base suivants s'appliquent au contrôle des eaux résiduaires d'incinération : application d'une technologie d'incinération optimisée, réduction de la consommation d'eau et du rejet des eaux résiduaires, conformément aux normes d'émission des eaux applicables, et fonctionnement optimisé du système de traitement des eaux.

L'applicabilité particulière pour les meilleures pratiques sélectionnées (numéros 46 et 47 du tableau 4.9) est la suivante :

- L'utilisation de systèmes indépendants pour le drainage, le traitement et le rejet des eaux de pluie qui tombent sur le site : cette technique peut s'appliquer à toutes les installations d'incinération des déchets. Si l'incinérateur est situé dans une commune avec un seul égout commun pour les eaux de pluie et les eaux résiduaires, la collecte séparée des flots non pollués est d'une utilité limitée, à moins qu'ils ne puissent être traités comme il se doit pour un rejet direct dans l'environnement.

4.6.3. Traitement des eaux résiduaires en provenance des systèmes de traitement par voie humide des gaz de combustion

Les eaux résiduaires du processus, provenant du traitement des gaz de combustion, contiennent une grande variété de composants polluants. Les quantités d'eaux résiduaires et les concentrations dépendent de la composition des déchets et de la conception du système de traitement des gaz de combustion. Le recyclage des eaux résiduaires dans les systèmes de TGC par voie humide peut produire une réduction substantielle de la quantité des eaux résiduaires et par conséquent, des concentrations de polluants plus élevées.

Trois méthodes principales s'appliquent au traitement des eaux résiduaires en provenance des systèmes de traitement par voie humide des gaz de combustion :

- Traitement physicochimique : basé sur la correction de pH et la sédimentation. Ce système produit un flot d'eaux résiduaires traité contenant des sels dissous qui, sans évaporation, nécessite un rejet.
- Évaporation sur la ligne du processus d'incinération des déchets à l'aide d'un sécheur à pulvérisation, dans des systèmes de TGC par voie semi-humide, ou d'autres systèmes qui utilisent un filtre à manches. Dans ce cas, les sels dissous sont intégrés au résidu du système de traitement des gaz de combustion. Il n'existe aucune émission d'eaux résiduaires, autre que celle évaporée avec les gaz de combustion.
- Évaporation séparée des eaux résiduaires. Dans ce cas, l'eau évaporée est condensée, mais comme elle est généralement très propre, elle peut être souvent rejetée (ou réutilisée) sans précaution particulière.

4.6.3.1. Traitement physicochimique

Le processus montré est composé des étapes suivantes. La totalité ou certaines d'entre elles peuvent être utilisées :

- Neutralisation des eaux résiduaires polluées : la chaux est souvent utilisée. Cette opération produit la précipitation des sulfites et des sulfates.

- Floculation des polluants : la suppression des composés de métaux lourds est basée sur la floculation, suivie d'une précipitation. Elle nécessite une plage de pH différente en fonction du métal.
- Dépôt de la boue créée.
- Déshydratation de la boue.
- Filtration de l'effluent : des filtres à sable et/ou des filtres à charbon actif peuvent être utilisés pour cette procédure. Ils réduisent les concentrations en métaux lourds et en composés PCDD/F, HAP, etc.

D'autres étapes peuvent aussi inclure :

- la précipitation ;
- la coagulation ;
- le contrôle du pH et de la température.

4.6.3.2. Application des sulfures

Pour effectuer une floculation, des agents organiques (par exemple des polyélectrolytes) sont généralement utilisés. L'ajout de générateurs de complexe et de sulfures permet une réduction supplémentaire des rejets de mercure et d'autres métaux lourds.

L'utilisation des sulfures nécessite des règles de sécurité spéciales.

4.6.3.3. Application de la technologie à membrane

Cette technique est particulièrement efficace pour de grands flots d'eau avec de faibles concentrations en sel.

4.6.3.4. Extraction de l'ammoniac

Pour l'application de la RSNC de dénitrification, les eaux résiduaires en provenance du laveur contiennent des composés ammoniaqués. En fonction de la concentration réelle en ammoniac, l'extraction de l'ammoniac de l'effluent peut être une option.

4.6.3.5. Traitement séparé des eaux résiduaires de la première et de la dernière étape des systèmes de lavage

Les premières étapes des systèmes de lavage se déroulent généralement à un très faible niveau de pH. Dans ces conditions de traitement, le HCl est extrait des flux des gaz de combustion. L'extraction de SO₂ se déroule à la dernière étape, avec un pH neutre.

4.6.3.6. Traitement biologique anaérobie (conversion des sulfates en soufre élémentaire)

Les sulfates dans les eaux résiduaires peuvent être réduits en sulfures dans un réacteur, par l'activité de bactéries anaérobies. L'effluent de ce réacteur, qui possède une teneur élevée en sulfures, est traité dans un second réacteur. Dans celui-ci, les sulfures sont biologiquement oxydés, dans une atmosphère aérobie, en soufre élémentaire.

Cette technologie peut être difficile à appliquer dans le domaine des déchets dangereux.

4.6.3.7. Systèmes d'évaporation pour les eaux résiduaires du processus

Si le rejet des sels solubles n'est pas acceptable, les eaux résiduaires du processus doivent être évaporées. Pour ce faire, il existe deux options principales :

- Évaporation en ligne : les déchets sont recyclés dans le processus à l'aide d'un sécheur à pulvérisation (comparable à l'absorbeur à pulvérisation).
- Évaporation séparée : elle est basée sur l'évaporation dans des systèmes d'évaporation chauffés à la vapeur.

4.6.3.8. Recirculation des eaux résiduaires polluées dans des systèmes de nettoyage par voie humide

Les eaux résiduaires polluées en provenance des laveurs sont recyclées autant que possible avant tout traitement, pour qu'elles puissent être réutilisées pour alimenter les laveurs ou servir d'eau de dilution des floculants organiques pour la déshydratation des boues d'épuration.

4.6.3.9. Recirculation des effluents dans le processus sur le lieu de leur rejet

Puisque le processus d'incinération lui-même fournit un moyen de concentrer et d'éliminer les polluants des flux de déchets, il est possible d'alimenter le processus d'incinération, à des endroits appropriés, avec des volumes faibles à moyens d'effluents d'eaux résiduaires. Cela peut être réalisé de telle manière que le fonctionnement de l'usine d'incinération ne soit pas affecté, ni ses performances environnementales.

4.6.3.10. Rejet séparé des eaux de pluies en provenance des toits et d'autres surfaces propres

Cette technique implique la séparation des eaux usées des eaux de pluie propres, afin qu'elles ne se mélangent pas avec des flots potentiellement ou réellement pollués.

4.6.3.11. Fourniture d'une capacité de stockage / tampon pour les eaux résiduaires

Plus le volume de stockage fourni est important, plus grande est l'homogénéité de la composition des eaux résiduaires. Par conséquent, cela permet d'améliorer l'optimisation et le contrôle du processus au moment du traitement.

4.6.3.12. Traitement séparé des effluents provenant des différentes étapes du lavage

Cette technique implique la séparation et un traitement indépendant des flux de lavage acide et alcalin, afin de permettre une amélioration de l'optimisation de l'effluent et une augmentation des options pour la récupération des composants des flots d'effluents.

4.6.4. Traitement des eaux résiduaires dans les incinérateurs de déchets dangereux

Les installations d'incinération des déchets dangereux qui rejettent des eaux résiduaires disposent d'une installation de traitement des eaux résiduaires. La situation actuelle peut être résumée de la façon suivante :

- Une distinction générale peut être faite entre les incinérateurs équipés d'une chaudière et les autres installations d'incinération des déchets dangereux équipées d'un système de

refroidissement rapide par trempage, avec un flux d'effluents rejeté plus important pour les seconds pour des raisons techniques. Les installations équipées d'une chaudière rejettent entre <1 et 5 l/kg¹⁸ de déchets incinérés. Les installations équipées de systèmes de refroidissement par trempage rejettent entre 10 et 20 l/kg de déchets incinérés, bien qu'elles puissent réduire leur flux d'eau à 5 l/kg, grâce au recyclage des effluents de l'usine de traitement des eaux résiduaires ou au recyclage à l'intérieur de l'unité de trempage elle-même.

- Normalement, les effluents de la section acide du nettoyage par voie humide des gaz (contenant NaCl, CaCl₂, Hg, CaF₂ et SO₃) sont mélangés avec les effluents de la section alcaline (contenant Na₂SO₄) pour précipiter une partie du gypse (et pour diminuer le contenu en sulfate des effluents à moins de 2 g/l, qui est la concentration de solubilité du gypse), avant un traitement supplémentaire. Cependant, il existe une installation où les effluents des laveurs acide et alcalin sont traités séparément.

Les principaux éléments d'une station de traitement des eaux résiduaires pour le traitement des effluents de la section de nettoyage par voie humide des gaz de combustion, provenant de l'incinération des déchets dangereux, sont les suivants :

- La neutralisation (par exemple ajout de chaux, NaOH/HCl).
- L'ajout de réactifs spécifiques pour la précipitation des métaux en hydroxydes ou sulfures métalliques (par exemple agents de floculation, trimercaptotriazine, sulfures, polyélectrolyte).
- L'enlèvement du sédiment : en utilisant la sédimentation par gravité et décantation ou en utilisant des techniques mécaniques comme les filtres-presses ou les centrifugeuses.

Dans certaines stations de traitement des eaux résiduaires, les eaux résiduaires sont clarifiées en passant par un filtre à sable, puis par un filtre à charbon actif.

4.7. TRAITEMENT DES RÉSIDUS SOLIDES ET TECHNIQUES DE CONTRÔLE

Cette section décrit les types de résidus générés par une usine d'incinération des déchets dangereux et les techniques existantes pour les réduire (en solide et en gaz). Les meilleures techniques disponibles, sélectionnées et qui peuvent s'appliquer, sont indiquées dans le tableau 4.10.

L'application d'un certain type de techniques de contrôle et de traitement des résidus solides est indispensable dans les incinérateurs de déchets dangereux ; de plus, des avantages peuvent être obtenus grâce à certaines parties des déchets et à la diminution des coûts d'élimination. De même, c'est d'une grande portée pour les installations en Méditerranée.

¹⁸ l/kg : litre/kilogramme

Tableau 4.10 : MTD pour le traitement des résidus solides et techniques de contrôle

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
43.- Si la recombustion des résidus du TGC est appliquée, alors des mesures appropriées doivent être prises pour éviter le recyclage et l'accumulation de Hg dans l'installation.	ND	ND
50.- La gestion séparée du mâchefer et des cendres volantes et d'autres résidus du TGC, pour éviter la pollution du mâchefer et par conséquent, pour améliorer le potentiel de récupération du mâchefer. C'est une MTD que d'évaluer les niveaux de polluants dans les cendres de la chaudière et d'évaluer si la séparation ou le mélange avec le mâchefer est approprié.	<p>La dissociation du résidu du TGC du mâchefer permet un traitement supplémentaire du mâchefer pour produire un matériau utile. Un flux mélangé ne permet pas une transformation en un matériau revalorisé et nécessite un enfouissement dans le sol.</p> <p>Les matériaux de construction naturels sont remplacés.</p>	<p>Des réductions de coûts peuvent être observées là où existent des marchés pour l'utilisation du mâchefer.</p> <p>L'élimination du résidu du TGC peut être supérieure, mais les volumes sont largement réduits (les volumes des résidus du TGC eux-mêmes représentent généralement 2-3 % de la masse des déchets entrants, et combinés avec le mâchefer, cela représente environ 15 %).</p>
52.- Le tri des métaux ferreux et non ferreux restants dans le mâchefer, autant que cela soit possible et économiquement viable, pour leur récupération.	<p>La partie ferreuse peut être recyclée, après tri des impuretés, comme la ferraille d'acier pour les hauts fourneaux. Les métaux non ferreux sont traités à l'extérieur par un tri supplémentaire en fonction du type de métal, et peuvent être refondus. Le reste des cendres peut être traité pour produire un matériau de construction secondaire inerte.</p>	<p>Les parties métalliques peuvent être vendues à des ferrailleurs (à 0,01-0,05 EUR/kg pour les métaux ferreux et 0,1-0,6 EUR/kg pour les métaux non-ferreux).</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>53.- Le traitement du mâchefer (sur ou hors site), par une combinaison appropriée de :</p> <p>a) traitement du mâchefer par vieillissement ;</p> <p>b) traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie sèche ;</p> <p>c) traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie humide ;</p> <p>d) traitement du mâchefer par des systèmes de traitement thermique ;</p> <p>e) four rotatif (1 100-1 400 °C) à haute température (scorification) ;</p> <p>f) filtration et broyage du mâchefer</p> <p>jusqu'au point exigé pour satisfaire les spécifications définies pour son utilisation ou pour son futur traitement ou pour le site d'élimination.</p>	<p>a) Le vieillissement est réalisé pour réduire à la fois la réactivité résiduelle et la capacité de lixiviation des métaux.</p> <p>b) Ceci produit un matériau qui peut être utilisé et réduit la quantité de résidu pour l'élimination.</p> <p>c) Le traitement par voie humide du mâchefer a pour objectif de réduire le contenu en métaux et la lixiviation des métaux. Environ 50 % du contenu en chlorure peut être réduit par lavage des cendres.</p> <p>d) Ceci réduit le volume (réduction de 33-50 %) ; ceci produit une lixiviation très basse, et un résidu extrêmement stable qui peut être facilement recyclé comme agrégat. Les niveaux de PCDD/F dans les cendres sont réduits.</p> <p>e) Tous les matériaux organiques sont totalement incinérés (le contenu en matière organique dans le mâchefer après incinération est généralement inférieur à 1 %) ; contenu plus faible d'hydrocarbure et de CO dans les gaz de combustion ; destruction plus importante des molécules de PCB et un mâchefer en fusion se forme dans le four rotatif.</p> <p>f) Le principal avantage environnemental de l'installation d'un processus de traitement mécanique est une réduction du volume des rejets et des déchets, et par conséquent, un taux de récupération générale plus élevé.</p>	<p>a) Le coût du vieillissement est bas. Économie dans les coûts d'élimination par recyclage.</p> <p>b) L'avantage principal est d'éviter les coûts d'élimination ; l'économie des opérations de traitement du mâchefer dépend du prix du marché des parties produites</p> <p>c) Ceci dépend du prix du marché des parties produites.</p> <p>d) Les coûts du traitement thermique externe sont élevés.</p> <p>e) Des coûts supplémentaires proviennent de : besoin d'utiliser un four à refroidissement à eau pour éviter des coûts de maintenance élevés ; combustibles de soutien pouvant être nécessaires pour maintenir les hautes températures ; modifications sur le four pouvant être nécessaires pour retenir la chaleur ; ajout de matériaux minéraux, produisant plus de mâchefers et lavage des métaux lourds qui s'évaporent plus à hautes températures. Dans certains cas, l'utilisation de hautes températures a été abandonnée, compte tenu des coûts associés à la maintenance du réfractaire.</p> <p>f) La rentabilité d'une installation d'un système pour détruire les rejets lourds doit être évaluée sur la base des quantités projetées et des coûts d'élimination.</p>

MTD	Avantages environnementaux	Aspect financier
<p>54.- Le traitement des résidus du TGC (sur et hors site) jusqu'au point exigé pour satisfaire les exigences d'approbation de l'option de gestion des déchets sélectionnés pour eux, comprenant la prise en compte de l'utilisation des techniques de traitement du résidu du TGC. Ces techniques sont les suivantes :</p> <p>a) Solidification en amalgame des résidus du TGC.</p> <p>b) Vitrification et fusion des résidus du TGC.</p> <p>c) Extraction acide de la chaudière et du mâchefer.</p>	<p>a) Cela réduit le contact entre l'eau et le résidu et, jusqu'à un certain point, la formation possible de carbonates ou d'hydroxydes métalliques moins solubles.</p> <p>b) Les produits fusionnés et vitrifiés possèdent en général de très bonnes propriétés de lixiviation.</p> <p>c) Le processus enlève une part significative de la quantité totale des métaux lourds dans les résidus. La capacité de lixiviation du résidu est réduite d'un facteur 10^2-10^3. Le zinc, le cadmium et le mercure sont recyclés. Les tests d'écotoxicité sont positifs.</p>	<p>a) Les résidus peuvent être livrés aux usines existantes. Les coûts de traitement peuvent varier en fonction du pays.</p> <p>b) Les coûts de traitement sont d'environ 100-6 000 EUR/tonne de résidu. Les coûts des investissements peuvent être d'environ 10-20 millions EUR pour une usine d'une capacité de 1-2 t/heure.</p> <p>c) Coûts d'exploitation du traitement des résidus du TGC : environ 150-205 EUR/tonne (y compris les frais de recyclage du gâteau de filtre à zinc, équivalant à 10-13 EUR/tonne de déchets).</p>

4.7.1. Types de résidu solide

L'incinération des déchets produit différents types de résidu solide. Une distinction peut être faite entre les résidus provenant directement du processus d'incinération et ceux provenant du système de TGC. Les résidus du TGC peuvent être des cendres volantes fines et/ou des produits de réaction et des additifs inaltérés en provenance du système de TGC (ou du système associé de traitement des eaux résiduaires). La dernière catégorie est souvent appelée résidu du traitement des gaz de combustion (TGC) ou du contrôle de la pollution atmosphérique (CPA). Les résidus solides en provenance du processus de traitement de l'effluent du laveur (humide) sont souvent pressés pour former un solide appelé un gâteau de filtre ou mélangés avec des cendres volantes pour minimiser le volume ou pour une meilleure déshydratation avec du gypse de l'usine. De plus, le gypse et les sels peuvent être récupérés dans les systèmes de traitement par voie humide des gaz de combustion, si des processus particuliers sont utilisés.

Les sous-sections suivantes fournissent une courte explication des types de résidus (classés en fonction de la source).

4.7.1.1. Résidus provenant de l'étape de combustion de l'incinérateur :

Déchets dangereux et déchets médicaux particuliers :

- **Scories** : provenant de l'incinération des déchets dangereux dans le four rotatif. En général, ce type de résidu est éliminé par enfouissement sans traitement supplémentaire, ou il peut être recyclé si la réglementation locale l'autorise.
- Les autres cendres sont identiques aux cendres en provenance de l'incinérateur de DSU mais en général, puisqu'elles peuvent contenir des niveaux de polluants plus importants, la pratique consiste en général à les éliminer.

Boues d'épuration :

- Cendres volantes : provenant de l'incinération du lit fluidisé des déchets des boues d'épuration. Ce type de déchets peut être utilisé comme matériau de remplissage pour des applications en construction civile, dans les pays où la pratique est autorisée.
- Cendres de lit : provenant de l'incinération du lit fluidisé des déchets des boues d'épuration. C'est une catégorie relativement petite. Elles sont souvent ajoutées aux cendres volantes ou enfouies sans traitement supplémentaire.

CDD :

- Cendres de lit : provenant de l'incinération du lit fluidisé des CDD. En fonction des caractéristiques particulières du matériau, les quantités de cendres de lit peuvent être substantiellement plus élevées que pour l'incinération des boues d'épuration. Il existe peu d'expérience de leur réutilisation.
- Cendres : provenant de l'incinération à petite et moyenne échelle des chutes de bois. Cela concerne des quantités relativement faibles.

Certaines installations fonctionnent à une température spécialement élevée, avec pour objectif particulier de fondre les cendres pour constituer des scories. De telles scories peuvent avoir encouragé l'utilisation d'options possédant une capacité de lixiviation plus faible. Les fours rotatifs de scorification à haute température et le processus combiné de combustion gazeuse fournissent des exemples de tels systèmes.

4.7.1.2. Résidus du TGC

Les résidus du TGC contiennent des quantités concentrées de polluants (par exemple des sels et des composés dangereux) et par conséquent, ils ne sont normalement pas considérés comme appropriés à des fins de recyclage. Le principal objectif est alors de trouver une option d'élimination finale qui soit sans danger d'un point de vue environnemental. Les types suivants de résidus du traitement des gaz de combustion peuvent être distingués :

- Résidus provenant du traitement par voie sèche et semi-humide des gaz de combustion : ces résidus sont un mélange de sels de calcium et/ou de sodium, principalement sous forme de chlorures et de sulfites / sulfates. Il existe aussi certains fluorures et des réactifs chimiques inaltérés. Ce mélange comprend aussi quelques cendres volantes qui n'ont pas été supprimées lors des étapes précédentes de suppression de poussière. Par conséquent, il peut inclure aussi des métaux lourds et des PCDD/F polluants. La méthode normale d'élimination est l'enfouissement en tant que déchets dangereux (par exemple dans des grands sacs). La capacité de lixiviation des résidus est un aspect important à prendre en compte pour l'élimination ultérieure par enfouissement, par conséquent, des traitements pour diminuer la capacité de lixiviation de ces résidus avant l'enfouissement sont utilisés. Le résidu du TGC en provenance du procédé sec au bicarbonate de sodium peut être purifié et recyclé dans un processus industriel, par exemple comme matériau brut dans l'industrie chimique ; cela peut nécessiter une dissociation des cendres volantes et des résidus salés pour réduire le contenu inerte.
- Amélioration des propriétés d'enfouissement par solidification à froid.
- Gâteau de filtre : constitue le traitement physicochimique des eaux résiduaires en provenance des systèmes de traitement par voie humide des gaz de combustion. Ce matériau est caractérisé par une teneur très élevée en métaux lourds, mais il peut aussi inclure des sels d'une solubilité limitée, comme le gypse. La méthode normale d'élimination est l'enfouissement. Ce résidu peut être chargé en PCDD/F et par conséquent, il est parfois traité avant l'enfouissement.
- Gypse : il peut aussi être récupéré avec ou sans nettoyage en fonction des paramètres du processus et des exigences de qualité. La récupération du gypse est possible lorsque du calcaire ou de la chaux hydratée est utilisé dans un laveur à deux étapes, avec un dévésiculeur efficace.

- Sels : provenant de l'évaporation en ligne des eaux résiduaires. Ce résidu est comparable au résidu en provenance du traitement par voie sèche des gaz de combustion.
- Sels : provenant de l'évaporation séparée des eaux résiduaires. L'utilisation ou l'élimination des sels dépend de la composition du résidu. Il est généralement plus pur que lorsqu'une évaporation en ligne est réalisée.
- Résidus en provenance du nettoyage des gaz de combustion : les options à utiliser dépendent de l'adsorbant utilisé. Le résidu du charbon en provenance des réacteurs à lit fixe est parfois autorisé à être incinéré dans l'usine d'incinération des déchets elle-même, si certaines conditions du processus sont remplies. Le résidu des systèmes à lit entraîné peut aussi être entraîné, si l'adsorbant utilisé est uniquement du charbon actif ou du coke de four. Si un mélange d'autres réactifs et de charbon actif est utilisé, le résidu est généralement expédié pour un traitement externe ou pour élimination, puisqu'il existe un risque de corrosion.
- Utilisé comme matériau de remplissage dans les mines de sel.

4.7.2. Techniques de traitement pour les résidus solides

La possibilité de récupération des résidus solides en provenance des incinérateurs de déchets est typiquement déterminée par :

- le contenu des composés organiques dans les résidus ;
- le contenu total des métaux lourds dans les résidus ;
- la capacité de lixiviation des métaux, des sels et des métaux lourds dans les résidus ;
- la pertinence physique des résidus, par exemple la taille et la solidité des particules ;
- les facteurs, les réglementations et les politiques du marché.

L'applicabilité particulière des MTD sélectionnés (50, 52 et 53 dans le tableau 4.10) est la suivante :

- La gestion séparée du mâchefer et des cendres volantes et d'autres résidus du TGC : cette technique est applicable aux installations nouvelles et existantes.
- La séparation des métaux ferreux et non ferreux restants du mâchefer : le tri magnétique des métaux ferreux est applicable dans toutes les installations nouvelles et existantes. Le tri des métaux non ferreux nécessite un espace et un débit suffisant, et il peut être réalisé dans une installation (centralisée) de traitement externe du mâchefer.
- Le traitement du mâchefer :
 - a) Traitement du mâchefer par vieillissement : il peut être appliqué à toutes les installations nouvelles et existantes, génératrices de mâchefers.
 - b) Traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie sèche : il est applicable aux installations nouvelles et existantes. Pour une viabilité économique certaine, un débit minimal est nécessaire.
 - c) Traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie humide : il est applicable aux installations nouvelles et existantes.
 - d) Traitement du mâchefer par des systèmes de traitement thermique : le traitement au plasma est appliqué au traitement combiné des cendres volantes et de l'incinérateur. Si les résidus chimiques du TGC sont ajoutés, une augmentation du TGC est nécessaire.
 - e) Four rotatif (1 100-1 400 °C) à haute température (scorification) : essentiellement applicable aux fours rotatifs brûlant des **déchets dangereux** à hauts pouvoirs calorifiques, par exemple ceux qui intègrent différents solvants et des huiles usées.

- f) Filtration et broyage du mâchefer : applicables à toutes les installations d'incinération produisant des cendres nécessitant un traitement avant de pouvoir être utilisées, ou si un tel traitement peut permettre une utilisation plus performante.

Les sous-sections suivantes présentent une sélection de ces techniques en fonction des types de résidus.

4.7.2.1. Traitement et recyclage des résidus solides

Le contenu minéral élevé des résidus des cendres d'incinération peut les rendre potentiellement adaptées à une utilisation comme matériau de route ou d'autre matériau de construction. L'utilisation est possible si le matériau respecte un ensemble de conditions environnementales et techniques. Cela nécessite une optimisation de la qualité des cendres à travers des mesures primaires et secondaires. Les paramètres généraux d'intérêt sont les suivants :

- Combustion (MTD 43 dans le tableau 4.10).
- Réactivité minérale.
- Lixiviation du métal.
- Teneur en sel.
- Taille des particules et distribution de la taille de particule.

Des mesures primaires pour le contrôle de la sortie des résidus impliquent le contrôle du processus de combustion afin de :

- garantir une excellente combustion des composés carbonés ;
- encourager la volatilisation des métaux lourds hors du lit de combustion ;
- fixer les éléments lithophiliques dans le mâchefer, réduisant par conséquent leur capacité de lixiviation.

Elles peuvent être appliquées en Méditerranée malgré leur nature générique. Les traitements secondaires possibles doivent être étudiés pour chaque installation.

Les systèmes de traitement secondaire impliquent une ou plusieurs des actions suivantes :

- Réduction de taille, pour permettre la dissociation des métaux et améliorer la qualité technique.
- Dissociation des métaux ferreux et non ferreux, qui peuvent être recyclés dans l'industrie des métaux.
- Lavage, pour éliminer les sels solubles.
- Vieillessement, pour stabiliser la structure matrice et réduire la réactivité.
- Traitement avec un agglomérant hydraulique et d'hydrocarbure, pour une réutilisation comme base de route.
- Traitement thermique, pour réaliser et contenir les métaux inertes dans une matrice vitreuse.

4.7.2.2. Dissociation du mâchefer des résidus du traitement des gaz de combustion

Le mélange des résidus du traitement des gaz de combustion avec le mâchefer provoque la pollution du mâchefer. À cause de la teneur élevée en métal, de la lixiviation métallique et du contenu organique des résidus du TGC, la qualité environnementale du mâchefer est réduite. Cela limite les options pour une utilisation ultérieure du mâchefer.

Cette technique consiste à collecter, stocker et transporter de manière indépendante les deux flux de résidus. Cela implique des conteneurs et des silos de stockage spécialisés, et des systèmes de manutention spécifiques pour les résidus fins et poussiéreux du TGC.

4.7.2.3. Mâchefer – Tri des métaux

Les métaux ferreux et non ferreux peuvent être extraits du mâchefer. Le tri des métaux ferreux est effectué à l'aide d'un aimant. Les cendres sont éparpillées sur un tapis mobile ou un convoyeur vibrant, et toutes les particules magnétiques sont attirées par un aimant suspendu. Ce tri des métaux ferreux peut être réalisé sur les cendres brutes à la sortie de l'extracteur de cendres.

Le tri des métaux non ferreux est réalisé à l'aide d'un séparateur de courant de Foucault. Une bobine à rotation rapide induit un champ magnétique dans les particules non ferreuses, provoquant leur expulsion du flux de matériau. Cette technique est efficace pour des particules dont la taille est comprise entre 4 et 30 mm, et elle nécessite une bonne répartition du matériau sur le tapis mobile. Le tri est effectué après la dissociation, la réduction de la taille des particules et la filtration des métaux ferreux.

4.7.2.4. Filtration et broyage du mâchefer

Les diverses opérations de traitement mécanique du mâchefer sont effectuées pour préparer des matériaux, destinés à la construction des routes et aux travaux de terrassement, qui possèdent des caractéristiques géotechniques satisfaisantes et qui n'endommagent pas les ouvrages routiers. Plusieurs opérations peuvent être réalisées pendant le processus de préparation :

- Tri granulométrique par filtration.
- Réduction de la taille par broyage des gros éléments ou fragmentation.
- Tri par flux d'air pour éliminer les parties imbrûlées légères.

Trois types de tamis sont utilisés :

- Tamis rotatifs ou à tambour.
- Tamis plats (vibrants ou non).
- Tamis à étoile : la filtration est obtenue par des mouvements sur une série de rouleaux équipés de bras en forme d'étoile sur chaque axe.

Un broyeur peut être installé sur la ligne de traitement pour fragmenter les gros morceaux, généralement à la sortie de la première filtration. La moitié des installations sont équipées d'appareils de broyage et certaines d'entre elles utilisent un équipement sur site pour briser les blocs.

4.7.2.5. Traitement du mâchefer par vieillissement

Après le tri des métaux, le mâchefer peut être stocké à l'air libre ou dans des bâtiments couverts particuliers, pendant plusieurs semaines. Le stockage est généralement effectué en terrils sur un sol en béton. Les eaux de drainage et de ruissellement sont collectées pour traitement. Les terrils peuvent être mouillés, si nécessaire, à l'aide d'un arroseur ou d'un système de tuyau, pour éviter la formation et l'émission de rouille et pour favoriser la lixiviation des sels et la carbonisation, si le mâchefer n'est pas suffisamment mouillé.

Les terrils peuvent être retournés régulièrement pour garantir l'homogénéité des processus pendant le vieillissement (absorption du CO₂ de l'air à cause de l'humidité, drainage de l'eau excédentaire, oxydation, etc.) et pour réduire la durée de présence de chaque lot de mâchefer dans les installations dédiées.

4.7.2.6. Traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie sèche

Les installations de traitement par voie sèche du mâchefer combinent les techniques de tri des métaux ferreux, de réduction de taille et de filtration, de tri des métaux non ferreux et de vieillissement du mâchefer traité. Le produit est un agrégat sec avec une taille de grain contrôlé et qui peut être utilisé comme matériau de construction secondaire.

4.7.3. Traitements appliqués aux résidus des gaz de combustion

Les techniques suivantes sont identifiées pour le traitement du résidu des gaz de combustion. Elles sont particulières et l'applicabilité de la meilleure technique disponible (numéro 54 dans le tableau 4.10) est la suivante :

- Traitements des résidus des gaz de combustion :
 - a) Solidification en amalgame : ce système est typiquement utilisé dans des usines spécialisées, situées à proximité de la destination finale du produit ; par conséquent, les incinérateurs individuels n'ont pas besoin d'installer un équipement de solidification. Il peut être utilisé pour tous les types de résidu du TGC. Il est aussi utilisé avec de nombreux autres types de **déchets dangereux**.
 - b) Extraction acide de la chaudière et cendres volantes : ce système peut être utilisé uniquement dans les incinérateurs avec un système de TGC par voie humide, qui peut rejeter les eaux résiduaires traitées.

4.7.3.1. Solidification et stabilisation chimique

L'objectif principal de la solidification est de produire un matériau avec des propriétés physiques et mécaniques qui favorisent une réduction de la libération de polluant à partir de la matrice du résidu. L'ajout d'un amalgame, par exemple, diminue généralement la conductivité hydraulique et la porosité du résidu, et d'un autre côté, augmente la durabilité, la force et le volume. De plus, cela augmente d'habitude l'alcalinité du mélange, améliorant par conséquent le comportement de lixiviation du produit, bien qu'il puisse en résulter une augmentation de la solubilité des métaux amphotères comme le plomb ou le zinc.

Le produit solidifié est généralement moulé en blocs ou enfoui directement. Une considération majeure ici est la réduction de l'interaction entre l'eau et le résidu.

Les méthodes de solidification utilisent couramment plusieurs réactifs agglomérants, la plupart minéraux, bien que certains agglomérants organiques puissent aussi être utilisés. Des combinaisons d'agglomérants et de divers types d'additifs propriétaires ou non-propriétaires sont aussi utilisées. La technique de solidification la plus répandue est de loin la stabilisation par amalgame.

Plusieurs méthodes de stabilisation intègrent une étape initiale de lavage où la plupart des sels solubles et dans une certaine mesure des métaux sont extraits, avant l'agglomération chimique des métaux restants.

4.7.3.2. Traitement thermique du résidu du TGC

Le traitement thermique du résidu de l'incinération a pour objectif de réduire son volume, mais aussi de réduire sa teneur en métaux lourds et organiques et d'améliorer son comportement de lixiviation, avant l'enfouissement.

Les traitements thermiques peuvent être répartis en trois catégories : vitrification, fusion et frittage.

- La vitrification est un processus où les résidus sont traités à hautes températures (actuellement entre 1 300 et 1 500 °C), puis rapidement trempés (avec de l'air ou de l'eau) pour obtenir une matrice vitreuse amorphe. Après refroidissement, la coulée forme un produit à une seule phase appelé un vitrificate. Il peut être un produit ressemblant à du verre ou à de la pierre, en fonction de la composition de la coulée.
- La fusion est similaire à la vitrification, mais l'étape de trempage est contrôlée pour permettre la cristallisation de la coulée autant que possible. Il en résulte un produit à phases multiples. Les températures et les tris possibles des phases métalliques spécifiques sont similaires à celles utilisées dans la vitrification.

- Le **frittage** implique le chauffage des résidus à un niveau où la liaison des particules se produit et où les phases chimiques dans les résidus sont transformées. Cela conduit à un produit plus dense avec moins de porosité et une force plus grande que le produit original. Les températures habituelles sont d'environ 900 °C.

Quel que soit le procédé réel, le traitement thermique des résidus fournit dans la plupart des cas un produit plus homogène, plus dense, avec des propriétés de lixiviation améliorées. La vitrification ajoute aussi les avantages d'un conditionnement physique des polluants dans une matrice vitreuse.

Les exigences énergétiques des traitements indépendants de ce type sont généralement très élevées. Le principal problème est le transport de la chaleur dans le réacteur de fusion.

Les gaz de combustion provenant du traitement thermique des résidus solides peuvent contenir des niveaux élevés de polluants tels que les NO_x, TOC, SO_x, de poussière et de métaux lourds. Par conséquent, un traitement des gaz de combustion approprié est nécessaire. Parfois, les gaz de production émis sont envoyés dans le TGC de l'incinérateur en cas de proximité. Les concentrations élevées en sels dans les résidus du TGC peuvent provoquer des problèmes de corrosion dans le traitement des gaz de combustion en provenance de tels processus. Le frittage n'est pas utilisé comme une option de traitement spécialisée pour les résidus du TGC, bien que certains traitements combinés l'intègrent.

4.7.3.3. Extraction et tri des résidus du TGC

Les options de traitement utilisant des processus d'extraction et de tri peuvent, en principe, couvrir tous les types de processus extrayant des composants spécifiques du résidu. Cependant, l'accent a été mis sur les processus impliquant l'extraction des métaux lourds et des sels avec de l'acide.

4.7.3.4. Stabilisation chimique des résidus du TGC

Le concept principal de la stabilisation chimique est d'agglomérer les métaux lourds sous des formes plus insolubles qu'ils ne le sont dans le résidu original non traité. Ces méthodes de stabilisation font usage de la précipitation des métaux en nouveaux minéraux ainsi que de l'agglomération des métaux en minéraux par sorption. Ce processus comprend la solubilisation des métaux lourds dans les résidus et par la suite une précipitation, ou une sorption, en nouveaux minéraux.

4.7.3.5. Autres méthodes ou pratiques pour le traitement des résidus du TGC

Une option de gestion couramment utilisée dans les incinérateurs équipés de systèmes de nettoyage par voie humide consiste à combiner les cendres volantes avec les boues produites par le traitement des bouillies du laveur ; le produit résultant est appelé un gâteau Bamberg. Cette méthode a été utilisée pendant plus d'une décennie pour améliorer les propriétés des résidus avant l'enfouissement.

4.8. TECHNIQUES DE SURVEILLANCE ET DE CONTRÔLE

La surveillance et le contrôle sont des aspects importants du processus d'incinération. Ils aident à garantir les conditions optimales du processus et de fait, ils empêchent d'éventuels accidents et des impacts conséquents sur l'environnement. Ces techniques et pratiques sont d'un intérêt particulier pour les installations en Méditerranée.

4.8.1. Systèmes de contrôle de l'incinération

L'un des principaux défis de l'incinération des déchets découle de la variation souvent étendue dans la composition des déchets. À cause de ces différences, les processus d'incinération ont été développés pour faire face à de grandes variations des conditions de processus. Cependant, lorsque

des conditions de processus sont défavorables, des interventions sur les opérations sont toujours requises.

Des systèmes de contrôle sophistiqués produisent un processus d'incinération avec de faibles variations en temps (stabilité améliorée) et en espace (plus d'homogénéité). Un contrôle amélioré du processus a de nombreux avantages potentiels, comme :

- Meilleure qualité du mâchefer (à cause d'une distribution suffisante d'air primaire et d'un meilleur positionnement du processus d'incinération sur la grille).
- Moindre production de cendres volantes (à cause de variations plus faibles dans la quantité d'air primaire d'incinération).
- Meilleure qualité des cendres volantes (moins de matériaux imbrûlés, à cause des conditions plus stables du processus dans le four).
- Moins de formation de CO et CxHx (à cause des conditions plus stables du processus dans le four).
- Moins de formation de NO_x (à cause des conditions plus stables du processus dans le four).
- Meilleure utilisation de la capacité (à cause de la diminution de la perte de capacité thermique due aux variations).
- Meilleure efficacité énergétique (parce que la quantité moyenne d'air incinéré est moindre).
- Meilleur fonctionnement de la chaudière (parce que la température est plus stable, il existe moins de « pics » de température et par conséquent, moins de risque de corrosion et d'encrassement par les cendres volantes).
- Meilleur fonctionnement du système de traitement des gaz de combustion (parce que la quantité et la composition des gaz de combustion sont plus stables).
- Moins de maintenance et meilleure disponibilité de l'usine.

Pour pouvoir contrôler le processus d'incinération, des informations détaillées sur le processus sont requises. Elles peuvent comprendre : températures de la grille pour différentes positions ; épaisseur de la couche de déchets sur la grille ; chute de pression sur la grille ; températures du four et des gaz de combustion dans différentes positions ; détermination de la distribution de température sur la surface de la grille par des systèmes de mesure infrarouge, mesures de CO-, O₂-, CO₂- et/ou H₂O (dans différentes positions) et de la production de vapeur.

4.8.2. Aperçu de la surveillance des émissions réalisée

Les composés d'émission suivants doivent être mesurés sur une base continue : poussière, HCl, SO₂, CO, C_xH_y, NO_x et HF.

De plus, les paramètres de processus suivants doivent être surveillés en continu : température du four, O₂, température de sortie des gaz de combustion, teneur en vapeur d'eau, métaux lourds et PCDD/F. Les techniques de mesure pour le mercure et les dioxines sont compliquées et coûteuses.

4.8.3. Aperçu des mesures et des dispositifs de sécurité

La sécurité de l'usine est un aspect important de la planification, de l'installation et du fonctionnement des usines d'incinération des déchets. Les parties de l'installation relatives à la sécurité sont équipées de systèmes de protection. Ces parties sont les suivantes :

- La soute à déchets et les autres zones de stockage des déchets potentiellement dangereux.
- Les stations de combustion et de purification des gaz de combustion.

- Les installations de stockage des consommables nécessaires (par exemple l'ammoniac, le charbon actif, etc.).

Les systèmes de protection utilisés pour contrôler les risques comprennent :

- Les systèmes pour le contrôle de la libération des polluants, tels que les systèmes de rétention pour les eaux usées de la lutte contre l'incendie, les réservoirs à enceinte pour les substances qui représentent un danger pour l'eau.
- Les systèmes de protection contre l'incendie et les dispositifs tels que les pare-feux, les détecteurs d'incendie, les systèmes d'extinction d'incendie.
- Les systèmes de protection contre l'explosion, tels que les systèmes de décompression, les dérivations, les aménagements pour éviter les sources d'ignition, les systèmes à gaz inerte, les systèmes de mise à la terre, etc.
- Les systèmes de protection contre le sabotage.
- Les systèmes de protection contre la foudre.
- Les murs coupe-feux pour isoler les transformateurs des dispositifs de rétention.
- La détection et la protection contre l'incendie, là où sont situés des panneaux de distribution d'alimentation à basse tension.
- Détection de polluant à proximité des lieux correspondants de stockage, de distribution, etc.
- Machines et équipements conçus pour garantir l'entrée et la sortie d'énergie.
- Composants pour le rejet, l'enlèvement ou la rétention des substances dangereuses ou des mélanges de substances dangereuses, comme les réservoirs de retenue, les systèmes de secours et de vidange d'urgence.
- Les systèmes d'avertissement, d'alerte et de sécurité qui se déclenchent lorsqu'il se produit une perturbation du fonctionnement normal, qui empêchent la perturbation du fonctionnement normal ou qui restaurent un fonctionnement normal.

5. UTILISATION DES DÉCHETS DANGEREUX DANS LES PROCÉDÉS INDUSTRIELS

5.1. UTILISATION DE COMBUSTIBLES SECONDAIRES

Un large éventail de types de déchets industriels sont utilisés comme combustible secondaire ou de substitution en Europe, et cette expérience peut être reproduite en Méditerranée.

Les déchets comprennent les plastiques et les papiers / cartons provenant des activités commerciales et industrielles (les déchets d'emballage ou les rebuts de fabrication par exemple), les pneus usagés, les déchets de biomasse (par exemple la paille, les chutes de bois non traitées, les boues d'épuration sèches), les déchets textiles, les déchets en provenance des opérations de démantèlement d'automobile et les déchets industriels dangereux ayant un pouvoir calorifique élevé (par exemple, les huiles usées, les boues industrielles, la sciure imprégnée et les solvants utilisés). Ces déchets peuvent nécessiter une réduction de taille ou une simple filtration, mais généralement ils ne nécessitent pas de traitement physique avancé, et leur utilisation comme combustible est faisable en Méditerranée. [1]

Les déchets industriels utilisés comme combustible secondaire doivent être traités, généralement en dehors de l'usine de destination, pour satisfaire aux spécifications industrielles (les traitements de préparation des déchets à utiliser comme combustible sont détaillés dans la section 3.2.4), par exemple l'homogénéisation pour fournir un pouvoir calorifique constant et la limitation des composés comme le chlore ou le phosphore pour la production de mâchefers.

Les déchets n'ont besoin que d'être stockés dans l'usine de destination et ensuite, d'être proportionnés pour l'alimentation du four. Puisque l'approvisionnement des déchets adaptés à une utilisation comme combustible tend à varier, alors que les marchés des matériaux issus des déchets se développent rapidement, il est conseillé de concevoir des usines de préparation / stockage à usages multiples.

Les combustibles dérivés des déchets couvrent un vaste éventail de déchets qui ont été traités pour satisfaire aux spécifications industrielles, réglementaires ou aux directives, essentiellement pour obtenir un pouvoir calorifique élevé. Les principaux déchets industriels qui sont utilisés comme combustible secondaire ou de substitution, et les types d'industrie qui les utilisent généralement, sont détaillés ci-dessous. Les propriétés dangereuses de certains d'entre eux, par exemple les plastiques, le papier, les chutes de bois, dépendront de leur teneur en substances toxiques.

5.1.1. Pneus

Les pneus ont généralement un pouvoir calorifique élevé de 28,5 à 35 MJ/kg¹⁹. Ils contiennent des niveaux relativement élevés de fer, de soufre ($\approx 1,6\%$) et de zinc ($\approx 1,5\%$). Dans l'industrie du ciment, les pneus constituent l'un des combustibles secondaires solides les plus couramment utilisés, avec une utilisation régulière.

¹⁹ MJ/kg : mégajoules/kilogramme

5.1.2. Huiles usées

Les huiles usées non traitées (environ 31 % des huiles usées générées par l'UE – cette quantité doit être extrapolée pour la Méditerranée) sont généralement utilisées comme combustibles secondaires dans les fours à ciment et d'autres industries comme les centrales et les hauts fourneaux. Ce type de déchet est aussi utilisé dans les centrales de production de chaleur, les centrales électriques et la production de bitume.

Environ 32 % (ce chiffre doit aussi être extrapolé) reçoivent un traitement limité (séparation de l'eau et du sédiment) et sont utilisés comme combustible dans les fours à ciment, l'industrie de la pierre et les centrales électriques.

5.1.3. Plastiques

Les plastiques ont généralement un pouvoir calorifique élevé (29 à 40 MJ/kg). Ils sont en général déchiquetés et mélangés avec d'autres déchets avant injection. Le principal facteur limitant dans les plastiques est la teneur en chlore, principalement en PVC.

Les déchets de plastique transformés en combustibles secondaires dans les fours à ciment comprennent les plastiques non recyclables comme les sacs plastique en provenance des commerces ou les rebuts en provenance des processus industriels.

Avant injection et co-combustion, les plastiques ont été testés par déchiquetage et mélange avec d'autres déchets. Les plastiques sont aussi utilisés dans d'autres types d'installations de combustion et comme agents réducteurs dans les hauts fourneaux. Les plastiques en provenance des véhicules en fin de vie (RDA – résidus de déchiquetage d'automobiles) sont co-incinérés comme combustibles secondaires dans les fours à ciment et les centrales électriques.

5.1.4. Biomasse

5.1.4.1. Chutes de bois

Les chutes de bois ont un pouvoir calorifique compris entre 15 et 17 MJ/kg avec 10 à 15 % d'eau résiduelle. Si le bois a été traité ou peint, la concentration en métaux lourds (As, Cr, Cu), en composés chlorés et en autres substances toxiques peut être élevée.

Les chutes de bois peuvent avoir de nombreuses origines : les chutes de bois des usines de papeterie, de la production de panneau (MDF) et de la production de meuble sont généralement réutilisées dans la production de panneau, ou brûlées pour générer l'énergie de fabrication sur site. Elles ne sont généralement pas disponibles pour la récupération de l'énergie dans d'autres secteurs. Les chutes de bois en provenance des ménages ou des secteurs industriels, au contraire, sont potentiellement disponibles pour la récupération de l'énergie.

Les chutes de bois sont couramment co-brûlées dans des chaudières à plusieurs combustibles et pour la production de chaleur, dans les centrales électrique au charbon et les autres usines industrielles, dans les fours à brique et aussi dans les fours à ciment.

5.1.4.2. Boues d'épuration

Les boues d'épuration sèches (plus de 90 % de matière sèche) peuvent être utilisées comme combustible dans les fours à ciment, en conjonction avec d'autres types de déchets solides. Les boues d'épuration sèches ont un pouvoir calorifique de 16 à 17 MJ/kg.

Les boues d'épuration sèches sont co-incinérées dans les fours à ciment. Il existe des projets pour co-brûler les boues d'épuration sèches dans une centrale électrique et un four à brique.

5.1.4.3. Paille

La sciure est mélangée avec des composés organiques pour produire un combustible secondaire plus consistant, à destination des fours européens de l'industrie du ciment. Elle est aussi utilisée comme agent poreux dans l'industrie de la brique.

5.1.5. Papier et boue de papier

Le vieux papier est utilisé comme combustible alternatif dans les fours à ciment, généralement avec le plastique et d'autres déchets. Le papier a généralement un pouvoir calorifique de 12,5 à 22 MJ/kg. La boue et les résidus issus de la production de papier sont aussi utilisés comme combustible secondaire, principalement dans l'industrie du papier elle-même. La boue de papier a un pouvoir calorifique (PC) plus faible, d'environ 8,5 MJ/kg ; cependant, elle est aussi utilisée comme combustible secondaire dans les fours à ciment. La boue de papier et d'autres résidus de la production de papier sont aussi co-brûlés par l'industrie du papier elle-même en Europe.

5.1.6. Déchets animaux

Les déchets animaux (farine d'os et graisses animales) ont un PC typique de 16 à 17 MJ/kg. La farine et les graisses animales fournies sont préparées dans des installations de traitement agréées. Les carcasses animales en provenance d'animaux non infectés par l'ESB (encéphalopathie spongiforme bovine) subissent l'extraction de la moelle épinière, des systèmes nerveux, des amygdales et des yeux, une stérilisation (à 133 °C sous une pression de 3 bars pendant au moins 20 minutes) et enfin un concassage. Ces déchets ont un pouvoir calorifique élevé et une composition stable. Le prétraitement peut être réalisé en dehors du site par le fournisseur ou sur le site par l'industriel lui-même ou par une filiale sur site.

La farine d'os et les graisses animales sont utilisées comme combustibles alternatifs dans les fours à ciment ; certaines sont co-brûlées dans d'autres installations de combustion, dans les centrales à charbon et de façon temporaire, dans les centrales électriques et à production de chaleur. La paille et le fumier de poulet sont ou seront aussi co-incinérés comme combustible secondaire dans les centrales électriques.

5.1.7. Solvants utilisés

Ils sont largement utilisés comme combustible secondaire dans l'industrie du ciment. Les solvants sont aussi utilisés dans les centrales à charbon et d'autres usines industrielles. Ils peuvent être mélangés avec de la sciure avant d'être injectés dans le four.

5.1.8. Autres déchets

Les autres déchets traités comme combustibles secondaires sont les suivants :

- Combustibles liquides de substitution (CLS) mélangés avec de la sciure (c'est-à-dire des solvants utilisés).
- Résidus de déchetage d'automobiles (RDA)
- Résidus et chutes de tapis : ils peuvent être aussi utilisés comme combustible secondaire dans l'industrie du ciment.
- Textiles.
- Déchets issus de la fabrication des couches pour bébé.
- Déchets d'anode, etc.

Pour résumer, les déchets dangereux typiques utilisés comme combustibles secondaires ou de substitution, dans les secteurs industriels, sont indiqués dans le tableau 5.1 :

Tableau 5.1 : déchets dangereux utilisés comme combustibles secondaires ou de substitution en Europe

Déchets dangereux	Secteur industriel
Solvants utilisés	Fours à ciment, centrales à charbon et autres usines industrielles.
Huiles usées	Fours à ciment, centrales électriques, industrie de la pierre, centrales de production de chaleur, production de bitume
Boues d'épuration	Fours à ciment, centrales électriques, fours à brique

5.2. SECTEURS INDUSTRIELS UTILISANT DES DÉCHETS DANGEREUX

Les trois principaux secteurs industriels utilisant des combustibles secondaires dérivés des déchets industriels (à la fois dangereux et non dangereux) sont les suivants :

- Industrie du ciment.
- Industrie du papier.
- Industrie de l'énergie.

Les informations les plus fiables et les plus détaillées ont été rassemblées pour l'industrie du ciment, alors qu'il fut beaucoup plus difficile d'obtenir des informations claires pour les autres secteurs. Pour l'industrie du papier, il a été difficile de quantifier les combustibles dérivés des déchets (CDD) qui sont co-incinérés, car il n'a pas été possible de faire la distinction entre les déchets générés sur le site comme les écorces, les rebuts de papier ou la boue de papier et les CDD achetés. Dans le secteur de l'énergie, les changements sur le marché de l'énergie ont compliqué la collecte d'informations fiables et à jour.

D'autres secteurs (tels que les industries des fours à brique et des hauts fourneaux) peuvent aussi co-incinérer des combustibles dérivés des déchets, mais ces secteurs affirment qu'il ne s'agit surtout pas de substitution d'énergie mais de substitution de matériau. Le CDD issu des déchets industriels est utilisé dans des processus qui ne dépendent pas de la combustion, comme la biodigestion, la gazéification et la pyrolyse (la gazéification et la pyrolyse ont été développées dans la section 4.2.1.5).

Les sections suivantes décrivent les industries qui peuvent utiliser des déchets dangereux comme combustible. Elles incluent aussi les industries situées en Méditerranée.

5.2.1. Industrie du ciment

Les fours à ciment sont composés d'un four rotatif dans lequel prend place le frittage de mâchefer. La longueur du four varie entre 70 et 200 m, avec un brûleur à l'extrémité chaude du four. Le nettoyage des gaz de combustion s'effectue via un ou des séparateurs électrostatiques.

Les combustibles fossiles (par exemple le charbon, le coke de pétrole, le pétrole ou le gaz naturel) sont les combustibles prédominants utilisés dans les industries du ciment et de la chaux. Cependant, les combustibles de bas niveau comme les huiles de schiste, les résidus de lavage du charbon, le pétrocote et les combustibles résiduels (traditionnellement les huiles usées, les solvants utilisés, les pneus usagés) ont été utilisés de plus en plus. Plus récemment, l'industrie du ciment a co-incinéré de la farine d'os et des graisses animales.

Une affirmation générale veut que la qualité du ciment ne soit pas affectée par l'utilisation des déchets, puisque la composition des déchets est surveillée et ajustée pour satisfaire aux conditions requises du ciment. De même, l'industrie du ciment prétend que les émissions sont principalement déterminées par les matériaux bruts et ne sont pas influencées par le type de combustible. Par exemple, les émissions élevées de NO_x sont inhérentes au processus, à cause des hautes températures de combustion. Les émissions de dioxyde de soufre, d'ammoniac et de composés d'ammonium sont principalement dues au contenu du matériau brut. D'autres émissions, comme les dioxines, ne sont pas affectées par le type de combustible alternatif. [6]

Le combustible est généralement ajouté dans le brûleur principal, ou avec les matériaux bruts, ou dans la zone de décarbonation (procédé humide uniquement) ou dans le précalcinateur (procédé sec uniquement). Le combustible solide est broyé avant sa combustion dans le brûleur. Une pulvérisation est nécessaire pour garantir la combustion complète de la cendre résiduelle. La température de la flamme est très élevée (entre 1 800 et 2 000 °C) et le temps de rétention est supérieur de 5 secondes à une température supérieure à 1 200 °C, garantissant la destruction complète de la matière organique.

Les déchets envoyés dans un brûleur secondaire, un préchauffeur ou un précalcinateur, brûleront à des températures plus faibles, qui ne sont pas toujours suffisantes pour décomposer les substances organiques halogénées.

Les composés volatils du matériau, envoyés dans l'extrémité supérieure du four ou comme combustible en morceaux, peuvent s'évaporer. Ces composants ne passent pas la zone de combustion primaire et ne peuvent pas être décomposés ou retenus dans le mâchefer du ciment. Par conséquent, l'utilisation des déchets contenant des métaux volatils (mercure, thallium), ou des composés organiques volatils, peut conduire à une augmentation des émissions de mercure, de thallium ou des COV, en cas de mauvaise utilisation.

Tableau 5.2 : caractéristiques principales du processus de production du ciment (RDC/Kema, 1999 dans [1])

Paramètre	Conditions
Température de la flamme	1 800 - 2 000 °C
Temps de rétention des gaz	5 s à une température supérieure à 1 200 °C
Excès d'oxygène	Faible
Efficacité	44 %
Autres	Oxydation de l'atmosphère Inertie thermique élevée Environnement alcalin
Résidu	Rétention de cendres dans le mâchefer

Pour garantir un transfert d'énergie supplémentaire vers la zone de décarbonation, il est aussi possible d'ajouter du combustible solide au matériau brut. Cependant, ce n'est pas une bonne pratique puisqu'elle produit une augmentation importante des émissions organiques dans les gaz de combustion.

Il est aussi possible d'ajouter des déchets solides au milieu du four humide, au niveau de la phase de décarbonation. Les déchets n'ont pas besoin d'être pulvérisés. Cependant, une telle méthode discontinue d'alimentation nécessite un contrôle spécial des quantités de combustible et d'oxygène pour garantir une combustion complète et pour éviter l'augmentation des éléments organiques et du monoxyde de carbone dans les gaz de combustion. Dans un procédé sec, il est possible d'injecter des

combustibles pulvérisés dans la zone de transition du four rotatif et les précyclones et l'alimentation en oxygène doivent être correctement ajustés pour garantir une combustion complète.

Puisque le processus nécessite une température d'environ 2 000 °C, l'industrie du ciment présente une très grosse demande d'énergie. Les informations sur la consommation énergétique, y compris les combustibles secondaires, dans l'industrie du ciment sont connues.

L'industrie du ciment est le plus gros consommateur de combustibles secondaires issus des déchets industriels, avec environ 105 fours à travers l'Europe ; plus de 2,5 millions de tonnes par an de combustibles secondaires, principalement des déchets dangereux comme les solvants usés, les huiles usées et les pneus, ont été rapportés comme étant co-incinérés dans les cimenteries.

Les déchets dangereux, comme les huiles et les solvants usés, mélangés avec de la sciure ou injectés sous forme liquide dans la flamme sont l'un des CDD les plus couramment co-incinérés dans les fours à ciment. Les pneus sont aussi couramment utilisés entiers ou après déchetage. Ils sont généralement introduits à mi-four ou à l'étage de calcination. Ils peuvent aussi être ajoutés dans les systèmes de préchauffage ou dans le système de combustion.

Le taux moyen de substitution d'énergie en Europe pour les combustibles secondaires dans l'industrie du ciment est compris entre 1 et 40 % selon les rapports. En 1995, l'utilisation de combustible dans l'industrie du ciment en Europe était d'environ 10 % pour les combustibles dérivés des déchets.

Tableau 5.3 : quantités de déchets utilisés comme combustibles secondaires en Europe (RDC/Kema, 1999 dans [1])

Type de déchet	Quantités en 1997 (x10 ³ tonnes par an)	Quantités prévues en 2003 (x10 ³ tonnes par an)
Pneus / caoutchouc	413	496
CDD des ménages	115	132
Boues d'épuration	81	99
Huiles usées	446	< 1140
Solvants usés et déchets dangereux	592	(inclus dans les huiles usées)
Plastiques	71	85
Vieux papiers	27	31
Chutes de bois	9	12
Autres	44	53
Total	1 800	2 050

Le recyclage de la matière particulaire collectée dans le processus, si applicable, est considéré comme étant la meilleure technique disponible. Lorsque les poussières collectées ne sont pas recyclables, l'utilisation des poussières dans d'autres produits commerciaux, si possible, est aussi considérée comme une MTD.

5.2.2. Industrie de l'énergie

Dans les centrales à charbon conventionnelles, la poudre fine de charbon est brûlée dans un four à environ 1 600 °C. Le temps de rétention des gaz de combustion est d'au moins 4 secondes à une température supérieure à 1 200 °C. Les séparateurs électrostatiques et la désulfuration des gaz de combustion sont couramment utilisés, avec la réduction NO_x par réduction sélective catalytique (RSC). Le Tableau 5.4 montre les principales caractéristiques des centrales électriques au charbon.

Tableau 5.4 : principales caractéristiques des centrales électriques au charbon (RDC/Kema, 1999 dans [1])

Paramètre	Conditions
Température de la flamme	1 600 - 2 000 °C
Temps de rétention des gaz	4 s à une température supérieure à 1 200 °C
Excès d'oxygène	3 Vol %
Efficacité	40 - 45 %
Résidu	Scories, cendres volantes, gypse

La co-incinération des combustibles dérivés des déchets dans les centrales à charbon et les centrales de production de chaleur est relativement habituelle en Europe du Nord ; cependant, ce n'est pas le cas en Méditerranée.

Les centrales électriques et les centrales de production de chaleur co-incinèrent principalement des combustibles secondaires non dangereux, comme les chutes de bois, la paille et les boues d'épuration sèches.

Les résidus des centrales à charbon sont les scories, les cendres volantes et le gypse, qui peuvent être réutilisés. La production d'électricité à partir du charbon nécessite environ 300 kg de charbon par MWh produit. Il est considéré que la co-incinération des déchets avec le charbon a l'avantage de sauvegarder les ressources fossiles et d'être plus efficace que l'incinération des déchets. La co-incinération avec des déchets affecte potentiellement les émissions atmosphériques et la qualité du résidu. Les principales émissions affectées par la co-incinération sont liées au contenu en métaux lourds, comme le mercure (Hg) et le thallium (Tl). Cependant, les limites d'émission ne seront dépassées que si la teneur en Hg et/ou en Tl dans les déchets est élevée (à des niveaux jusqu'au gramme par kg). La qualité des cendres volantes sera affectée jusqu'à une certaine limite par la co-incinération, en fonction des quantités d'éléments alcalins (K et Na) dans les déchets (RDC & Kema 1999 dans [1]).

5.2.3. Pulpe et papier

La production de pulpe et de papier nécessite des quantités considérables de vapeur et d'énergie. La plupart des usines de papeterie produisent leur propre vapeur dans une ou plusieurs chaudières, qui peuvent brûler des combustibles fossiles et/ou des chutes / écorces de bois. Les papeteries qui utilisent des processus chimiques brûlent aussi leur bouillie utilisée dans une chaudière pour récupérer les produits chimiques et générer de l'électricité. Les autres déchets peuvent aussi être brûlés, comme les mercaptans, la boue de papier, le papier récupéré non recyclable, etc. Certaines usines disposent aussi sur site de fours à chaux pour fabriquer de la chaux vive, dans laquelle des déchets peuvent aussi être brûlés.

Les contraintes de la co-incinération dans l'industrie de la pulpe et du papier ne sont pas liées à la production de qualité sauf lors de la co-incinération de la bouillie utilisée. Les principaux types de déchets utilisés sont la boue de papier, la boue de désencrage, les résidus des vieux papiers

(contenant souvent des plastiques), les écorces, les chutes de bois et la sciure. La majorité de ces déchets est produite sur site.

5.2.4. Four à chaux

La production de chaux vive (CaO) à partir de la combustion du calcaire dans un four est un processus très gourmand en énergie, nécessitant entre 900 et 1 800 kcal/kg²⁰. Les températures s'élèvent à 1 300 °C avec plus de 5 secondes de temps de rétention pour que le dioxyde de carbone soit sorti hors du calcaire. Il existe deux types principaux de fours ; les hauts fourneaux verticaux et les fours rotatifs.

Selon les rapports, en 1995 (Association européenne de la chaux comme mentionné dans RDC et Kema 1999 [1]) environ 1 % du combustible consommé par l'industrie provenait des déchets, à comparer avec les 48 % de gaz, les 36 % de charbon et les 15 % de combustible lourd. La gamme et les quantités des combustibles dérivés des déchets sont très faibles parce que les déchets peuvent affecter la qualité du produit final et seuls les combustibles dérivés des déchets produisant peu de cendres peuvent être co-incinérés, comme la sciure, les pneus déchiquetés, le méthanol et les autres solvants de bas niveau, les plastiques et les huiles usées.

5.2.5. Four à brique

Les déchets industriels sont aussi co-incinérés dans les fours à brique de certains pays. La température atteinte ici est plus faible que celles des fours à ciment. Il est cependant considéré par l'industrie que l'utilisation des matériaux secondaires comme la paille, la sciure, la boue de papier et le polystyrol ne répond pas à des exigences énergétiques mais que, en tant qu'agents poreux et en conséquence, elle constitue un recyclage et non une combustion / incinération.

5.2.6. Usines de production de fer

La plupart des déchets / résidus utilisés dans l'industrie du fer sont des sous-produits du processus ou des déchets recyclés en interne dans l'usine de frittage, pour le recyclage du matériau plus que comme substitution d'énergie. Cependant, il existe des rapports récents sur l'utilisation des plastiques granulés en tant que combustible de substitution pour le coke dans certains hauts fourneaux.

5.3. TECHNOLOGIES

Cette section décrit les types de technologies appliquées dans les différents secteurs. Ces technologies représentent des études de cas pour le développement des installations industrielles disponibles pour l'utilisation des déchets dangereux en Méditerranée.

5.3.1. Centrale électrique à la lignite

Il s'agit d'une centrale électrique réhabilitée fonctionnant à la lignite brute avec une turbine à vapeur pour la lignite. Une station de désulfuration des gaz (IDG) est raccordée pour réduire les émissions de dioxyde de soufre. Celle-ci fonctionne avec un processus humide : l'additif à base de farine calcaire (CaCO₃) est soufflé dans les gaz de combustion avec de l'eau. La farine calcaire est ajoutée dans une proportion stœchiométrique à du SO₂. Le gypse de l'IDG résultant peut être utilisé dans l'industrie de la construction. La station IDG réduit le SO₂ de 95 % et la poussière de 90 %.

²⁰ kcal/kg : kilocalories/kilogramme

Les émissions de NO_x sont réduites uniquement par des mesures primaires. La station énergétique dispose d'un rendement électrique de 39 %.

5.3.2. Centrale électrique à la houille

Il s'agit d'une centrale électrique fonctionnant à la houille pour le charbon importé. La centrale électrique possède un indice de puissance de 500 MW et un rapport de production nette d'électricité de 43,5 %. Une station de désulfuration des gaz (IDG), une station de dénitrification et un séparateur électrostatique sont raccordés pour réduire les émissions. L'IDG fonctionne en utilisant la méthode humide, qui repose sur un rapport stœchiométrique de calcaire-SO₂. Elle réduit les émissions de SO₂ de 90 %, les émissions de poussière de 90 % et les émissions de HCl et HF de 95 % chacune. La station de dénitrification fonctionne en conformité avec le processus de RSC (réduction sélective catalytique), avec de l'ammoniac comme sorbant avec un rapport stœchiométrique. Les émissions de NO_x sont par conséquent réduites de 85 %. Le séparateur électrostatique réduit les émissions de poussière de 99,5 % supplémentaires. Pour cette évaluation, la conformité avec les valeurs de seuil indiquées dans la directive sur l'incinération des déchets (2000/76/CE) ne peut pas être garantie.

5.3.3. Cimenteries

Le processus choisi pour la production de ciment est un four à sec équipé d'un préchauffeur à grille ou cyclone. La poussière est minimisée par un séparateur électrostatique. Le combustible primaire de base utilisé dans la production de ciment est la houille. La technologie utilisée dans ce module peut être considérée comme typique pour un grand nombre de fours à ciment en Europe.

5.3.4. Incinérateur de déchets

Le processus d'incinération des déchets choisi est celui d'une usine municipale d'incinération des déchets solides, avec combustion sur une grille et récupération de l'énergie. Il représente une moyenne standard. La technologie de nettoyage des gaz de combustion garantit une conformité avec les valeurs de seuil de la nouvelle directive CE sur l'incinération des déchets. Les émissions des gaz de combustion via la cheminée sont la principale voie d'émission. D'autres flux de matériau sont constitués par les résidus d'incinération et les sous-produits provenant du nettoyage des gaz de combustion. L'usine fonctionne sans aucun traitement des déchets résiduels. Le nettoyage des gaz de combustion est divisé en plusieurs étapes. D'abord, un séparateur électrostatique (trois cellules) est installé pour minimiser la poussière et les cendres. Ensuite, un sécheur à pulvérisation, un dépoussiéreur à couche filtrante, un laveur acide pour la réduction du HCl, une station de désulfuration des gaz et une RSC pour la réduction des NO_x sont installés. On considère qu'un système moderne de chaudière est utilisé, avec 90 % de la chaleur du four transformés en vapeur. En général, le rendement brut de la génération d'électricité à partir de l'incinération des déchets n'est pas supérieure à 25 %. Après la consommation de l'usine, on peut considérer qu'il existera un surplus d'électricité de 10 %, qui sera distribué sur le réseau public. Il existe aussi des incinérateurs de DSU qui associe la production combinée de chaleur et d'électricité (PCCE) à une production d'électricité plus faible, mais avec une alimentation des systèmes de production de chaleur.

5.3.5. Co-incinération

Une vaste gamme de déchets industriels est aussi traitée pour être co-incinérée dans les processus industriels comme combustible secondaire. Ces déchets comprennent les plastiques et les papiers / cartons en provenance des activités commerciales et industrielles (par exemple les déchets d'emballage ou les rebuts de fabrication), les pneus usagés, les déchets de biomasse (par exemple la paille, les chutes de bois non traitées, les boues d'épuration sèches), les déchets textiles, les déchets en provenance des opérations de démantèlement d'automobile (résidus de déchetage d'automobiles – RDA) et les déchets industriels dangereux, comme les huiles usées, les boues industrielles, la sciure imprégnée et les solvants usés. Ces déchets doivent avoir un pouvoir calorifique élevé, être de qualité constante et bon marché, ou même tolérer des frais d'entrée. Ces

dernières années, le marché des combustibles de substitution a été très actif, avec l'arrivée de combustibles de substitution moins chers que la farine d'os et de viande, à la suite des crises de la dioxine et de l'encéphalopathie spongiforme bovine.

5.4. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE

Le rapport de la direction générale de l'environnement sur les combustibles dérivés des déchets [1] se charge d'évaluer les impacts environnementaux de la production et de l'utilisation des CDD, en comparant l'utilisation des CDD dans les centrales électriques à la lignite et à la houille, les cimenteries et les usines d'incinération des déchets dangereux, avec une approche multiple comprenant :

- Une analyse des cycles de vie (ACV) définissant les avantages ou inconvénients généraux du système entier de récupération des CDD.
- Une évaluation de l'impact environnemental (EIE) évaluant les impacts locaux de la production et de l'utilisation des CDD.
- Une évaluation des impacts sur les produits provenant des industries co-incinérant des CDD.

Les calculs ont été basés sur l'hypothèse que les matériaux (CDD et combustible fossile) étaient de qualité moyenne et que la technologie modelée pour les installations était moyenne à avancée (conformément aux MTD) pour la production et l'utilisation des CDD.

Des brèves descriptions de l'ACV et de l'EIE sont fournies ci-dessous. Celles-ci peuvent être utilisées comme des outils pour le secteur des déchets dangereux.

Une analyse des cycles de vie (ACV) évalue les effets environnementaux générés tout au long de la durée de service d'une activité humaine. Elle analyse les impacts environnementaux d'un produit, de son système ou de la durée de service (du berceau à la tombe), ou plus exactement, ce qui est nécessaire pour qu'un produit agisse d'une certaine façon.

Une évaluation de l'impact environnemental (EIE) analyse les impacts environnementaux des investissements et des usines dans des endroits particuliers, en prenant en compte les alternatives possibles. Elle s'applique à la prise de décision pour les activités publiques et pour les autorisations de concession de certaines activités privées.

5.5. ÉVALUATION FINANCIÈRE

L'utilisation des combustibles secondaires est une option permettant de réaliser des économies importantes. En fonction des matériaux bruts et de la technologie du processus utilisé (processus sec, humide ou semi-sec / humide), la demande en énergie varie entre 2,8 GJ²¹ et 5,5 GJ pour produire une tonne de mâchefers. L'efficacité de la conversion d'énergie est définie comme la teneur énergétique du mâchefer divisée par la quantité totale des apports énergétiques, en moyenne, de 44 % pour les fours à ciment.

Pour les installations de co-incinération, si l'exigence pour un investissement dans un équipement supplémentaire de nettoyage des gaz de combustion apparaît à partir de l'utilisation des déchets solides urbains (DSU), il est clair que l'installation de co-incinération peut considérer que l'utilisation des DSU comme combustible n'est pas rentable.

²¹ GJ : gigajoules

Alternativement, il semblerait possible que les autorités locales ou l'entreprise de gestion des déchets puisse conclure un accord avec l'installation de co-incinération dans lequel, plutôt que de payer pour une installation de récupération de l'énergie spécialisée, les autorités locales ou l'entreprise de gestion des déchets elle-même ferait l'investissement nécessaire (en partie ou en totalité) pour permettre à l'usine d'utiliser les DSU tout en acceptant de limiter les valeurs établies.

D'un autre côté, si on demande aux installations de co-incinération d'effectuer l'investissement indépendamment de l'utilisation des DSU (chose qui semblerait plutôt raisonnable d'un point de vue environnemental), le problème viendra de la compétitivité et de la survie de l'installation de co-incinération. Le coût différentiel de l'utilisation des CDD sera de zéro. Une plus grande utilisation des CDD deviendra probablement un impératif pour l'industrie du futur, que cela ne l'est aujourd'hui.

6. SITES D'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX

6.1. INTRODUCTION

L'enfouissement représente une option d'élimination finale commune pour les déchets dangereux. Il s'agit essentiellement une activité de construction où les déchets forment le matériau brut du processus. Tous les déchets reçus sur un site d'enfouissement doivent être prétraités ou triés, parce que l'enfouissement est un traitement final (c'est la dernière étape du traitement).

Une description générique du processus d'enfouissement commence avec la livraison des matériaux, entrant dans l'installation par la zone de réception et de manutention, où d'autres activités de gestion des déchets peuvent aussi prendre place. Après vérification et acceptation, les déchets sont transportés jusqu'au point d'élimination. L'activité de développement des sites d'enfouissement est effectuée par étapes et, à un moment précis, des cellules peuvent être en préparation, en fonctionnement ou en phase de restauration.

Dans certaines catégories d'enfouissement, les déchets peuvent se décomposer au fil du temps et changer de nature. Par conséquent, le cas échéant, la fourniture de mesures de contrôle des émissions des produits de décomposition, y compris le lixiviat et les gaz d'enfouissement, constitue une partie intégrante de l'activité [4].

Dans les sections suivantes, les techniques et les pratiques environnementales applicables aux sites d'enfouissement ont été détaillées. Elles sont constituées de critères généraux pour leur conception, leur fonctionnement et leur fermeture, qui sont fortement recommandés pour la Méditerranée. Il faut noter qu'un site d'enfouissement non contrôlé peut avoir des impacts environnementaux critiques.

6.2. ÉLÉMENTS DE GESTION POUR LES SITES D'ENFOUISSEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX

Il existe différents types de sites d'enfouissement. Les objectifs de la classification des sites d'enfouissement sont les suivants :

- Prendre en compte les situations d'élimination des déchets et les besoins en terme de combinaisons de type de déchets, de taille du flux de déchets et de possibilité de génération d'un lixiviat significatif.
- Développer des classes d'enfouissement qui reflètent l'éventail des besoins de l'élimination des déchets.
- Utiliser les classes d'enfouissement comme base pour définir des exigences minimales graduées pour la sélection coût-performance, l'enquête, la conception, le fonctionnement et la fermeture des sites d'enfouissement.

La directive du conseil 99/31/CE du 26 avril 1999 sur l'enfouissement des déchets définit des catégories de déchets (municipaux, dangereux, non dangereux et inertes) et s'applique à tous les enfouissements. Les sites d'enfouissement sont divisés en trois catégories :

- Enfouissement des déchets dangereux.
- Enfouissement des déchets non dangereux.
- Enfouissement des déchets inertes.

Une procédure normalisée d'acceptation des déchets est établie pour éviter tout risque :

- Les déchets doivent être traités avant d'être enfouis.
- Les déchets dangereux doivent être réservés à un site d'enfouissement pour déchets dangereux.
- Les sites d'enfouissement pour déchets non dangereux doivent être utilisés pour les déchets municipaux et les déchets non dangereux.
- Les sites d'enfouissement pour les déchets inertes doivent être utilisés uniquement pour les déchets inertes.
- Les critères d'acceptation des déchets de chaque classe d'enfouissement doivent être adoptés par le ministère de l'Environnement de chaque pays.

Les informations suivantes sont basées sur une directive relative à la détermination des meilleures techniques disponibles (MTD) pour les activités d'enfouissement développées par l'Agence de protection de l'environnement (APE) d'Irlande [4] en conformité avec la directive du conseil 99/31/CE sur l'enfouissement des déchets et la directive du conseil 96/61/CE sur la prévention et le contrôle intégrés de la pollution. De plus, des conseils sur la conception et le fonctionnement des sites d'enfouissement préparés par le Centre régional de la Convention de Bâle pour la formation et le transfert de technologie pour les pays arabes du Caire (BRCB-Le Caire) ont aussi été pris en compte [5] pour le cadre de la Méditerranée.

Pour l'identification des MTD, l'accent est mis sur les techniques de prévention de la pollution plutôt que sur le traitement en bout de ligne.

6.3. CONCEPTION D'UN SITE D'ENFOUISSEMENT

L'objectif général de la conception d'un site d'enfouissement consiste à fournir une installation d'élimination des déchets rentable et acceptable en termes d'environnement. Les objectifs particuliers sont les suivants :

- L'atténuation de tout impact négatif identifié lors de l'enquête sur le site et dans l'évaluation de l'impact environnemental (EIE).
- La prévention de la pollution liée au lixiviat dans les sols adjacents et les eaux de surface.
- La fourniture suffisante du matériau de recouvrement pour garantir une opération acceptable en termes d'environnement et d'esthétique.

Pour ce faire, la conception doit être basée sur une connaissance solide de la configuration environnementale, y compris (voir aussi le tableau 6.1) :

- Projections de la qualité des déchets et exigences vitales du site.
- Exigences du revêtement.
- Exigences de l'élimination du lixiviat.
- Exigences de l'installation de prise en charge de l'enfouissement et du matériau de fermeture et des recouvrements.
- Exigences du système de gestion des eaux de surface et du drainage.
- Exigences du contrôle des gaz.
- Détermination de l'élimination des déchets déjà présents sur le site.
- Exigences des méthodes locales de construction et de dimensionnement.
- Disponibilité du matériel local, de l'électricité et de l'eau, et d'autres facilités.
- Climat.
- Facteurs économiques et sociaux.

Tableau 6.1 : Considérations pour la conception d'un site d'enfouissement

Considération	Problème de conception
Nature et quantité des déchets	Cela affecte directement les mesures environnementales et de contrôle.
Contrôle de l'eau	Pluie, ruissellement des eaux de surface et protection des nappes souterraines.
Protection du sol et de l'eau	Sélection du type de système de revêtement.
Stabilité	Stabilité de la base du site, du système de revêtement, de la masse des déchets et de l'étanchéité de surface.
Aspects du développement	Conception de l'installation, processus de planification et appliqués, construction, fonctionnement, fermeture et entretien.
Exigences de la surveillance	Fourniture et installation de points de surveillance dans et hors de l'installation.
Usage ultérieur du site d'enfouissement	Compatibilité avec l'usage ultérieur proposé.
Phase d'enfouissement	Exigences fonctionnelles et de restauration, localisation de l'infrastructure de l'installation.
Gestion du lixiviat	Système de collecte du lixiviat et installation du traitement / élimination.
Contrôle des gaz d'enfouissement	Possibilité de migration des gaz, de collecte des gaz, de combustion / utilisation des gaz.
Nuisance environnementale	(a) Pendant la construction, par exemple bruit, poussière, boue. (b) Pendant le fonctionnement, par exemple bruit, odeurs, poussière, déchets sauvages, oiseaux, nuisibles et feux.

Les variations de conception sont le plus fréquemment rencontrées dans les régions arides (certains pays de la Méditerranée, comme l'Égypte).

Pour garantir l'appui des fondations dans le sol et établir les limites environnementales et civiles du site, les tâches suivantes doivent être accomplies :

- Conduire des enquêtes hydrogéologiques.
- Définir la stratigraphie géologique.
- Établir les profondeurs et la direction des cours d'eau souterrains.
- Définir les caractéristiques des sols sur le site.
- Préparer des cartes topographiques et de base.
- Obtenir les données disponibles sur les précipitations.

Les services spéciaux nécessaires pour leurs accomplissements sont les suivants :

- Étude du site pour connaître les limites du terrain et les informations topographiques.
- Étude géotechnique, composée de forages et de tests du sol.
- Études géologiques comprenant des examens de surface et de sous-sol.

- Études géohydrologiques comprenant une modélisation des nappes souterraines.
- Études géophysiques comprenant des examens radar de pénétration du sol.

Une sélection des mesures particulières à prendre en compte, l'explication spécifique et la sélection des MTD correspondantes sont détaillées ci-dessous.

6.3.1. Localisation

La localisation du site d'enfouissement doit avoir un impact minimal sur les composants environnementaux, ainsi que sur les équipements vitaux comme le transport et les facteurs sociaux et économiques.

Une étude de faisabilité comprenant une évaluation préliminaire de l'impact environnemental et une enquête géohydrologique doivent être menées pour chaque site candidat. Celle-ci déterminera si l'impact potentiel du site est environnementalement et socialement acceptable.

Cette étude doit être réalisée pour chaque projet de site d'enfouissement dans chaque pays. Les trois sous-sections suivantes mettent en évidence certains points à prendre en compte, concernant la localisation du site d'enfouissement.

6.3.1.1. Routes d'accès

Une route d'accès correctement construite et entretenue et un système routier sur le site d'enfouissement des déchets dangereux, capable de supporter tous les véhicules de transport des déchets, sont nécessaires pendant la durée de fonctionnement du site d'enfouissement. L'accès aux sites d'élimination est un problème notoire dans un certain nombre de communes des pays en développement. Une accessibilité pauvre conduit à la congestion et la sous-utilisation de l'équipement de collecte. L'accès routier au site doit être suffisant pour permettre l'entrée et la sortie en ordre et en toute sécurité, même pendant les périodes de mauvais temps.

Le site doit être rendu accessible grâce à l'utilisation d'une route tout-temps correctement calibrée, et la route doit être suffisamment large pour permettre l'accès des équipements de lutte contre l'incendie à tout moment.

6.3.1.2. Distance et capacité

Le site sélectionné doit fournir une capacité suffisante pour satisfaire les besoins actuels et prévus pour l'élimination des déchets dangereux, dans la zone de service, pendant un minimum de dix ans. Cette durée justifie les investissements réalisés sur le site (comme l'acquisition, les études, les routes d'accès et l'équipement).

Le site sera situé raisonnablement proche du centre de génération des déchets dangereux ou de la station de transfert. Généralement, la distance maximale recommandée est un rayon de 50 km à partir du nœud de génération des déchets. Une suggestion alternative, et peut-être préférable, est de tenir compte du temps moyen nécessaire à l'accès au site plutôt que de la distance. Cette suggestion tient compte d'autres variables, en plus de la distance, telles que le trafic routier et la qualité des routes. La durée maximale d'un seul voyage doit être de l'ordre de 30-45 minutes pour les véhicules de collecte classiques (c'est-à-dire des véhicules d'une capacité d'environ 5 tonnes). Une exception à cette règle est constituée par les véhicules de transport à grande capacité comme les remorques de transfert; dans ce cas, les voyages aller d'une durée maximale de 2 heures peuvent être économiquement viables, bien que cela dépendra des conditions locales.

6.3.1.3. Grandes lignes de l'étude d'impact sur l'environnement

Une fois que le site d'enfouissement candidat a été sélectionné en fonction des critères de localisation, des études détaillées et des rapports supplémentaires sont nécessaires avant de

commencer le développement du site. L'évaluation des impacts environnementaux potentiels d'un site d'enfouissement se déroule généralement en parallèle avec l'enquête détaillée du site. Les objectifs de l'évaluation des impacts environnementaux potentiels sont les suivants :

- Identifier les différentes façons dont un site d'enfouissement existant, proposé ou fermé affectera son environnement récepteur.
- Garantir que les impacts identifiés peuvent être éliminés ou atténués (diminués) grâce à une conception et un fonctionnement corrects, combinés avec une surveillance suivie.

Il existe deux étapes dans l'évaluation de l'impact potentiel d'un site d'enfouissement sur l'environnement :

- Étude d'impact sur l'environnement (EIE) : celle-ci utilise une méthodologie acceptée d'évaluation de l'impact potentiel d'un site sur l'environnement. Puisque l'environnement comprend l'environnement social, l'EIE doit comprendre une large consultation de toutes les parties prenantes, y compris la communauté locale.
- Évaluation des conséquences environnementales d'une erreur : celle-ci évalue les conséquences d'une fuite de polluants sur un site d'enfouissement dans le cas d'une erreur de conception.

La plupart des méthodes EIE dépendent ou commencent par une liste de vérifications des considérations qui doivent faire partie du processus de conception. Cette liste de vérification peut être utilisée pour identifier les interactions entre les caractéristiques, la conception et le fonctionnement du site, et leurs impacts potentiels sur l'environnement.

Afin d'identifier les interactions, une matrice d'identification de l'impact environnemental à deux dimensions est utilisée. Les actions et les impacts comprendront ceux liés aux phases suivantes du projet :

- Préparation et construction du site.
- Fonctionnement du site.
- Fermeture et réhabilitation.
- Usage ultérieur.

Les actions et les impacts qui constituent les axes de la matrice doivent être sélectionnés par une équipe qualifiée, avec une représentation multidisciplinaire.

6.3.2. Limites du terrain

L'objectif est de maintenir une zone de séparation entre le site d'enfouissement et les autres structures civiles, pour minimiser la possibilité d'accumulation de gaz méthane provenant du site d'enfouissement et d'autres sources de polluants (comme le lixiviat) dans les structures à proximité du site. Un autre objectif est de minimiser l'impact visuel associé aux sites d'enfouissement à partir des voies routières passant à proximité.

Il ne doit exister aucun développement résidentiel, existant ou prévu, dans un périmètre de 500 mètres autour du site d'élimination. La zone de remplissage doit aussi disposer d'une zone tampon, constituée de terrains inutilisés. La zone tampon entre l'enfouissement des déchets dangereux et/ou des solides rejetés et les limites du terrain doit être d'au moins 50 mètres. Les 15 mètres à proximité des limites du terrain doivent être réservés pour un écran naturel ou paysager (talus ou écran végétal). La distance entre l'enfouissement des déchets dangereux ou des solides rejetés et la plus proche résidence, puits d'alimentation en eau, prise d'approvisionnement en eau, hôtel, restaurant, installation de traitement alimentaire, école ou jardin public, varie dans un rayon de 300 mètres à 1,6 kilomètres.

6.3.3. Géologie

L'objectif est de minimiser la possibilité de situer le site d'enfouissement dans des zones comme les terrains karstiques, les zones d'avalanches ou les zones soumises à des mouvements de terrain, prédisposées à des événements ou des forces capables d'endommager le système de conditionnement de l'enfouissement et ayant un impact sur le système de surveillance environnementale.

Les installations de déchets ne doivent pas se situer sur des sols faiblement ou très faiblement drainés, comme ceux des marais, ni sur des sols excessivement drainés. Lors de l'excavation de la base du futur site d'enfouissement, des puits d'essai d'un minimum de deux mètres de profondeur doivent être creusés sur chaque hectare du site, et les sols doivent être testés et photographiés pour vérifier leur conformité à supporter l'installation.

Les sous-sections suivantes fournissent les explications particulières sur les caractéristiques géologiques importantes pour les sites d'enfouissement.

6.3.3.1. Terrains karstiques

Les terrains karstiques signifient des zones où la topographie karstique, avec sa surface et ses dispositions souterraines caractéristiques, s'est développée, à la suite de la dissolution du calcaire, de la dolomie ou d'autres roches solubles. Les propriétés physiographiques caractéristiques des terrains karstiques comprennent, entre autres, des dolines, des rivières souterraines, des grottes, des grandes sources et des vallées aveugles. D'autres roches comme la dolomie ou le gypse peuvent aussi être soumises aux effets de la dissolution.

6.3.3.2. Zones susceptibles de mouvement de terrain

Il s'agit des zones d'influence (c'est-à-dire des zones caractérisées comme étant soumises à d'éventuels mouvements de terrain actifs ou substantiels) où le mouvement du sol sur, sous ou à proximité de l'unité d'enfouissement, à cause d'événements naturels ou d'origine humaine, provoque la descente des terres et des roches par gravité. Les mouvements de terrain comprennent, entre autres, les glissements de terrain, les éboulements, les solifluxions, les glissements de roche et les chutes de pierre.

6.3.3.3. Zones d'avalanche

L'objectif de ce critère est de minimiser la possibilité que les zones associées aux avalanches (pentes en escalier et zones avec de fortes chutes de pluie occasionnelles) endommagent le système de conditionnement de l'enfouissement et affectent négativement ses performances. Puisqu'il existe uniquement des données limitées sur les zones sujettes à avalanche, pour les besoins de cette évaluation, la topographie en escalier sera utilisée comme substitution aux zones sujettes à avalanche.

6.3.3.4. Sols

Les installations pour déchets ne doivent pas se situer sur des sols faiblement ou très faiblement drainés, comme ceux des marais, ni sur des sols excessivement drainés. Lors de l'excavation de la base du futur enfouissement, des puits d'essai d'un minimum de deux mètres de profondeur doivent être creusés par hectare du site, et les sols doivent être testés et photographiés pour vérifier leur conformité à supporter l'installation.

6.3.4. Nature

Le site doit être sélectionné de manière à ce qu'aucune zone connue d'habitat ou de reproduction d'espèces rares ou menacées ne soit présente dans les limites du site. De même, le périmètre d'un site ne doit pas se trouver à moins de 250 mètres des zones protégées.

6.3.4.1. Espèces en voie

L'objectif de ce critère est de minimiser la menace que représente un site d'enfouissement en détruisant ou en modifiant négativement l'habitat critique d'une espèce menacée ou en voie de disparition, en mettant en péril la survie des espèces menacées ou en voie de disparition, ou en contribuant à la prise des espèces menacées ou en voie de disparition. Un terrain abritant un habitat critique d'une espèce menacée ou en voie de disparition listée conformément aux lois des agences locales de protection de l'environnement doit être exclu du processus d'implantation de l'installation si le site d'enfouissement peut provoquer la destruction ou modifier négativement l'habitat critique d'une espèce menacée ou en voie de disparition, mettre en péril la survie des espèces menacées ou en voie de disparition, ou contribuer à la prise des espèces menacées ou en voie de disparition.

6.3.5. Drainage

Le détournement des eaux de surface pour empêcher le ruissellement des eaux de pluie d'entrer en contact avec les déchets est nécessaire. Le ruissellement entrant et sortant sur le site doit être minimisé. Tous les fossés de drainage, les bassins d'évaporation et les baissières (dépression, cuvette dans le sol) doivent être correctement conçus et suffisamment distants des déchets pour éviter qu'ils n'absorbent les eaux collectées.

Pour la diminution des émissions dans les eaux souterraines, le postulant doit mettre en place des procédures pour garantir que le système de revêtement n'est pas endommagé et pour garantir que l'emplacement continu des déchets ne va pas compromettre la stabilité du système de revêtement. Pour tous les sites d'enfouissement, les niveaux de déclenchement doivent être approuvés et définis en fonction de la qualité des eaux souterraines, basés sur les conditions hydrogéologiques particulières de la zone, en tenant compte de la direction et de la pente des cours d'eau souterrains [5].

6.3.5.1. Distance des eaux de surface et zones environnementalement sensibles

L'objectif de ce critère est de minimiser les défauts de surveillance du ruissellement des eaux de pluie, ainsi que l'entrée d'eaux souterraines polluées qui conduit à l'affaiblissement des utilisations bénéfiques des eaux de surface proches, à cause de produits chimiques délétères et dangereux provenant du site. La défaillance inévitable des systèmes de conditionnement / revêtement du site d'enfouissement des déchets dangereux et le manque de fiabilité des systèmes de surveillance des eaux souterraines qui sont utilisés sur certains sites d'enfouissement signifient que, en fin de compte, là où des voies superficielles de passage des eaux souterraines existent entre la base de l'enfouissement et le système des eaux de surface, les enfouissements sur le site pollueront non seulement les eaux souterraines avec des produits chimiques délétères / dangereux, mais aussi les eaux de surface. Puisque cette pollution peut se produire plusieurs décennies après la fermeture du site d'enfouissement, il est essentiel que des mesures appropriées soient prises pour surveiller les eaux souterraines superficielles, dans le cas d'un transport de produits chimiques délétères ou dangereux vers les eaux de surface.

6.3.5.2. Distance des lacs ou des étangs

L'objectif de ce critère est de minimiser la possibilité que le ruissellement des eaux de surface en provenance d'un site d'enfouissement affecte un lac ou un étang permanent avec un ruissellement pollué, une charge de sédiment et/ou des déchets. Un terrain à moins de 200 mètres d'étangs, de marais et de marécages ou proche de lacs permanents qui ont été créés naturellement ou qui contiennent de l'eau à usage non industriel, doit être exclu du processus d'implantation de l'installation.

6.3.5.3. Distance des rivières ou des ruisseaux

L'objectif de ce critère est de minimiser la possibilité que le ruissellement des eaux de surface en provenance d'un site d'enfouissement affecte une rivière ou un ruisseau permanent avec un

ruissellement pollué, une charge de sédiment et/ou des déchets. Un terrain à moins de 100 mètres de la ligne des hautes eaux d'une rivière ou d'un ruisseau permanent (les deux côtés) doit être exclu du processus d'implantation de l'installation. Les distances minimales suivantes sont recommandées : 250 mètres pour les cours d'eau d'une largeur inférieure à 3 mètres et 300 mètres pour les cours d'eau d'une largeur supérieure ou égale à 3 mètres.

6.3.5.4. Zones humides

L'objectif de ce critère est de minimiser la possibilité d'impact sur les habitats ou les espèces des zones humides, sur la qualité des eaux ou sur la décomposition des zones humides associé à un site d'enfouissement dangereux. Tout terrain qui est désigné comme une zone humide par une carte de l'inventaire national des zones humides doit être exclu du processus d'implantation de l'installation. Les déchets dangereux ne doivent pas être placés dans les zones humides environnementalement importantes abritant une biodiversité significative.

6.3.5.5. Particularités côtières

La limite de l'enfouissement doit être à au moins 150 mètres d'un littoral marin.

6.3.5.6. Distance des eaux d'un processus industriel

L'objectif de ce critère est de minimiser la possibilité que le ruissellement des eaux de surface en provenance d'un site d'enfouissement affecte un bassin des eaux de traitement ou des eaux de pluie avec un ruissellement pollué, une charge de sédiment et/ou des déchets. Un terrain dans un rayon de 100 mètres autour d'un bassin de gestion des eaux de traitement ou des eaux de pluie doit être exclu du processus d'implantation de l'installation.

6.3.5.7. Plaines inondables

L'objectif de ce critère est de minimiser la possibilité que les flots des eaux de pluie associés à une crue centennale (1) perturbent et érodent le recouvrement, (2) perturbent et lavent les déchets en place, ou (3) affectent les systèmes de surveillance environnementale. L'objectif est aussi de minimiser la possibilité que le site d'enfouissement limite les flots associés à une crue centennale ou réduise la capacité de stockage en eau de la plaine inondable. Un terrain situé sur des plaines inondables doit être exclu du processus d'implantation de l'installation.

6.3.6. Recouvrement final

Le recouvrement final des sites d'enfouissement est constitué d'un minimum de 1,5 mètres de terre compactée à faible perméabilité ($<1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}^{22}$), plus un minimum de 0,15 mètre de terre végétale avec une végétation approuvée établie. La profondeur de la couche de terre végétale doit être en rapport avec le type de végétation proposée.

Les sols avec une plus haute perméabilité peuvent être acceptés en se basant sur la possibilité de génération du lixiviat sur le site d'enfouissement. Le recouvrement final doit être construit avec des pentes entre 4 et 33 %, avec les contrôles appropriés de drainage du ruissellement entrant et sortant et les contrôles adéquats de l'érosion.

Le recouvrement final doit être installé dans les 90 jours suivant la fermeture du site d'enfouissement ou sur toute zone du site d'enfouissement qui ne recevra plus de déchet d'ici l'année prochaine. Les

²² cm/s : centimètres/seconde

parties complétées du site d'enfouissement doivent recevoir leur recouvrement final progressivement pendant la durée d'activité du site d'enfouissement [5].

6.3.7. Systèmes de gestion et de récupération ou de purge des gaz

Ils sont nécessaires pour les sites d'enfouissement d'une capacité totale dépassant les 100 000 tonnes. Une évaluation des émissions potentielles de composés organiques non-méthane (CONM), le groupe de substitution des composés gazeux associés aux gaz d'enfouissement, doit être réalisée. Si l'évaluation indique que les émissions de CONM dépassent ou doivent dépasser les 15 tonnes annuelles, l'installation et le fonctionnement des systèmes de gestion et de récupération des gaz d'enfouissement sont obligatoires. Lorsqu'un système de gestion et de récupération des gaz est installé, la purge directe dans l'air des gaz collectés doit être évitée ; en revanche, une utilisation subséquente pour la récupération énergétique est recommandée. La combustion, même par incinération ou torchère, doit être encouragée par rapport à la purge directe dans l'atmosphère, pour réduire les odeurs et les émissions de gaz à effet de serre [5].

6.3.8. Profil final du site

Les modèles de drainage de la zone environnante nécessitent que la base des structures temporaires de chaque zone de remplissage et que le sommet de chaque monte-charge disposent d'une rampe d'accès aux zones de travail, avec une pente minimale de 3 % (routes internes). Les rampes doivent être conçues et entretenues pour éviter l'érosion, notamment l'érosion du revêtement inférieur et du matériau de recouvrement final. La protection des pentes permanentes avec de la végétation est aussi très bien vue, notamment dans les zones sujettes à l'érosion du sol. Le profil final de la zone de remplissage comblée doit être une pente au minimum de 3 % et au maximum de 20 %, et il doit tenir compte de l'utilisation finale du site. Des interventions sont nécessaires pour maintenir les pentes adéquates lorsqu'un tassement se produit après la fermeture du site d'enfouissement [5].

6.3.9. Usage de l'énergie

Les installations d'enfouissement utilisent de des quantités d'énergie relativement petites et les principaux usages en sont les suivants :

- Chauffage, éclairage et électricité dans les bâtiments de l'installation.
- Électricité pour les équipements de l'installation comme le lavage des roues, le pont-basculé, les processus de traitement, l'éclairage, etc.
- Carburant pour alimenter les véhicules.

Le candidat doit : quantifier la consommation d'énergie sur le site par source d'énergie, démontrer que l'efficacité énergétique a été prise en compte lors de la conception et que les procédures d'achat, de fonctionnement et de maintenance optimisent l'utilisation énergétique de l'installation [4].

6.3.10. Matériaux bruts

L'exigence de la description des matériaux bruts se rapporte à la quantité et à la nature des déchets résiduels qui seront éliminés et de tous les matériaux auxiliaires qui seront utilisés dans l'installation [4].

6.3.11. Poussière / particules fines (PM10) et odeurs

L'impact des particules fines (PM10) est généralement restreint aux types de déchets très fins ou de poussière très fine, générés pendant les phases de construction. Ils ne sont pas considérés comme un risque significatif pour les sites d'enfouissement. Certains contrôles techniques sont, par exemple, le prétraitement des déchets poussiéreux à l'aide d'eau.

Des odeurs offensives sont émises sur les sites d'enfouissement à partir d'un certain nombre de sources, notamment :

- Déchets malodorants ;
- Lixiviat et gaz d'enfouissement.

Les contrôles techniques sont les suivants :

- Réduction de l'ouverture de la zone de déversement ;
- Remise en place, compactage et recouvrement rapide des déchets ;
- Enterrement immédiat des déchets malodorants ;
- Restriction des charges connues pour être particulièrement malodorantes ;
- Restriction des activités de déversement pendant les périodes de conditions atmosphériques défavorables ;
- Mise à niveau et étanchéité des recouvrements de puisards ;
- Aération des zones de stockage du lixiviat ;
- Améliorations de la collecte des gaz d'enfouissement et des systèmes de combustion ;
- Recouvrement ou enterrement des déchets excavés pendant l'installation des systèmes de gestion du lixiviat ou des gaz d'enfouissement et utilisation de pulvérisateurs / aérosols antioeurs lorsque la surveillance du site d'acceptation des déchets ou climatique indique un risque élevé d'identifier les récepteurs [5].

6.4. SITES D'ENFOUISSEMENTS EN FONCTIONNEMENT

Les sites d'enfouissement de déchets dangereux (HWLF) disposent d'une série d'exigences opérationnelles, relatives aux opérations de routine, à la gestion et à la surveillance environnementale [5].

Les exigences opérationnelles se rapportent aux nouvelles unités HWLF, aux unités HWLF existantes et aux extensions latérales des unités HWLF existantes. Les objectifs des exigences opérationnelles minimales sont les suivants :

- Garantir que tous les déchets sont éliminés d'une manière respectueuse de l'environnement et de la société.
- Garantir que les opérations d'élimination sont acceptables par ceux qui en sont affectés.

Il existe certaines directives et des MTD qui doivent être prises en compte (en Méditerranée) pour les sites d'enfouissement en activité :

6.4.1. Exigences primaires

Les MTD pour la manutention et l'élimination des déchets par enfouissement se réfèrent à [4] un système de gestion de l'environnement (SGE) qui intègre les fonctionnalités suivantes :

- Structure de gestion et de rapport.
- Planification des cibles et des objectifs environnementaux.
- Rapport environnemental annuel (REA).
- Programme de gestion de l'environnement (PGE).
- Système de documentation.
- Procédures d'action corrective.
- Programme de sensibilisation et de formation.

- Programme de communications.
- Procédure d'acceptation des déchets.
- Système de gestion des déchets pour tous les déchets.
- Stockage et manutention appropriés.
- Gestion du lixiviat et des gaz d'enfouissement.

La manière dont est gérée une installation est un élément critique pour garantir que les émissions d'un site d'enfouissement sont minimisées. Par conséquent, la gestion des installations doit s'assurer que :

- Le personnel est compétent pour gérer et faire fonctionner l'installation, c'est-à-dire la bonne personne au bon poste ;
- Il existe un système de gestion environnementale en place pour s'assurer que les normes sont maintenues, y compris les procédures de gestion des réclamations et des incidents.

Un autre aspect important est l'acceptation des déchets. La nature des déchets éliminés dans un site d'enfouissement et la façon dont les déchets sont manipulés peuvent avoir un effet significatif sur la possibilité pour un site d'enfouissement de provoquer une pollution ou de nuire à la santé.

Le contrôle de l'entrée des déchets dans l'installation est l'un des éléments opérationnels les plus importants. Le dépôt des déchets pour lesquels l'installation a été conçue et par conséquent autorisés à être acceptés, peut avoir un effet direct sur le potentiel de pollution / nuisance de l'installation. Il est essentiel que des mesures soient implantées pour garantir que seuls les déchets pour lesquels l'installation a été conçue et qui sont autorisés par une licence soient déposés. Ces mesures doivent contenir au moins les éléments suivants :

- Mesures en place pour documenter en détail les déchets entrants sur le site.
- Critères clairs de réception des déchets.

6.4.2. Eau

Les eaux résiduelles des installations d'enfouissement proviennent de l'enfouissement, comme le ruissellement des eaux de pluie polluées, le lixiviat et le condensat des gaz d'enfouissement, et des activités auxiliaires et de l'infrastructure du site, comme le drainage des eaux usées, le lavage des roues et les surfaces en dur.

Les MTD se rapportent aux eaux rejetées directement dans les eaux de surface ou dans les égouts en tant qu'effluents. Le traitement nécessaire dépendra des limites d'émission autorisées, définies dans la licence des déchets. Les offres de traitement comprendront généralement des pièges à limon / bacs de décantation à hydrocarbures pour le ruissellement de surface voire même des traitements biologiques et physicochimiques pour le lixiviat, en fonction du récepteur de rejet [4].

Cette section a été divisée en deux parties : l'une pour les rejets et l'autre pour les effluents du lixiviat.

6.4.2.1. Rejets dans les eaux de surface, les égouts et les eaux souterraines

Seules les eaux de toiture et les eaux en provenance des zones non pavées (non dans la surface d'enfouissement) sont appropriées pour un rejet direct dans les eaux de surface.

Pour un rejet dans les canalisations d'eaux usées, la qualité des effluents doit satisfaire aux normes définies par les autorités en charge des eaux usées, pour un traitement adéquat des eaux résiduelles qu'ils reçoivent.

La législation de chaque pays doit interdire l'émission directe dans les eaux souterraines des effluents contenant certaines substances dangereuses et nécessite des contrôles stricts pour empêcher les émissions indirectes de substances polluantes. La suppression du risque d'émissions dans les eaux

souterraines à travers des contrôles appropriés est une MTD et nécessite aussi la mise en place d'une surveillance des eaux souterraines pour permettre une détection rapide de toute pollution des eaux souterraines qui pourrait se produire en provenance de l'installation et la configuration de ses limites supérieures.

6.4.2.2. Effluent de lixiviat

Les rejets des stations de traitement du lixiviat peuvent entrer dans les cours d'eau de surface ou les égouts ou être éliminés par une irrigation pulvérisée dans la terre. Pour l'application des meilleures pratiques environnementales aux rejets en provenance des systèmes de traitement, les points suivants doivent être pris en compte :

- Le rejet n'aura aucun impact significatif sur le cours d'eau récepteur ou le système d'égout.
- Les systèmes rejetant dans les eaux de surface seront robustes et fourniront des effluents de haute qualité constante.
- Le rejet satisfera aux normes de qualité environnementale (NQE), en tenant compte de la capacité d'assimilation des eaux réceptrices.
- La charge polluante des rejets dans les eaux en provenance des enfouissements de déchets dangereux dépendra entièrement des déchets déposés.

6.4.3. Air

Les émissions atmosphériques peuvent se produire sous forme de gaz de traitement en provenance des usines de réduction ou sous forme d'émissions fugitives en provenance de la décomposition des déchets. Les conseils des MTD cherchent à réguler les deux car chacune d'elles peut être gérée efficacement.

En ce qui concerne les émissions des véhicules, des procédures pour s'assurer que ces véhicules sont bien entretenus et qu'ils fonctionnent donc efficacement, doivent être implantées. En ce qui concerne l'évaluation de l'efficacité énergétique de l'installation, des procédures pour examiner l'utilisation du combustible par tous les véhicules sur le site doivent être mises en place.

Les émissions potentielles dans l'air et les conseils techniques d'élimination / contrôle seront similaires à la liste suivante :

- Odeurs en provenance des déchets, des gaz, du lixiviat et des eaux de surface polluées.
- Émission directe des gaz d'enfouissement.
- Produits de combustion / oxydation issus du brûlage à la torche des gaz d'enfouissement, de l'utilisation des gaz d'enfouissement, des gaz de combustion des déchets et du traitement biologique des gaz d'enfouissement.
- Poussière en provenance des déchets et des activités opérationnelles / techniques.
- Bruit en provenance de l'usine elle-même – torchères / moteurs / station de traitement du lixiviat ; et en provenance des véhicules et des machines utilisés pour le traitement des déchets.
- Déchets sauvages.
- Émissions des véhicules.
- COV, émissions de fibres d'amiante.

6.4.3.1. Émissions fugitives de gaz

Elles comprennent les émissions de gaz dans le sol entourant les déchets, dans l'atmosphère libre et dans les bâtiments.

6.4.3.2. Émissions des gaz de traitement

Différentes valeurs limites d'émission (VLE) ont été préparées pour les torchères des gaz d'enfouissement et les usines d'utilisation des gaz d'enfouissement, puisqu'elles émettent différentes gammes de gaz et dans des conditions optimales, qu'elles atteignent différentes limites.

Le principal processus contrôlé est l'oxydation, ou la combustion, du méthane en dioxyde de carbone. D'autres composants gazeux mineurs sont aussi détruits pendant ce processus.

Le contrôle des conditions de combustion, en termes de concentration en monoxyde de carbone, de température et de temps de rétention, plutôt que d'émissions, est considéré par de nombreuses autorités de régulation comme étant la manière la plus efficace de définir la MTD, c'est-à-dire en garantissant que la combustion se produit bien à 1 000 °C avec un temps de rétention du produit de 0,3 seconde dans la zone de combustion.

6.4.3.3. Odeurs

Il existe une exigence générale réglementaire pour que les odeurs n'affectent pas significativement les aménagements ou l'environnement au-delà des limites du site.

6.4.3.4. Bruit

Dans une installation d'enfouissement, le bruit peut être généré de manière continue (fonctionnement de l'équipement et des véhicules) et intermittente (canons à gaz pour effrayer les oiseaux et explosions).

Certains contrôles techniques sont les suivants :

- Construction d'écrans acoustiques permanents et temporaires dans le périmètre de l'installation.
- Construction d'une zone tampon entre l'installation et l'environnement extérieur, sélection de l'équipement.
- Installation d'équipement insonorisant dans l'usine en fonctionnement et pour les équipements.
- Sélection d'équipements conformes aux normes d'émission de l'Union européenne.
- Utilisation d'écrans acoustiques fixes / mobiles autour de l'usine et de l'équipement.
- Utilisation d'édifices pour contenir le bruit inhérent de l'usine et des équipements fixes.
- Prévision de l'impact sonore aux endroits spécifiques sensibles au bruit, en utilisant les niveaux de puissance sonore normalisés pour l'usine en construction.
- Positionnement des installations bruyantes, comme les torchères, les stations d'utilisation et les stations de pompage du lixiviat, loin des quartiers résidentiels, en tenant compte de la topographie du site et des zones environnantes.
- Évaluation de la sévérité de l'impact sonore sur les zones résidentielles à cause d'un nouveau développement. Ce contrôle se réfère notamment aux développements industriels, mais il est couramment utilisé pour d'autres applications et il est actuellement en cours de révision.

6.4.3.5. Vibration

Les émissions de vibration peuvent se produire là où l'enfouissement est installé sur le site d'une carrière, où des explosions continuent de se produire. Cependant, ce n'est généralement pas applicable.

6.4.4. Compactage des déchets et recouvrement du sol

Les déchets sont répandus en fines couches (0,6 m ou moins) sur le front de décharge et compactés. Normalement, 3 à 5 passages de l'équipement de compactage sur les déchets sont suffisants pour obtenir la densité appropriée. Lorsqu'un site d'enfouissement fonctionne en continu 24 heures sur 24, 0,15 m de matériau de recouvrement est appliqué à intervalles définis [5].

6.4.5. Prétraitement des déchets dangereux

Les propriétés de certains déchets dangereux sont telles qu'il est impossible de les enfouir directement en toute sécurité. Dans de tels cas, les déchets doivent être prétraités pour les immobiliser, les désintoxiquer ou les désactiver.

Il existe une variété de traitements optionnels. Ils sont souvent liés entre eux mais ils peuvent généralement être classés en fonction de leurs méthodes de traitement chimique, physique et biologique. Les processus chimiques comprennent la neutralisation, la précipitation, la fixation et l'oxydation. Les processus physiques comprennent l'incinération, le mélange et l'encapsulation. Les processus biologiques comprennent la décomposition aérobie et anaérobie des matières organiques.

6.4.6. Délistage des déchets dangereux

Le délistage des déchets dangereux implique un traitement et/ou des tests d'évaluation de la dangerosité pour vérifier si les déchets ont une mobilité ou une concentration si faible qu'ils peuvent être reclassifiés dans une catégorie de dangerosité moindre.

6.4.7. Co-élimination et déchets interdits

La co-élimination de différents déchets dangereux solides et liquides doit être contrôlée et interdite, tant qu'elle n'est pas spécifiquement approuvée par le responsable. Les déchets suivants sont soumis à la co-élimination :

- Liquides en vrac et boues semi-solides qui contiennent des liquides libres.
- Déchets liquides ou semi-solides comprenant les eaux septiques, les eaux vannes, les boues d'épuration, etc.
- Automobiles, appareils électroménagers, autres gros objets métalliques et pneus (à moins que des options de recyclage soient disponibles ou faisables).
- Déchets biomédicaux tels qu'ils sont définis par les Agences locales de protection de l'environnement.
- Animaux morts et d'abattoir, déchets de ferme et de couvoir à poissons ou déchets de conserverie et sous-produits.

6.4.8. Pillage des déchets

Le pillage des déchets doit être empêché. La récupération des déchets doit être encouragée en fournissant des zones et des installations pour le tri des matériaux recyclables ou réutilisables.

6.4.9. Contrôle des déchets sauvages

Les déchets sauvages doivent être contrôlés en compactant les déchets, en minimisant le front de décharge, en appliquant un recouvrement à intervalles réguliers, en installant des barrières protectrices et en instituant un ramassage régulier des déchets sauvages, un programme général de ménage ou toutes autres mesures nécessaires.

Il existe certaines techniques d'élimination, comme le tri des déchets pour supprimer la partie légère du flux des déchets, le pré-tri des déchets avant le dépôt dans le site d'enfouissement et le déchiquetage ou le traitement des déchets sous un abri et avant le dépôt.

6.4.10. Combustion à l'air libre

La combustion à l'air libre des déchets dangereux classiques est interdite dans les sites d'enfouissement.

6.4.11. Signalisation

Tous les sites d'enfouissement doivent disposer d'une signalisation à chaque entrée avec toutes les informations, telles que le nom du site, le numéro de téléphone de contact et l'adresse du propriétaire et de l'opérateur ou le numéro de téléphone en cas d'urgence.

6.5. FERMETURE D'UN SITE D'ENFOUISSEMENT

6.5.1. Arrêt de l'élimination des déchets

L'arrêt de l'acceptation des déchets dans une installation d'enfouissement lance une révision de la licence des déchets. Cette révision permet de modifier la licence pour refléter le changement des activités du site, puisque l'installation passe du stade opérationnel au stade de restauration et d'entretien. Les modifications de licence refléteront l'évaluation par l'Agence des conditions requises de licence pour garantir que le site continue à être correctement géré.

6.5.2. Restauration et entretien

La restauration est un processus qui remet un site dans des conditions adaptées à l'utilisation ultérieure choisie. La restauration comprend un étalement de terre, la construction du modelé final, des travaux paysagers et l'entretien.

L'entretien implique toutes les mesures qu'il est nécessaire de prendre en rapport avec l'installation dans le but d'empêcher une pollution environnementale à la suite de l'arrêt des activités d'enfouissement sur le site, et le système d'étanchéité de surface et la restauration du site. La durée de cette période d'entretien variera d'un site à l'autre et le détenteur de la licence reste responsable de l'entretien jusqu'à ce que l'agence accepte la cession de la licence des déchets (lois relatives à la gestion des déchets 1996-2003, S48).

6.5.3. Maintenance des systèmes de contrôle de la pollution environnementale

Jusqu'à ce que l'APE accepte la cession de la licence, le détenteur / opérateur de la licence est responsable de la gestion environnementale de l'installation. Pendant l'entretien, le détenteur / opérateur de la licence doit s'assurer que les systèmes suivants de contrôle de la pollution sont entretenus et restent opérationnels :

- Système de contrôle des gaz d'enfouissement ;
- Système de collecte, de traitement et d'élimination du lixiviat ;
- Étanchéité de surface de l'enfouissement ;
- Surveillance des eaux souterraines ;
- Tous les composants enterrés de ce qui précède, tels que les têtes de puits des gaz, les regards de pompage du lixiviat et les sondes de surveillance.

7. FUTUR DÉVELOPPEMENT DU SECTEUR

Cette section analyse les techniques émergentes. Une technique émergente est une nouvelle technique qui n'a pas encore été appliquée dans un secteur industriel sur une base commerciale. Ces techniques peuvent apparaître dans un futur proche.

Les seules informations disponibles sur ces techniques concernent le traitement et l'incinération des déchets.

7.1. TRAITEMENT DES DÉCHETS

7.1.1. Analyse en ligne

Cette technique peut être utilisée pour toutes les applications dans le domaine de la préparation des combustibles solides revalorisés. Elle est utilisée pour les matériaux broyés et/ou non broyés avec élimination automatique des matériaux qui ne satisfont pas aux critères de qualité des combustibles solides revalorisés – notamment si les valeurs de chlore et/ou de brome sont dépassées. Le mode de fonctionnement est basé sur une nouvelle analyse par fluorescence des rayons N avec analyse à grande vitesse, de telle manière qu'une grande quantité de matériaux broyés ou non peut être analysés par heure et/ou détectés, et qu'ils peuvent être automatiquement éliminés par une mise à découvert du stock nominal. Cet outil semble désormais être l'outil d'analyse manipulable le plus rapide et le plus exact pour pratiquement tous les recyclages de métal, plastique, vieux bois, verre, terre, déchet, boue et métal non ferreux.

7.1.2. Durée de décomposition biologique dans les procédés de traitement biomécaniques

Les durées minimales de décomposition biologique nécessaires pour satisfaire aux critères d'enfouissement avec une fiabilité opérationnelle suffisante devront être déterminées par les futures expériences des nouvelles usines de traitement biomécanique optimisées.

7.1.3. Immobilisation des chlorures de métaux lourds

Il s'agit d'une méthode pour la stabilisation des déchets de métaux lourds générés lors du processus de vitrification des cendres volantes qui est basée sur la conversion par lot des chlorures de métaux lourds avec du dihydrogénophosphate d'ammonium, la conversion des chlorures de métaux lourds en phosphate et leur immobilisation dans une matrice de phosphate en verre.

7.1.4. Stabilisation des sulfates ferreux contenus dans les déchets du TGC

Cette stabilisation implique une procédure en cinq étapes, où les matériaux solides sont d'abord mélangés avec une solution de FeSO_4 , puis aérés dans l'air atmosphérique avec un rapport liquide / solide de 3 l/kg, pour oxyder le Fe(II) et le Fe(III) et précipiter les oxydes de fer. Cette étape comprend aussi l'extraction des sels solubles. Le pH de la suspension est alors maintenu à un pH basique pendant environ 1 heure, pour permettre aux métaux lourds dissous de s'agglomérer aux oxydes de fer précipités. La quatrième étape du processus est la déshydratation et enfin une étape de lavage pour remplacer l'eau restante et enlever les sels restants. Le produit final stabilisé possède une

teneur en eau d'environ 50 %. Le principal avantage de ce processus de stabilisation est les propriétés de lixiviation améliorées du produit final. Il peut être implanté comme partie intégrante de l'incinérateur, mais il peut aussi exister comme station de traitement centralisée, gérant les résidus de plusieurs incinérateurs. Le coût du traitement est estimé à environ 65 EUR/tonne, avec une capacité de 20 000 tonnes par an, coûts des investissements compris.

7.1.5. Stabilisation du dioxyde de carbone et du phosphate contenus dans les déchets du TGC

Les agents chimiques utilisés ici sont le CO₂ et/ou le H₃PO₄. Ce processus implique une procédure en deux étapes, où les déchets entrants sont d'abord lavés avec un rapport liquide / solide de 3 l/kg pour en extraire les sels solubles. Ensuite, le matériel est déshydraté et relavé dans un filtre à plaque et à cadre avec un rapport liquide / solide de 3 l/kg. Les résidus sont alors resuspendus et du CO₂ et/ou du H₃PO₄ sont ajoutés. Les réactions de stabilisation sont autorisées à se produire pendant 1h00-1h30, tandis que le pH diminue. Enfin, les résidus sont de nouveau déshydratés et lavés dans un filtre-pressé avec un autre rapport liquide / solide 3 l/kg. Le produit final possède une teneur en eau d'environ 50 %. L'utilisation de CO₂ et de H₃PO₄ comme agents stabilisateurs garantit que les métaux lourds sont retenus sous forme de carbonates ou de phosphates.

Cette technique montre de très bonnes propriétés de lixiviation, similaires à celles de la stabilisation Ferrox. L'unité de stabilisation peut être implantée comme partie intégrante de l'incinérateur, mais elle peut aussi exister comme station de traitement centralisée, gérant les résidus de plusieurs incinérateurs. Le coût du traitement est estimé à environ 80 EUR/tonne, avec une capacité de 20 000 tonnes par an, coûts des investissements compris.

7.1.6. Techniques émergentes pour l'extraction de la vapeur du sol pour la remédiation du sol

Différentes approches comme les micro-ondes, la radiofréquence et la chaleur électrique ont été testées à une échelle pilote, mais les résultats à grande échelle ne sont pas encore disponibles.

7.1.7. Phytoextraction des métaux à partir du sol

Dans le domaine de la mise en valeur environnementale à travers des processus biologiques, la méthodologie connue sous le nom de phytoremédiation a récemment reçu un intérêt croissant de la part des opérateurs de terrain. La phytoremédiation recouvre diverses techniques utilisées pour la remise en état du sol et de l'eau. Pour les sols pollués par les métaux, la phytoextraction représente l'une des meilleures solutions d'un point de vue environnemental.

7.1.8. Traitement des déchets pollués par les POP

De tels types de déchets sont actuellement traités principalement par incinération. Cependant, d'autres types de techniques émergent, comme indiqué dans le tableau 7.1.

Tableau 7.1 : Traitement des déchets pollués par les POP

Technique	Commentaires
Déchloration par catalyse basique	Les organochlorés réagissent avec un glycol polyéthylène alcalin, formant un éther glycol et/ou un composé hydroxylé, qui nécessite un traitement supplémentaire, et un sel. Les dioxines ont été identifiées dans les résidus du processus. L'efficacité de la destruction n'est pas élevée.
Hydrogénation catalytique	Les organochlorés réagissent avec l'hydrogène en présence de catalyseurs à métal noble, en produisant du chlorure d'hydrogène et des hydrocarbures légers.
Oxydation électrochimique	À basse température et pression atmosphérique, les oxydants générés électrochimiquement réagissent avec les organochlorés pour former du dioxyde de carbone, de l'eau et des ions minéraux avec des efficacités de destruction élevées.
Oxydation par faisceau d'électrons	
Oxydation à médiation électrochimique par le cérium	Cette technique utilise les cellules électrochimiques pour la génération de l'oxydant de cérium (IV) actif à l'anode, un réacteur à phase liquide pour la destruction organique primaire, un réacteur à phase gazeuse pour détruire toutes émissions fugitives du réacteur liquide et un laveur de gaz acide pour la suppression des gaz acides avant le rejet dans l'air.
Oxydation à médiation électrochimique par l'argent	Ce processus utilise de l'argent (II) pour oxyder les flux de déchets. Les réactions prennent place dans une cellule électrochimique similaire à celle utilisée dans l'industrie du chlore et de la soude.
Métal en fusion	Les organochlorés et les autres matériaux sont oxydés dans une cuve de métal en fusion, en produisant de l'hydrogène, du monoxyde de carbone, des scories de céramique et des sous-produits métalliques.
Sels en fusion	Les organochlorés et les autres matériaux sont oxydés dans une cuve de sel en fusion, en produisant du dioxyde de carbone, de l'azote moléculaire, de l'oxygène moléculaire et des sels neutres. L'efficacité de la destruction peut être élevée. Cette technique est adaptée à la destruction des pesticides, mais pas au traitement des sols pollués.
Photocatalyse	Cette technique utilise la lumière pour déclencher une catalyse qui oxyde/réduit les composés. Une vaste gamme de composés peuvent être détruits.
Oxydation par ultraviolet	

7.1.9. Techniques émergentes pour le traitement des huiles usées

Actuellement, dans le monde entier, il existe de nombreuses activités pour améliorer les technologies de recyclage des huiles usées existantes et pour en développer de nouvelles. Certaines techniques en cours de développement sont les suivantes :

- Processus FILEA par le C.E.A : filtration supercritique de CO₂.

- Extraction de solvant MRD : extraction de solvant des distillats vides d'huile usagée produits par TFE, avec un solvant très sélectif et efficace.
- Nouvelle technologie Meinken : applique un nouvel absorbant aux distillats vides. L'absorbant à catalyseur semble être de l'argile active. Aucune application industrielle connue à ce jour.
- Processus ROBYS™ : craquage à catalyse et stabilisation pour la production de gazole.
- Traitements supercritiques : s'applique au désasphaltage et aussi au fractionnement.

7.1.10. Régénération du charbon actif

Les technologies de régénération du charbon actif (régénération biologique et régénération oxydative du charbon actif utilisé) sont actuellement au stade de la recherche et du développement. Il existe certaines nouvelles techniques de contrôle de la pollution pour la réduction des émissions, mais le stade de développement est inconnu. Il s'agit des techniques suivantes : absorbeur à lit fluidisé circulant, oxydation électrocatalytique du dioxyde de soufre, processus électrochimiques, irradiation des gaz de combustion et injection de méthanol.

7.1.11. Préparation de combustible solide à partir de mélanges eau / matières organiques

Ce processus consiste à préparer un combustible pour l'utiliser dans les fours à ciment. Le processus mélange des combinaisons eau / matières organiques avec une structure poreuse de chaux hydratée, pour capturer les matières organiques et utiliser le produit comme matière brute dans l'industrie du ciment. Cette technique est capable de traiter les déchets médicaux, les déchets municipaux, les déchets dangereux / chimiques et les déchets commerciaux et industriels non dangereux.

7.1.12. Techniques émergentes pour la préparation des déchets dangereux pour la récupération de l'énergie

Nouveaux adsorbants pour la préparation de combustible solide à partir des déchets dangereux. Il s'agit d'une recherche permanente sur les autres absorbants, pour remplacer la sciure fraîche.

7.1.13. Craquage des matériaux polymères

Les combustibles gazeux ou liquides comme les gazoles ou les fiouls lourds peuvent aussi être remplacés, avec une étape préalable pour craquer le déchet de polymère en un liquide ou un gaz. Les efforts dans ce domaine n'ont principalement pas progressé au-delà des tests à une échelle pilote.

7.2. INCINÉRATION DES DÉCHETS

7.2.1. Utilisation de la vapeur comme un agent pulvérisant dans les brûleurs de la chambre de post-combustion à la place de l'air

ND

7.2.2. Application impliquant le réchauffage de la vapeur de la turbine

Une autre option pour augmenter le rendement de la production d'électricité et le réchauffage de la vapeur de la turbine, après son premier passage à travers la turbine. Pour cette application, la température de la vapeur est limitée à 400 °C, mais la pression de la vapeur augmente. Cette technique augmente le rendement électrique d'environ 2-3 %. L'application peut être affectée par la

faisabilité économique, qui est principalement déterminée par les coûts de l'investissement supplémentaire et par les prix de l'électricité.

7.2.3. Autres mesures dans la zone des gaz de combustion bruts pour la réduction des émissions de dioxine

Une réduction des dioxines peut être obtenue grâce aux mesures suivantes dans la zone des gaz de combustion bruts, qui cherchent à réduire la formation de dioxine en freinant les réactions ou en réduisant la présence de poussière dans la plage de température 450-200 °C.

- Ajout d'inhibiteurs dans les déchets – l'efficacité est limitée et les réactions secondaires doivent être prises en compte.
- Utilisation de dépoussiéreurs de gaz chauds.
- Réduction des dépôts de poussière aéroportée sur le trajet des gaz de combustion par un nettoyage efficace des cheminées des gaz de combustion, des chaudières, des plaques de chauffe – un problème bien connu, lié à la maintenance.

7.2.4. Laveur à huile pour la réduction des hydrocarbures aromatiques et polyaromatiques polyhalogénés (HAP) dans les gaz de combustion en provenance de l'incinération

Les dioxines et les furannes ont une faible solubilité dans l'eau et par conséquent, ils ne sont pas suffisamment éliminés dans les laveurs hydrauliques. Toute élimination qui se produit est généralement due à la suppression des PCDD/F qui sont adsorbés sur une matière particulaire, supprimée dans le laveur hydraulique. Au mieux, il existe une certaine diminution par condensation, essentiellement, des éléments hexa vers octa à poids moléculaire plus élevé à partir de la phase gazeuse dans une bouillie de lavage froide. Cependant les dioxines et les furannes sont plus lipophiles. L'huile partiellement insaturée bouillante, ou les émulsions eau-huile d'une telle huile, fournit par conséquent un moyen de lavage adapté.

7.2.5. Utilisation du CO₂ dans les gaz de combustion pour la production de carbonate de sodium

Si les gaz de combustion entrent en contact avec une solution de soude caustique, le dioxyde de carbone réagit avec l'hydroxyde de sodium pour former du carbonate de sodium. Le liquide est sans odeur et incolore. La solution de carbonate peut être utilisée comme matière brute.

7.2.6. Augmentation de la température du lit, contrôle de la combustion et ajout d'oxygène dans un incinérateur à grille

Le concept de base de ce processus (connu comme le processus SYNCOM plus) est le frittage intégré des cendres dans le lit de déchets d'une énergie basée sur la grille d'un incinérateur de déchets. Des températures de lit plus élevées sont utilisées pour fondre ou fritter 50 à 80 % du mâchefer. La partie non fondue protège la grille contre l'encrassement. Un résidu complètement fritté, bien brûlé, à faible lixiviation, est produit.

Tableau 7.2 : Comparaison entre les usines de conversion des déchets en énergie (WTE) conventionnelles et les processus SYNCOM

	Usines de conversion des déchets en énergie (WTE) conventionnelles	SYNCOM	SYNCOM plus
Perte à l'allumage	2 %	1 %	0,1 %
Lixiviation du plomb (mg/l)	0,2	0,05	0,01
Teneur en PCDD/F (ng TEQ/kg)	15	8	0,3

Le système réduit aussi :

- Rejet général de dioxine de l'usine (< 5 µg I-TEQ/t des déchets entrants) ;
- Volumes des cendres volantes ;
- Volumes des gaz de combustion d'environ 35 %.

Cette technique est applicable aux incinérateurs à grille. Il existe une augmentation de 5-10 % des coûts des investissements généraux de l'usine. Réductions des coûts de rejet pour les résidus, avec un revenu possible grâce aux ventes de granulés comme agrégat de substitution.

7.2.7. Processus de combinaison PECK pour le traitement des DSU

Les principales fonctionnalités de ce processus sont les suivantes :

- Utilisation d'une grille de gazéification, sous-stœchiométrique, à 950 °C pour une première étape.
- Recyclage des cendres volantes traitées sur la grille.
- Suivi par un four rotatif à une température des gaz à 1 400 °C avec un taux d'air en excès de 1,1 à 1,3 sur stœchiométrique.
- La température élevée dans le four rotatif fond les matériaux minéraux.
- Trempage des résidus avec de l'eau pour former une phase comme du verre.

Les avantages clés environnementaux par rapport aux processus conventionnels d'incinération des DSU sont les suivants :

- Production d'un résidu de mâchefer à faible lixiviation semi-vitrifié.
- La vitrification est un processus interne – aucune énergie externe n'est nécessaire.
- Volumes réduits des cendres volantes.
- Réduction des émissions générales de dioxines par destruction dans l'incinérateur.
- Concentration des métaux lourds dans un plus petit volume des déchets solides.
- Les émissions des oxydes d'azote dans l'air sont réduites par le processus d'étagement de l'air.

Le processus a été développé pour les déchets municipaux solides, mais il peut être en principe appliqué à d'autres déchets. Le processus est de préférence équipé avec une unité conventionnelle de purification des gaz de combustion par voie humide. Pour le traitement des cendres volantes, du HCl est nécessaire et il peut être récupéré dans l'eau de lavage.

7.2.8. Stabilisation du FeSO_4 des résidus du TGC

Cette stabilisation implique une procédure en cinq étapes, où les résidus sont d'abord mélangés avec une solution de FeSO_4 , puis aérés dans l'air atmosphérique avec un rapport liquide / solide de 3 l/kg, pour oxyder du Fe(II) et du Fe(III) et précipiter les oxydes de fer. Cette étape comprend aussi l'extraction des sels solubles. Le pH de la suspension est alors maintenu à 10-11 pour permettre aux métaux lourds dissous de s'agglomérer aux oxydes de fer précipités. La quatrième étape du processus est la déshydratation des résidus traités et enfin une étape de lavage pour remplacer l'eau restante et enlever les sels restants. Le produit final stabilisé possède une teneur en eau d'environ 50 %.

Le principal avantage est l'amélioration des propriétés de lixiviation du produit final. Le processus réduit la quantité de résidus d'environ 10 % du poids sec.

L'unité de stabilisation peut être implantée comme partie intégrante de l'incinérateur, mais elle peut aussi exister comme station de traitement centralisée, gérant les résidus de plusieurs incinérateurs. La technique a fait ses preuves sur des résidus semi-secs du TGC, ainsi que sur des cendres volantes seules et des cendres volantes combinées à des boues en provenance des laveurs, tous ces essais avec de bons résultats.

Le coût du traitement pour un processus de stabilisation (stabilisation Ferrox) est estimé à environ 65 EUR/tonne, avec une capacité d'usine de 20 000 tonnes par an, coûts des investissements compris.

7.2.9. Stabilisation du CO_2 des résidus du TGC

Cette stabilisation ressemble en de nombreux points au processus de stabilisation du FeSO_4 . Cependant, les agents chimiques utilisés ici sont le CO_2 et/ou le H_3PO_4 .

La stabilisation du CO_2 montre de très bonnes propriétés de lixiviation, similaires à celles de la stabilisation Ferrox. Le processus de stabilisation du CO_2 réduit la quantité de résidus d'environ 15 % du poids sec.

L'unité de stabilisation peut être implantée comme partie intégrante de l'incinérateur, mais elle peut aussi exister comme station de traitement centralisée, gérant les résidus de plusieurs incinérateurs.

Le coût du traitement pour la stabilisation du CO_2 avec ce processus est estimé à environ 80 EUR/tonne, avec une capacité d'usine de 200 000 tonnes par an, coûts des investissements compris.

7.2.10. Aperçu de certaines autres techniques émergentes de traitement des résidus du TGC

7.2.10.1. Traitement pour l'approvisionnement de l'industrie du ciment

L'utilisation actuelle des déchets comme combustible secondaire dans l'industrie du ciment a été développée en profondeur dans le point 5.2.1. Ce système convertit le mâchefer, les cendres volantes et les résidus de neutralisation dans un matériau qui peut être utilisé dans les fours à ciment.

Un autre processus (uniquement au stade de l'usine pilote) a aussi pour objectif de fournir des matériaux à l'industrie du ciment. Dans ce cas, les résidus provenant des systèmes de TGC par voie semi-sèche et sèche basé sur la chaux sont triés pour fournir une partie inerte (environ 70 % du poids) constituée principalement d'oxydes à utiliser dans le four à ciment, une partie supplémentaire (environ 25 % du poids) constituée de chlorures de calcium et de sodium, et la partie restante contenant les métaux lourds.

7.2.10.2. Processus d'évaporation des métaux lourds

Les cendres volantes sont chauffées à environ 900 °C dans une atmosphère enrichie en acide chlorhydrique. Les métaux lourds sont volatilisés comme les chlorures, puis condensés sur un filtre où ils se concentrent de telle manière qu'un recyclage peut être possible.

7.2.10.3. Traitement hydrométallurgique + vitrification

Dans ce processus, le traitement hydrométallurgique permet le retrait des métaux lourds et des sels. La vitrification subséquente des cendres volantes produit des scories qui peuvent être utilisées dans la construction. Le processus est applicable à plusieurs compositions de cendres et il a fait ses preuves à une échelle semi-industrielle. Le processus est appliqué dans un incinérateur de DSU en France brûlant 120 000 tonnes DSU/an et produisant 3 500 tonnes/an de résidu du TGC traité en provenance de son processus de traitement.

7.2.11. Systèmes combinés de TGC par voie sèche + bicarbonate de sodium + RSC + laveur

Cette technique consiste à combiner un TGC par voie sèche avec du bicarbonate de sodium, un système RSC et un laveur.

Puisque le bicarbonate de sodium bénéficie d'une large plage de température de fonctionnement (140-300 °C) et conduit à des émissions de SO_x inférieures à 20 mg/Nm³, il se combine idéalement avec un RSC sans réchauffer les gaz de combustion ; bien que le réchauffage des gaz de combustion puisse être nécessaire si la température de la cheminée est trop basse après le laveur. Un laveur placé après le RSC enlèvera le HCl restant. Puisque la quantité de HCl enlevé est très faible, la purge peut être facilement réinjectée en amont, où elle sera complètement vaporisée. Le résultat est un système de TGC sans étapes de réchauffage intermédiaire et sans effluents liquides.

Le système combine deux technologies de TGC bien connues et possède les caractéristiques suivantes :

- Les émissions de SO₂ et HCl dans la cheminée sont faibles.
- L'excès de bicarbonate de sodium est réduit à cause du laveur en aval ; aucun réchauffage des gaz n'est en général nécessaire ; il n'existe aucun effluent liquide à traiter parce que la purge est réinjectée en amont.
- Les émissions sont faibles même dans le cas de concentrations d'entrée fluctuantes.

L'applicabilité de cette technique est évaluée dans le tableau 7.3.

Tableau 7.3 : applicabilité des systèmes combinés de TGC par voie sèche + bicarbonate de sodium + RSC + laveur

Critères	Évaluation / commentaires
Type de déchet	Peut s'appliquer à tout type de déchet : particulièrement adapté aux compositions gazeuses entrantes hautement variables (par exemple les déchets dangereux).
Gamme de taille d'usine	Aucune restriction, mais généralement s'applique aux usines moyennes / grandes.
Nouveau / existant	Aucune restriction.
Compatibilité interprocessus	Les températures d'exploitation élevées rendent le processus très compatible avec la RSC, puisqu'aucun réchauffage des gaz de combustion n'est nécessaire.
Facteurs clés de localisation	Faible visibilité du panache ; aucun effluent liquide n'est produit ; le résidu peut être recyclé et utilisé comme réactif.

Cette technique nécessite des coûts des investissements plus élevés que ceux des systèmes par voie sèche, à cause de l'ajout du laveur. Les coûts des investissements sont similaires si un laveur en bon état est déjà sur place. Cependant, cette technique induit de faibles coûts d'exploitation.

7.2.12. Combinaison de processus thermiques

Ce terme est utilisé pour les processus constitués d'une combinaison de différents processus thermiques (pyrolyse, incinération, gazéification).

7.2.12.1. Pyrolyse-incinération

Les techniques suivantes sont à différents stades de développement :

- Pyrolyse dans un four à tambour avec incinération subséquente à haute température du gaz de la pyrolyse et du coke de la pyrolyse.
- Pyrolyse dans un four à tambour, suivie d'une condensation des huiles et des goudrons gazeux, avec incinération subséquente à haute température du gaz de la pyrolyse, de l'huile de la pyrolyse et du coke de la pyrolyse.
- Pyrolyse sur une grille avec une incinération à haute température directement connexe.

Les résidus solides issus de ces processus sont granuleux, ce qui peut être avantageux pour une réutilisation ultérieure ou pour l'élimination. Les boues d'épuration (déshydratées ou sèches) peuvent être co-traitées avec la part des déchets municipaux.

Le processus des produits propres recyclés (RCP) est un développement de la pyrolyse sur une grille avec un processus d'incinération à haute température directement connexe. Le mâchefer fondu est réduit à ses composants métalliques et transformé en additif de ciment dans une étape spéciale de traitement secondaire. En Allemagne, le concept du processus RCP est maintenant appliqué pour la première fois à une échelle industrielle.

Les techniques de nettoyage des gaz de combustion appliquées aux trois processus de combinaison de pyrolyse mentionnés ici, ne diffèrent pas, en principe, des systèmes utilisés dans les usines municipales d'incinération des déchets.

7.2.12.2. Pyrolyse-gazéification

Deux types différents de processus de pyrolyse-gazéification peuvent être distingués :

processus non connexe (pyrolyse avec gazéification subséquente = processus de conversion) et directement connexe.

1. Processus de conversion :

Dans de tels processus, les métaux et, si nécessaire, le matériel inerte peuvent être enlevés après l'étape de la pyrolyse. Puisque le gaz de la pyrolyse et le coke de la pyrolyse nécessitent un réchauffage dans le processus de gazéification, les exigences techniques et énergétiques sont supérieures que celles des processus connexes. La vapeur d'échappement condensée est traitée comme eaux résiduaires et rejetée. Ce processus est uniquement utilisé pour les déchets municipaux à ce jour.

2. Processus combiné de fusion et gazéification-pyrolyse :

Dans de tels processus, les déchets non déchiquetés sont séchés dans un four à poussée et partiellement pyrolysés. À partir de ce four, ils sont transférés directement et sans interruption dans un gazogène vertical à lit fixe. Ici, ils sont gazéifiés (dans la partie inférieure) à des températures atteignant 2 000 °C, avec l'ajout d'oxygène. De l'oxygène pur est aussi ajouté dans la partie supérieure du réacteur de gazéification pour détruire les composants organiques restants dans les gaz de synthèse générés, à travers des réactions d'oxydation, de gazéification et de craquage.

Bien que les rapports indiquent que ce processus est capable de traiter un vaste éventail de déchets, il est principalement utilisé pour les déchets municipaux et industriels non dangereux.

7.2.12.3. Gazéification-combustion

Les résidus déchiquetés, les déchets plastiques ou les DSU déchiquetés sont gazéifiés sur un lit interne fluidisé à bulle circulant, qui fonctionne à environ 580 °C.

Différent des autres processus de gazéification, celui-ci fonctionne à la pression atmosphérique et avec de l'air plutôt qu'avec de l'oxygène. Le prétraitement des DSU par déchiquetage est nécessaire pour réduire la taille des particules à un diamètre de 300 mm. Les déchets déjà aux normes peuvent être traités sans déchiquetage. Dans différentes usines en fonctionnement, d'autres déchets comme les boues d'épuration, la farine d'os, les déchets médicaux, les scories et les boues industrielles sont traités en plus des DSU.

8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- La plupart des sources relatives aux techniques et aux pratiques environnementales pour le secteur du traitement des déchets dangereux qui ont été consultées traitent de l'expériences de l'Union européenne. Les techniques et les pratiques passées en revue dans ce document ont été principalement sélectionnées à partir des activités et des processus qui existent actuellement au sein de l'Union européenne.
- Bien que les termes « meilleure technique disponible » et « meilleure pratique environnementale » aient des définitions différentes dans l'annexe IV du protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique, dans le cadre de l'Union européenne le terme « meilleure technique disponible » est considéré comme suffisamment large pour inclure le concept de « meilleure pratique environnementale ».
- La faisabilité de l'application de telles techniques et pratiques dans le secteur du traitement des déchets dangereux en Méditerranée a été évaluée là où cela s'est avéré possible. Cependant, des études particulières de chaque installation sont fortement recommandées avant l'implantation de toute technique spécifique, notamment si un coût d'investissement élevé y est associé.
- Les techniques et les pratiques relatives à la conception de l'installation et l'application des technologies affectant les processus opérationnels sont faisables si l'installation en est encore au stade de projet. Les critères appliqués dans la conception d'un site d'enfouissement et la conception du processus d'une installation d'incinération en sont des exemples représentatifs.
- Néanmoins, l'amélioration du secteur du traitement des déchets dangereux en Méditerranée, notamment en ce qui concerne les installations existantes, n'implique pas forcément un investissement dans les nouvelles technologies. Une implantation appropriée des outils de gestion et des bonnes pratiques dans l'installation est susceptible d'apporter des avantages environnementaux significatifs, à un coût initial raisonnable.
- Une attention particulière doit être apportée aux techniques de réduction des émissions : traitement des eaux résiduaires, réduction des émissions atmosphériques et gestion des résidus dans le but de garantir une conformité avec les exigences légales (c'est-à-dire les valeurs limites d'émission) définies par le pays et d'obtenir une réduction maximale des émissions. Les systèmes de surveillance et de contrôle prennent en charge ces types de techniques.
- Les techniques qui impliquent les exigences les plus technologiques et celles relatives aux traitements thermiques des déchets dangereux, notamment l'étape du traitement thermique, l'étape de la récupération de l'énergie et le traitement des gaz de combustion. En conséquence, des études de viabilité sont indispensables.
- Pour faciliter l'utilisation des déchets dangereux dans les processus industriels des installations méditerranéennes, deux points clés sont à prendre en compte : les déchets doivent être sélectionnés en fonction de leurs pouvoirs calorifiques et des techniques pour la réduction des émissions atmosphériques doivent être implantées.
- Les MTD identifiées pour l'enfouissement sont faisables et fortement recommandées pour les installations méditerranéennes. Il faut noter qu'un enfouissement non contrôlé aura des impacts environnementaux critiques en Méditerranée.

Les recommandations adressées aux décideurs au stade du projet des installations de traitement des déchets dangereux sont fondées sur la connaissance et l'analyse des point suivants :

- Caractéristiques et quantités de déchets dangereux à traiter.

- Hiérarchie de gestion des déchets : réduction, réutilisation, recyclage, récupération de l'énergie et, en dernier lieu, élimination.
- Le site et son environnement.
- Résultats visés par l'activité.
- Aspects financiers.
- Exigences légales dans le pays méditerranéen (valeurs limites d'émission par exemple).

Les recommandations générales destinées aux autorités nationales dans le but de promouvoir l'amélioration des performances environnementales du secteur du traitement des déchets dangereux ont été sélectionnées comme suit :

- Faciliter la connaissance des alternatives aux processus actuels pouvant être mises en place ainsi que celle des instruments que les industries peuvent utiliser pour améliorer leur efficacité (par exemple les réseaux d'information entre les universités et les instituts technologiques).
- Encourager les entreprises de traitement des déchets à augmenter l'expertise d'encadrement en intégrant l'environnement comme une question clé.
- Introduire des mesures incitatives spécifiques financières et autres pour encourager les entreprises à investir et/ou à recevoir des capitaux extérieurs pour des projets de protection de l'environnement.
- Promouvoir la récupération d'énergie et de matière avant le traitement final et/ou l'élimination.
- Puisque les installations publiques reçoivent en général une assistance internationale, elles doivent devenir des références en MTD pour les autres installations.
- Un calendrier qui permet à l'installation de s'adapter aux nouvelles technologies ou de cesser l'activité dans le cas où aucune alternative faisable n'existe.

Une fois que l'installation de traitement des déchets est sur le point d'implanter une certaine technique ou pratique environnementale, il est nécessaire de prendre en compte les étapes suivantes, dans un but de prévention de la pollution :

1. Mesure

La première étape de base est de mesurer non seulement le volume et les caractéristiques des effluents (eaux résiduaires, émissions, déchets), mais aussi les conditions normales de fonctionnement, l'équilibre entre l'énergie entrante, les matériaux bruts (déchets entrants) et les autres matériaux utilisés directement ou indirectement dans le processus, et le produit final (déchets sortants).

2. Identification des sources de pollution

À la suite du processus de mesure, les étapes pertinentes de l'activité génératrices de pollution sont clairement identifiées.

3. Identification des alternatives potentielles

En identifiant les techniques appropriées à partir de celles développées tout au long de ce rapport.

4. Analyse de la faisabilité technique des alternatives

Pour les deux phases, différents éléments doivent être pris en compte, en fonction de chaque cas particulier. Par exemple : disponibilité des technologies, adaptation aux conditions locales, compétences du personnel et capacités techniques, adaptation et/ou limitation des déchets entrants, exigences analytiques, utilisation rationnelle de l'eau et de

l'énergie, installations de terrain, exigences d'élimination des déchets sortants, exigences de qualité des matériaux revalorisés, maintenance et réparation, etc.

5. Analyse de la faisabilité économique des alternatives

Les instruments financiers les plus courants qui peuvent être utilisés pour analyser tout investissement : marge brute d'autofinancement différentielle, durée d'amortissement de l'investissement (DAI), taux interne de rendement (TIR), valeur actuelle nette (VAN).

Le contexte doit être une analyse sur le moyen à long terme, en tenant compte des augmentations prévues du coût du traitement / dépôt, de l'énergie, de l'eau, des changements dans les déchets entrants ou sortants, de l'analyse, du travail, de la maintenance, des augmentations / diminutions de la productivité, des coûts des investissements et d'exploitation, des dépenses / recettes intangibles, etc.

6. Implantation

À ce stade, le rôle des autorités environnementales devient essentiel pour garantir l'adoption des techniques et des pratiques respectueuses de l'environnement, ainsi que pour décourager ceux qui n'adoptent pas une attitude proactive. Une fois encore, les installations publiques doivent jouer le rôle de référence.

7. Vérification des résultats

Les résultats de l'implantation doivent être identifiés et évalués grâce à la surveillance des indicateurs ou des procédés. Avec une procédure similaire à celle des programmes qualité. Ces résultats deviennent la source d'identification de nouvelles cibles et fournissent de nouvelles informations de référence. De plus, ces informations peuvent être publiées pour que d'autres entreprises puissent, à leur tour, les utiliser comme références.

9. ANNEXE I - RECAPITULATIF DES MTD

9.1. MTD POUR LE TRAITEMENT DES DÉCHETS DANGEREUX

MTD	PAGE
1. Introduire et adhérer à un système de gestion de l'environnement (SGE).	28
2. Réaliser une description détaillée des activités menées sur le site.	28
3. Procédure de bonnes pratiques et programme de formation adapté en matière de : a) échantillonnage ; b) installations réservées à la réception ; c) techniques de gestion ; d) personnel qualifié ; e) pratique d'activités liées au transfert vers et depuis les fûts / conteneurs ; f) techniques permettant d'améliorer le stockage.	28
4. Relation étroite avec le producteur / possesseur de déchets.	28
5. Disponibilité de personnel, qui doit toujours disposer des qualifications nécessaires. (Voir également MTD n° 3).	28
6. Connaissance spécifique des déchets entrants, par exemple : • Activités de laboratoire. • Sélection d'huiles usées à reraffiner. • Sélection des stocks d'alimentation destinés aux systèmes biologiques.	30
7. Introduction d'une procédure de pré-approbation.	30
8. Introduction d'une procédure d'approbation.	30
9. Introduction de diverses procédures d'échantillonnage. (Voir également MTD n° 3).	30
10. Disposition d'une installation de réception. (Voir également MTD n° 3).	30
11. Analyse des déchets sortants en fonction des paramètres significatifs, importants pour l'installation de réception.	31
12. Disposer d'un système garantissant la traçabilité du traitement des déchets.	32

13. Disposer de règles de mixage et de mélange destinées à limiter les types de déchets mixables / mélangeables et les appliquer, en vue d'éviter l'augmentation des émissions polluantes dues au traitement des déchets en aval.	32
14. Procédures de séparation et de compatibilité en place. (Voir également MTD n° 13 et 24).	32
15. Amélioration de l'efficacité du traitement des déchets due à l'utilité des analyses des déchets sortants, de la consommation des matières premières et du flux de matières.	32
16. Élaboration d'un plan structuré de gestion des accidents. (Voir également 3.1.1, Gestion de l'environnement).	32
17. Disposer d'un journal des incidents et l'utiliser correctement. (Voir également MTD 1 et 16).	32
18. Disposer d'un plan de gestion des nuisances sonores et des vibrations dans le cadre du SGE. (Voir également MTD 1).	32
19. Prendre en considération la mise hors service dès l'étape de la conception. (Voir également MTD 1).	32
20. Proposer une interruption de la consommation et de la production énergétique (y compris dans le cadre des exportations) par type de source (électricité, gaz, combustibles liquides conventionnels, combustibles solides conventionnels et déchets). (Voir également MTD 1).	34
21. Améliorer de façon continue l'efficacité énergétique de l'installation en : <ul style="list-style-type: none"> • Développant un plan d'efficacité énergétique • Utilisant des techniques de réduction de la consommation d'énergie, ce qui réduit les émissions directes et indirectes. • Définissant et en calculant la consommation énergétique spécifique précise de l'activité (Voir également MTD 20).	34
22. Effectuer des tests de performances internes (une fois par an) de la consommation des matières premières.	34
23. Explorer les options consistant à utiliser les déchets comme matières premières dans le traitement d'autres déchets. Si les déchets sont utilisés pour traiter d'autres déchets, l'installation doit disposer d'un système garantissant la disponibilité continue de ces déchets. (Voir également MTD 22).	34
24. Appliquer des techniques liées au stockage : <ul style="list-style-type: none"> • Zones équipées d'un système de drainage adapté et de tous les dispositifs nécessaires à la prévention de risques spécifiques (odeurs, émissions volatiles et point d'éclair bas). Toutes les connexions entre les différents réservoirs peuvent être fermées par des valves.	37

25. Séparer les liquides de décantation et les zones de stockage par des murs de protection imperméables et résistants aux matières stockées.	37
26. Appliquer des techniques de type étiquetage des cuves et des canalisations : <ul style="list-style-type: none"> • Étiqueter de façon claire et visible tous les réservoirs (contenu, capacité) • Conserver un registre complet pour l'ensemble des cuves. 	37
27. Prendre des mesures en vue d'éviter tout problème lié au stockage / à l'accumulation des déchets. Peut s'opposer à la MTD 23, où les déchets sont utilisés comme réactifs.	37
28. Appliquer certaines techniques dans le cadre de la manipulation des déchets : <ul style="list-style-type: none"> • Systèmes et procédures en place, système de gestion pour le chargement et le déchargement des déchets, personnel qualifié et s'assurer que les tuyaux, valves et connexions endommagés ne sont pas utilisés. • Pour les déchets liquides, collecter le gaz d'échappement des réservoirs et des cuves. • Déchargement des solides et des boues dans des zones fermées équipées d'un système de ventilation par extraction. 	37
29. S'assurer que le regroupement / le mixage vers ou depuis les déchets emballés est réalisé sous surveillance, par un personnel qualifié. Avec certains types de déchets, cette opération doit être effectuée en utilisant une ventilation par extraction interne.	38
30. S'assurer que les incompatibilités chimiques déterminent la séparation requise dans le cadre du stockage. (Voir également le chapitre 3.1.4, Système de gestion).	38
31. Appliquer les techniques suivantes lors de la manipulation de déchets en conteneurs : <ul style="list-style-type: none"> • Stockage des déchets en conteneurs couverts (si nécessaire, protection anti-sensibilité à la luminosité, à la chaleur, aux changements de température ou à la pénétration de l'eau) ; • Veiller à toujours disposer d'un espace dans les zones de stockage pour les conteneurs renfermant des substances sensibles à la chaleur, à la lumière et à l'eau ; les stocker avec un couvercle, en les protégeant de la chaleur et des rayons du soleil. 	38
32. En cas de manipulation de matières susceptibles de produire des émissions dans l'atmosphère (odeurs, poussière, COV), exécuter les opérations de broyage, de déchetage et de tamisage dans des zones équipées de systèmes de ventilation par extraction connectés à l'équipement de réduction.	41
33. Réaliser les opérations de broyage / déchetage sous encapsulation totale et dans une atmosphère inerte dans le cas des fûts / conteneurs renfermant des substances inflammables ou hautement volatiles. Ceci permet d'éviter l'ignition. L'atmosphère inerte doit être réduite. (Voir également MTD 32 et le chapitre Traitements des émissions atmosphériques).	41
34. Réaliser le lavage en tenant compte des éléments suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Identification des composants lavés éventuellement présents dans les éléments à laver (par exemple solvants). 	41

<ul style="list-style-type: none"> • Transfert des eaux de lavage vers une zone de stockage adaptée. • Utilisation des eaux résiduaires traitées de l'usine de traitement pour le lavage (au lieu d'eau fraîche). 	
<p>35. Limiter l'utilisation des cuves, fosses et réservoirs ouverts en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Évitant de pratiquer une ventilation / un rejet direct dans l'air ; • Recouvrant les déchets ou les matières premières d'une protection ou en les conditionnant dans des emballages imperméables (voir également le stockage et la manipulation) ; • Connectant l'espace vide situé au-dessus des cuves de décantation aux unités générales de lavage et d'échappement du site. 	82
<p>36. Utiliser un système d'extraction fermé ou sous dépression, dans une installation de réduction adaptée.</p> <p>Cette technique est surtout applicable aux traitements impliquant le transfert des liquides volatils, y compris lors du chargement / déchargement du véhicule-citerne.</p>	82
<p>37. Appliquer un système d'extraction de taille adaptée pouvant couvrir les réservoirs de stockage, les zones de prétraitement, les cuves de stockage, les cuves de mélange / réaction et les zones de filtre-pressé ou disposer d'un système séparé pour traiter les gaz de ventilation de certaines cuves.</p>	82
<p>38. Utiliser et entretenir correctement l'équipement de réduction, notamment la manipulation et le traitement / l'élimination des milieux de lavage usés.</p>	82
<p>39. Disposer d'un système d'épuration pour les libérations massives de gaz inorganiques résultant des opérations présentant un point de rejet pour les émissions du procédé. Installer une unité d'épuration secondaire sur certains systèmes de prétraitement si le déchargement est incompatible avec l'épurateur ou trop concentré par rapport à lui. (Voir également MTD 38).</p>	83
<p>40. Disposer d'un système de détection des fuites et de procédures de réparation dans les installations renfermant un grand nombre de composants de tuyauterie et de stockage ainsi que des composés susceptibles de fuir facilement et de créer un problème environnemental. Il s'agit d'un élément du SGE (voir également le chapitre sur la gestion de l'environnement).</p>	83
<p>41. Abaisser les émissions atmosphériques aux niveaux suivants :</p> <p>NIVEAUX D'ÉMISSION (mg/ Nm³) :</p> <p>COV : 7-20 (pour les faibles charges de COV, la valeur maximum peut aller jusqu'à 50)</p> <p>MP : 5-20</p>	83
<p>42. Réduire la consommation et la pollution de l'eau en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appliquant des méthodes d'imperméabilisation du site et de rétention des stocks ; • Effectuant une vérification régulière des cuves et des fosses • Appliquant un drainage des eaux séparé en fonction de la charge polluante • Appliquant un système de bassin de collecte de sécurité • Effectuant des audits réguliers des eaux • Séparant les eaux industrielles de l'eau de pluie. (Voir également MTD 46). 	86

43. Disposer de procédures permettant de garantir que la spécification des effluents est adaptée au système de traitement des effluents / au déversement sur les lieux.	86
44. Éviter les effluents en dérivant le système de l'installation de traitement.	86
45. Disposer d'une enceinte à l'endroit où l'eau de pluie tombe sur les zones de traitement ; celle-ci sera collectée en même temps que les liquides de lavage des véhicules-citernes et sera ramenée à l'usine de traitement ou collectée dans un intercepteur combiné.	86
46. Partager les systèmes de collecte pour séparer les eaux potentiellement plus polluées de celles moins polluées.	86
47. Posséder une base entièrement en béton dans l'ensemble de la zone de traitement qui descend jusqu'aux systèmes de drainage internes puis vers des cuves de stockage ou des intercepteurs de collecte de l'eau de pluie et de tout déversement. Les intercepteurs autorisant un écoulement du trop-plein dans les égouts doivent généralement être équipés de systèmes de surveillance automatiques tels que la vérification du pH, qui peut stopper l'écoulement. (Voir également MTD 63).	87
48. Collecter l'eau de pluie dans un bassin spécial afin de vérifier son contenu ; la traiter si elle est polluée et destinée à être utilisée.	87
49. Maximiser la réutilisation des eaux résiduaires traitées et l'utilisation de l'eau de pluie dans l'installation.	87
50. Effectuer des vérifications quotidiennes du système de gestion des effluents et conserver un registre de toutes les vérifications, via un système de surveillance des déchargements des effluents et de la qualité des boues.	87
51. Identifier tout d'abord les eaux résiduaires contenant des composés dangereux , séparer ensuite les flux identifiés (sur les lieux) et enfin, traiter les eaux résiduaires de façon spécifique en interne ou sur un autre site.	87
52. Après l'application de la MTD 42, sélectionner la technique de traitement adaptée à chaque type d'eau résiduaire.	87
53. Introduire des mesures d'amélioration de la fiabilité des performances de contrôle et de réduction nécessaires (par exemple en optimisant la précipitation des métaux).	87
54. Identifier les principaux composants chimiques des effluents traités (notamment la formation de la DCO) et effectuer une évaluation détaillée du destin de ces substances dans l'environnement.	87
55. Déverser les eaux résiduaires uniquement après leur stockage, suite à l'application de l'ensemble des mesures de traitement et à une inspection finale.	88
56. Les valeurs d'émission dans l'eau doivent atteindre les niveaux suivants avant déversement. VALEURS D'ÉMISSION (ppm) <ul style="list-style-type: none"> • DCO : 20-120 • DBO : 2-20 • Métaux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) : 0,1-1 	88

<ul style="list-style-type: none"> Métaux lourds hautement toxiques : As : <0,1 ; Hg : 0,01-0,05 ; Cd : <0,1-0,2 ; Cr (IV) : <0,1-0,4 (Voir également MTD 42-55). 	
57. Disposer d'un plan de gestion des résidus intégré au SGE et incluant des techniques de base de bonnes pratiques et une technique de test des performances internes. Voir également MTD 1 et 3.	89
58. Maximiser l'utilisation des emballages réutilisables (fûts, conteneurs, conteneurs semi-vrac, palettes, etc.).	89
59. Réutiliser les fûts en bon état. Si ce n'est pas le cas, les soumettre à un traitement adapté.	89
60. Élaborer un inventaire de surveillance des déchets sur site via un registre de la quantité de déchets réceptionnés et un registre de la quantité de déchets traités. Voir également MTD 27.	89
61. Réutiliser les déchets issus d'une activité / d'un traitement, éventuellement en tant que stock d'alimentation d'une autre activité ou d'un autre traitement. Voir également MTD 23.	89
62. Disposer de surfaces dans les zones d'exploitation et les entretenir, notamment en appliquant des mesures de prévention ou d'élimination rapide des fuites et des déversements et veiller à effectuer l'entretien des systèmes de drainage et autres structures souterraines.	90
63. Utiliser une base imperméable et un système de drainage interne sur le site.	90
64. Réduire le site de l'installation et minimiser l'utilisation de conduites et de réservoirs souterrains.	90
65. Utiliser les technologies suivantes pour le stockage et la manipulation des systèmes biologiques pour : <ul style="list-style-type: none"> Déchets peu odorants : utilisation de portes automatisées et à ouverture rapide combinées à un dispositif adapté de collecte de l'air évacué. Déchets fortement odorants : utilisation de soutes hermétiques équipées d'une vanne. Utiliser et équiper la soute d'un dispositif de collecte de l'air évacué. 	47
66. Adapter les types de déchets admissibles et les opérations de séparation au type d'opération menée et à la technique de réduction applicable (en fonction de la teneur en composants non-biodégradables).	47
67. Utiliser les techniques suivantes pour appliquer la digestion anaérobie : <ul style="list-style-type: none"> Intégration étroite entre les opérations et la gestion de l'eau. Recyclage de la plus grande quantité possible d'eaux résiduelles dans le réacteur. Exploitation du système dans des conditions de digestion thermophile. Mesure des niveaux de COT, de DCO, de N, de P et de Cl dans les flux d'entrée et de sortie. Maximisation de la production de biogaz (étudier les effets sur la qualité du digestat et du biogaz). 	47

<p>68. Réduire les émissions de gaz d'échappement de poussière, de NO_x, de SO_x, de CO, de H₂S et de COV en cas d'utilisation de biogaz comme combustible, via la juxtaposition appropriée des techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Épuration du biogaz via des sels de fer • Utilisation des techniques de dénitrification (RCS). • Utilisation d'une unité d'oxydation thermique • Utilisation de la filtration au charbon actif 	48
<p>69. Améliorer le traitement biologique mécanique (TBM) en :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisant des bioréacteurs protégés ; • Évitant les conditions anaérobies lors du traitement aérobie via le contrôle de la digestion, de l'arrivée d'air et l'adaptation à l'activité de biodégradation ; • Utilisant l'eau de façon efficace ; • Réalisant une isolation thermique du plafond de la zone de dégradation biologique (processus aérobie) ; • Minimisant la production de gaz d'échappement à des niveaux de 2 500 à 8 000 Nm³/t ; • Garantissant une alimentation uniforme ; • Recyclant les eaux de traitement ou les déchets boueux dans le traitement aérobie afin d'éviter totalement les émissions dans l'eau. Les eaux résiduelles éventuellement produites doivent être traitées et atteindre les valeurs indiquées dans la MTD 56. • Réduisant les émissions de composés d'azote via l'optimisation du rapport carbone sur azote. 	48
<p>70. Abaisser les émissions dues au traitement biologique mécanique aux niveaux suivants :</p> <p style="padding-left: 40px;">Odeurs : <500-600 ou E/m³ et NH₃ : <1-20 mg/Nm³.</p> <p>En utilisant les techniques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bonnes pratiques environnementales. • Système d'oxydation thermique régénératrice. • Élimination de la poussière. <p>Pour les COV et les MP, voir la MTD 41.</p>	49
<p>71. Abaisser les émissions dans l'eau aux niveaux suivants (ppm) :</p> <p style="padding-left: 40px;">DCO : 20-120</p> <p style="padding-left: 40px;">DBO : 2-20</p> <p style="padding-left: 40px;">Métaux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) : 0,1-1</p> <p style="padding-left: 40px;">Métaux hautement toxiques :</p> <p style="padding-left: 40px;">As : <0,1 ; Hg : 0,01-0,05 ; Cd : <0,1-0,2 ; Cr (IV) : <0,1-0,4</p> <p>Également, limiter les émissions d'azote, d'azote ammoniacal, de nitrate et de nitrite totaux.</p>	49
<p>72. Appliquer les techniques suivantes aux réacteurs physico-chimiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Définir clairement les objectifs et la réaction chimique prévue pour chaque traitement. 	53

<ul style="list-style-type: none"> • Évaluer chaque nouvelle série de réactions et de mélanges de déchets et de réactifs proposés via un test de laboratoire avant le traitement des déchets. • Concevoir et exploiter la cuve du réacteur de façon spécifique. • Cloisonner toutes les cuves de traitement / réaction et s'assurer qu'elles sont correctement ventilées via un lavage. • Surveiller la réaction afin de s'assurer que tout est sous contrôle et que l'opération suit le chemin prévu. • Éviter de mélanger des déchets ou autres flux contenant des métaux et des agents complexants. 	
73. D'autres paramètres doivent être identifiés pour le traitement physico-chimique des eaux résiduaires (outre les paramètres génériques identifiés par la MTD 56).	53
74. Appliquer les techniques suivantes à la neutralisation : <ul style="list-style-type: none"> • S'assurer que les méthodes habituelles de mesure sont utilisées. • Stocker séparément les eaux résiduaires neutralisées. • Inspection finale des eaux résiduaires neutralisées. 	53
75. Appliquer les techniques suivantes afin de faciliter la précipitation des métaux : <ul style="list-style-type: none"> • Ajuster le pH au point de solubilité minimum (les métaux vont précipiter). • Éviter l'entrée d'agents complexants, de chromates et de cyanures. • Éviter les matières organiques (empêche la précipitation de pénétrer dans le processus). • Laisser les déchets traités se clarifier via la décantation. • Utiliser la précipitation des sulfures en cas de présence d'agents complexants. 	54
76. Appliquer les techniques suivantes pour rompre les émulsions : <ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la présence de cyanures dans les émulsions à traiter. Si des cyanures sont présents, les émulsions doivent faire l'objet d'un prétraitement. • Réaliser des tests de laboratoire simulés. 	54
77. Appliquer les techniques suivantes pour l'oxydation / la réduction : <ul style="list-style-type: none"> • Diminuer les émissions dans l'atmosphère. • Disposer de mesures de sécurité et de détecteurs de gaz. 	54
78. Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduaires contenant des cyanures : <ul style="list-style-type: none"> • Détruire les cyanures via l'oxydation. • Ajouter de la soude caustique en excès afin d'éviter une diminution du pH. • Éviter de mélanger déchets de cyanure et composés acides. • Surveiller la progression de la réaction à l'aide de potentiels électriques. 	54
79. Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduaires contenant des composés de chrome (VI) : <ul style="list-style-type: none"> • Éviter de mélanger les déchets de Cr(VI) à d'autres déchets • Réduire le Cr(VI) à Cr(III) • Précipiter le métal trivalent 	55

<p>80. Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduelles contenant des nitrites :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Éviter de mélanger les déchets de nitrite à d'autres déchets. • S'assurer que les émissions de vapeurs nitreuses sont évitées durant le traitement d'oxydation / d'acidification des nitrites. 	55
<p>81. Appliquer les techniques suivantes aux eaux résiduelles contenant de l'ammoniac :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser un système air stripping à double colonne et un épurateur acide pour les déchets contenant des solutions d'ammoniac s'élevant jusqu'à 20 % M/M. • Récupérer l'ammoniac des épurateurs et les réincorporer dans le traitement avant l'étape de décantation. • Enlever l'ammoniac séparé via la phase gazeuse en épurant les déchets à l'acide sulfurique, en vue de produire du sulfate d'ammonium. • Introduire tous les échantillons d'air contenant de l'ammoniac dans des cheminées d'échappement ou des zones de filtre-pressé pour traiter les COV de la filtration et de la déshydratation. 	55
<p>82. Connecter la couche d'air des processus de filtration et de déshydratation au système de réduction principal de l'usine.</p>	56
<p>83. Ajouter les agents flocculants aux boues et eaux résiduelles à traiter afin d'accélérer la sédimentation et de faciliter la séparation postérieure des solides.</p> <p>Pour éviter l'utilisation des agents flocculants, l'évaporation est préférable si elle est rentable.</p>	56
<p>84. Appliquer un nettoyage rapide et un nettoyage à la vapeur ou au jet d'eau haute pression sur les ouvertures du filtre utilisé lors des opérations de tamisage.</p>	56
<p>85. Promouvoir l'insolubilisation des métaux amphotères et réduire la lixiviation des sels solubles toxiques en combinant les opérations :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) de lavage à l'eau ; b) d'évaporation et de recristallisation ; c) d'extraction acide. <p>En utilisant l'immobilisation pour traiter les déchets solides contenant des composés dangereux pour le site d'enfouissement.</p>	60
<p>86. Tester la lixivibilité des composés inorganiques via les procédures normalisées de test de lixiviation (CEN) et l'application du niveau de test approprié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caractérisation de base. • Test de conformité. • Vérification sur site. 	60
<p>87. Limiter l'acceptation des déchets à traiter via la solidification / l'immobilisation à ceux ne contenant pas de hautes concentrations de COV, de composants malodorants, de cyanures solides, d'agents oxydants, d'agents complexants, de déchets à forte teneur en COT ni de bouteilles de gaz.</p>	60
<p>88. Appliquer des techniques de contrôle et incluant une enceinte pour le chargement / déchargement et les systèmes de transport clos.</p>	61

89. Disposer d'un système de réduction, ou de plusieurs, pour gérer l'écoulement d'air ainsi que les charges pics associées au chargement et au déchargement.	61
90. Utiliser au minimum : a) la solidification ; b) la vitrification et la fusion ; c) d'autres réactifs. Stabiliser les phosphates avant d'envoyer tout déchet solide en site d'enfouissement.	61
91. Contrôler le rythme d'excavation, la quantité de sol pollué exposée ainsi que la durée pendant laquelle les amas de sol sont laissés à découvert lors de l'excavation et de l'extraction des sols pollués.	62
92. Mettre en place un test sur banc d'essai afin de déterminer la recevabilité du procédé à appliquer et les meilleures conditions d'exploitation de son utilisation.	62
93. Disposer d'un équipement de collecte et de contrôle tels que des dispositifs de post-combustion, des systèmes d'oxydation thermique, des dépoussiéreurs à couche filtrante, du charbon actif ou des condensateurs pour le traitement des gaz issus des traitements thermiques.	62
94. Rendre compte du taux d'efficacité des procédés pour chaque composant réduit et chaque composant non affecté par le procédé.	62
95. Mettre en place un contrôle rigoureux des matières entrantes via un équipement, des laboratoires et des ressources analytiques (viscosimètre, infrarouge, chromatographie et spectrométrie de masse).	66
96. Vérifier au minimum la présence de solvants chlorés et de PCB.	66
97. Utiliser la condensation comme traitement de la phase gazeuse de l'unité de distillation éclair.	66
98. Disposer de canalisations de retour de la vapeur pour le chargement et le déchargement des véhicules, qui connectent tous les orifices à a) un système d'oxydation thermique / incinérateur ; b) une installation d'adsorption au charbon actif.	66
99. Transférer les flux des conduits d'évacuation vers un système d'oxydation thermique via traitement des gaz résiduels si des matières chlorées sont présentes dans le flux. En cas de présence de hauts niveaux de matières chlorées on procède à : a) une condensation suivie d'un ; b) lavage en milieu alcalin puis d'un ; c) lit de charbon actif (traitement le plus courant).	67
100. Utiliser l'oxydation thermique à 850 °C et un temps de séjour de deux secondes pour l'orifice de distillation sous vide des générateurs sous vide ou pour l'air des appareils de chauffage industriel.	67

101. Utiliser un système sous vide hautement efficace.	67
102. Utiliser les résidus de la distillation sous vide ou des évaporateurs à couche mince comme produits asphaltiques.	67
103. Mettre en place un reraffinage des huiles usées pouvant atteindre un rendement supérieur à 65 % sur une base sèche.	67
104. Atteindre les valeurs suivantes dans les eaux résiduaires déversées issues de l'unité de reraffinage : Hydrocarbures : <0,01-5 ppm ; phénols : 0,15-0,45 ppm via une série de techniques intégrées au procédé et/ou des traitements de finissage primaires, secondaires et biologiques.	68
105. Mettre en place un contrôle rigoureux des matières entrantes via un équipement, des laboratoires et des ressources analytiques.	70
106. Évaporer les déchets des colonnes de distillation et récupérer les solvants.	70
107. Utilisation de filtres à manches pour réduire les particules des fumées produites lors de la régénération.	71
108. Utilisation d'un système de réduction du SO _x .	71
109. Disposer d'une procédure efficace de contrôle de la qualité afin que l'exploitant puisse faire la différence entre le charbon utilisé pour l'eau potable ou le charbon alimentaire et les autres charbons usés (les charbons dits « industriels »).	73
110. Exiger un compte rendu écrit des clients indiquant l'utilisation du charbon actif.	73
111. Utiliser un four à chauffage indirect pour les charbons industriels. Ce traitement est censé pouvoir s'appliquer aux charbons de l'eau potable ; cependant, en raison de limites de capacité et de corrosion, seuls les traitements de type four à soles multiples ou à chauffage direct peuvent être utilisés dans ce cas précis.	73
112. Utiliser un dispositif de post-combustion atteignant 1100 °C minimum, présentant deux secondes de temps de séjour et 6 % d'excès d'oxygène pour la régénération des charbons industriels susceptibles de contenir des substances réfractaires halogénés ou autres substances thermorésistantes.	73
113. Utiliser un dispositif de post-combustion atteignant une température de chauffe de 850 °C minimum, présentant deux secondes de temps de séjour et 6 % d'excès d'oxygène pour le charbon actif alimentaire et d'eau potable.	73
114. Appliquer un traitement des gaz de combustion consistant en une section de refroidissement et/ou un lavage venturi et aqueux suivi d'un ventilateur de tirage.	73
115. Utiliser des solutions de lavage en milieu alcalin ou au carbonate de sodium pour neutraliser les gaz acides des usines de charbon industriel.	74
116. Appliquer, dans l'usine de traitement des eaux résiduaires, une combinaison adaptée de floculation, décantation, filtration et ajustement du pH pour le traitement des charbons de l'eau potable. Les traitements supplémentaires des effluents des charbons industriels (hydroxyde métallique, précipitation des sulfures) sont également considérés comme des MTD.	74

117. Essayer de maintenir des relations étroites avec l'utilisateur de combustible issu de déchets afin de s'assurer que les connaissances sur la composition du combustible issu de déchets sont correctement transférées.	77
118. Disposer d'un système d'assurance de la qualité en vue de garantir les caractéristiques du combustible issu de déchets produit.	77
119. Fabriquer plusieurs types de combustibles issus de déchets en fonction de l'utilisation à laquelle il est destiné (fours à ciment par exemple), du type de four (à combustion en couche ou à soufflage par exemple) et du type de déchets utilisé pour produire le combustible (déchets dangereux par exemple).	77
120. En cas de production de combustible issu de résidus dangereux, appliquer le traitement au charbon actif pour les eaux peu polluées et le traitement thermique pour les eaux très polluées. Le traitement thermique consiste en n'importe quel type de traitement ou d'incinération thermique. Voir MTD sur l'incinération des déchets dangereux (chapitre 4).	77
121. En cas de production de combustible issu de déchets dangereux, veiller au suivi correct des règles en matière de risques électrostatiques et d'inflammabilité. Utiliser les techniques suivantes : a) Détail des activités à mettre en place. b) Techniques de prévention des accidents et de leurs conséquences.	77
122. Tenir compte des dangers liés aux émissions et à l'inflammabilité si une opération de séchage ou de chauffage est nécessaire.	78
123. Envisager de mener les opérations de mixage et de mélange dans des zones fermées équipées de systèmes de contrôle de l'atmosphère.	78
124. Utiliser des filtres à manches pour réduire les particules.	78
125. Utiliser des unités d'échange de chaleur extérieures au réservoir si le combustible liquide doit être chauffé.	79
126. Adapter le contenu de matières solides en suspension afin de garantir l'homogénéité du combustible liquide.	79

9.2. MTD POUR L'INCINÉRATION DES DÉCHETS DANGEREUX

MTD	PAGE
1. Le choix d'un concept d'installation adapté aux caractéristiques des déchets reçus en utilisant les techniques suivantes : a) Pertinence du procédé. b) Caractéristiques de la chambre de combustion.	92
2. Maintenir le site dans un état rangé et propre.	92

3. Maintenir tout l'équipement en bon état de fonctionnement et réaliser des vérifications de maintenance et une maintenance préventive afin de respecter la MTD 2.	92
4. Mettre en place et conserver des contrôles qualité sur les déchets entrants, suivant les types de déchets qui peuvent être reçus dans l'installation en utilisant les techniques suivantes : a) Mise en place de limites d'entrée pour l'installation et identification des risques majeurs. b) Communication avec les fournisseurs de déchets afin d'améliorer le contrôle qualité des déchets entrants. c) Contrôle qualité de l'alimentation en déchets sur le site de l'incinérateur. d) Vérification, échantillonnage et test des déchets entrants. e) Détecteurs de matières radioactives.	92
5. Le stockage des déchets en fonction d'une étude des risques de leurs propriétés afin de minimiser le risque d'émissions potentiellement polluantes.	93
6. Utiliser des techniques et des procédures pour restreindre et gérer les temps de stockage des déchets afin de réduire le risque de rejets dus à la détérioration des conteneurs ou au stockage des déchets et de réduire les difficultés de traitement qui pourraient survenir.	93
7. Minimiser le dégagement d'odeurs (et d'autres émissions fugitives potentielles) des zones de stockage des déchets en vrac et des zones de prétraitement des déchets en passant l'atmosphère extraite dans l'incinérateur pour la combustion.	94
8. La séparation des déchets stockés en fonction de l'étude des risques de leurs caractéristiques chimiques et physiques pour permettre un stockage et un traitement sûrs.	94
9. L'étiquetage clair des déchets stockés dans les conteneurs afin qu'ils soient toujours identifiés. Cette technique concerne les déchets dangereux.	94
10. Le développement d'un plan pour la prévention, la détection et le contrôle des risques d'incendie dans les installations, en particulier pour : <ul style="list-style-type: none"> • les zones de stockage et de prétraitement des déchets. • les zones de chargement dans les fours. • les systèmes de contrôle électrique. • les filtres à manche et les filtres à lit statique. 	94
11. Le mélange ou le prétraitement avancé des déchets hétérogènes jusqu'au niveau requis pour répondre aux spécifications de l'installation de réception.	94
12. L'utilisation de : a) la suppression par précombustion des métaux recyclables. b) la séparation des métaux dans le mâchefer. c) la suppression des métaux recyclables ferreux et non ferreux pour leur récupération : après l'incinération dans les résidus du mâchefer ou lorsque les déchets sont déchiquetés, avant l'incinération, dans les déchets déchiquetés.	94

<p>13. L'équipement des opérateurs en moyens de contrôle visuel, direct ou grâce à l'utilisation d'écrans de télévision ou d'autres systèmes semblables, des zones de stockage et de chargement des déchets.</p>	<p>95</p>
<p>14. La minimisation de l'entrée d'air non contrôlée dans la chambre de combustion à travers le chargement des déchets ou d'autres voies.</p>	<p>95</p>
<p>15. L'utilisation de la modélisation des écoulements qui peut aider à donner des informations lorsqu'il existe des inquiétudes sur les performances de la combustion ou du TGC et à donner des informations pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> • optimiser la géométrie du four et de la chaudière. • optimiser l'injection d'air de combustion. • optimiser les points d'injection de réactifs lorsqu'une RNSC ou RSC est utilisée. 	<p>107</p>
<p>16. Adopter des régimes de fonctionnement et des procédures d'implantation afin de réduire les émissions globales.</p>	<p>107</p>
<p>17. L'identification d'une philosophie de contrôle de la combustion et l'utilisation de critères clés de combustion et d'un système de contrôle de la combustion pour contrôler et respecter ces critères dans des conditions limites appropriées afin de conserver une bonne performance de combustion. Les techniques à considérer sont :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Choix et utilisation de systèmes et de paramètres adaptés pour le contrôle de la combustion, b) Utilisation de caméras infrarouge pour le contrôle de la combustion. 	<p>107</p>
<p>18. L'optimisation et le contrôle des conditions de combustion grâce :</p> <ul style="list-style-type: none"> • au contrôle de l'alimentation, de la distribution et de la température de l'air, incluant le mélange du gaz et de l'oxydant, • à la distribution et au niveau de température de la combustion, • au temps de séjour du gaz brut. <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) optimisation de la stœchiométrie de l'alimentation en air. b) distribution et optimisation de l'alimentation en air primaire. c) injection, distribution et optimisation de l'alimentation en air secondaire. d) optimisation du temps, de la température, de la turbulence des gaz dans la zone de combustion et des concentrations d'oxygène. e) plan pour augmenter la turbulence dans la chambre de combustion secondaire (CSS). 	<p>107</p>
<p>19. L'utilisation de ces conditions de fonctionnement (température, temps de séjour et turbulence) telles qu'elles sont indiqués dans l'article 6 de la directive 2000/76 est généralement une MTD. L'utilisation d'autres conditions de fonctionnement peut aussi être une MTD.</p>	<p>108</p>
<p>21. L'utilisation de brûleurs auxiliaires pour le démarrage et l'arrêt et pour maintenir les températures de combustion requises à tout moment lorsque des déchets non brûlés se trouvent dans la chambre de combustion.</p>	<p>108</p>

<p>22. L'utilisation d'une combinaison entre la suppression de chaleur près du four et l'isolation du four, en fonction du pouvoir calorifique net et de la corrosion des déchets incinérés, permet une bonne rétention de chaleur dans le four et le transfert de la chaleur en excès pour la récupération énergétique.</p> <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Protection des parois de la membrane du four et de la première sortie de la chaudière avec du réfractaire ou d'autres matériaux b) Utilisation d'une chaudière-four intégrale 	108
<p>23. L'utilisation de fours assez grands pour permettre une combinaison efficace des temps de séjour des gaz et de la température afin que les réactions de combustion puissent approcher la combustion complète et donner des émissions de CO et COV faibles et stables.</p>	109
<p>24. Lorsque la gazéification ou la pyrolyse est utilisée, afin d'éviter la génération de déchets, une MTD consiste à combiner l'étape de gazéification ou de pyrolyse avec une étape de combustion avec récupération d'énergie et traitement des gaz de combustion qui fournit des niveaux d'émission atmosphériques corrects et une récupération ou un approvisionnement pour l'utilisation des substances qui ne sont pas brûlées.</p>	109
<p>25. Afin d'éviter des problèmes de fonctionnement qui peuvent être causés par des cendres volantes collantes, utiliser une chaudière qui permette de réduire suffisamment la température des gaz avant les faisceaux d'échange de chaleur par convection.</p> <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Optimisation de l'architecture de la chaudière b) Utilisation d'un surchauffeur de type « plateau » 	109
<p>26. L'optimisation générale de l'efficacité énergétique de l'installation et de la récupération d'énergie, en général :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour réduire les pertes en énergie avec les gaz de combustion, • L'utilisation d'une chaudière pour transférer l'énergie des gaz de combustion afin de produire de l'électricité et/ou d'apporter de la vapeur / chaleur avec une efficacité de conversion thermique pour les déchets dangereux entraînant de plus grands risques de corrosion (principalement de la teneur en chlore / soufre) de la chaudière, supérieurs à 60-70 %. • Pour les procédés de gazéification et de pyrolyse, l'utilisation d'une chaudière avec une efficacité de conversion thermique d'au moins 80 % ou l'utilisation d'un moteur à gaz ou d'une autre technologie de génération électrique. 	120
<p>27. Protéger, si possible, les contrats d'approvisionnement en chaleur / vapeur en fonction de la charge à long terme avec les grands utilisateurs de chaleur / vapeur pour qu'il existe une demande plus régulière de l'énergie récupérée et ainsi qu'une plus grande proportion de la valeur énergétique des déchets incinérés puisse être utilisée.</p>	120
<p>28. La localisation des nouvelles installations pour que l'utilisation de la chaleur et de l'énergie générée dans la chaudière puisse être maximisée grâce à une combinaison entre :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la génération d'électricité avec un approvisionnement en chaleur ou en vapeur. • l'approvisionnement en chaleur ou vapeur des réseaux de distribution de chaleur de la région. • l'approvisionnement en vapeur pour différentes utilisations, principalement industrielles. 	120

<ul style="list-style-type: none"> • l'approvisionnement en chaleur ou en vapeur pour entraîner des systèmes de refroidissement ou de climatisation. 	
29. Lorsque de l'électricité est générée, l'optimisation des paramètres de la vapeur, qui inclut la possibilité d'utiliser des paramètres de vapeur plus élevés pour augmenter la génération électrique et de protéger des matériaux de la chaudière en utilisant des matériaux suffisamment résistants.	121
30. Le choix d'une turbine adaptée : <ul style="list-style-type: none"> • au régime d'approvisionnement en chaleur et en électricité. • à un rendement électrique élevé. 	121
31. Dans les nouvelles installations ou celles en cours de modernisation, lorsque la génération d'électricité est prioritaire sur la création de chaleur, minimisation de la pression du condensateur.	121
32. La minimisation générale de la demande en énergie de toute l'installation, comprenant : <ul style="list-style-type: none"> • Pour le niveau de performance requis, le choix de techniques dont la demande en énergie est plus faible. • L'agencement des systèmes de traitement des gaz de combustion afin d'éviter le réchauffage des gaz de combustion. • L'utilisation d'échangeurs de chaleur pour chauffer les gaz de combustion de l'entrée de la RSC avec l'énergie des gaz de combustion de la sortie de la RSC. • L'utilisation de systèmes d'échange de chaleur pour minimiser la demande en énergie pour le réchauffage des gaz de combustion. • Éviter l'utilisation de combustibles primaires en utilisant de l'énergie produite sur place. 	122
33. Lorsque des systèmes de refroidissement sont nécessaires, le choix de l'option technique du système de refroidissement du condensateur de vapeur qui convient le mieux aux conditions environnementales locales.	122
34. L'utilisation d'une combinaison de techniques de nettoyage des chaudières pendant le fonctionnement et à l'arrêt pour réduire la présence et l'accumulation de poussière dans la chaudière.	122
35. L'utilisation d'un système de traitement des gaz de combustion (TGC) général qui, s'il est combiné avec l'installation dans son ensemble fournit les niveaux d'émission indiqués dans le tableau 5.2 (BREF d'incinération des déchets [3]) pour les rejets dans l'air associés à l'utilisation de la MTD.	135
36. Lors de la sélection du système général de TGC, tenir compte des facteurs généraux, des impacts possibles sur la consommation d'énergie de l'installation et des problèmes de compatibilité du système qui peuvent survenir lors de la modification d'installations en place.	135
37. Lors du choix entre un système de TGC par voie humide, semi-humide et sèche, tenir compte des critères généraux donnés dans le tableau 5.3. (BREF d'incinération des déchets).	123
38. Éviter l'augmentation de la consommation électrique associée, pour éviter en général (c'est-à-dire sauf s'il existe un moteur d'entraînement local spécifique) l'utilisation de deux filtres à manche sur une ligne de TGC.	123

<p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Application d'un système de nettoyage des gaz de combustion. b) Application d'un double filtrage à manche. 	
<p>40. L'utilisation de mesures de réduction des NO_x primaires pour réduire la production de NO_x avec une RSC ou une RNSC, suivant l'efficacité nécessaire de réduction des gaz de combustion.</p>	135
<p>41. Pour la réduction des émissions générales de PCDD/F dans tous les milieux environnementaux, l'utilisation de :</p> <ul style="list-style-type: none"> • techniques pour améliorer la connaissance et le contrôle des déchets. • techniques primaires pour détruire les PCDD/F contenus dans les déchets et les précurseurs possibles ; • concepts d'installations et de contrôles de fonctionnement qui évitent que ces conditions entraînent la reformation ou la génération de PCDD/F. <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Techniques primaires pour la prévention des PCDD/F. b) Prévention de la reformation de PCDD/F dans le système de TGC. c) Adsorption des PCDD/F par injection de charbon actif ou avec d'autres réactifs. d) Adsorption des PCDD/F sur des lits statiques. e) Destruction des PCDD/F grâce à la réduction sélective catalytique (RSC). f) Destruction des PCDD/F grâce à des filtres à manches catalytiques. 	135
<p>42.- Lorsque des laveurs hydrauliques sont utilisés, réaliser une étude de la montée des PCDD/F dans le laveur et adopter des mesures adaptées pour traiter cette montée et éviter des fuites à travers le laveur.</p>	136
<p>43. Si la recombustion des résidus du TGC est appliquée, alors des mesures appropriées doivent être prises pour éviter le recyclage et l'accumulation de Hg dans l'installation.</p>	158
<p>44. Pour le contrôle des émissions de mercure, lorsque des laveurs sont appliqués comme seuls moyens de contrôle de l'émission totale de mercure ou comme moyen le plus efficace :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'une première phase à pH faible avec l'ajout de réactifs spécifiques pour la suppression du mercure ionique. • Injection de charbon actif. • Filtres à coke ou à charbon actif. <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Lavage hydraulique à faible pH et ajout d'additifs. b) Ajout de peroxyde d'hydrogène dans les laveurs hydrauliques. c) Injection de chlorite pour le contrôle du mercure élémentaire. d) Injection de charbon actif pour adsorption du Hg. e) Utilisation des filtres statiques au coke ou au charbon actif. 	136

<p>45.- Pour le contrôle des émissions de mercure lorsque des systèmes de TGC par voie semi-humide et sèche sont appliqués, l'utilisation du charbon actif ou d'autres réactifs adsorbants pour l'adsorption des PCDD/F et du mercure, avec un contrôle du dosage en réactif pour que les émissions finales dans l'air se trouvent dans la plage d'émission donnée par les MTD pour le mercure.</p>	<p>137</p>
<p>46. L'optimisation générale de la recirculation et de la réutilisation des eaux résiduares provenant du site à l'intérieur de l'installation.</p> <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Recyclage des effluents dans le processus sur le lieu de leur rejet. b) Utilisation des eaux usées de la chaudière pour l'alimentation en eau des laveurs. 	<p>153</p>
<p>47. L'utilisation de systèmes indépendants pour le drainage, le traitement et le rejet des eaux de pluie qui tombent sur le site, y compris les eaux des toits, de manière à ce qu'elles ne se mélangent pas avec les flots d'eaux résiduares polluées, réelles ou potentielles. Certains de ces flots d'eaux résiduares peuvent nécessiter aucun ou uniquement un petit traitement avant leur rejet, en fonction du risque de pollution et des conditions de rejet locales.</p>	<p>153</p>
<p>48. Lorsque le traitement des gaz de combustion par voie humide est utilisé :</p> <ol style="list-style-type: none"> a) L'utilisation d'un traitement physicochimique sur place pour les effluents du laveur avant leur rejet. b) Le traitement séparé des eaux résiduares acides et alcalines provenant des phases de lavage lorsqu'il existe des conducteurs particuliers pour la réduction supplémentaire des rejets dans l'eau et/ou lorsque le HCl ou le gypse doit être récupéré. c) Le recyclage des effluents du lavage hydraulique à l'intérieur du système de lavage et l'utilisation de la conductivité électrique de l'eau recyclée comme mesure de contrôle. d) L'apport en capacité de stockage / tamponnement pour les effluents du laveur afin d'obtenir un procédé de traitement des eaux résiduares plus stable. e) L'utilisation de sulfures ou d'autres liants pour mercure afin de réduire le mercure (et les autres métaux lourds) dans les effluents finaux. f) Lorsque la RNSC est utilisée avec le lavage hydraulique, les niveaux de NH₃ dans les effluents peuvent être réduits en utilisant une revaporisation du NH₃ et en recyclant le NH₃ récupéré pour l'utiliser comme réactif de réduction des NO_x. 	<p>138</p>
<p>49. L'utilisation d'une combinaison adaptée des techniques pour améliorer l'épuisement des déchets afin d'atteindre une valeur de COT dans les résidus des cendres inférieure à 3 % du poids comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'utilisation d'un compromis entre le concept, le fonctionnement et le rendement du four qui fournisse une agitation suffisante et un temps de séjour à des températures suffisamment élevées ; • l'utilisation de fours qui retiennent physiquement les déchets dans la chambre de combustion afin de permettre leur combustion ; • l'utilisation de techniques pour le mélange et le prétraitement des déchets (MTD 11). • l'optimisation et le contrôle des conditions de combustion. <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p>	<p>139</p>

<ul style="list-style-type: none"> a) Amélioration de l'épuisement du mâchefer. b) Choix d'une technologie de combustion. c) Augmentation de l'agitation et du temps de séjour. d) Ajustement du rendement pour maintenir un bon épuisement et de bonnes conditions de combustion. e) Réduction du taux de criblage des grilles et/ou retour du produit criblé refroidi dans la chambre de combustion. 	
<p>50. La gestion séparée du mâchefer et des cendres volantes et d'autres résidus du TGC, pour éviter la pollution du mâchefer et par conséquent, pour améliorer le potentiel de récupération du mâchefer. C'est une MTD que d'évaluer les niveaux de polluants dans les cendres de la chaudière et d'évaluer si la séparation ou le mélange avec le mâchefer est approprié.</p>	158
<p>51. Lorsqu'une phase de prédépoussiérage est utilisée, une étude de la composition des cendres volantes recueillies de cette façon devrait être réalisée pour déterminer si elles devraient être récupérées, directement ou après le traitement, au lieu d'être jetées.</p> <p>Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Séparation de la phase de dépoussiérage et du traitement des gaz de combustion. b) Application d'un système de nettoyage des gaz de combustion. 	140
<p>52. Le tri des métaux ferreux et non ferreux restants dans le mâchefer, autant que cela soit possible et économiquement viable, pour leur récupération.</p>	158
<p>53. Le traitement du mâchefer (sur ou hors site), par une combinaison appropriée de :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) traitement du mâchefer par vieillissement. b) traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie sèche. c) traitement du mâchefer par des systèmes de traitement par voie humide. d) traitement du mâchefer par des systèmes de traitement thermique. e) four rotatif (110-1400 °C) à haute température (scorification). f) filtration et broyage du mâchefer. <p>Jusqu'au point exigé pour satisfaire les spécifications définies pour son utilisation ou pour son futur traitement ou pour le site d'élimination.</p>	159
<p>54. Le traitement des résidus du TGC (sur et hors site) jusqu'au point exigé pour satisfaire les exigences d'approbation de l'option de gestion des déchets sélectionnés pour eux, comprenant la prise en compte de l'utilisation des techniques de traitement du résidu du TGC. Ces techniques sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Solidification en amalgame des résidus du TGC. b) Vitrification et fusion des résidus du TGC. c) Extraction acide de la chaudière et du mâchefer. 	160
<p>55. L'implantation de mesures de réduction du bruit pour répondre aux exigences locales en la matière.</p>	95

56. Appliquer la gestion de l'environnement. En général, la portée et la nature du SGE seront liées à la nature, à l'échelle et à la complexité de l'installation et aux différents impacts qu'elle peut avoir sur l'environnement.	95
69. Contrôles qualité supplémentaires dans l'incinérateur de déchets dangereux : en utilisant des systèmes et des procédures spécifiques, en utilisant une approche basée sur les risques en fonction de la source de déchets, pour l'étiquetage, la vérification, l'échantillonnage et le test des déchets à stocker / traiter. Les procédures analytiques devront être gérées par un personnel correctement qualifié et des procédures adaptées devront être utilisées. Voir également MTD 4.	95
70. Le mixage, le mélange et le prétraitement des déchets en vue d'améliorer leur homogénéité, les caractéristiques de combustion et le niveau de combustion en tenant compte de la sécurité. En cas de déchetage, une pressurisation en atmosphère inerte devrait être mise en place. Les techniques qui peuvent être utilisées sont les suivantes : a) Déchetage de déchets dangereux mis en fût et emballés. b) Prétraitement et préparation ciblée des déchets solides pour la combustion.	96
71. L'utilisation d'un système de régulation de l'alimentation pour les déchets dangereux solides afin d'améliorer les caractéristiques de combustion des déchets entrants et d'améliorer la stabilité de la composition des gaz de combustion, ce qui permet de mieux contrôler les émissions de pics de CO à court terme.	97
72. L'injection directe de déchets dangereux liquides et gazeux, lorsque ces déchets ont besoin d'une réduction spécifique des risques d'exposition, de dégagements ou d'odeur.	97
73. L'utilisation d'une chambre de combustion permettant le confinement, l'agitation et le transport des déchets, telle que : les fours rotatifs - avec ou sans refroidissement à eau. Le refroidissement à eau des fours rotatifs peut être avantageux dans les situations où : le pouvoir calorifique minimal des déchets entrants est plus élevé (>15-17 GJ/t) ou des températures plus élevées sont utilisées.	11
74. Réduire la demande en énergie de l'installation et atteindre une demande électrique moyenne de l'installation de moins de 0,3 - 0,5 MWh/tonne de déchets traités.	123
75. Pour les incinérateurs de déchets dangereux commerciaux et les autres incinérateurs de déchets dangereux acceptant des déchets de compositions et de sources très variables, l'utilisation : a) du TGC par voie humide est normalement une MTD pour fournir un meilleur contrôle des émissions atmosphériques à court terme ; b) de techniques spécifiques pour la réduction des émissions d'iode élémentaire et de brome lorsque les déchets présentent des concentrations considérables de ces substances.	140
76. L'utilisation d'une technologie à lit fluidisé dans les installations peut généralement être une MTD en raison de l'augmentation de l'efficacité de combustion et de la diminution des volumes de gaz de combustion qui sont obtenus normalement avec ces systèmes.	106
77. Le séchage des boues d'épuration, de préférence en utilisant la chaleur récupérée de l'incinération, de sorte qu'il ne soit pas nécessaire d'utiliser des combustibles supplémentaires pour le fonctionnement normal de l'installation.	106

10. ANNEXE II - GLOSSAIRE

A

ACV : Analyse des cycles de vie
APE : Agence de protection de l'environnement
As : Arsenic

B

BREF : Document de référence sur les meilleures techniques disponibles
BTX : Benzène, toluène et xylène

C

CAA : Condensateurs à air
CaCl₂ : Chlorure de calcium
CaF₂ : Fluorure de calcium
CaO : Chaux vive
CAR/PP : Centre d'activités régionales pour la production propre
CCS : Chambre de combustion secondaire
Cd : Cadmium
CDD : Combustibles dérivés des déchets
CEN : Comité européen de normalisation
CFB : Lit fluidisé circulant
CFD : Dynamique des fluides numérique
Cl : Chlore
CLS : Combustibles liquides de substitution
Co : Cobalt
CO : Monoxyde de carbone
CO₂ : Dioxyde de carbone
CONM : Composés organiques non-méthane
COT : Carbone organique total
COV : Composés organiques volatils
CPA : Contrôle de la pollution de l'air
CPC : Chaleur et puissance combinée
CPC : Chambre de post-combustion
Cr : Chrome
CSV : Conteneur semi-vrac
Cu : Cuivre

D

DAF : Flottation à l'air
DBO : Demande biologique en oxygène
DCO : Demande chimique en oxygène
DRI : Récupération de l'investissement

E

EIE : Étude d'impact sur l'environnement
ESB : Encéphalopathie spongiforme bovine
ESP : Précipitateur électrostatique
ETP : Usine de traitement des effluents

F

Fe : Fer

FeSO₄ : Sulfate ferreux
FPC : Faible pouvoir calorifique
FVC : Faible valeur calorifique

G

GBP : Livre sterling
GES : Gaz à effet de serre

H

H₂S : Hydrogène sulfuré
H₃PO₄ : Acide phosphorique
HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HC : Hydrocarbures
HCB : Hexachlorobenzène
HCl : Acide chlorhydrique
HF : Fluorure d'hydrogène
Hg : Mercure
HW : Déchets dangereux
HWI : Incinération/incinérateur de déchets dangereux
HWLF : Site d'enfouissement des déchets dangereux

I

IDG : Station de désulfuration des gaz
IPPC : Prévention et contrôle de la prévention intégrée
Ir : Iridium

K

K : Potassium

L

LFB : Lit fluidisé bouillonnant

M

MDF : Panneau de fibre de densité moyenne
Mo : Molybdène
MPE : Meilleure pratique environnementale
MSWI : Incinérateur / incinération de déchets solides municipaux
MTD : Meilleure technique disponible

N

N : Azote
Na : Sodium
Na₂SO₄ : Sulfate de sodium
NaCl : Chlorure de sodium
NaOH : Hydroxyde de sodium
Ni : Nickel
Nox : Oxydes d'azote
NQE : Normes de qualité environnementale

P

P : Phosphore
PAM : Plan d'action pour la Méditerranée
PAS : Programme d'actions stratégiques
Pb : Plomb
PCB : Biphényle polychloré
PCDD/F : Dibenzodioxine et dibenzofurane polychlorés
PCDM : Polychlorodiphénylméthanes
PCI : Produits de la combustion incomplète
PCN : Pouvoir calorifique net

PGE : Programme de gestion de l'environnement
Ph-c : Physicochimique
PM10 : Fines particules
POP : Polluants organiques persistants
Pt : Platine
PVC : Polychlorure de vinyle

R

RCP : Produits propres recyclés
RDA : Résidus de déchetage d'automobiles
REA : Rapport environnemental annuel
Rh : Rhodium
RNSC : Réduction non sélective catalytique
RSC : Réduction sélective catalytique

S

SGE : Système de gestion de l'environnement
SO₂ : Dioxyde de soufre
SO₃ : Trioxyde de soufre
SO_x : Oxydes de soufre

T

TBM Traitement biologique mécanique
TDA : Désasphaltage thermique
TEQ : Équivalent toxique
TGC : Traitement des gaz de combustion
Tl : Thallium
TIR : Taux interne de rendement

U

UE : Union européenne
UTER : Usine de traitement des eaux résiduaires

V

VAN : Valeur actuelle nette
VC : Valeur calorifique
VLE : Valeur des limites d'émission

W

WT : Traitement des déchets
WTE : Usines de conversion des déchets en énergie

Z

Zn : Zinc

11. RÉFÉRENCES

- [1] Commission européenne – Direction générale de l'environnement. *Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives (B4-3040/2000/306517/MAR/E3)*. Rapport final. WRC : CO5087-4. Juillet 2003.
- [2] Commission européenne – Direction générale du Centre commun de recherche (CCR). Institut de prospective technologique. Durabilité dans l'industrie, l'énergie et le transport. Bureau européen IPPC. Prévention et réduction intégrées de la pollution. *Draft Reference Document of Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries*. Avant-projet final. Mai 2005.
- [3] Commission européenne – Direction générale du Centre commun de recherche (CCR). Institut de prospective technologique. Durabilité dans l'industrie, l'énergie et le transport. Bureau européen IPPC. Prévention et réduction intégrées de la pollution. *Draft Reference Document of Best Available Techniques for Waste Incineration*. Mai 2005.
- [4] APE. *BAT Guidance Notes for the Waste Sector: Landfill Activities*. Avant-projet. Décembre 2004.
- [5] *Preparation of a Set of Tools for the Selection, Design and Operation of Hazardous Waste Landfills in Hyper-dry Areas. Outlines of the guidelines for site selection, environmental impact assessment, design and operation*. Préparé par le Centre régional de la Convention de Bâle pour la formation et le transfert de technologie pour les pays arabes de Caire (BRCB-Le Caire). Avril 2004.
- [6] Commission européenne – Direction générale du Centre commun de recherche (CCR). Institut de prospective technologique. Durabilité dans l'industrie, l'énergie et le transport. Bureau européen IPPC. Prévention et réduction intégrées de la pollution. *Draft Reference Document of Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries*. Décembre 2001.
- [7] PNUE/PAM – CAR/PP. Plan de réduction de 20 %, d'ici 2010, de la génération de déchets dangereux provenant des installations industrielles dans la région méditerranéenne. Rapport technique du PAM N°145. Athènes, 2004.

ÉE

PRE

Centre d'activités régionales pour la production propre (CAR/PP)

Dr. Roux, 80 - 08017 Barcelone (Espagne)

Tél. : + 34 93 553 87 90 - Fax : + 34 93 553 87 95

Courriel : cleanpro@cprac.org

<http://www.cprac.org>



Imprimé sur papier recyclé à 100 % et sans chlore