

Directives relatives aux Prétraitement et Co-processing des déchets dans la Production de Ciment

Utilisation des déchets en tant que combustible et matière première de substitution



AVIS IMPORTANT

Les présentes Directives s'adressent aux parties prenantes et aux décideurs des secteurs privé et public qui mènent des activités de gestion des déchets et de production de ciment. Le document propose des principes directeurs et donne une orientation générale concernant les conditions dans lesquelles le prétraitement et le co-processing peuvent être appliqués. Ces Directives formulent certaines recommandations et fournissent certaines expériences propres à chaque pays, mais ne peuvent et ne doivent pas servir de modèle. Chaque personne, entité juridique ou pays, en s'engageant dans le prétraitement et le co-processing, doit développer ses propres normes basées sur les conventions internationales et les conditions nationales et locales et doit les harmoniser avec son cadre juridique. Les présentes Directives ne sont pas juridiquement contraignantes et ne peuvent être interprétées comme constituant une obligation, une représentation ou une garantie de la part des auteurs ou de l'expéditeur ou comme un conseil technique, commercial, juridique ou tout autre conseil.

Les constatations, interprétations et conclusions exprimées dans ce travail ne reflètent pas nécessairement les vues de Holcim Technology Ltd. et de Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), et/ou de ses filiales, administrateurs, dirigeants, employés, consultants, conseillers et/ou entrepreneurs respectifs. Bien que toutes les précautions raisonnables aient été prises pour assurer l'exactitude de l'information contenue dans les présentes Directives, aucune des personnes susmentionnées n'accepte de responsabilité ou d'obligation pour toute erreur ou omission dans les présentes Directives ou autrement en rapport avec celles-ci. Ces informations n'impliquent pas non plus une opinion de la part de ces entités ou personnes, ni leur approbation.

A toutes fins utiles, la relation juridique entre les personnes morales, les personnes physiques ou toute autre personne mentionnée dans les présentes Directives (chacune étant une Personne) est celle de Personnes indépendantes et aucune disposition des présentes Directives n'est réputée, de quelque façon ou à quelque fin que ce soit, constituer l'une ou l'autre Personne ou toute filiale d'une Personne ou un membre du groupe de l'une ou l'autre Personne, un mandataire de l'une ou l'autre des autres Personnes ou toute filiale de l'une ou l'autre des autres Personnes, ou tout membre du groupe de l'une ou l'autre Personne dans la conduite des affaires de cette Personne, ni de créer un partenariat, une agence ou une coentreprise entre ces Personnes.



**Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit
GmbH (GIZ)**

S. Blume
Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn
Allemagne
T +49 228 4460 – 0
E info@giz.de
I www.giz.de

Holcim Technology Ltd

M. Hinkel
Im Schachen
5113 Holderbank
Suisse
T +41 58 858 52 82
E groupsd@lafargeholcim.com
I www.lafargeholcim.com

**University of Applied Sciences and
Arts Northwestern Switzerland,
School of Life Sciences
Institute for Ecopreneurship***

D. Mutz, D. Hengevoss
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
Suisse
E dieter.mutz@fhnw.ch
E dirk.hengevoss@fhnw.ch
I www.fhnw.ch

Copyright © 2019 Holcim Technology Ltd et
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
(Agence de coopération internationale allemande pour le développement)
Tous droits réservés.

* (Universität von Wissenschaften und Kunst Nordwestschweiz /
École des Sciences de la Vie et de l'Environnement)

A PROPOS DES PRESENTES DIRECTIVES

Les présentes Directives sont une mise à jour des anciennes Directives de GTZ-Holcim relatives au co-processing des déchets dans la production de ciment publiées en 2006 (GIZ-Holcim, 2006). Au cours de la dernière décennie, des changements ont eu lieu dans le secteur des déchets et du ciment et ces changements sont reflétés dans la 2^{ème} édition des Directives de GIZ-Holcim relatives au prétraitement et co-processing des déchets dans la production de ciment.

Les présentes Directives actualisées résultent d'une initiative conjointe de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), Geocycle et LafargeHolcim (LH). LafargeHolcim (LH) est le leader mondial des matériaux et solutions de construction actif dans quatre secteurs d'activité : Ciment, Granulats, Béton prêt à l'emploi et Solutions & Produits, avec des positions de leader dans toutes les régions du monde. Geocycle, filiale de LH, est l'un des principaux fournisseurs mondiaux de services de gestion des déchets industriels, agricoles et municipaux. GIZ est une entreprise appartenant à la République fédérale d'Allemagne qui oeuvre à la promotion de la coopération internationale pour le développement durable à l'échelle mondiale.

Des experts de LafargeHolcim, de la GIZ et de l'Université de Sciences Appliquées et des Arts du Nord-Ouest de la Suisse, École des Sciences de la Vie (FHNW) ont constitué un groupe de travail pour préparer les présentes Directives. Des experts externes des secteurs public et privé ont apporté leur soutien et leurs conseils. L'élaboration du document a été coordonnée par l'Institut d'Écopreneuriat de l'Université de Sciences Appliquées et des Arts du Nord-Ouest de la Suisse, École des Sciences de la Vie (FHNW).

Les auteurs du groupe de travail : Michael Hinkel, Daniel Hinchliffe, Dieter Mutz, Steffen Blume et Dirk Hengevoss tiennent à remercier sincèrement les experts collaborateurs de LafargeHolcim, GIZ et FHNW et tous ceux qui ont participé en partageant leur temps, leurs informations et leurs connaissances. Nous remercions vivement les examinateurs externes du temps qu'ils nous ont consacré et des précieuses connaissances qu'ils ont partagées :

- D.C. Wilson Consultant indépendant et professeur invité à l'Imperial College, Londres
- Dr. C. Velis PhD, Professeur en Systèmes d'Utilisation Efficace des Ressources à Leeds University et chef du groupe de travail ISWA sur les déchets marins
- A. Scheinberg Spécialiste mondial du recyclage et de l'économie circulaire, Springloop Cooperative, responsable du groupe de travail ISWA sur le recyclage et la réduction des déchets
- J. Stuen Directeur technique, Agence Waste-to-Energy (des déchets à l'énergie), Ville d'Oslo et responsable ISWA du Groupe Waste to Energy
- V. Hoenig Directeur général et responsable de l'environnement et de la technologie des installations chez VDZ (Association allemande du ciment)

Veillez mentionner « GIZ-LafargeHolcim, Directives sur le Prétraitement et le Co-processing des Déchets dans la Production de Ciment – Utilisation des déchets comme combustible et matière première de substitution ».



Avant-propos

L'objectif principal des présentes Directives est d'améliorer la gestion des déchets en offrant des informations objectives et actualisées concernant le prétraitement et le co-processing des déchets dans l'industrie du ciment. Elles contiennent le savoir-faire et les expériences pratiques acquises dans la mise en œuvre du prétraitement et du co-processing depuis la première édition qui a servi de document de référence dans les accords internationaux (par exemple la Convention de Bâle sur le traitement des déchets dangereux) et l'adaptation des différentes directives nationales.

Les Directives s'inspirent d'un point de vue partagé selon lequel éviter et réduire les déchets est le meilleur moyen de traiter les problèmes actuels de déchets dans le monde entier. L'extension de la collecte des déchets à 100% de la population et des fractions de déchets est notamment une condition préalable à une gestion efficace des déchets dans de nombreux pays. Toutefois, les Directives encouragent une approche qui vise à réduire les problèmes de déchets existants tout en encourageant l'utilisation des déchets comme source alternative d'énergie primaire et de matières premières vierges dans la production de ciment. Dans la mesure du possible, les concepts d'efficacité des ressources, d'économie circulaire, de recyclage et de réutilisation doivent être considérés comme prioritaires.

L'amélioration de la gestion des déchets prendra du temps. L'atteinte du statut de solution efficace de gestion des déchets en Europe s'est déroulée sur une période de 20 à 30 ans. Elle a été soutenue par une législation stricte pour contrôler la qualité et les émissions. Le développement du prétraitement et du co-processing en tant qu'option approuvée de gestion des déchets nécessite également du temps et des investissements. Des procédures rigoureuses d'autorisation et d'assurance qualité doivent être appliquées.

Le prétraitement et le co-processing respectent la hiérarchie des déchets et ne la contredisent pas, lorsque les présentes Directives sont respectées. Dans ce contexte, ils peuvent être considérés comme une technologie de récupération d'énergie et de recyclage des minéraux.

La clé de la mise en œuvre des présentes Directives et pour tirer le meilleur parti du prétraitement et du co-processing des déchets dans la production de ciment reste une étroite collaboration et coopération entre les secteurs public et privé. Des techniques innovantes et un savoir-faire technique sont disponibles et seront encore développés par le secteur privé, tandis que le secteur public devrait veiller à ce que les normes environnementales soient respectées et que les règlements en matière de santé et de sécurité soient appliqués et contrôlés. En outre, une conduite éthique des affaires, une bonne gouvernance et la responsabilité sociale demeurent des conditions préalables à la mise en œuvre réussie des Directives.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| Avis important | 2 |
| À propos des présentes Directives..... | 3 |
| Avant-propos..... | 4 |
| Sommaire exécutif..... | 10 |
| Principes directeurs pour le prétraitement et le co-processing..... | 12 |
| Groupes cibles et portée..... | 14 |
| Comment utiliser les présentes Directives..... | 15 |
| PARTIE 1 : Introduction..... | 16 |
| 1.1 Prétraitement et co-processing aujourd'hui..... | 18 |
| 1.2 Le défi des ressources et des déchets..... | 20 |
| 1.3 Objectifs du Programme international pour le développement durable..... | 21 |
| 1.4 Hiérarchie des déchets..... | 24 |
| PARTIE 2 : Caractéristiques générales du prétraitement et du co-processing..... | 26 |
| 2.1 Déchets adaptés au prétraitement et au co-processing..... | 28 |
| 2.1.1 Sélection des déchets et des CMS (combustibles et matières premières de substitution) | 30 |
| 2.1.2 Déchets généralement soumis à des restrictions | 32 |
| 2.2 Prétraitement – du Déchet à la Ressource..... | 33 |
| 2.3 Le co-processing..... | 37 |
| 2.3.1 Fabrication et co-processing du ciment..... | 37 |
| 2.3.2 Sélection du point d'alimentation des CMS | 39 |
| 2.4 Co-processing et changement climatique..... | 41 |
| 2.5 Planification intégrée de la gestion des déchets solides..... | 44 |
| 2.6 Organisation du prétraitement et du co-processing..... | 45 |
| PARTIE 3 : Exigences en matière de prétraitement et de co-processing respectueux de l'environnement..... | 46 |
| 3.1 Aspects juridiques et institutionnels | 48 |
| 3.1.1 Cadre juridique..... | 49 |
| 3.1.2 Cadre institutionnel..... | 49 |
| 3.1.3 Processus d'autorisation | 50 |
| 3.2 Aspects environnementaux..... | 52 |
| 3.2.1 Polluants concernés | 53 |
| 3.2.2 Techniques de réduction des émissions | 56 |
| 3.2.3 Surveillance et déclaration des émissions..... | 57 |
| 3.2.4 Impact environnemental de l'utilisation des CMS sur les produits à base de ciment | 58 |
| 3.3 Aspects opérationnels | 60 |
| 3.3.1 Transport, entreposage, traitement et manutention | 61 |
| 3.3.2 Procédures d'utilisation des fours..... | 61 |
| 3.3.3 Gestion du chlore | 61 |
| 3.3.4 Contrôle et assurance de la qualité | 62 |
| 3.4 Aspects relatifs à la santé et à la sécurité..... | 64 |
| 3.4.1 Gestion des risques et sûreté de conception | 65 |
| 3.4.2 Système de gestion de la santé et de la sécurité | 65 |
| 3.4.3 Plan d'intervention d'urgence | 66 |
| 3.5 Aspects sociaux : Inclusion et engagement des parties prenantes..... | 68 |
| 3.5.1 Avantages mutuels et processus décisionnel inclusif..... | 69 |
| 3.5.2 Communication et engagement..... | 70 |
| 3.5.3 Un acteur clé de la chaîne de valeur : Travailler avec le secteur informel..... | 74 |
| 3.6 Aspects économiques et financiers..... | 78 |
| 3.6.1 L'importance d'un financement solide..... | 79 |
| 3.6.2 Analyse de rentabilité..... | 80 |
| 3.7 Mise en œuvre des Directives | 82 |
| 3.7.1 Renforcement des capacités..... | 85 |

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| PARTIE 4 : Annexes | 88 |
| Annexe 1 – Bibliographie | 92 |
| Annexe 2 – Exemples de déchets adaptés au prétraitement et au co-processing..... | 97 |
| Annexe 3 – Incidence du prétraitement et du co-processing sur les GES | 99 |
| Annexe 4 – Exemple d’analyse de rentabilisation du prétraitement et du co-processing des CDD (combustible dérivé des déchets)..... | 100 |
| Annexe 5 – Exemple d’un tableau « accepter-refuser » (co-processing)..... | 104 |
| Annexe 6 – Exemples de valeurs limites pour les déchets et les CDD..... | 105 |
| Annexe 7 – Justification de l’exclusion de certains déchets du co-processing..... | 107 |
| Annexe 8 – Modèle d’autorisation..... | 110 |
| Annexe 9 – Processus d’autorisation..... | 114 |
| Annexe 10 – Informations sur les brûlages d’essai..... | 115 |
| Annexe 11 – Structure d’un plan de gestion des déchets..... | 117 |
| Annexe 12 – Questions clés pour l’évaluation de base axée sur l’inclusion..... | 118 |
| Annexe 13 – Modèle de fichier de données de base pour les déchets communément utilisés..... | 119 |
| Annexe 14 – Schéma de contrôle qualité des CMS..... | 123 |
| Annexe 15 – Analyse de situation – comment procéder..... | 124 |
| Annexe 16 – Approches pour l’intégration du secteur informel..... | 125 |
| | |
| Abréviations | 126 |
| Abréviations générales..... | 126 |
| Abréviations chimiques..... | 127 |
| Unités | 128 |
| Glossaire | 129 |

Index des tableaux et des figures

Index des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau 1 : Taux de substitution de l'énergie thermique par CS (combustible de substitution) co-traitée dans l'industrie du ciment en 2016 avec une couverture de données limitée dans certaines régions..... | 18 |
| Tableau 2 : Aperçu des impacts potentiels des déchets les plus courants et propriétés des CMS..... | 31 |
| Tableau 3 : Méthode de surveillance des émissions atmosphériques en cimenterie (co-processing)..... | 57 |
| Tableau 4 : Classification des parties prenantes selon les différents niveaux..... | 71 |
| Tableau 5 : Aperçu des outils de communication et d'engagement..... | 73 |
| Tableau 6 : Exemple de dépenses en capital (CAPEX) et de dépenses d'exploitation (OPEX) pour le prétraitement et le co-processing de différents déchets..... | 81 |
| Tableau 7 : Exemples de déchets adaptés au CS..... | 97 |
| Tableau 8 : Exemples de déchets adaptés au MS..... | 98 |
| Tableau 9 : Base de référence : hypothèse de consommation d'énergie thermique des cimenteries..... | 101 |
| Tableau 10 : Base de référence : Émissions de CO ₂ provenant du transport et de la combustion du coke de pétrole..... | 101 |
| Tableau 11 : Base de référence : coûts du coke de pétrole dans une cimenterie..... | 101 |
| Tableau 12 : Projet : Prétraitement et co-processing des CDD à partir de résidus des ordures ménagères..... | 102 |
| Tableau 13 : Projet : Émissions de CO ₂ du prétraitement et du co-processing..... | 102 |
| Tableau 14 : Projet : Réduction des émissions de CO ₂ | 102 |
| Tableau 15 : Projet : Dépenses d'exploitation (OPEX) du prétraitement et du co-processing..... | 102 |
| Tableau 16 : Projet : Dépenses en capital (CAPEX) du prétraitement et du co-processing..... | 103 |
| Tableau 17 : Projet : Paramètres financiers..... | 103 |
| Tableau 18 : Projet : Evaluation financière des résultats..... | 103 |
| Tableau 19 : Valeurs limites pour les déchets utilisés dans les fours à ciment de la législation autrichienne..... | 105 |
| Tableau 20 : Classification des substances autoréactives..... | 108 |
| Tableau 21 : Éléments d'un plan de gestion des déchets dans l'Union européenne..... | 117 |

Index des figures

| | |
|--|-----|
| Schéma 1 : ODD liés à l'efficacité des ressources et à la gestion des déchets..... | 21 |
| Schéma 2 : Concept de l'économie circulaire..... | 22 |
| Schéma 3 : Hiérarchie de la gestion des déchets..... | 24 |
| Schéma 4 : Intégration du prétraitement et du co-processing dans la gestion des déchets..... | 28 |
| Schéma 5 : Intégration du prétraitement et du co-processing dans un concept de gestion des ordures ménagères..... | 29 |
| Schéma 6 : Types de déchets pertinents pour le prétraitement et le co-processing..... | 30 |
| Schéma 7 : Traitement mécanique (broyage en deux étapes) pour la production de combustibles solides de substitution..... | 33 |
| Schéma 8 : Traitement mécano-biologique pour la production de CS solide..... | 33 |
| Schéma 9 : Flux de processus générique de TBM (traitements biologiques et mécaniques) pour la génération de CDD..... | 34 |
| Schéma 10 : Traitement physico-chimique pour la production de CS solide..... | 35 |
| Schéma 11 : Traitement mécanique pour la production de MS..... | 36 |
| Schéma 12 : Processus de fabrication du ciment..... | 37 |
| Schéma 13 : Points d'alimentation de CMS d'un système de four à ciment ultramoderne..... | 39 |
| Schéma 14 : Différentes catégories de CS pour différents points d'alimentation..... | 39 |
| Schéma 15 : Alimentation de pneus entiers à l'entrée du four..... | 40 |
| Schéma 16 : Alimentation de CS solide grossier au niveau du précalcinateur..... | 40 |
| Schéma 17 : Alimentation de CS liquide pour la cuisson principale..... | 41 |
| Schéma 18 : Facteurs d'émission et teneur typique en biomasse des différents combustibles de substitution..... | 42 |
| Schéma 19 : Avantages et inconvénients des différents modèles d'intégration..... | 45 |
| Schéma 20 : Croquis d'une cascade de dépenses et de recettes du co-processing..... | 79 |
| Schéma 21 : Évolution du prix du coke de pétrole..... | 80 |
| Schéma 22 : La redevance d'entrée pour les déchets pour le rapport coût-efficacité du prétraitement et du co-processing dépend des coûts prévus du combustible primaire..... | 81 |
| Schéma 23 : Organigramme d'un processus d'autorisation..... | 114 |
| Schéma 24 : Schéma de contrôle qualité CMS..... | 123 |

Index des encadrés et des études de cas

Index des encadrés

| | |
|--|----|
| Encadré 1 : Définition des déchets | 18 |
| Encadré 2 : Combustibles et matières premières de substitution (CMS)..... | 19 |
| Encadré 3 : Déchets marins – une nouvelle menace pour les écosystèmes aquatiques..... | 23 |
| Encadré 4 : Relation dynamique entre recyclage et co-processing..... | 25 |
| Encadré 5 : Avantages des caractéristiques des fours à ciment pour le co-processing CMS..... | 38 |
| Encadré 6 : Mercure | 54 |
| Encadré 7 : Dioxines et furannes (PCDD/PCDF)..... | 55 |
| Encadré 8 : Transparence dans la surveillance des émissions..... | 58 |
| Encadré 9 : Prise de décision inclusive..... | 69 |

Index des études de cas

| | |
|---|----|
| Étude de cas 1 : Prétraitement et co-processing des ordures ménagères à Huaxin, en Chine..... | 34 |
| Étude de cas 2 : De la boue d'hydrocarbures à l'énergie à Fujairah (Géocycle, Emirats Arabes Unis)..... | 35 |
| Étude de cas 3 : Utilisation des déchets de construction et de démolition comme matières premières de substitution à Retznei, en Autriche..... | 36 |
| Étude de cas 4 : Développement des coques de café comme combustible de substitution en Ouganda..... | 43 |
| Étude de cas 5 : Comment maîtriser le processus d'autorisation en Argentine..... | 51 |
| Étude de cas 6 : Sensibilisation accrue au recyclage en Colombie..... | 74 |
| Étude de cas 7 : Promouvoir l'utilisation des CDD par le biais de partenariats public-privé..... | 76 |
| Étude de cas 8 : Station de tri avec ramasseurs de déchets dans une décharge aux Philippines..... | 77 |
| Étude de cas 9 : Des directives à la mise en œuvre : Adoption et mise à l'essai de directives nationales en matière de co-processing aux Philippines | 84 |



Résumé exécutif

Depuis le début des années 80, différents types de déchets ont été traités avec succès comme combustibles et matières premières de substitution dans des fours à ciment en Europe, au Japon, aux États-Unis, au Canada et en Australie. En 2006, la première édition des Directives GTZ-Holcim relative au co-processing des déchets dans la production de ciment a été publiée (GIZ-Holcim, 2006), visant à tirer les leçons de ces expériences et à les offrir en particulier aux pays à revenu faible et moyen comme une option pour améliorer les approches en matière de gestion des déchets.

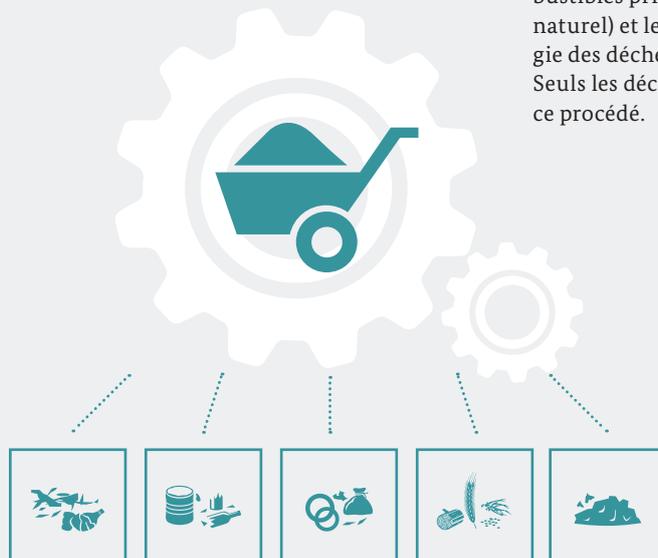
Depuis lors, la gestion des déchets a gagné une place beaucoup plus importante dans l'agenda politique. Les cadres juridiques et institutionnels pour la gestion des déchets tiennent de plus en plus compte de l'importance d'accroître l'efficacité des ressources, d'améliorer la santé publique, d'atténuer le changement climatique, et d'éviter les déchets marins. Ces développements positifs, ainsi que l'expérience acquise en matière de prétraitement et de co-processing depuis la publication des premières directives, contribuent à motiver la publication d'une édition révisée des directives pour actualiser les aspects techniques, institutionnels, juridiques et sociaux du document original, intégrer de nouvelles idées et informations, et en général soutenir l'amélioration continue de l'application du prétraitement des déchets pour le co-processing dans le secteur du ciment.

Alors que dans la première édition des directives, l'accent était principalement mis sur la co-processing des déchets industriels et commerciaux, les présentes Directives actualisées mettent désormais davantage l'accent sur le prétraitement des déchets en carburants et matières premières de substitution (CMS), le prétraitement et le co-processing des déchets urbains et l'intégration du prétraitement et du co-processing dans les chaînes de valeur locales de gestion des déchets. De plus amples informations sont fournies sur la façon dont le prétraitement et le co-processing contribuent aux objectifs de développement durable, leurs pertinences climatiques, leurs financements et les moyens de travailler avec le secteur informel des déchets. Les principes originaux ont été élargis et regroupés avec les exigences correspondantes pour leur mise en œuvre. Ils continuent à s'appuyer sur les conclusions et les recommandations issues de l'expérience acquise dans les pays industrialisés et en développement, ainsi que les secteurs public et privé pour améliorer la gestion des déchets aux niveaux national et local, y compris par des tentatives de la part de l'industrie du ciment pour améliorer la performance environnementale de la production de ciment.

Qu'entend-on par prétraitement et co-processing ?

Le prétraitement consiste à préparer les déchets pour les rendre aptes au co-processing dans les fours à ciment. Les déchets sont transformés d'une matière rejetée indésirable en une ressource utile, appelée carburants et matières premières de substitution (CMS).

Le co-processing consiste à utiliser les CMS dans le processus de production de ciment à des points d'alimentation appropriés d'une manière contrôlée, où ils brûlent comme combustibles et fournissent de la matière première. Cela permet de remplacer les combustibles primaires (charbon, coke de pétrole, gaz naturel) et les matières premières, de récupérer l'énergie des déchets et de recycler leur contenu minéral. Seuls les déchets qualifiés peuvent être utilisés pour ce procédé.





Le prétraitement et le co-processing ne constituent pas une solution autonome à tous les besoins en matière de gestion des déchets, mais lorsqu'ils suivent les principes et les exigences d'un bon fonctionnement tels qu'énoncés dans le présent document, ils ont leur rôle dans un système intégré de gestion des déchets. L'utilisation des CMS dans les fours à ciment doit respecter la hiérarchie des déchets et ne pas interférer avec les efforts de réduction des déchets. Une telle utilisation est bénéfique et souhaitable lorsqu'elle détourne des décharges des déchets qui ne peuvent être recyclés ou réutilisés. De cette façon, le prétraitement et le co-processing peuvent apporter une contribution importante et structurelle à l'amélioration de la gestion des déchets dans les pays à revenu faible et intermédiaire, tout en réduisant l'incidence du brûlage en plein air, des déchets marins et des éliminations dans des décharges non contrôlées.

Photo :
Stockage des arrivées de déchets de l'installation de prétraitement de Geocycle Inde.

Le prétraitement est un élément clé du co-processing en produisant des CMS homogènes qualifiés à partir de différents flux de déchets entrants et en évitant ainsi les problèmes opérationnels pendant le co-processing dans le processus de production de ciment. C'est aussi l'interface clé par laquelle les cimenteries interagissent avec les systèmes locaux de gestion des déchets. Les modifications du système de gestion des déchets liées à l'introduction du prétraitement et du co-processing devraient viser à créer des avantages mutuels pour les communautés locales, les parties prenantes du système de gestion des déchets et le producteur de ciment. Pour y parvenir, le prétraitement et le co-processing doivent être adaptés aux conditions locales (avec la participation des parties prenantes) et régulièrement évalués en fonction de leurs avantages pour la situation globale. Ces avantages mutuels devraient être clairs pour toutes les parties prenantes et il est utile que les changements soient mesurés, documentés et suivis.

L'utilisation du prétraitement et du co-processing peut soutenir la gestion des déchets, remplacer les combustibles fossiles et les matières premières primaires dans la production de ciment, et éliminer les substances nocives de l'économie circulaire. Cela améliore l'efficacité des ressources et réduit les émissions de GES, soutenant ainsi l'Accord de Paris sur le climat de 2015 et les Objectifs de Développement Durable. Par rapport à d'autres technologies de valorisation énergétique des déchets telles que l'incinération des déchets, le co-processing présente l'avantage de pouvoir être intégré dans les installations locales de production de ciment existantes et ne nécessite pas d'investissements importants dans de nouvelles infrastructures de gestion des déchets. La température élevée dans le four à ciment présente des avantages inhérents qui préviennent la formation de composés dangereux ou les détruisent, tout en fixant les minéraux dans le produit à base de ciment en évitant les problèmes de déchets résiduels dangereux. En même temps, l'utilisation des CMS peut réduire les coûts de gestion des déchets et réduire les coûts de production de ciment. Cependant, il existe quelques règles et principes de base qui devront être respectés et qui sont résumés par les principes directeurs suivants.

Principes directeurs relatifs au prétraitement et co-processing

Il est primordial que le prétraitement et le co-processing respectent la hiérarchie des déchets/économie circulaire et soient mis en œuvre d'une manière sûre et écologiquement rationnelle. Par conséquent, les principes directeurs suivants doivent être suivis pour assurer une mise en œuvre réussie. Le principe fondamental doit être considéré comme une condition préalable au prétraitement et au co-processing. Il est présenté dans la [Partie 1](#) du présent document, tandis que la [Partie 3](#) précise les exigences correspondantes et fournit des informations plus détaillées sur la manière de les mettre en œuvre. Un aperçu des principes directeurs est donné ici à titre de référence :

Principe général

Respecter la hiérarchie des déchets et l'économie circulaire



- Le prétraitement et le co-processing doivent respecter la hiérarchie des déchets et ne doivent donc pas entraver la réduction, réutilisation et recyclage des déchets.
- Le prétraitement et le co-processing sont considérés comme faisant partie intégrante de la gestion moderne des déchets, car ils constituent une solution écologiquement rationnelle pour le recyclage des minéraux et la valorisation énergétique.
- Le prétraitement et le co-processing peuvent être considérés comme une contribution à l'économie circulaire en réduisant l'utilisation de combustibles fossiles et de matières premières primaires ainsi qu'en assurant des cycles de matériaux propres par l'élimination des substances nocives.

Principes de mise en œuvre

Cadre juridique et institutionnel (I)



- Le respect de toutes les lois et réglementations en vigueur doit être assuré.
- Le prétraitement et le co-processing doivent être conformes aux accords internationaux pertinents (par exemple, les conventions de Bâle et de Stockholm).
- Une surveillance efficace exercée par un organisme qualifié de réglementation de l'environnement doté d'une capacité institutionnelle suffisante doit être assurée.
- Les exigences et les besoins propres à chaque pays doivent être pris en compte dans les règlements et les procédures.
- Si un cadre juridique local pour le prétraitement et le co-processing n'existe pas et/ou n'est pas cohérent, les bonnes pratiques internationales sont appliquées et le renforcement des capacités requises ainsi que la mise en place d'arrangements institutionnels sont assurés.

Environnement (II)



- Les émissions supplémentaires et les autres effets négatifs du prétraitement et du co-processing sur l'environnement sont évités ou maintenus au minimum.
- Les émissions dans l'air et dans l'eau provenant du co-processing ne doivent pas être plus élevées que celles provenant de la production de ciment sans co-processing.
- Les produits à base de ciment (béton, mortier) ne doivent pas servir de puits pour les éléments potentiellement toxiques (par exemple les métaux lourds).

Exploitation et contrôle de la qualité (III)



- Seuls les flux de déchets appropriés doivent être sélectionnés. Ces produits doivent être prétraités afin d'assurer le contrôle de la qualité, une manutention appropriée et un fonctionnement stable du four pendant le co-processing.
- Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing doivent être qualifiées. Elles assurent le contrôle et la surveillance continus des intrants et des paramètres pertinents de leurs procédés de production.
- La qualité des produits à base de ciment (béton, mortier) reste inchangée.

| | |
|---|--|
| Santé et sécurité (IV) | <ul style="list-style-type: none"> • Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing doivent mettre en place des contrôles de risques appropriés afin d'assurer des conditions de travail saines et sûres aux employés et aux entrepreneurs. • Les entreprises doivent disposer d'un bon historique en matière de conformité en termes de sécurité ainsi que disposer de personnel, de processus et de systèmes engagés à protéger la santé et la sécurité. |
|  | |
| Inclusion et engagement (V) | <ul style="list-style-type: none"> • Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing s'engagent régulièrement et communiquent de manière transparente avec le public, les autorités compétentes et les autres parties prenantes. • Les besoins nationaux et locaux ainsi que les différents contextes culturels doivent être pris en compte lors de la mise en œuvre du prétraitement et du co-processing. • Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing doivent consulter et collaborer avec les acteurs de la chaîne de valeur locale existante de la gestion des déchets, y compris les travailleurs informels du secteur des déchets. |
|  | |
| Économique et financier (VI) | <ul style="list-style-type: none"> • Les projets de prétraitement et de co-processing doivent être basés sur un modèle d'entreprise financièrement viable, qui apporte une valeur ajoutée à toutes les parties prenantes et aux communautés locales concernées. • Des mécanismes de financement sont en place pour faire en sorte que le financement des interventions soit couvert à moyen et long terme. |
|  | |
| Mise en œuvre (VII) | <ul style="list-style-type: none"> • Des systèmes de surveillance et de vérification doivent être en place pour permettre une mise en œuvre réussie. • Le renforcement des capacités et la formation à tous les niveaux sont essentiels. |
|  | |

Les pays qui envisagent le prétraitement et le co-processing ont besoin de cadres législatifs et réglementaires appropriés. Les lois nationales devront définir les principes de base qui régissent le prétraitement et le co-processing et définir les exigences et les normes nécessaires. Ces éléments devront servir de base au processus d'autorisation. En l'absence de réglementation spécifique, l'opérateur de l'usine devra appliquer les meilleures pratiques internationales en vertu du droit général de l'environnement, et les normes internationales devront servir de référence. Des évaluations de base, y compris des évaluations de l'impact environnemental et social (EIE et EIS), la gestion locale des déchets et des évaluations de la chaîne de valeur devront être effectuées pour confirmer la conformité avec les normes environnementales et sociales. Certains déchets ne devront jamais être prétraités ou co-traités ; il peut s'agir de certains déchets de soins médicaux, d'explosifs ou de déchets radioactifs. En général, les flux de déchets ont besoin d'un prétraitement avant d'être co-traités, et les approches en matière d'utilisation des CMS devront tenir compte de la nécessité de régler et de gérer efficacement ces installations de prétraitement.

Le respect de certaines règles de base garantit que le prétraitement et le co-processing n'ont pas d'impact négatif sur les émissions, ni sur la qualité du ciment produit. Il s'agit notamment d'alimenter les CS dans les zones les plus appropriées du four, d'alimenter les matières qui contiennent des niveaux élevés de matières organiques volatiles uniquement dans la zone à haute température et d'éviter les matières qui contiennent des polluants que les fours ne peuvent retenir, comme le mercure. Les émissions doivent être surveillées, certaines une fois par an seulement et d'autres en permanence.

Les exploitants d'installations de prétraitement et de cimenteries utilisant le système CMS assurent la traçabilité depuis la réception jusqu'au traitement final. Le transport des déchets et des CMS doit être conforme à la réglementation. Les usines doivent avoir élaboré, mis en œuvre et communiqué aux employés des plans d'urgence et d'intervention adéquats en cas de déversements. Pour la mise en marche et l'arrêt, l'utilisation des CMS doit être exclue. Les stratégies de gestion des CMS doivent être documentées et mises à la disposition des opérateurs d'usines. Les usines ont besoin de systèmes de contrôle de la qualité bien planifiés et fonctionnels, ainsi que de protocoles de surveillance et d'audit. Les risques peuvent être minimisés en localisant correctement les usines en termes de cadre environnemental, de proximité des populations et des établissements, et de l'impact de la logistique et du transport. Les usines auront besoin d'une bonne infrastructure en termes de solutions techniques pour les vapeurs, les odeurs, la poussière, l'infiltration dans les eaux souterraines ou de surface, et la protection contre les incendies. Tous les aspects de l'utilisation des déchets et des CMS doivent être bien documentés, car la documentation et l'information sont à la base de l'ouverture et de la transparence des mesures de santé et de sécurité, à l'intérieur et à l'extérieur de l'usine. La direction et le personnel technique doivent être formés à la manipulation et au traitement des déchets et des CMS. Comprendre les risques et la façon de les atténuer sont des éléments clés de la formation. La formation des autorités constitue la base permettant de renforcer la crédibilité.

L'introduction du prétraitement et du co-processing exige une communication et un engagement ouverts avec toutes les parties prenantes. Il convient donc de fournir toute l'information pertinente aux parties prenantes pour leur permettre de comprendre les objectifs du co-processing, le contexte, les fonctions des parties impliquées et les processus de décision. Des discussions ouvertes au sujet des bonnes et des mauvaises expériences font partie de la transparence et conduisent à des actions correctives, d'où la nécessité d'être crédible et cohérent, en cultivant un esprit de dialogue ouvert et de respect pour les différentes cultures. La communication devra commencer tôt et ne jamais s'arrêter. Des groupes consultatifs communautaires peuvent soutenir les échanges de manière régulière.

Dans les présentes directives, la barre a été maintenue à un niveau élevé en termes de normes environnementales, sociales, sanitaires et de sécurité, mais elles sont réalistes et réalisables. Des objectifs ambitieux sont nécessaires pour atteindre les objectifs (par exemple, les Objectifs de développement durable). Cependant, l'on ne peut pas s'attendre à ce que le secteur public d'un pays ou que chaque opérateur de cimenterie ou entreprise de traitement des déchets, où que ce soit dans le monde, puisse appliquer immédiatement toutes les normes proposées. Pour atteindre les normes proposées, il faut un programme ou un plan d'action par étapes et par pays (phasage), qui représente idéalement un consensus (reflétant la coopération renforcée) entre les secteurs public et privé. Les pays à revenu faible et intermédiaire auront besoin d'aide pour renforcer leurs capacités dans ce domaine avant de lancer des programmes de CMS. Pour réussir à long terme, le financement des projets de prétraitement et de co-processing doit être assuré, et peut être soutenu par des législations appropriées sur les déchets qui respectent la hiérarchie des déchets, rendant la mise en décharge ou le déversement à ciel ouvert peu attrayants. À mesure que les populations et les revenus augmentent à travers le monde, les problèmes de gestion des déchets, ainsi que la nécessité d'avoir plus de ciment et de béton pour le logement et les infrastructures, augmentent également. L'utilisation bien gérée des déchets comme combustibles et matières premières dans les fours à ciment peut contribuer à la prise en charge des déchets tout en réduisant l'impact environnemental de la production de ciment.

Groupes cibles et portée

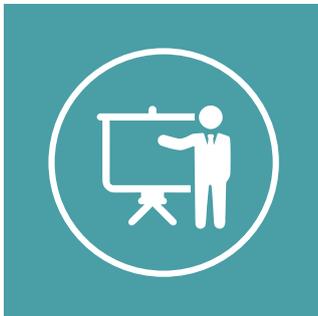
Le principal groupe cible des présentes Directives est constitué des décideurs du secteur des déchets et du ciment. Les décideurs au sein du gouvernement, des organisations non gouvernementales (ONG) et de la société civile constituent également une partie importante du public visé par les présentes Directives, qui peuvent les aider à comprendre les principes et les exigences minimales pour mettre en œuvre le prétraitement et le co-processing d'une manière sûre et écologiquement saine.

Les Directives visent à accroître la sensibilisation, à fournir un savoir-faire technique et à promouvoir un dialogue éclairé entre les parties prenantes. Elles peuvent servir de base au renforcement des capacités et à la prise en compte du prétraitement et du co-processing dans le cadre de la planification de la gestion intégrée des déchets.

La portée des Directives est limitée aux processus « initiaux » du prétraitement et du co-processing. Il ne s'agit donc pas de traiter de la réutilisation et du recyclage des granulats et du béton, ni de l'utilisation de déchets minéraux ou de sous-produits (p. ex. cendres volantes, gypse synthétique, laitier granulé de haut fourneau) dans le broyage du ciment. Alors que les CMS peuvent être utilisés dans d'autres applications industrielles, la présente directive ne concerne que l'utilisation dans la production de ciment. L'accent est mis sur les pays à revenu faible et intermédiaire où le concept de prétraitement et de co-processing dans la production de ciment n'est pas encore largement accepté ni appliqué.

Comment utiliser les présentes Directives

Les Directives sont divisées en trois parties pour aider le lecteur à s'y retrouver dans différents domaines.



PARTIE 1 : INTRODUCTION

Après le sommaire exécutif, les orientations commencent par présenter le statut du prétraitement et du co-processing à travers le monde, avant d'expliquer les défis posés par l'augmentation de la consommation des ressources et la mauvaise gestion des déchets. Le rôle que le prétraitement et le co-processing peuvent jouer pour aider à relever ces défis et à relever les défis climatiques et atteindre les ODD est expliqué par le biais de la perspective de l'économie circulaire, ainsi que la manière dont le prétraitement et le co-processing sont liés aux autres options de gestion des déchets à travers la hiérarchie des déchets. Ce rôle précise et met en contexte le principe fondamental.



PARTIE 2 : CARACTÉRISTIQUES GÉNÉ- RALES DU PRÉ-TRAITEMENT ET DU CO-PROCESSING

La deuxième Partie fournit au lecteur les aspects techniques du prétraitement et du co-processing, ainsi que la façon dont ceux-ci interagissent avec le système local de gestion des déchets et le soutiennent. Elle couvre les caractéristiques de base du prétraitement et du co-processing et du processus de production de ciment : quels sont les types de CMS existants ? Où peut-on s'approvisionner en ciment pour ensuite l'utiliser dans le processus de production ? Quelle est la pertinence climatique et quelle est sa place dans la chaîne de valeur locale ? L'organisation du prétraitement et du co-processing dans la planification de la gestion intégrée des déchets est abordée, ainsi que le rôle important que peuvent jouer les parties prenantes.



PARTIE 3 : EXIGENCES POUR UNE MISE EN ŒUVRE ÉCOLOGIQUEMENT RATIONNELLE

La troisième partie représente la partie la plus importante des Directives : elle énonce les exigences d'un prétraitement et d'un co-processing durables et écologiquement rationnels. Cette section couvre les cadres juridiques et institutionnels, le contrôle et la surveillance des émissions dans l'environnement, les procédures opérationnelles pour assurer le contrôle de la qualité, la santé et la sécurité, un financement solide, les communications et l'engagement avec le secteur informel. Les principes et les exigences correspondant à chaque matière sont énoncés au début de chaque section. Un chapitre de clôture détaille les prochaines étapes de la mise en œuvre : le renforcement des capacités et la manière d'appliquer des sections spécifiques des Directives.

Tout au long du document, des études de cas sélectionnées sont utilisées pour donner un bref aperçu de la situation dans différents pays, tandis que des encadrés mettent en évidence des informations clés. Tout aussi importantes, les annexes de la [partie 4](#), qui contiennent des exemples, des organigrammes et des valeurs de référence supplémentaires, sont données pour soutenir l'application des Directives.





PARTIE 1

INTRODUCTION

Poser les bases : La Première partie présente l'état du prétraitement et du co-processing dans le monde (1.1), avant d'expliquer les défis posés par l'augmentation de la consommation des ressources et la mauvaise gestion des déchets (1.2). Le rôle que le prétraitement et le co-processing peuvent jouer pour contribuer à relever ces défis atteindre les objectifs en matière de climat et de développement durable (ODD) est expliqué à travers la perspective de l'économie circulaire (1.3), ainsi que la façon dont le prétraitement et le co-processing se rapporte à d'autres options de gestion des déchets par le biais de la hiérarchie des déchets (1.4), conformément au principe fondamental.

1.1 Prétraitement et co-processing aujourd'hui

Il existe un important gisement d'expérience dans le co-processing des fractions de déchets dans les fours à ciment. Depuis le début des années 1980, des fractions de déchets urbains, de déchets industriels dangereux et non dangereux, de déchets commerciaux, de déchets et résidus agricoles, de déchets de construction et de démolition et de déchets d'extraction (miniers) ont été prétraités et transformés avec succès en *combustibles et matières premières de substitution* (CMS) dérivés de déchets et co-traités dans des fours à ciment en Europe, au Japon, aux États-Unis, au Canada et en Australie.

Le co-processing est devenu une solution de gestion des déchets bien établie et largement acceptée en Europe, certaines usines ayant réussi à remplacer jusqu'à 100% des combustibles fossiles conventionnels par des CS. En Allemagne, le taux moyen de substitution de l'énergie thermique dans la production de ciment a atteint 65% en 2017 (VDZ, 2017a). En même temps, la fraction inorganique des CS (cendres de combustible) et des MS est entièrement incorporée dans le ciment lors du co-processing, remplaçant ainsi les matières premières naturelles et recyclant ainsi la fraction minérale de ces déchets. Ces dernières années, environ 17% des matières premières utilisées dans la production de ciment en Allemagne consistaient en MS, pour un total d'environ 8,8 millions de tonnes par an (VDZ, 2017a).



Encadré 1 : Définition des déchets

La directive-cadre européenne relative aux déchets (2008/98/CE) définit les déchets à l'article 3 comme suit : « toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou qu'il a l'intention ou l'obligation de se défait » (CE, 2008). Les déchets peuvent être dangereux ou non dangereux, solides, liquides ou pâteux (boues). Tout déchet peut être défini en fonction de son origine (municipalité, industrie, agriculture, mines, etc.) ; une catégorisation appropriée doit donc toujours être établie au niveau national pour aider à créer une compréhension commune lors de la définition d'un cadre juridique.



En 2016, les entreprises membres de l'*Initiative Ciment pour le Développement Durable* (ICDD), représentant environ 20% de la production mondiale de ciment, ont co-traité 21 millions de tonnes de CS dans le monde (ICDD, 2016). Le [tableau 1](#) montre l'évolution des taux de substitution de l'énergie thermique par CS dans différentes régions du monde entre 1990 et 2016.

Tableau 1 :
Taux de substitution de l'énergie thermique par les combustibles de substitution (CS) co-traités dans l'industrie du ciment en 2016 avec une couverture de données limitée dans certaines régions (ICDD, 2016).

| Région | Énergie thermique substituée par CS | | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|------|-------|-------|
| | 1990 | 2000 | 2010 | 2016 |
| Monde | 2,0% | 5,2% | 12,1% | 16,7% |
| Europe | 2,7% | 9,3% | 30,4% | 44,2% |
| Amérique du nord | 3,9% | 7,3% | 12,7% | 15,8% |
| Amérique latine | 2,1% | 4,8% | 11,8% | 14,2% |
| Asie Océanie | 0,7% | 3,6% | 4,3% | 9,0% |
| Afrique Moyen-Orient | 0,0% | 0,0% | 2,1% | 6,3% |
| Pays de la CEI | 0,0% | 0,0% | 0,6% | 1,8% |

1 L'*Initiative pour la Durabilité du Ciment* (CSI) n'existe plus sous la même forme dans le cadre du Conseil Mondial des Entreprises pour le Développement Durable (WBCSD) et a été intégrée à l'Association Mondiale du Ciment et du Béton (GCCA) le 1er janvier 2019.

Dans la plupart des cas, les déchets ne peuvent être utilisés pour le co-processing qu'après un tri et une certaine forme de traitement. Cela a conduit à un développement dynamique des installations et des technologies de prétraitement, transformant les déchets par traitement manuel, mécanique, biologique ou physico-chimique en CMS pour le processus de fabrication du ciment et d'autres industries énergivores. Les installations de prétraitement sont exploitées par de grandes entreprises de gestion des déchets, de nombreuses petites et moyennes entreprises et par l'industrie du ciment elle-même.



Encadré 2 : Combustibles et matières premières de substitution (CMS)

MS se réfère à des déchets et sous-produits sélectionnés qui peuvent être co-traités dans la production de ciment (ICDD, 2014). Les combustibles de substitution (CS) ont une teneur énergétique récupérable (pouvoir calorifique), qui remplace les besoins énergétiques d'une partie des combustibles fossiles conventionnels. Les matières premières de substitution (MS) contiennent des minéraux utiles tels que le calcium, la silice, l'alumine, le fer et le soufre, et peuvent remplacer les matières premières naturelles dans la production de clinker ou les composants minéraux dans la production de ciment.

Photo :
Combustible dérivé des déchets.

En dépit de plus de 30 ans d'expériences positives en matière de prétraitement et de co-processing dans les pays à revenu élevé, l'acceptation et l'adoption des CMS dans l'industrie du ciment ont été lentes dans les économies en développement et émergentes en raison des connaissances limitées sur le potentiel du prétraitement et du co-processing dans la valorisation énergétique et le recyclage des minéraux, du manque de cadres législatifs et institutionnels ainsi que des incertitudes économiques et financières. La résistance à l'incinération des déchets et les préoccupations du public et de la société civile concernant les impacts potentiels sur l'environnement et la santé peuvent également jouer un rôle. Plus récemment, la concurrence relative aux matières dans les chaînes de valeur du secteur informel et formel des déchets a soulevé des préoccupations en matière de justice, d'équité et d'inclusivité, et ces questions représentent une nouvelle dimension dans les présentes Directives.

Sur la base de la première version des présentes Directives, l'ICDD a élaboré en 2014 des directives pour le co-processing de combustibles et de matières premières dans la fabrication du ciment (ICDD, 2014), mises à jour en 2018 (GCCA, 2018). En outre, depuis 2011, la Convention de Bâle reconnaît le co-processing comme une solution de gestion des déchets écologiquement rationnelle pour les déchets dangereux et autres déchets (PNUE, 2011). La reconnaissance est une première étape importante, mais le développement du prétraitement et du co-processing en tant qu'option de gestion des déchets sûre et durable sur le plan environnemental nécessite également des investissements dans la technologie, des connaissances réglementaires et des procédures rigoureuses d'autorisation et d'assurance qualité. La mise en place d'une solution efficace de gestion des déchets en Europe s'est faite progressivement sur une période de 15 à 20 ans et s'est appuyée sur une législation rigoureuse pour contrôler la qualité et les émissions. En outre, l'évolution du prétraitement et du co-processing est également étroitement liée à l'évolution du cadre juridique, institutionnel et financier de la gestion des déchets, comme la taxation ou l'interdiction de la mise en décharge.

En 2018, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et l'ICDD ont publié la deuxième édition de leur Feuille de route relative aux Technologies climatiques pour le secteur du ciment, dans laquelle le co-processing des CMS joue un rôle majeur pour atteindre les objectifs de réduction climatique d'ici 2050 (AIE/ICDD, 2018). Les gouvernements des pays émergents comme l'Inde, l'Égypte, le Brésil et l'Indonésie ont également mis en place des politiques et des feuilles de route encourageant les entreprises et les décideurs publics à stimuler des taux plus élevés de co-processing en tant que moyen d'atteindre leurs objectifs en matière de gestion des déchets, de climat et de durabilité (WBCSD/AIE, 2012), (Vanderborght, et coll., 2016), (SNIC, 2019). Dans d'autres pays à revenu faible ou intermédiaire, les gouvernements et les producteurs de ciment n'en sont qu'au stade de l'examen des premières mesures visant à inclure le prétraitement et le co-processing dans leurs politiques et feuilles de route. Des orientations améliorées et actualisées sur le prétraitement et le co-processing sont donc nécessaires et seront probablement d'une importance stratégique pour l'industrie du ciment dans ses objectifs visant à formuler une approche durable et socialement responsable pour améliorer la gestion des déchets dans les villes à croissance rapide des pays à revenu faible et intermédiaire.

1.2 Le défi des ressources et des déchets

La croissance démographique, la croissance économique, l'urbanisation rapide, la prospérité accrue et les modes de vie modernes vont de pair avec une consommation accrue des ressources. L'utilisation des ressources au niveau mondial a quadruplé au cours des 40 dernières années et ne montre aucun signe de ralentissement (PIR, 2017). Cet épuisement des ressources naturelles est préoccupant, car les limites des multiples frontières planétaires nécessaires au maintien de systèmes vitaux pour le climat, l'agriculture et la vie marine sont déjà dépassées (Rockström et coll., 2009).

Le secteur de la construction est responsable d'environ la moitié de l'utilisation des ressources (De Wit et coll., 2018). En tant que principal matériau de construction utilisé pour répondre aux besoins de construction et d'infrastructure de la vie moderne, le béton est la ressource la plus consommée au monde, après l'eau. L'ingrédient clé qui donne sa force au béton est le ciment, qui représente typiquement environ 10 à 15% de la masse de béton, liant les matières premières agrégées telles que le sable, la roche et le gravier.

La production annuelle de ciment, principalement tirée par la demande croissante dans les zones urbaines en expansion à faibles et moyens revenus a augmenté de façon spectaculaire au cours des 15 dernières années, avec des augmentations moyennes de 5% par an. La production mondiale de ciment est passée de 1,8 Gt en 2002 à 4,1 Gt en 2017 (USGS, 2013). Au cours de cette période, la production de ciment de la Chine a quadruplé, de sorte que la Chine représente aujourd'hui plus de la moitié de la production mondiale de ciment. La demande et la production mondiales devraient poursuivre leur croissance, la feuille de route technologique de l'AIE-ICDD prévoyant une augmentation supplémentaire de 12 à 23% d'ici 2050, tirée par la croissance dans les pays en développement (AIE/ICDD, 2018).

La production de ciment est un processus énergivore. La production de clinker (principal composant du ciment) nécessite que le calcaire et d'autres ingrédients soient chauffés à des températures de 1450°C, permettant la calcination et des réactions de clinkérisation. Les températures élevées nécessitent la combustion de quantités substantielles de combustibles, qui consistent traditionnellement en des combustibles fossiles conventionnels tels que le gaz naturel, le charbon ou le coke de pétrole. En conséquence, la production de ciment contribue à hauteur d'environ 7% des émissions anthropiques mondiales *de gaz à effet de serre* (GES), 60 à 70% provenant de la calcination des matières premières et des déchets et 30 à 40% de la combustion des combustibles. En tant qu'important utilisateur de ressources et générateur d'émissions de CO₂, l'industrie du ciment a un rôle clé à jouer dans les efforts visant à dissocier l'utilisation des ressources et les émissions de carbone de la croissance économique.

En même temps, la Banque mondiale estime que la production mondiale *de déchets solides municipaux* (DSM) dans les villes va augmenter de 2 001 Mt en 2016 à 3 400 Mt en 2050 (Kaza et coll., 2018), les hausses les plus importantes ayant été enregistrées dans les villes à croissance rapide des économies à revenu faible et intermédiaire. Dans ces pays, la gestion des déchets reste un défi majeur, car l'on estime qu'il s'agit là d'un problème majeur car près de deux milliards de personnes dans le monde n'ont pas accès à la collecte des déchets solides, et au moins 3 milliards de personnes dans le monde n'ont toujours pas accès à des installations contrôlées de traitement et d'élimination des déchets (PNUE, 2015).

Lorsqu'ils ne sont pas collectés, les déchets sont souvent déversés et brûlés ouvertement près de la source, ce qui provoque la prolifération de maladies infectieuses et de problèmes respiratoires. Les déchets s'écoulent souvent dans les cours d'eau, provoquant des blocages ou, en fin de compte, polluent l'environnement marin. Les efforts visant à augmenter les taux de collecte sont une condition préalable à l'augmentation de la quantité de déchets traités d'une manière sûre et respectueuse de l'environnement. Toutefois, dans de nombreux cas, les quantités de déchets collectées ne sont pas envoyées dans des installations de recyclage, de valorisation ou d'élimination contrôlée, mais plutôt dans des décharges non contrôlées.

Des pratiques inadéquates de gestion des déchets sont associées à la pollution de l'air, de l'eau et du sol, et à des impacts négatifs sur les écosystèmes, et la détérioration des conditions de vie et de la santé humaine. Les substances

Photos :
Décharge
d'Olusosun Lagos,
au Nigeria.

Chantier à Dubaï.



toxiques et les composés chimiques persistants s'échappent dans l'environnement, se répandent dans l'air et dans l'eau sur de vastes étendues et, enfin, entrent dans la chaîne alimentaire affectant la santé humaine et animale. Selon le *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (GIEC), le secteur des déchets représente environ 3% des émissions anthropiques mondiales de GES, dont environ 0,6 Gt de CO₂ eq proviennent de la mise en décharge, 0,75 Gt de CO₂ équivalent provenant du traitement des eaux usées, et le reste de l'incinération et du traitement des autres déchets (EPA, 2014).

Toutefois, l'estimation susmentionnée ne tient pas compte des principales sources d'émissions telles que le brûlage à ciel ouvert des déchets, qui émet du carbone noir (suie), des polluants climatiques à courte durée de vie et des composés toxiques stables. Des études estiment que le brûlage à ciel ouvert pourrait à lui seul être responsable de jusqu'à 5% des émissions anthropiques mondiales de GES (EPA, 2014). De plus, le potentiel de réduction de GES résultant des améliorations dans le secteur de la gestion des déchets est sous-estimé, car il est souvent attribué à des réductions dans d'autres secteurs. Par exemple, le biogaz issu de la digestion anaérobie des déchets alimentaires est considéré comme production d'énergie renouvelable, tandis que le co-processing des fractions de déchets biogéniques est considéré comme une réduction de CO₂ dans la production de ciment. Les Perspectives mondiales de gestion des déchets utilisent une approche fondée sur le cycle de vie pour arriver à une estimation selon laquelle 10 à 15% des émissions anthropiques mondiales des émissions de GES pourraient être évitées en améliorant les pratiques de gestion des déchets (PNUE/ISWA, 2015).

Pour remédier aux mauvaises pratiques de gestion des déchets et les modifier, il faut des parties prenantes issues de différents secteurs et, dans ce contexte, le prétraitement et le co-processing peuvent jouer un rôle important. Lorsqu'elle est appliquée conformément aux exigences énoncées dans les présentes Directives, la stratégie combinée de prétraitement des fractions non recyclables de déchets résiduels en CMS et de co-processing ultérieur dans les cimenteries fournit une solution de gestion des déchets sûre, écologiquement rationnelle et rentable pour un large éventail de déchets. Les substances les plus nocives sont détruites par les températures de fonctionnement élevées, ce qui crée une situation gagnant-gagnant pour l'environnement : moins de déchets mis en décharge, moins de combustibles fossiles, moins d'émissions de CO₂ dans la production de ciment, et réduction des fractions non recyclables des plastiques qui pourraient autrement pénétrer dans le milieu marin. La fraction minérale des déchets est incorporée dans le clinker de ciment, ce qui signifie qu'il n'y a pas de cendres résiduelles ou de fractions d'effluents, contrairement aux autres technologies de valorisation énergétique des déchets telles que l'incinération en masse, la gazéification ou la pyrolyse. Un autre avantage du co-processing est que des cimenteries en activité sont déjà présentes dans pratiquement tous les pays : le co-processing est donc une stratégie visant à moderniser un système de gestion des déchets sans investissements importants dans de nouvelles infrastructures pour l'élimination des déchets.

1.3 Objectifs du Programme international pour le développement durable

L'Humanité a un besoin urgent de modèles circulaires d'utilisation des ressources où les ressources extraites circulent dans de nombreux cycles de vie et sont renouvelées en tant qu'intrants industriels, plutôt que de devenir des déchets à la fin de leur première vie utile en tant que produit ou emballage. Il y a un consensus croissant sur le fait que l'augmentation drastique de l'utilisation des ressources mondiales est le symptôme d'un modèle économique industriel linéaire qui maximise l'extraction, la production, la vente, la consommation et l'élimination. Il en résulte une croissance mondiale rapide de la production de déchets.

En septembre 2015, la communauté internationale a ratifié l'Agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable. L'Agenda 2030 comprend 17 *objectifs de développement durable* (ODD) pour guider la politique mondiale et le financement pour les 15 prochaines années. Les ODD visent à assurer des conditions de vie décentes à une population mondiale croissante sans dépasser des limites environnementales cruciales.



Schéma 1 :
Les ODD liés à l'efficacité des ressources et à la gestion des déchets.

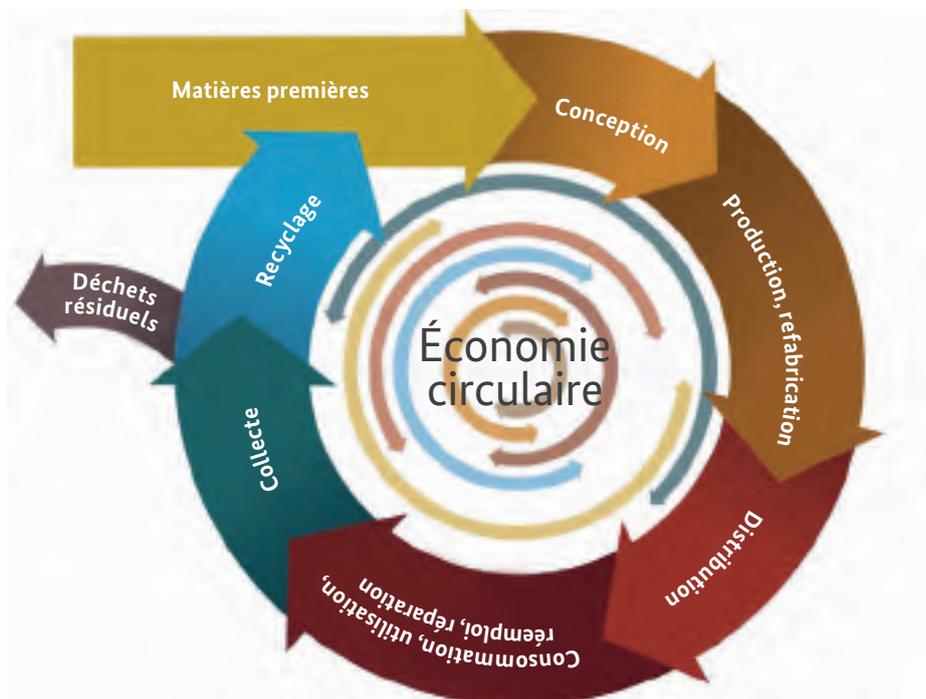
Parmi les 17 ODD, ODD 9 (Industrialisation inclusive et durable), ODD 11 (Villes et communautés durables), ODD 12 (Consommation et production durables) et ODD 13 (Action pour le climat) sont pertinents pour la prise de décision concernant le prétraitement et le co-processing, car ils contiennent des objectifs d'amélioration de l'efficacité des ressources et de la gestion des déchets, et de réduction des rejets de produits chimiques et de polluants dans l'air, l'eau et le sol. Les avantages potentiels résultant de la réalisation des objectifs de durabilité sont énormes : le *Panel international des ressources* (PIR) estime qu'un passage à l'utilisation efficace des ressources pourrait réduire de 28% l'utilisation des ressources naturelles et jusqu'à 72% les émissions mondiales (PIR, 2017).

La réalisation des ODD est étroitement liée à la réduction de la pauvreté, à la création de moyens d'existence décents et à la réduction de l'impact du changement climatique – l'un des plus grands défis auxquels l'Humanité sera confrontée dans les années à venir. A cet égard, la communauté internationale a également approuvé l'accord de Paris sur le climat en décembre 2015 et s'est engagée à limiter le réchauffement climatique au cours de ce siècle jusqu'à un maximum de 2 degrés Celsius au-dessus des niveaux préindustriels. Atteindre les objectifs climatiques et les ODD exige un changement par rapport au statu quo en matière de production industrielle ainsi que différents modes de coopération internationale.

La réalisation de l'ODD 11 sur les villes durables, qui met l'accent sur l'amélioration de la gestion des déchets jusqu'en 2030, ainsi que l'ODD 13 sur l'action en faveur du climat est une tâche difficile pour le secteur des déchets et l'industrie du ciment. Pour relever ce défi, l'EIE-ICDD a élaboré une feuille de route technologique pour atteindre l'objectif de 2 degrés Celsius d'ici 2050, ce qui nécessiterait des réductions des émissions des émissions directes annuelles de 24% provenant de la production de ciment par rapport aux niveaux actuels. Les économies cumulatives de CO₂ à l'horizon 2050 devraient provenir de mesures d'efficacité énergétique (3%), de la substitution des combustibles fossiles par des combustibles de substitution (12%), l'objet de la présente directive), de la réduction du taux de clinker dans le ciment (37%), et du captage futur du carbone et de technologies innovantes (48%) (EIE/ICDD, 2018). Pour de plus amples renseignements sur la façon dont la substitution des combustibles fossiles par CS influence le bilan de CO₂ de la production de ciment, [voir la Section 2.4](#).

L'ODD 12 est basé sur le concept d'économie circulaire : un nouveau modèle pour une économie plus verte, qui vise à découpler la croissance économique et le bien-être de l'homme de la consommation toujours croissante des ressources naturelles et des impacts environnementaux qui y sont associés. L'économie circulaire représente un changement systémique qui s'éloigne du modèle « extraire, fabriquer, jeter » au profit d'une économie où les produits, les composants et les matériaux sont mis en circulation le plus longtemps possible et à tout moment au plus haut niveau d'utilité.

Schéma 2 :
Concept de
l'économie circulaire
(Commission
européenne, 2014).



L'économie circulaire soutient la prévention, la réduction et la réutilisation des déchets (y compris la réparation) comme première priorité, suivie du recyclage, de la valorisation énergétique et, en dernier recours, de l'élimination. L'économie circulaire vise à récupérer les matériaux clés nécessaires à la société, tout en favorisant la croissance économique et l'innovation. La transition vers une économie circulaire nécessite des efforts importants, car actuellement, seuls 9,1% des matériaux dans le monde sont recyclés dans l'économie mondiale (De Wit et coll., 2018). Dans le domaine de la gestion des déchets, la priorité est d'abord d'améliorer les taux de collecte de tous les déchets et de suivre la hiérarchie des déchets (*voir le chapitre suivant* pour plus de détails). Le prétraitement et le co-processing – classés comme recyclage des minéraux et récupération d'énergie – représentent une solution moins prioritaire que la réutilisation ou le recyclage des matériaux en termes de hiérarchie de la gestion des déchets, et cela se reflète également dans les Principes directeurs énoncés dans le sommaire exécutif. Les présentes Directives considèrent que malgré sa place dans la hiérarchie, le co-processing peut apporter une contribution importante et structurelle à l'amélioration de la gestion des déchets dans les pays à revenu faible et intermédiaire, en répondant partiellement au besoin urgent d'élimination contrôlée et de valorisation énergétique et en réduisant l'incidence du brûlage en plein air, des déchets marins et de l'élimination dans des décharges non contrôlées. Plus précisément, le prétraitement et le co-processing peuvent apporter d'importantes contributions à la réduction des émissions de CO₂ et à la transition vers l'économie circulaire :

- une élimination fiable des substances nocives et de leurs résidus grâce à des températures de traitement élevées contrôlées, suivant un consensus sur le fait qu'il vaut mieux les détruire que de les laisser passer par un système de production d'économie circulaire ;
- la meilleure utilisation possible des déchets résiduels qui ont atteint leur état de fin de vie et qui ne peuvent plus être recyclés ;
- la conservation des ressources primaires (matières premières et combustibles) en les remplaçant par des ressources secondaires ;
- la valorisation énergétique des déchets pour lesquels il n'existe pas encore d'installations de recyclage ou pour lesquels les technologies de recyclage ne sont pas financièrement réalisables.



Encadré 3 : Déchets marins – une nouvelle menace pour les écosystèmes aquatiques

Les déchets marins sont un autre enjeu mondial émergent reconnu internationalement dans l'objectif de développement durable 14.1 « Prévenir et réduire nettement la pollution marine de tous types, en particulier celle résultant des activités terrestres ».

Les plastiques et les micro-plastiques sont devenus omniprésents dans le monde entier dans les océans et les milieux d'eau douce, ce qui soulève des inquiétudes quant à leurs impacts sur la santé et la biodiversité. Environ 60 à 90% des déchets marins sont constitués de matières plastiques (PNUE, 2016), la grande majorité provenant de sources terrestres, qui pénètrent dans le milieu marin à partir des établissements humains en raison de lacunes dans les systèmes municipaux de collecte et de traitement des déchets. L'on estime qu'à l'échelle mondiale, environ 4,8 à 12,7 Mt de déchets plastiques ne pénètrent dans la mer qu'à partir de sources terrestres et de populations vivant à moins de 50 km de la côte (Jambeck, et coll., 2015), tandis que les

rivières peuvent contribuer de 1,2 à 2,4 Mt supplémentaires par an (CIWM, 2016). Trente-huit des cinquante plus grandes décharges non contrôlées du monde se trouvent dans des zones côtières, dont beaucoup déversent leurs déchets directement dans la mer (ISWA, 2016) et de nombreuses initiatives ont été lancées pour sensibiliser l'opinion et susciter des engagements dans la lutte contre les déchets marins. Des actions locales telles que l'extension de la collecte des déchets solides municipaux à tous dans les pays en développement, l'amélioration des taux de recyclage et l'élimination des déchets non contrôlés, pourraient réduire de moitié les quantités de plastiques entrant dans les océans (CIWM, 2018). En tant qu'options à coût modéré, le prétraitement et le co-processing des déchets plastiques non recyclables peuvent contribuer à améliorer les systèmes de gestion des déchets et à réduire l'élimination incontrôlée. Cela peut potentiellement contribuer à réduire ou éliminer les émissions terrestres qui finissent par devenir des déchets marins.



Photo :
Déchets marins sur la plage.

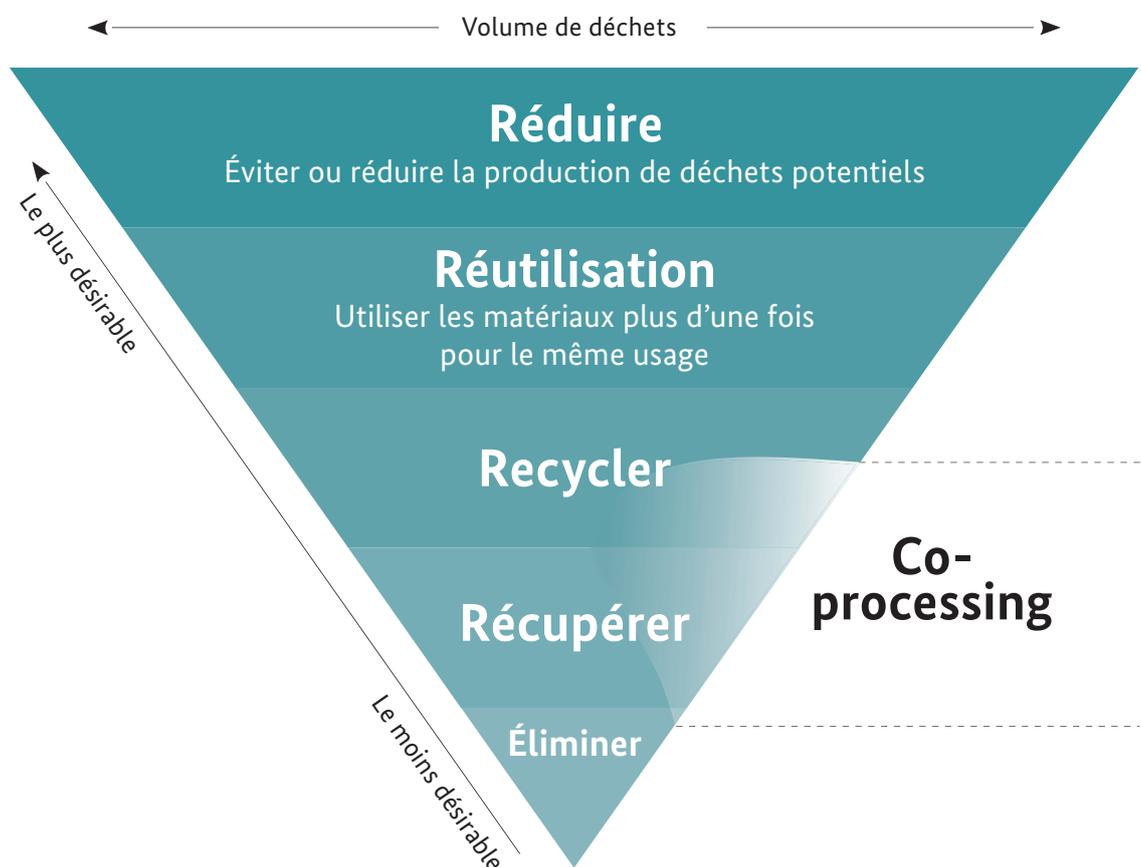
1.4 Hiérarchie des déchets

La hiérarchie des déchets est un cadre mondial largement accepté par les décideurs politiques pour la conception de systèmes de gestion des déchets, en tenant compte de la gestion des ressources et des considérations environnementales et financières.

Dans le contexte des présentes Directives, la hiérarchie des déchets sert à illustrer la pertinence du prétraitement et du co-processing par rapport aux autres options de gestion des déchets. La hiérarchie des déchets est définie en grande partie comme suit, conformément à la Directive-cadre européenne sur les déchets (CE, 2008) :

- *La prévention* ou la réduction des déchets est la solution la plus souhaitable, ce qui signifie que des mesures sont prises au stade de la conception, de la production ou de l'utilisation avant qu'une substance, un matériau ou un produit ne devienne un déchet.
- *Par réutilisation*, l'on entend toute opération par laquelle des produits ou des composants sont réutilisés aux mêmes fins que celles pour lesquelles ils ont été initialement conçus.
- *Par recyclage*, l'on entend toute opération par laquelle des déchets sont retraités en produits, matériaux ou substances, que ce soit à des fins originales (boucle fermée) ou autres (boucle ouverte). Le prétraitement peut améliorer la collecte et le tri des matériaux à recycler, tandis que le co-processing recycle la teneur en minéraux (Ca, Al, Fe, Si) des déchets en vue de la production de ciment.
- *L'on entend* par valorisation toute opération dont l'objectif principal est d'utiliser les déchets comme une ressource utile en substituant d'autres matières, y compris les combustibles. Le co-processing permet de récupérer le contenu organique des déchets dans le four à ciment sous forme d'énergie thermique, en remplacement des combustibles conventionnels.
- *L'élimination* est la solution la moins souhaitable. L'élimination contrôlée (décharge sanitaire, incinération sans récupération d'énergie ou avec récupération d'énergie limitée) ne devrait être utilisée que pour les déchets qui ne peuvent être gérés par aucune des options de gestion des déchets ci-dessus. L'élimination incontrôlée (déversement, brûlage à ciel ouvert) constitue une menace majeure pour l'environnement et la santé humaine et devra être évitée. Pour certains déchets dangereux (pesticides, PCB, etc.), pour lesquels le recyclage et la valorisation ne sont pas possibles, le co-processing est également une option d'élimination écologiquement et financièrement viable.

Schéma 3 :
Hiérarchie de la gestion des déchets. Le co-processing fait double emploi avec les niveaux de recyclage, de valorisation (énergétique) et d'élimination des déchets sélectionnés.



En appliquant la hiérarchie des déchets, il devient évident que les matériaux qui peuvent être recyclés en circuit fermé (métaux, papier, verre, certains types de plastique) ne doivent pas être acceptés pour le prétraitement et le co-processing. En ce sens, le prétraitement et le co-processing sont complémentaires et ne sont pas en concurrence avec le recyclage en circuit fermé.

La définition du « recyclage en circuit fermé » n'est pas la même dans tous les systèmes politiques, mais en général, cela signifie que les matériaux à recycler aboutissent finalement dans un processus de production et un système de fabrication qui fabrique des matériaux ou des produits similaires à ceux qui ont été initialement produits, utilisés et éliminés. En général, les matériaux adaptés aux procédés de recyclage en circuit fermé sont :

- triés en vue de leur recyclage parce qu'ils sont soit désignés par des lois, des politiques publiques ou des objectifs, soit activement recherchés, achetés et traités par des utilisateurs commerciaux potentiels en fonction de leur qualité et de leur valeur intrinsèque
- commercialisables dans la chaîne de valeur de la région
- capturés avant d'être mélangés avec des déchets organiques et d'autres déchets non recyclables ou, dans certains cas, extraits à la main par des recycleurs du secteur informel à partir de flux de déchets mélangés
- collectés séparément ou transformés en ressources secondaires
- échangés avec l'industrie en échange d'intrants industriels, ou parce qu'ils seront échangés à nouveau.
- utilisés comme intrants dans l'industrie manufacturière.

La question de savoir si le recyclage est une option réelle dans un lieu précis et à un moment précis est très sensible au contexte.



Encadré 4 : Relation dynamique entre recyclage et co-processing

La recyclabilité n'est pas seulement un critère technique, c'est aussi un critère industriel et économique. Il existe de nombreuses situations où le recyclage en circuit fermé n'est pas attrayant, et même certains cas où les chaînes de valeur locales sont trop faibles pour absorber toutes les matières recyclables. Parfois, c'est parce que les niveaux inférieurs de la chaîne de valeur sont absents ou trop éloignés, que les entités publiques manquent de connaissances en matière de marketing ou d'infrastructure pour assurer une séparation et une manipulation correctes des matériaux ou en raison des fluctuations du marché et des prix dans la chaîne de valeur du recyclage. D'autres obstacles techniques au recyclage des déchets solides municipaux sont les petits formats (par exemple les sachets), les emballages multimatériaux, la contamination par des matières organiques (par exemple les aliments dans les emballages à emporter), les additifs et les plastiques noirs qui ne sont généralement pas détectés par les capteurs des usines de recyclage.

Dans ces situations, l'inclusion des matières dans les combustibles et les matières premières de substitution

– de manière dynamique – pourrait être préférable à l'élimination ou au stockage à long terme. Il est donc très utile que les autorités responsables des déchets, les exploitants d'installations de prétraitement et les cimenteries engagées dans le co-processing disposent d'un processus de consultation qui leur permette de prendre conjointement des décisions et de diriger les matières qui ne sont pas facilement stockables et qui ne peuvent pas être actuellement réutilisées ou recyclées au prétraitement et co-processing. Il s'agit d'un exemple de prise de décision dynamique en temps réel, qui augmente considérablement la valeur du prétraitement et du co-processing pour l'ensemble du système de gestion des déchets. Il est également conforme au principe du développement d'avantages partagés pour toutes les parties prenantes de la chaîne de valeur locale. Pour cette raison, il est important de concevoir ou d'adapter les lignes et les installations de prétraitement afin qu'elles puissent traiter différemment les matières recyclables à différents moments. Cela garantit que le recyclage et le co-processing peuvent maintenir une relation dynamique et ne doivent pas nécessairement se concurrencer.

Il y a beaucoup de dynamisme dans les environnements nationaux favorables qui influent sur les systèmes de gestion des déchets et dans le paysage institutionnel et économique mondialisé du recyclage. La poursuite de l'optimisation du recyclage en circuit fermé et les nouvelles exigences légales envisagées, fondées sur le concept de l'économie circulaire, entraîneront le réacheminement d'un plus grand nombre de matériaux vers le recyclage avec le temps. Toutefois, en raison de l'amélioration des taux de collecte et de l'interdiction totale du déversement incontrôlé de déchets et du brûlage à ciel ouvert, on peut s'attendre à ce que les quantités absolues de déchets disponibles pour le co-processing augmentent réellement. Le prétraitement est de plus en plus nécessaire dans les systèmes modernes de gestion des déchets, ce qui accroît le potentiel à long terme du co-processing flexible sur de nombreux marchés. Le prétraitement et le co-processing resteront donc une technologie techniquement réalisable, économiquement viable et respectueuse de l'environnement dans les années à venir.



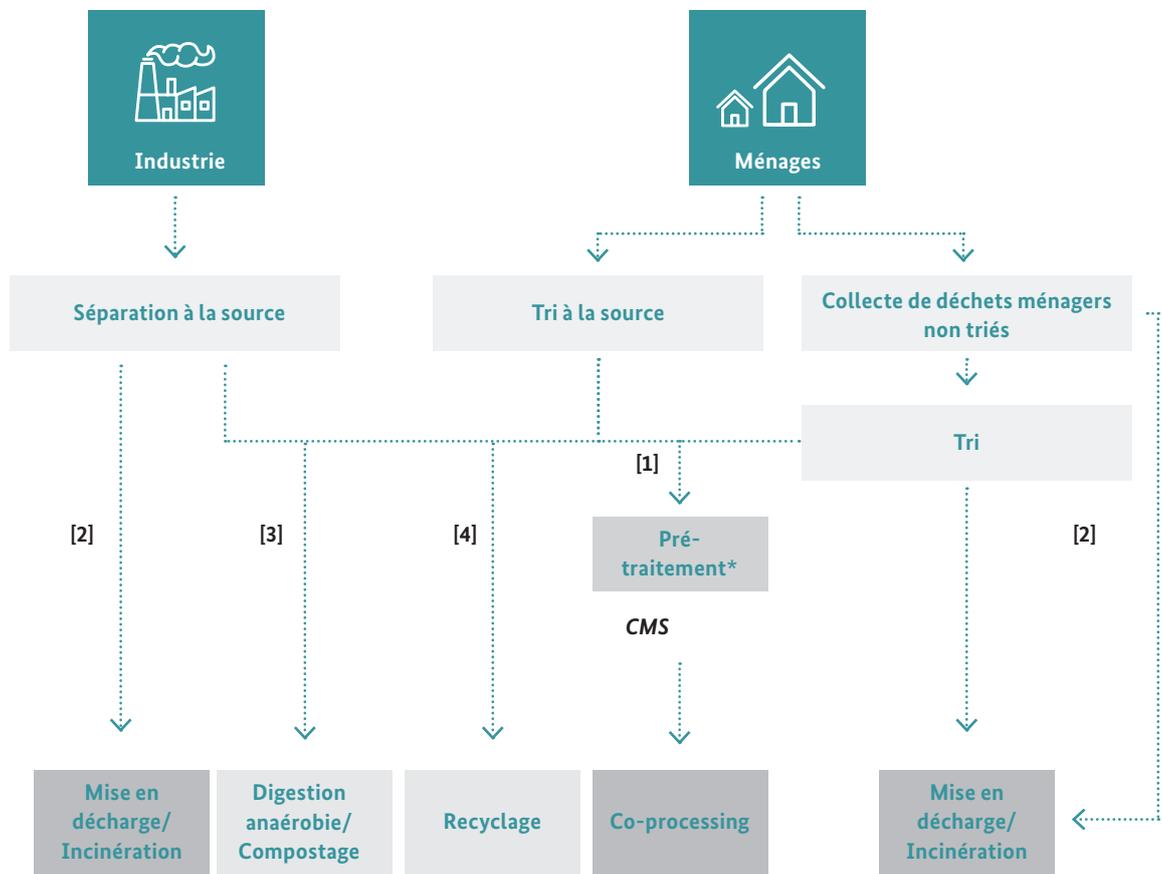
PARTEI 2

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU PRÉTRAITEMENT ET DU CO-PROCESSING

Approfondir vos connaissances : La deuxième partie examine les caractéristiques techniques du prétraitement et du co-processing, et leur position dans la chaîne de valeur locale. Le chapitre commence par examiner les différents types de déchets et leur aptitude au co-processing (2.1), puis les différentes techniques de prétraitement (2.2). Ensuite, aperçu du co-processing dans le processus de production de ciment est détaillée tout en expliquant en quoi il est particulièrement adapté (2.3) au traitement des CMS, ainsi que la manière dont il affecte les émissions atmosphériques (2.4). Enfin, des considérations sont données sur la façon dont le prétraitement et le co-processing peuvent être intégrés dans la planification de la gestion des déchets (2.5) et leur organisation dans le système de management des déchets existant (2.6)

2.1 Déchets adaptés au prétraitement et au co-processing

Schéma 4 :
Intégration du prétraitement et du co-processing dans la gestion des déchets industriels et ménagers.



* Certains déchets industriels, comme les huiles usagées et les solvants, ne nécessitent pas de prétraitement.

Légende :

- [1] Déchets non recyclables
- [2] Non recyclable et non applicable au co-processing
- [3] Biomasse
- [4] Déchets recyclables

Conditions :

- [1] – Pouvoir calorifique élevé
- Substitutions de matières premières
- Traitement thermique sécurisé des déchets dangereux

Dans la plupart des pays développés, les fractions de déchets qui sont adaptés au recyclage, comme le carton, le plastique rigide, le verre ou le métal, sont séparées à la source ou dans des stations de tri après leur. Dans les pays émergents et en voie de développement, la séparation des matières recyclables est souvent effectuée par le secteur informel pendant la collecte, dans les stations de transfert, ou dans la décharge elle-même.

Seuls quelques rares types de déchets (par exemple, des pneus entiers) peuvent être acheminés directement vers la cimenterie pour co-processing sans traitement supplémentaire. Tous les autres déchets adaptés au co-processing sont d'abord transférés vers des installations de prétraitement dédiées à la production de CMS. La sélection des déchets et des CMS appropriés pour le prétraitement et le co-processing doit suivre une procédure complète de qualification et d'acceptation fondée sur les risques afin de garantir un prétraitement et un co-processing sûrs et écologiquement rationnels.

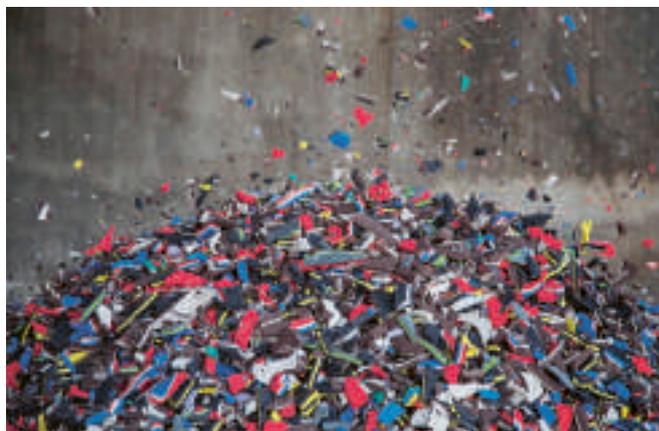
Le concept de base du prétraitement et du co-processing dans le cadre d'un système intégré de gestion des déchets est illustré au schéma 5.



Schéma 5 :
Intégration du prétraitement et du co-processing dans un concept de gestion des déchets ménagers.

En fonction des propriétés physiques et des caractéristiques chimiques des déchets, des procédés mécaniques, biologiques ou physico-chimiques sont appliqués pour transformer les déchets en une ressource selon les exigences et les critères d'acceptation de la cimenterie.

Enfin, lors du co-processing à la cimenterie, la fraction minérale (Ca, Al, Fe, Si) des déchets est entièrement recyclée en tant que matière première sans générer de résidus ultimes, remplaçant les minéraux des ressources naturelles, tandis que la fraction organique des déchets est valorisée en énergie thermique, en substitution des combustibles traditionnels.



Photos :
Crible mécanique dans une plateforme de prétraitement.

Déchets de caoutchouc après déchiquetage.

2.1.1 Classification des déchets et des CMS

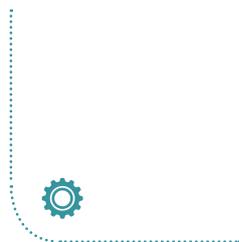
Une grande variété de déchets résiduels a été prétraitée avec succès en CMS pour le co-processing dans des fours à ciment. Les principaux flux cibles comprennent les fractions des déchets ménagers, les déchets industriels dangereux et non dangereux, les déchets commerciaux, ainsi que les résidus agricoles et les déchets de construction et de démolition. Le schéma 6 présente les principaux types de déchets susceptibles d'être traités en co-processing, identifie leurs sources et fournit une estimation approximative de leur production mondiale et de leur disponibilité.

Schéma 6 :
Types de déchets appropriés pour le prétraitement et le co-processing.

|  Déchets ménagers |  Déchets industriels dangereux |  Déchets industriels non dangereux |  Biomasse |  Matières premières de substitution |
|--|---|---|---|---|
| Type de déchets <ul style="list-style-type: none"> • Déchets urbains triés • Déchets urbains séchés | <ul style="list-style-type: none"> • Pétrole et gaz • Chimie • Pharmaceutique • Automobile • Liquide | <ul style="list-style-type: none"> • Déchets commerciaux • Produits/Biens de grande consommation • Emballage • Pneus • Destruction fiscale | <ul style="list-style-type: none"> • Coques (riz, soja, etc.) • Bois • Semences • Bagasse | <ul style="list-style-type: none"> • Fer, aluminium • Silice, argile, gypse • Cendres volantes, scories • Déchets de démolition de construction |
| Clients typiques <ul style="list-style-type: none"> • Municipalités • Sociétés de gestion des déchets | <ul style="list-style-type: none"> • Entreprises locales et multinationales | <ul style="list-style-type: none"> • Entreprises locales et multinationales | <ul style="list-style-type: none"> • Agriculteurs, plantations, minotier • Courtiers, négociants | <ul style="list-style-type: none"> • Entreprises locales et multinationales |
| Production de déchets <ul style="list-style-type: none"> • 1 300 Millions de Tonnes | <ul style="list-style-type: none"> • 200–400 Millions de Tonnes | <ul style="list-style-type: none"> • 1 200 Millions de Tonnes | <ul style="list-style-type: none"> • 140 000 Millions de Tonnes | <ul style="list-style-type: none"> • 800–1 000 Millions de Tonnes |

Afin d'assurer un prétraitement et un co-processing sûrs et respectueux de l'environnement, il est nécessaire de spécifier les critères de sélection et de restreindre l'utilisation de certains déchets. La classification et l'acceptation des déchets pour les installations de prétraitement devront en général répondre aux critères suivants :

PRÉTRAITEMENT



- ✓ Éviter les déchets qui ne sont pas adaptés au prétraitement et au co-processing
- ✓ Assurer le traitement le plus favorable selon la hiérarchie des déchets en collaboration avec la chaîne de valeur locale
- ✓ Respecter toutes les exigences légales, environnementales, opérationnelles et de santé et sécurité (H&S) de l'installation de prétraitement
- ✓ Optimiser les coûts financiers et économiques de la gestion des déchets
- ✓ S'assurer que les critères d'acceptation des CMS de la cimenterie peuvent être respectés
- ✓ Concevoir l'installation de prétraitement de manière à permettre des choix flexibles concernant les matériaux à sélectionner et de manière à répondre aux conditions du marché et à d'autres exigences.

De même, la sélection et l'acceptation des CMS pour le co-processing en cimenterie peuvent être caractérisées comme suit (*voir également 3.3.4 Contrôle et assurance de la qualité*) :

CO-PROCESSING



- ✓ Respecter toutes les exigences légales, environnementales, opérationnelles et de santé et sécurité de la cimenterie
- ✓ Maintenir ou améliorer toutes les normes de qualité des produits pour le clinker, le ciment et le béton
- ✓ Maintenir la rentabilité par rapport aux coûts de production de ciment.

Le processus de sélection des déchets décrit ci-dessus devra être fondé sur un plan global de gestion de l'environnement et de la qualité pour chaque site de prétraitement et de co-processing, y compris :

- Acceptation préalable des déchets et des CMS (Process générateur)
- Acceptation des déchets et des CMS
- Contrôle de la qualité des CMS et de la qualité des produits
- Surveillance et reporting des émissions.

L'annexe 14 illustre les schémas de contrôle de la qualité des déchets et des CMS pour une plateforme de prétraitement et une pour une cimenterie. *Le tableau* ci-dessous résume les déchets les plus communs et les propriétés des CMS ainsi que leurs impacts potentiels sur l'environnement, l'exploitation, la santé et la sécurité au travail et les exigences de qualité des produits.

| Propriétés | Environnement | Santé et sécurité | Procédés de fabrication | Qualité du produit |
|---------------------|---------------|-------------------|-------------------------|--------------------|
| Pouvoir calorifique | | | X | |
| Humidité | | | X | |
| Cendres | | | | X |
| Chlore, soufre | | | X | X |
| Métaux lourds | X | X | | X |
| Matières organiques | X | X | | |
| Minéraux | | | X | X |
| Granulométrie | | | X | |
| Point éclair | | X | | |

Tableau 2 :
Aperçu des impacts potentiels des déchets les plus communs et les propriétés des CMS.

Les données sur la qualité et les émissions des déchets et des CMS constituent non seulement la base pour assurer la conformité vis-à-vis des autorités, mais aussi pour les discussions avec les parties prenantes externes afin de répondre aux préoccupations locales selon lesquelles les installations de prétraitement ou les cimenteries pourraient être utilisées à mauvais escient pour une élimination incontrôlée des déchets.

Dans certains pays, les autorités ont défini certains critères d'acceptation pour les déchets ou les CMS sous forme de valeurs limites de polluants (*voir annexe 6*). Il n'existe pas de valeurs limites universellement reconnues, car différents critères sont appliqués en fonction de la situation locale du pays.

Aspects à prendre en considération pour les critères de sélection des CMS

- ✔ Politiques environnementales nationales
- ✔ Efforts d'harmonisation des lois et normes environnementales suprarégionales
- ✔ Niveaux de polluants dans les combustibles et les matières premières traditionnels
- ✔ Filières alternatives disponibles pour le traitement des déchets
- ✔ Niveau de toxicité des polluants dans les déchets
- ✔ Exigences relatives à la qualité du ciment
- ✔ Contrôle de la qualité des CMS et de la qualité des produits
- ✔ Surveillance et reporting des émissions.

Ces valeurs limites devront être définies, préparées et régulièrement réexaminées par les autorités nationales ou locales en coopération avec les professionnels de la gestion des déchets et les associations de cimentiers. L'objectif est de définir des valeurs limites adaptées aux circonstances et aux exigences locales.

Photo :
Contrôle de la
qualité des CMS.



2.1.2 Déchets généralement non acceptés

En raison de leur composition chimique, des propriétés des matériaux ou des dangers potentiels, certains déchets peuvent ne pas convenir au prétraitement ou au co-processing et ne devraient pas être utilisés car cela pourrait compromettre la sécurité de fonctionnement d'une installation de prétraitement ou d'une cimenterie et pourrait avoir des impacts environnementaux importants. La liste suivante de déchets ne peut être acceptée pour le prétraitement et le co-processing (*voir les explications à ce sujet à l'annexe 7*) :

- ⊗ Déchets radioactifs
- ⊗ Déchets contenant de l'amiante
- ⊗ Explosifs et munitions
- ⊗ Composés thermiquement instables, auto réactifs
- ⊗ Déchets anatomiques, infectieux et d'activité de soins
- ⊗ Déchets d'équipements électriques et électroniques
- ⊗ Batteries entières.

Les installations de prétraitement et les cimenteries peuvent également exclure d'autres matières en fonction du procédé et de l'équipement de traitement disponibles, des caractéristiques chimiques des matières premières et des combustibles locaux, du type de procédé de production de ciment, de la disponibilité d'équipement de laboratoire, de l'équipement disponible pour la manutention et l'alimentation des CMS et des problèmes spécifiques de santé, sécurité et environnement du site.

2.2 Prétraitement – du Déchet à la Ressource

La plupart des flux de déchets sont trop hétérogènes dans leur composition chimique et leurs propriétés physiques pour être traités directement à la cimenterie. Ils doivent subir un traitement initial, appelé prétraitement, pour les transformer en un CMS homogène, conforme aux exigences environnementales et opérationnelles de la cimenterie.

Les installations de prétraitement impliquent différentes opérations de transformation telles que la séparation/tri, mélange/homogénéisation, réduction granulométrique (déchetage ou broyage) et le séchage. Différents processus de production de combustibles dérivés de déchets sont décrits en détail dans le document de référence sur les meilleures techniques de l'UE (BREF) pour les industries de traitement des déchets (BREF, 2017).

Les déchets solides sont généralement prétraités par traitement mécanique ou mécano-biologique pour produire des CS solides (par ex. combustible solide de récupération (CSR),). Si les déchets contiennent peu ou pas de matières biodégradables, l'installation de prétraitement n'améliore l'alimentation que par un traitement mécanique, principalement par réduction granulométrique et élimination des matières inertes incombustibles (pierres, verre, métaux, etc.). Le *schéma 7* ci-dessous illustre un procédé de traitement mécanique avec broyeur primaire, séparateur gravimétrique (windshifter) et broyeur secondaire.

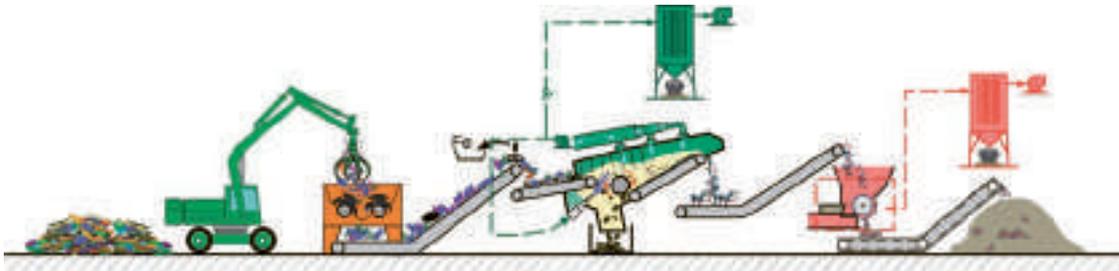


Schéma 7 :
Traitement mécanique (broyage en deux étapes) pour la production de combustibles solides de substitution (Geocycle)

Dans les cas où les déchets solides contiennent également des quantités importantes de matières biodégradables, un *traitement mécano-biologique combiné* (TMB) peut être utilisé. Le traitement biologique consiste en une dégradation aérobie exothermique partielle de la fraction des déchets organiques. Les processus biologiques utilisés pour la production de CS solide sont généralement basés sur une aération forcée et conduisent à une réduction de l'humidité (bio-séchage) ainsi qu'à une réduction des odeurs par stabilisation biologique (Velis et coll., 2009). Dans certains cas, le CMS solide est également séché thermiquement pour augmenter encore son pouvoir calorifique. Les procédés de séchage thermique utilisent de préférence la chaleur résiduelle du four à ciment ou l'énergie solaire comme source de chaleur.

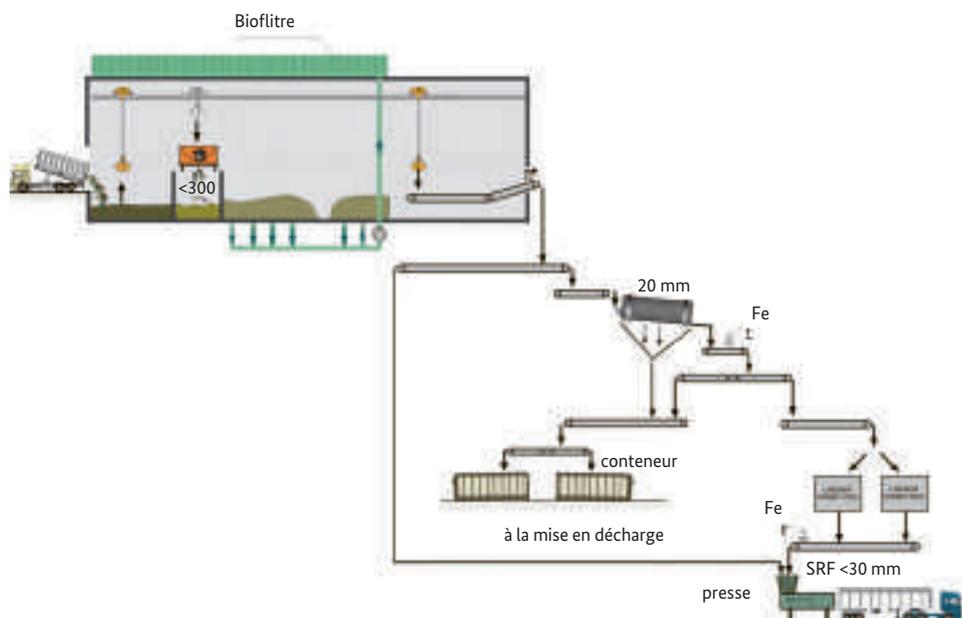
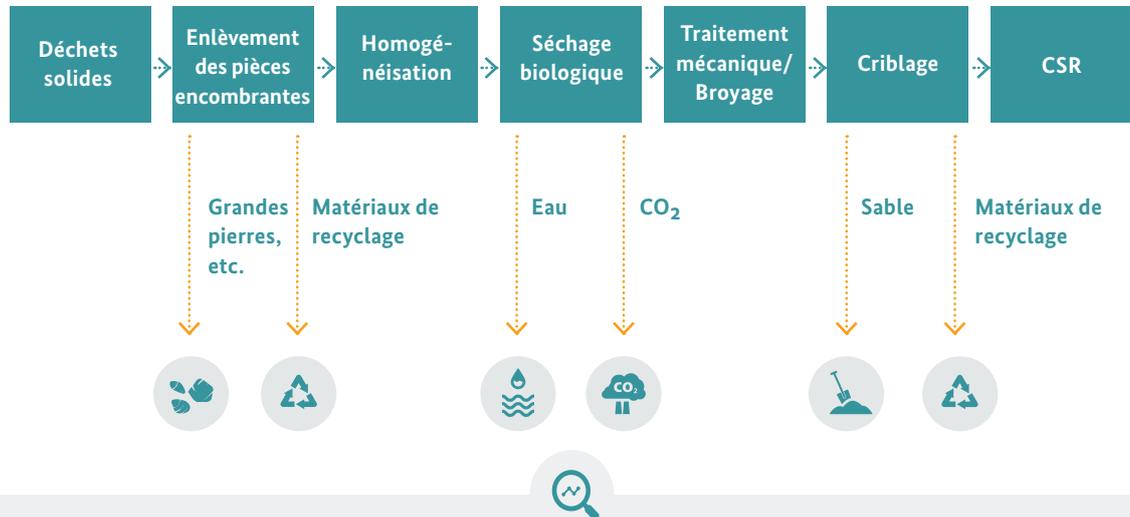


Schéma 8 :
Traitement mécano-biologique pour la production de CS solide (Geocycle)

Schéma 9 :
Flux générique du processus de TMB (traitements biologiques et mécaniques) pour la production de CSR (GIZ, 2017).



Étude de cas 1 : Prétraitement et co-processing des déchets ménager à Huaxin, en Chine



Photo :
Installation de prétraitement de déchets ménagères de Huaxin, Wuhan, province du Hubei, en Chine.



Comme dans beaucoup d'autres pays à faible revenu et à revenu intermédiaire, en Chine, les déchets ménagers ne sont pas séparés à la source, d'où une teneur très élevée en matières organiques et en eau : en particulier en été, cette teneur peut atteindre 80%. En même temps, la fraction inerte peut atteindre jusqu'à 40% dans les zones rurales (par exemple, les cendres provenant des cheminées des ménages). Ces propriétés rendent impossible le co-processing des déchets ménagers non triés dans les fours à ciment.

Huaxin a proposé de développer et de construire une installation de prétraitement axée sur le séchage des ordures ménagères et la séparation des matières recyclables et inertes pour produire des CSR adaptés aux fours à ciment. Le but principal du prétraitement est de réduire le taux d'humidité à environ 35% et

d'augmenter le pouvoir calorifique inférieur à 8-10 GJ/t par traitement biologique. En outre, un système d'alimentation en CSR a été intégré aux fours à ciment existants pour permettre le co-processing des CSR. À la cimenterie, des systèmes de réception et de stockage, de dosage et d'alimentation de CSR, ainsi que des systèmes de détection d'incendie, d'alarme et de lutte contre l'incendie ont été construits. Des taux de co-processing CSR de 700 t/jour ont été atteints au niveau du précalcinateur pour un four à ciment d'une capacité de 5 000 t/jour de clinker, ce qui correspond à un taux de substitution thermique de 54%.

Le plus grand défi consistait à trouver les paramètres de fonctionnement optimaux pour la fermentation, le traitement des lixiviats et le biofiltre pour différentes compositions de déchets ménagers pendant différentes saisons. L'une des principales conclusions est qu'il n'existe pas de solution standard pour le prétraitement des déchets ménagers. Les paramètres de conception et d'exploitation doivent être optimisés au cas par cas, en fonction de la qualité locale et de la saisonnalité des ordures ménagères. Il est également crucial de trouver un seuil de rentabilité approprié entre les coûts d'investissement et d'exploitation pour les avantages du prétraitement et du co-processing afin d'optimiser la création de valeur de l'ensemble du processus. Avant d'élaborer la conception d'un tel projet, il est donc essentiel de bien étudier la qualité des déchets, idéalement à partir d'une campagne de caractérisation des déchets sur une année complète.

Les déchets ou boues liquides et pâteuses peuvent être prétraités uniquement par traitement mécanique, mélange (homogénéisation) et élimination des solides grossiers, ou traitement physico-chimique. Le traitement mécanique produit des CS liquides ou pâteux qui nécessitent des installations dédiées d'alimentation en liquide ou en boue pour leur co-processing en cimenterie. Le traitement physico-chimique, principalement appliqué aux déchets dangereux, produit plutôt un combustible alternatif solide en mélangeant les déchets liquides et pâteux avec un adsorbant tel que la sciure de bois jusqu'à ce que tout le liquide libre soit adsorbé.

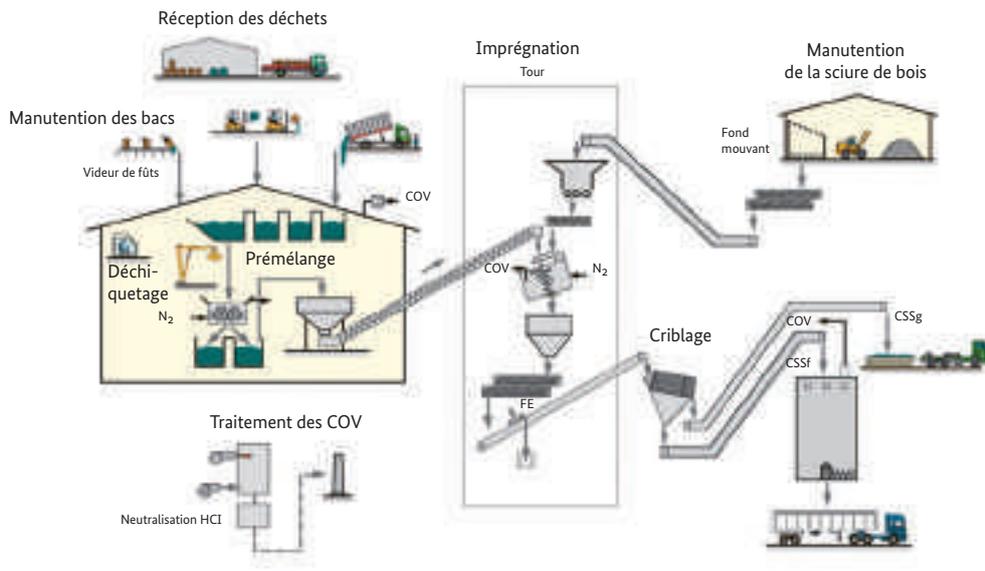


Schéma 10 :
Traitement physico-chimique pour la production de CS solide (Geocycle).



Étude de cas 2 : Transformation des boues d'hydrocarbure en énergie à Fujairah (Geocycle, Emirats Arabes Unis)



Les boues d'hydrocarbures sont des déchets générés en grandes quantités dans les pays riches producteurs de pétrole et sont difficiles à traiter. L'un des principaux défis de leur transformation en AFR est la composition très hétérogène des déchets (contaminants, viscosité variable, chlore, cendres). Les boues d'hydrocarbures doivent donc être prétraitées par criblage et mélange de manière à ce que les boues livrées à la cimenterie répondent à toutes les spécifications de qualité requises.

Les boues d'hydrocarbures reçues à l'installation de prétraitement de Geocycle sont stockées selon leur état physique, les boues liquides dans des fosses et les boues sèches sur des surfaces en béton. Des échantillons sont

prélevés à chaque livraison pour vérifier la conformité de la qualité selon les critères de pré-qualification et d'acceptation des déchets. Les contaminants, principalement le plastique, le bois, les pierres et les pièces métalliques, sont séparés en filtrant les boues d'hydrocarbures à l'aide d'un filtre à panier monté sur un excavateur. Les boues sèches et liquides provenant de différentes sources sont ensuite mélangées selon une recette établie par le personnel de contrôle de la qualité pour obtenir une fluidité suffisante des matériaux et les spécifications de qualité définies par la cimenterie. La boue pré-mélangée est ensuite de nouveau filtrée pour assurer une bonne homogénéité avant d'être livrée à la cimenterie.

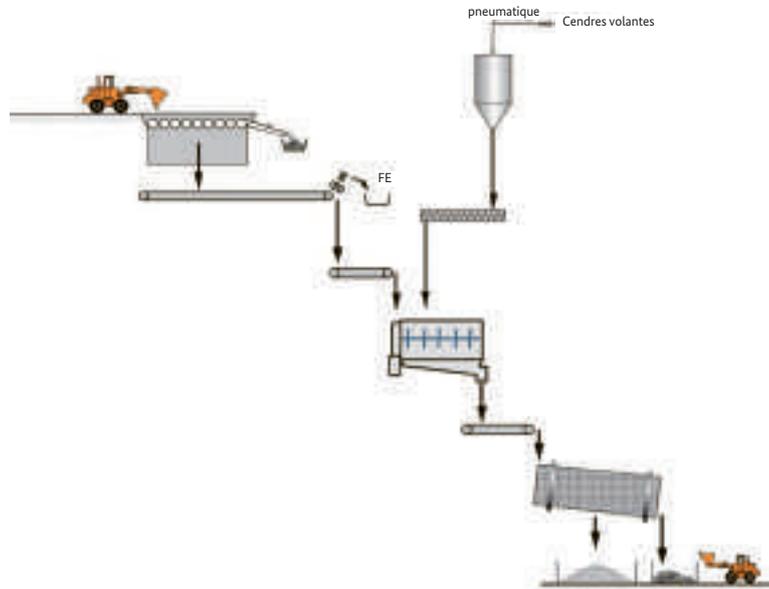
Jusqu'à présent, plus de 100 000 tonnes de boues ont été prétraitées et co-processées avec succès sur une période de 7 ans d'exploitation. Un pouvoir calorifique moyen de 15 GJ/tonne est récupéré des boues. L'expérience montre que le pouvoir calorifique peut varier considérablement en fonction de la source et du type de boues d'hydrocarbures, tandis que la rentabilité financière dépend des fluctuations du prix du marché des combustibles traditionnels (charbon). Pour assurer la fiabilité, il était utile de sécuriser de gros volumes et des contrats à long terme. Des contrats multiples doivent être établis pour réduire le risque de dépendance à l'égard d'une source unique.



Photo :
Installation de prétraitement des boues d'hydrocarbures à Fujairah

Les MS sont principalement dérivés de mono-flux de déchets industriels de grand volume qui ne nécessitent pas de prétraitement spécifique. Le traitement mécanique, illustré à le *schéma 11*, est habituellement limité aux cas où la MS est produite à partir de plusieurs petits flux de déchets dont la composition chimique présente une variabilité relativement élevée ou une composition élevée de corps étrangers.

Schéma 11 :
Traitement
mécanique pour
la production de MS
(Geocycle).



Étude de cas 3 : Utilisation de déchets de construction et de démolition (DCD) comme combustible et matière première de substitution à Retznei, Autriche.



Photo :
Centre de recyclage
à Retznei, Autriche.



La cimenterie de LafargeHolcim à Retznei remplace déjà de grandes quantités d'énergie thermique par des combustibles de substitution. Avec la création du Centre de Recyclage Retznei (CRR), elle donne désormais l'exemple en matière de recyclage des déchets de construction et de démolition. Construite dans la carrière de la cimenterie de Retznei, l'opération est rendue possible grâce à une coopération entre Geocycle et un partenaire local qui fournit les connaissances et l'expertise en gestion des déchets de construction et de démolition.

Lorsqu'un flux de DCD arrive au centre de recyclage, 35% sont traités en tant que matière première de substitution dans le processus de production à la cimenterie. Une autre tranche de 35% est traitée et vendue comme matière première de substitution à des clients privés et à des entreprises de construction pour être utilisée dans les systèmes de drainage. En conséquence, chaque année, 100 000 t de DCD sont traitées pour être réutilisées. Aujourd'hui, 12% des matières premières utilisées pour la fabrication du ciment à Retznei proviennent de déchets recyclés. Cette approche garantit :

- Une utilisation optimale des déchets grâce au co-processing qui empêche la mise en décharge des déchets. Une plus grande efficacité des ressources en empêchant l'utilisation des ressources naturelles: l'usine remplace 85.000 t de matières premières naturelles chaque année.
- Une contribution à la réduction des émissions de gaz à effet de serre en utilisant les déchets locaux au lieu d'extraire et de transporter les ressources naturelles et en évitant la décarbonatation du calcaire, la ressource naturelle traditionnelle utilisée pour produire le ciment.
- De l'activité locale par la création de trois nouveaux emplois directs et de plusieurs emplois indirects.

2.3 Le co-processing

2.3.1 Fabrication du ciment et co-processing

La production de ciment est un processus très énergivore. Une fois les matières premières naturelles extraites, elles subissent diverses étapes de traitement mécanique telles que le concassage, le broyage et l'homogénéisation pour produire dans le broyeur cru la farine. La farine entre dans le four à ciment où les processus thermiques (séchage, préchauffage et refroidissement) et les réactions chimiques (calcination, clinkérisation) ont lieu pour produire le produit intermédiaire dit clinker. Enfin, le clinker est broyé avec du gypse et d'autres constituants pour produire du ciment.

La production d'une tonne de clinker nécessite en moyenne 1,5 à 1,6 tonnes de matières premières. La majeure partie de la perte de poids provient de la calcination, la réaction du carbonate de calcium (CaCO_3) à la chaux (CaO), qui a lieu une fois que la farine est chauffée jusqu'à 800 – 900°C. Au fur et à mesure que la température dans le four rotatif augmente jusqu'à 1 450 °C, le processus de clinkérisation a lieu lorsque la chaux, la silice, l'alumine et le fer réagissent ensemble et se combinent pour former du clinker. Les dépôts calcaires naturels tels que le calcaire, la marne ou la craie sont à l'origine du carbonate de calcium. Les principaux correcteurs (silice, fer et alumine) proviennent généralement de minerais et minéraux naturels, tels que le sable, le schiste, l'argile et le minerai de fer. Toutefois, les MS dérivées des déchets peuvent être utilisées pour remplacer ces correctifs naturels.

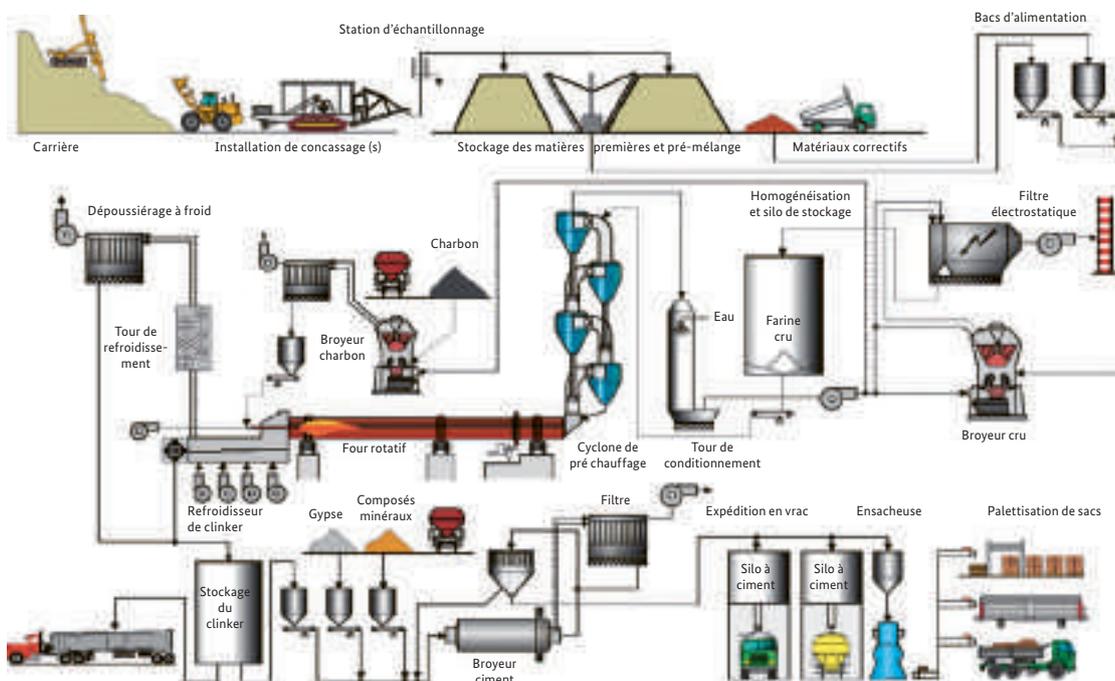


Schéma 12 :
Processus
de fabrication
du ciment
(LafargeHolcim).

L'énergie thermique nécessaire aux réactions de séchage, de calcination et de frittage des matières premières est traditionnellement fournie par des combustibles fossiles comme le pétrole, le gaz naturel, le charbon et le coke de pétrole. Différents types de CS dérivés des déchets peuvent être utilisés pour remplacer les combustibles traditionnels. *L'Initiative Ciment pour le Développement Durable et l'Académie européenne de recherche sur le ciment (ICDD/AERC, 2017)* font état d'une demande moyenne d'énergie thermique pour la fabrication de clinker de ciment en 2014 de 3,51 GJ/t de clinker avec une gamme de 3,0 GJ/t pour les fours modernes à précalcinateurs et jusqu'à 6,0 GJ/t pour les fours en voie humide.

Le processus de production de clinker est idéal pour le co-processing du clinker en raison de ses caractéristiques uniques présentées dans [l'encadré 5](#).



Encadré 5 : Avantages des caractéristiques des fours à ciment pour le co-processing de combustibles et de matières premières de substitution

- Les conditions alcalines et le mélange intensif du procédé favorisent l'adsorption des composants volatils de la phase gazeuse. Cette épuration interne des gaz entraîne de faibles émissions de composants acides tels que le dioxyde de soufre (SO₂), l'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide fluorhydrique (HF). A l'exception des éléments très volatils comme le mercure (Hg) et le thallium (Tl), cela vaut également pour la plupart des autres éléments potentiellement toxiques (EPT).
- La courte durée de rétention des gaz de combustion dans la plage de température connue pour conduire à la formation de dioxines et de furannes (PCDD/F) empêche la formation de ces composés secondaires polluants.
- Le processus est résistant à la production d'oxydes d'azote (NO_x). Dans de nombreux cas, le co-processing réduit même leur formation, en raison du refroidissement par flamme dans le four rotatif en raison de la teneur en humidité plus élevée et de l'excès d'air requis par les combustibles de substitution, et en raison de la re-combustion de NO_x dans des conditions réductrices à l'entrée du four ou dans le précalcinateur créé par l'utilisation des combustibles de substitution grossiers.
- Les températures de traitement élevées, les conditions d'oxydation et les longs temps de séjour contribuent à la destruction complète des matières organiques (par exemple, les polluants organiques persistants (POP)). Les temps de séjour type sont a) dans le précalcinateur (2–7 sec à 850–900°C), b) dans l'entrée du four (2–3 sec à 1.000–1.100°C) et c) dans le four rotatif (6–8 sec à > 2.000°C).
- Le processus de production de ciment présente des niveaux relativement élevés d'efficacité de récupération d'énergie, généralement de l'ordre de 70 à 80% (AERC, 2017). Les incinérateurs de déchets qui ne récupèrent que de l'électricité atteignent un rendement moyen de 26%, tandis que les incinérateurs qui récupèrent la chaleur et l'électricité combinées atteignent un rendement similaire à celui des fours à ciment.
- Le processus de production de ciment présente en outre des niveaux élevés de recyclage des minéraux, car ni les cendres volantes ni les cendres résiduelles ne sont générées. Tous les composants minéraux, les éléments non volatils potentiellement toxiques (EPT) et les autres éléments en trace (par ex. Cl, S) sont entièrement incorporés dans la matrice du clinker. De même, la poussière du by pass générée dans les cimenteries avec des taux élevés de combustibles et de matières premières de substitution peut généralement être utilisée comme additif dans le ciment.



2.3.2 Sélection du point d'alimentation des CMS

Les CMS peuvent être introduits à différents endroits du processus de fabrication du clinker. Chacun des points d'alimentation offre des conditions de processus différentes (par ex. température, vitesse du gaz) et convient donc à des qualités de CMS différentes. Dans les fours à ciment modernes à la pointe de la technologie, les combustibles sont ajoutés au processus principalement à deux endroits, dans le précalcinateur pour la réaction de calcination et par le brûleur/four principal à la sortie du four rotatif pour la réaction de clinkérisation. Une petite partie de la demande totale d'énergie peut également être ajoutée à l'entrée du four rotatif, ce qu'on appelle la boîte à fumées.

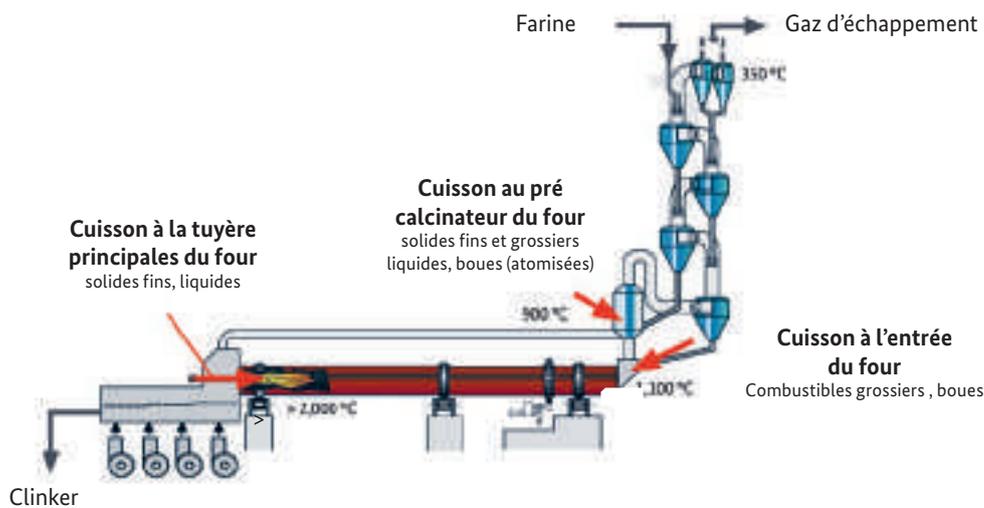


Schéma 13 :
Point d'injection des CMS dans un four à ciment moderne (Geocycle).

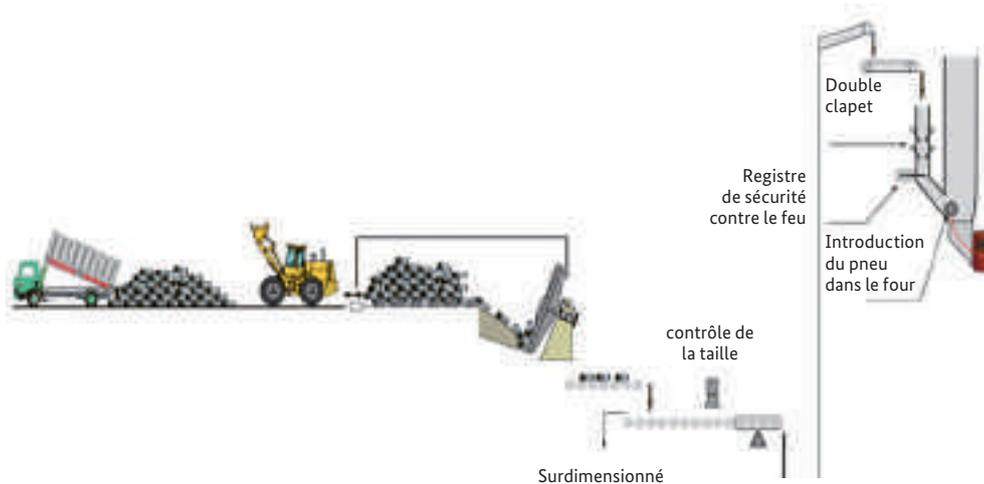
Pour les CS solides, le point d'alimentation est principalement déterminé par leur degré de préparation, en particulier la taille des particules et leur pouvoir calorifique. Pour les CS liquides et pâteux (boues), le choix du point d'alimentation dépend de la capacité à les atomiser en gouttelettes/particules plus ou moins fines.

| Catégorie CS | Caractéristique | Exemples | Photo |
|---------------------------------|---|--|-------|
| Combustibles en morceaux | Ne peut pas être transporté par les gaz du four (brûlés à l'entrée du four). | Pneus entiers, gâteaux de filtration, matériaux enséchés | |
| Solides grossiers | Peut être transporté par les gaz du four (convient pour le précalcinateur). Alimentation pneumatique impossible. | Pneus déchiquetés, plastiques et textiles déchiquetés, CSR grossiers | |
| Solides fins | Peuvent être transportés facilement par les gaz du four (convient à la cuisson au four). Alimentation pneumatique possible. | Fluff (CSR fin), sciure de bois imprégnée, farine animale, écorce de riz | |
| Boues | Pompables avec pompe à piston → combustible. En cas d'atomisation par air comprimé ou rotor à boues → solide grossier. | Boues de pétrole et de peinture | |
| Liquides | Peuvent être pulvérisés à l'air comprimé (particules solides dans le liquide <2-4mm). | Huiles usées, solvants, émulsions | |

Schéma 14 :
Différentes catégories de CS pour différents points d'alimentation (Geocycle).

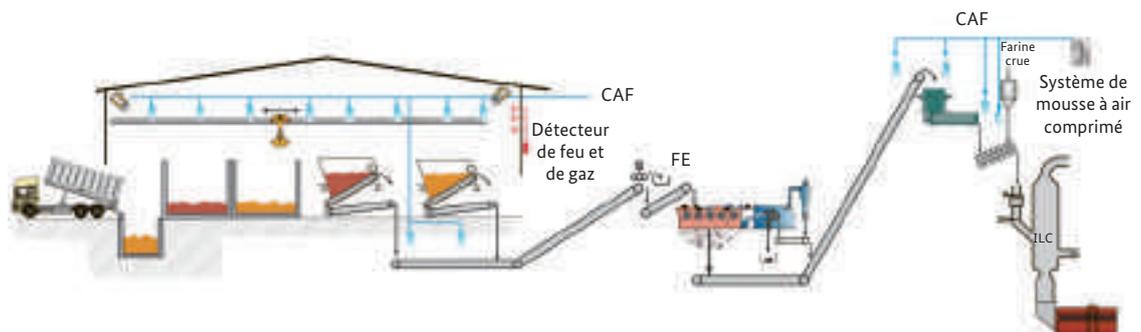
La cuisson secondaire à l'entrée du four rotatif a les exigences de qualité des CS les plus faibles. Ce point d'alimentation permet d'introduire des CS solides très grossiers tels que des pneus entiers ou des boues non atomisées et des CS à faible pouvoir calorifique. Le combustible brûle lentement sur le lit de matière à l'arrière du four rotatif lorsqu'il est exposé à l'oxygène contenu dans les gaz du four. Cependant, seule une petite partie de la demande totale d'énergie du four, qui se situe entre 5 et 10%, peut y être alimentée. Le [schéma 15 ci-dessous](#) montre un système automatisé d'alimentation de pneus entiers pour la cuisson secondaire.

Schéma 15 :
Alimentation de
pneus entiers
à l'entrée du four
(Geocycle).



Le précalcinateur nécessite 55 à 65% de la demande totale d'énergie du système du four. Des CS solides grossiers, des boues atomisées et des liquides peuvent être ajoutés à ce point d'alimentation. Les combustibles solides grossiers doivent être suffisamment petits pour être suspendus par le flux de gaz à l'intérieur du précalcinateur afin d'éviter qu'ils ne tombent à l'entrée du four. Le précalcinateur convient pour les CS à pouvoir calorifique moyen, le pouvoir calorifique moyen de tous les combustibles doit être de 11 à 13 GJ/t minimum (AERC, 2017). La combustion complète est assurée par des conditions oxydantes et des temps de rétention de gaz élevés de 2 à 7 secondes. Le [schéma 16 ci-dessous](#) montre un système d'alimentation typique pour différents types de grosses particules solides jusqu'au précalcinateur.

Schéma 16 :
Alimentation de
CS solide grossier au
précalcinateur
(Geocycle).



Au niveau de la tuyère dans le four rotatif, 35 à 45% de la demande totale d'énergie du système du four est ajoutée. Ce point d'alimentation permet d'introduire le CS solide fin et des liquides correctement atomisés, qui peuvent être mélangés et mis en suspension avec les gaz à l'intérieur du four rotatif. Pour atteindre des températures de flamme allant jusqu'à 2 000°C nécessaires aux réactions de clinkérisation, le pouvoir calorifique net moyen du combustible à la tuyère doit être d'au moins 18 à 22 GJ/t. La température élevée, les conditions d'oxydation et le temps de rétention du gaz de 6 à 8 secondes assurent une combustion complète. Ces conditions de traitement rendent la cuisson principale des fours à ciment appropriée même pour la destruction des composés organiques stables (par exemple, les POP). Le *schéma ci-dessous* montre un système d'alimentation typique pour les CS liquides vers la tuyère.

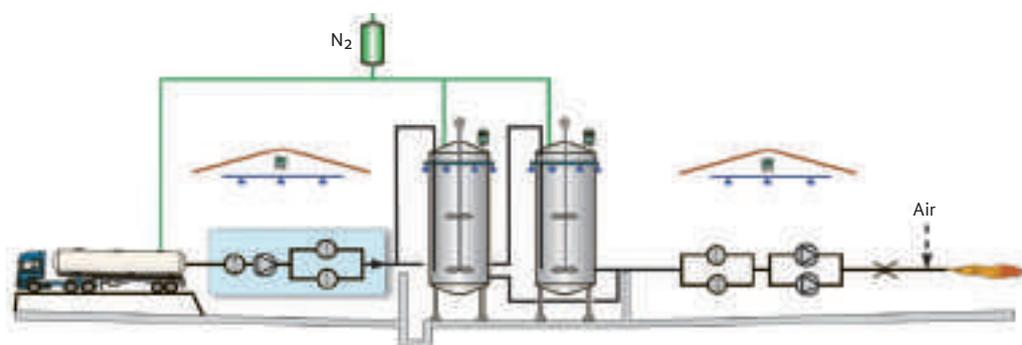


Schéma 17 :
Alimentation de
CS liquide pour la
tuyère / cuisson au
four (Geocycle).

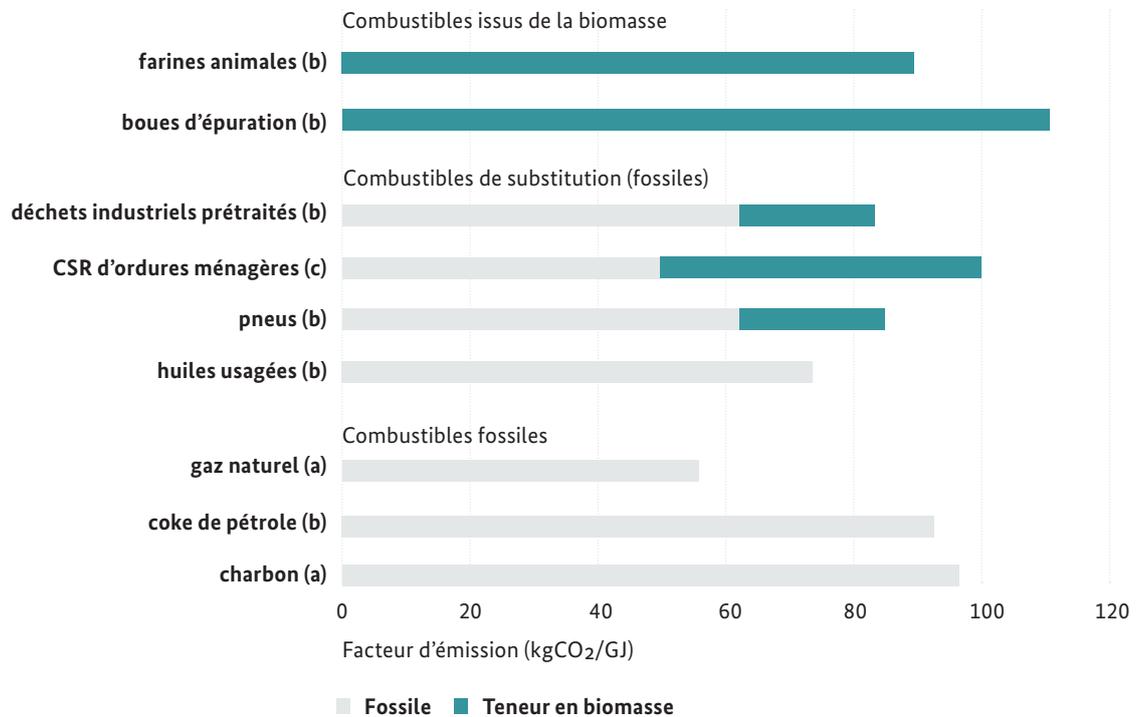
Pour les MS, la teneur en carbone organique total (COT) est le critère décisif pour choisir le point d'alimentation approprié. Si les MS ont une teneur en COT inférieure à 5 000 ppm, ils peuvent être introduits comme toute autre matière première naturelle, soit dans le concasseur de matières premières, soit dans le broyeur cru. Si la teneur en COT est supérieure à 5 000 ppm, un essai d'expulsion en laboratoire ou un essai industriel doit être effectué pour s'assurer que les émissions de composés organiques volatils (COV) sont dans les limites autorisées. Si les résultats de l'essai d'expulsion ou de l'essai industriel indiquent des émissions de COV trop élevées, le MS doit être introduit à un point d'alimentation qui assure la destruction complète du contenu organique, tel que le précalcinateur ou l'entrée du four.

2.4 Co-processing et changement climatique

Le co-processing peut contribuer à réduire l'intensité carbone de la production de ciment et aider l'industrie du ciment à atteindre les objectifs climatiques mondiaux. La production de ciment contribue à environ 7% des émissions mondiales de carbone, avec des émissions directes de 2,2 Gt en 2014 (EIE/ICDD, 2018). En général, 30 à 40% des émissions de CO₂ proviennent de la combustion de combustibles fossiles pour atteindre les températures de fonctionnement élevées requises dans le système du four. Les 60 à 70% restants sont des émissions liées aux procédés qui résultent de la réaction de calcination ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$) nécessaire pour transformer le calcaire en chaux.

De nombreux pays à faible revenu et à revenu intermédiaire continuent d'utiliser du charbon ou du coke de pétrole en raison de son faible prix et de sa disponibilité, en dépit du fait que le charbon produit les émissions de carbone les plus élevées. Le passage au gaz naturel peut déjà réduire considérablement les émissions de la production de ciment, mais cela n'est pas toujours possible en raison du prix et de la disponibilité. Les réductions d'émissions directes résultant du co-processing des CS dépendent du facteur d'émission et de la teneur en biomasse, comme le montre le *schéma 18* pour différents types de combustibles.

Schéma 18 :
Facteurs d'émission et teneur typique en biomasse des différents combustibles de substitution. (a) indique la valeur par défaut du GIEC, (b) la valeur par défaut de l'CSI et (c) est basée sur un projet MDP (voir Annexe 2).



Les résidus agricoles et autres combustibles à forte teneur en carbone biogénique ont généralement des facteurs d'émission élevés, qui peuvent toutefois être considérés comme neutres en carbone, en raison de l'absorption du dioxyde de carbone pendant leur croissance. L'utilisation des résidus de biomasse tels que les déchets de bois, les coques de riz, les boues d'épuration séchées ou les farines animales dépend beaucoup de la disponibilité dans les chaînes de valeur locales et de l'utilisation actuelle de ces flux de déchets, mais peut constituer une bonne option pour les pays où ces déchets sont disponibles en abondance. Étant donné que le pouvoir calorifique est souvent inférieur à celui des combustibles conventionnels, des volumes importants sont nécessaires et un approvisionnement à long terme doit être assuré pour récupérer les coûts d'investissement dans les équipements de prétraitement ou de manutention, mais cela peut également conduire à des résultats sociaux positifs comme le montre *l'étude de cas de l'Ouganda ci-dessous*. Dans d'autres cas, les municipalités ont établi des relations à long terme avec les cimenteries pour traiter leurs boues d'épuration.

Les CS dérivés de déchets tels que les huiles usagées et les plastiques non recyclables ont des valeurs d'émissions variables, qui sont généralement inférieures à celles des combustibles fossiles traditionnels. L'on utilise de plus en plus des combustibles qui contiennent à la fois du carbone fossile et biogénique, par exemple des déchets industriels prétraités (contenant des plastiques non recyclables, des textiles, du papier, etc.), des pneus usagés (contenant du caoutchouc naturel et synthétique) ou des CSR provenant d'ordures ménagères qui contiennent également une part importante de carbone biogénique.

Le calcul et la déclaration des GES devront être effectués conformément à la norme de comptabilisation et de déclaration des émissions de CO₂ et de l'énergie pour l'industrie du ciment du WBCSD, qui est fondée sur la méthodologie du GIEC (WBCSD, 2011). La VDZ estime à 2,15 Mt les économies de CO₂ réalisées grâce à la substitution du charbon par des CS dérivés de déchets de l'industrie allemande du ciment en 2010, sur la base d'un mélange d'intrants typique avec 40% de biomasse (VDZ, 2017b).

Le co-processing des déchets dans les fours à ciment permet également de réduire indirectement les émissions de CO₂ par le traitement des fractions de déchets organiques qui, autrement, se décomposeraient en anaérobiose et produiraient des niveaux importants de méthane (CH₄) dans les décharges contrôlées ou dépotoirs. Cela est d'autant plus important que le CH₄ a un potentiel de réchauffement planétaire 25 fois supérieur à celui du CO₂. Même lorsque le captage ou le brûlage à la torche des gaz d'enfouissement est appliqué, seule une partie du CH₄ (souvent moins de 50% dans la pratique) peut être récupérée. La promotion d'une collecte et d'un prétraitement et d'un traitement appropriés des déchets peut également réduire la quantité de déchets urbains brûlés à ciel ouvert dans les pays en développement – une pratique qui contribue jusqu'à 5% au réchauffement de la planète par des polluants climatiques à cycle court (Wiedinmyer C, 2014). Les réductions d'émissions de carbone obtenues grâce à des interventions qui améliorent la gestion locale des déchets dépendent du scénario actuel de fin de vie des déchets (recyclage, incinération, enfouissement sanitaire, dépotoir, décharge, brûlage à ciel ouvert), ainsi que de la teneur en carbone biogénique des déchets (voir annexe 3).

Le calcul de la réduction des émissions de CO₂ par l'évitement du méthane est difficile à attribuer à la production de ciment en raison de l'absence de méthodes de mesure vérifiables pour éviter des émissions hypothétiques. Toutefois, les émissions évitées peuvent être importantes, en particulier lorsque le co-processing fait partie d'une approche intégrée de gestion des déchets. Lorsque des systèmes appropriés sont mis en place pour séparer à la source et éliminer la fraction organique, des réductions importantes peuvent être réalisées par le compostage, le recyclage et le co-processing de la fraction non recyclable des ordures ménagères qui est prétraitée en CSR.

Un certain nombre de projets visant à accroître l'utilisation des CS ont été lancés dans le cadre du *Mécanisme pour un développement propre* (MDP), qui vise à intégrer le co-processing dans le système de gestion des déchets. Après l'expiration du mécanisme du MDP, les *Mesures d'atténuation appropriées au niveau national* (NAMA) sont devenues un instrument de financement qui pourrait appuyer la réduction des GES dans la gestion des ordures ménagères, d'autant plus que de telles interventions apportent également des avantages importants pour l'environnement et la santé qui peuvent contribuer à atteindre les ODD. Toutefois, l'expérience des NAMA en matière de déchets dans le monde reste à ce jour limitée. D'autres évolutions positives pourraient résulter d'un prix approprié du carbone, qui rendrait l'utilisation des combustibles fossiles peu attrayante et les CS plus compétitifs. Par rapport à d'autres technologies visant à réduire les émissions des cimenteries, l'utilisation des CS est une option relativement peu coûteuse (McKinsey & Company, 2013). L'utilisation de scories et de cendres volantes dans le broyage du ciment, qui, en raison de leurs propriétés hydrauliques, permettent de réduire la teneur en clinker du ciment mélangé, permet également d'obtenir d'importantes réductions des émissions de GES.



Étude de cas 4 : Développement des coques de café comme combustible de substitution en Ouganda



Le café est une culture commerciale importante en Ouganda, jusqu'à 20% de la population tirant la totalité ou une grande partie de ses revenus de la production de café. Le processus de mouture du café génère des coques de café, un résidu agricole qui est généralement enfoui ou brûlé pour être éliminé. Les coques de café peuvent toutefois également constituer une source de combustible de substitution appropriée pour les cimenteries. Depuis le milieu des années 2000, la cimenterie de Hima en Ouganda utilise ces résidus agricoles comme source d'énergie pour le four de cimenterie et le séchoir à pouzzolane, ce qui permet de remplacer plus de 55% de l'énergie thermique. En conséquence, l'usine a pu réduire sa dépendance à l'égard des combustibles fossiles importés, qui doivent être transportés par route sur 1 500 km depuis Mombasa au Kenya.

Au fur et à mesure que l'utilisation de ce combustible de substitution s'est accrue, l'usine a envisagé des moyens d'améliorer sa stratégie d'approvisionnement à long terme, car un grand nombre de coques de café doivent encore être transportées sur de grandes distances. La disponibilité locale de coques de café était limitée car les agriculteurs n'avaient pas les moyens de payer les prix élevés des plants de café. Après consultation des parties prenantes locales, l'usine s'est associée à l'Association de Développement du Café de l'Ouganda pour lancer un programme de soutien au développement de la production de café à proximité de l'usine, dans le but d'augmenter les revenus des agriculteurs locaux et, en même temps, d'accroître la production locale de résidus de biomasse. Des pépinières de semis ont été mises en place, auprès desquelles les plants pourraient être achetés pour un sixième du prix habituel. En conséquence, 45 000 agriculteurs se sont inscrits et près de 17 millions de plants ont été distribués entre 2012 et 2015.

Le remplacement des combustibles fossiles par des résidus agricoles disponibles localement a un impact important sur les émissions climatiques de l'usine, tout en permettant de réduire la pauvreté. L'usine de Hima prévoit de récupérer 20 000 tonnes de résidus agricoles par an grâce à son programme de café, ce qui représente une contribution significative aux 100 000 tonnes de biocombustible neutre sur le plan climatique utilisées chaque année par LafargeHolcim en Ouganda. L'on estime que l'utilisation de la biomasse permet d'économiser 150 000 tonnes de CO₂ par an.



Photo :
Producteurs de café en Ouganda.

2.5 Planification intégrée de la gestion des déchets solides

L'approche de la *gestion intégrée des déchets solides* (GIDS) est de plus en plus appliquée par les décideurs politiques au niveau international. La GIDS se concentre sur les éléments physiques clés tels que la collecte, le traitement et l'élimination des déchets selon la hiérarchie des déchets. Les aspects de gouvernance doivent être pris en compte pour établir un système qui fonctionne bien : le système doit être inclusif, permettre aux parties prenantes de contribuer, être financièrement viable et être mis en œuvre par des institutions solides et des politiques proactives (Wilson, 2013).

Le prétraitement et le co-processing ne sont généralement pas une solution autonome ni la principale solution de gestion des déchets, mais peuvent jouer un rôle dans une stratégie intégrée de gestion des déchets. Les producteurs de ciment économisent sur la consommation de combustibles fossiles et de matières premières, contribuant ainsi à une production plus durable et à l'optimisation des coûts de production. Simultanément, les autorités et les communautés peuvent utiliser les installations industrielles existantes pour le traitement des déchets, ce qui réduit le besoin d'investissements supplémentaires, la présence d'un personnel déjà qualifié étant un avantage supplémentaire². Grâce au co-processing, l'industrie du ciment peut apporter une valeur ajoutée aux systèmes de gestion des déchets exploités par les municipalités et contribuer à améliorer la gestion des déchets pour les intervenants des secteurs industriel, commercial et agricole.

Si la communauté d'accueil de la cimenterie dispose déjà d'une stratégie ou d'un plan directeur de gestion intégrée des déchets, la modification ou l'amendement de ce plan est une première étape importante dans l'étude de la faisabilité du prétraitement et du co-processing comme stratégie de valorisation³. L'impact de l'introduction du prétraitement et du co-processing sur les options existantes en matière de traitement et d'élimination finale devra être évalué dans le cadre d'une mise à jour ou d'une amélioration du plan de gestion des déchets existant. Lorsqu'aucun plan ou stratégie n'est en place, les municipalités devront s'efforcer d'en élaborer un et d'analyser comment le prétraitement et le co-processing peuvent contribuer à la situation locale de la gestion des déchets. La cimenterie qui propose le co-processing, en collaboration avec l'opérateur potentiel de prétraitement, peut envisager de soutenir l'élaboration d'un tel plan à partir de données de référence, pour autant que les parties prenantes locales et les responsables politiques puissent être assurés de la neutralité et du professionnalisme du processus et des documents qui en résultent.

Dans la plupart des cas, un tel plan documentera et évaluera :

- Capacités de collecte existantes
- Capacités de traitement existantes
- Connaissances institutionnelles et compétences humaines
- Viabilité financière
- Cadre juridique et institutionnel
- Aspects sociaux
- Aspects environnementaux.

Bien qu'il ne soit pas toujours exigé par la loi, l'établissement d'une évaluation de base ou d'une mesure de l'état zéro par l'opérateur potentiel est très bénéfique car il correspond à l'évaluation d'impact social/environnemental et fournit des informations utiles pour le processus d'octroi de permis et le suivi des impacts du prétraitement et du co-processing. Une telle base de référence devra mesurer et documenter les paramètres clés du système de gestion des déchets (la chaîne de service) et des chaînes de valeur qui servent déjà de marchés pour les matières recyclables, les matières organiques et les autres flux de déchets, en plus des conditions physiques et géographiques de base (par exemple, les niveaux d'odeur et de bruit). Cette base de référence devra documenter ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas dans le paysage local de la gestion et du recyclage des déchets solides. Une analyse transparente des forces, faiblesses, opportunités et menaces dans la province, la ville ou la région permet de répondre aux questions clés nécessaires pour lancer une initiative de co-processing.

Le cadre de la gestion intégrée et durable des déchets est une approche relativement accessible pour préparer une base de référence participative. Dans le cas d'une proposition de co-processing, les éléments clés d'un tel processus de base comprendraient l'élaboration de réponses aux questions fournies à l'*Annexe 12*. La production d'une base de référence qui répond à ces questions devra indiquer clairement si le co-processing a une valeur ajoutée pour le système de déchets solides et si la disponibilité des CMS provenant des déchets dans ce système a une valeur pour le producteur de ciment. Si la réponse à ces deux questions est positive, les conditions requises pour commencer une initiative de co-processing sont réunies.

² Pour une vue d'ensemble des liens entre le co-processing et d'autres technologies de valorisation énergétique des déchets et des circonstances dans lesquelles ces différentes technologies peuvent être appliquées, voir le Guide GIZ sur les options en matière de valorisation énergétique dans la gestion des ordures ménagères (GIZ, 2017).

³ Pour plus d'informations sur la planification de la gestion des déchets, voir : <http://ec.europa.eu/environment/waste/plans/index.htm>

2.6 Organisation du prétraitement et du co-processing

La chaîne de valeur du prétraitement et du co-processing peut être entièrement intégrée et gérée par une seule entité, ou des entités distinctes peuvent gérer différentes activités, par exemple la collecte, le prétraitement et le co-processing des déchets. Sur les marchés des déchets parvenus à maturité, les acteurs publics ou privés opèrent généralement déjà la collecte, le transfert et le transport. Lorsqu'il existe de solides marchés pour les matières organiques ou les matières recyclables, il peut y avoir une certaine forme de tri ou de traitement des matières recyclables après la collecte, et cette infrastructure peut également convenir pour le prétraitement des fractions de déchets en CMS. Les revendications préexistantes, ainsi que les facteurs économiques, détermineront en grande partie si une ou plusieurs parties contrôlent l'ensemble de la chaîne de services, ou si les modèles de contrôle et de gains sont répartis entre diverses entreprises et différents acteurs publics.

Un modèle de fonctionnement type pour les déchets ménagers pourrait consister en :

- 1 Collecte par municipalité
- 2 Exploitation d'une décharge par une entreprise privée de gestion des déchets
- 3 Séparation de la fraction lourde (matières organiques), des matières recyclables et de la fraction légère par une coopérative d'ouvriers du secteur informel des déchets sur des sites dédiés.
- 4 Prétraitement (traitement mécanique) de la fraction légère pour la production de CS par une société privée de gestion des déchets
- 5 Co-processing de CS par une cimenterie.

Lorsque le système de gestion des déchets solides n'est pas bien développé, l'absence d'opérations de gestion des déchets et de parties prenantes établies dans différents créneaux du marché peut conduire à une situation où le producteur de ciment s'intègre dans des parties plus importantes de la chaîne de valeur. L'inconvénient est toutefois que la gestion des déchets n'est pas l'activité principale de l'industrie du ciment et qu'elle risque de se concentrer sur les flux de déchets les plus profitables ou à haut pouvoir calorifique. Cela accroît la concurrence avec le recyclage et peut également rendre plus difficile l'intégration dans un concept global de gestion des déchets. Il est donc important d'appliquer le premier principe des présentes Directives : le respect de la hiérarchie des déchets et l'établissement d'une relation dynamique entre recyclage et co-processing est important pour atténuer les risques.

S'il y a plusieurs entités distinctes dans la chaîne de services, cela peut conduire à des chaînes d'approvisionnement plus compétitives et plus efficaces, mais comporte aussi des inconvénients potentiels de fragmentation, de faibles économies d'échelle et une analyse de rentabilité faible. Les risques supplémentaires sont une tâche administrative plus importante et une perte de traçabilité des flux de matières. Le *schéma ci-dessous* illustre les avantages et les inconvénients des différentes approches de la chaîne de valeur du point de vue d'une cimenterie.

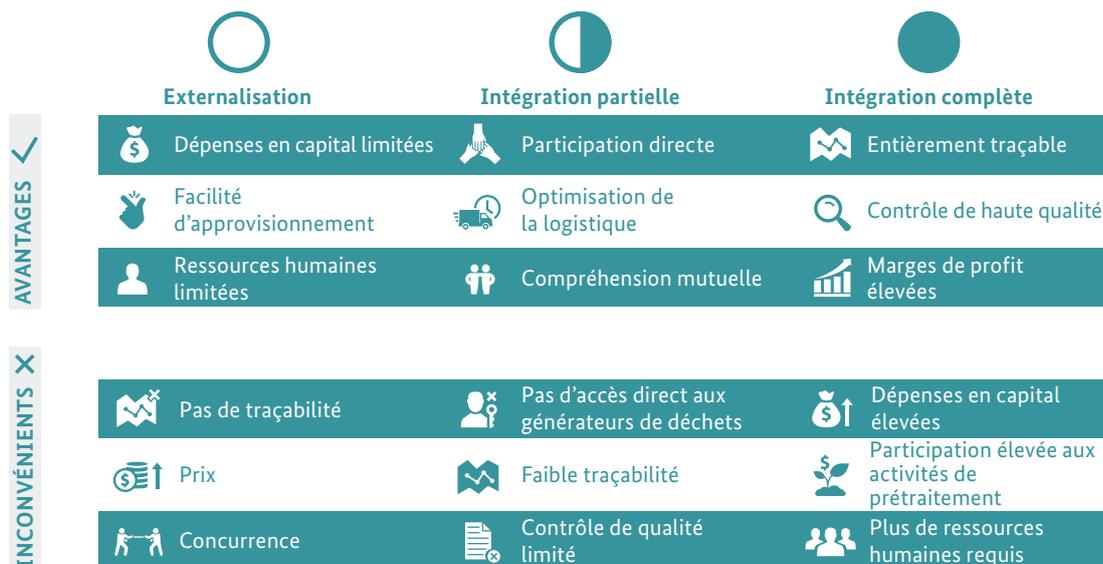


Schéma 19 : Avantages et inconvénients des différents modèles d'intégration (SFI, 2016).

L'intérêt de la cimenterie dépendra en premier lieu de son évaluation de la question de savoir si l'attractivité et le co-processing de fractions non recyclables disponibles pour les CMS seront compétitifs en termes de coûts et bénéfices pour l'environnement, par rapport aux combustibles et matières premières de substitution. Des considérations parallèles pour la gestion des déchets ou les autorités environnementales ou politiques détermineront s'il existe un intérêt de la ville ou de la région à coopérer dans une initiative de co-processing, et de prendre les mesures nécessaires pour mobiliser le prétraitement et produire des CMS. Ce n'est que lorsque les deux « parties » verront un avantage qu'il y aura une chance de réussite d'une initiative de co-processing. Pour plus de détails sur les aspects financiers, [se reporter à la Section 3.6](#).



PARTEI 3



EXIGENCES EN MATIÈRE DE PRÉTRAITEMENT ET DE CO-PROCESSING RESPECTUEUX DE L'ENVIRONNEMENT

Orientations spécifiques : La troisième partie représente la partie la plus importante des Directives : elle énonce les exigences d'un prétraitement et d'un co-processing durables et respectueux de l'environnement. La présente section couvre les cadres nationaux, juridiques et institutionnels (3.1), le contrôle et la surveillance des émissions dans l'environnement (3.2), les procédures opérationnelles pour assurer le contrôle de la qualité (3.3), la santé et la sécurité (3.4), la prise de décision fondée sur les avantages mutuels, les communications avec les parties prenantes et l'engagement du secteur informel (3.5) et l'importance d'avoir en place un financement solide (3.6). Les principes et exigences primordiaux correspondant à chaque sujet sont énoncés au début de chaque section. Au total, 16 exigences spécifiques correspondent aux huit principes directeurs. Un chapitre de clôture détaille les prochaines étapes de la mise en œuvre : le renforcement des capacités et la manière d'appliquer des sections spécifiques des Directives (3.7). Le principe fondamental « Respecter la hiérarchie des déchets et l'économie circulaire » doit être respecté (*voir Partie 1*).



3.1 Aspects juridiques et institutionnels

Principe I

Cadre juridique et institutionnel

- Le respect de toutes les lois et réglementations en vigueur doit être assuré. Le prétraitement et le co-processing doivent être conformes aux accords internationaux pertinents (par exemple, les conventions de Bâle et de Stockholm).
- Une surveillance efficace exercée par un organisme qualifié de réglementation de l'environnement doté d'une capacité institutionnelle suffisante doit être assurée.
- Les exigences et les besoins propres à chaque pays doivent être pris en compte dans les règlements et les procédures.
- S'il n'existe pas de cadre juridique local pour le prétraitement et le co-processing et/ou s'il n'est pas cohérent, les meilleures pratiques internationales sont appliquées et le renforcement des capacités requises et la mise en place d'arrangements institutionnels sont assurés.

Exigence 1

Un cadre juridique approprié doit être mis en place

- Le prétraitement et le co-processing sont intégrés en tant que solution viable de gestion des déchets dans la législation concernant la protection de l'environnement, la santé publique et la gestion des déchets.
- Des réglementations et des normes juridiquement contraignantes clairement définies sont nécessaires pour garantir la sécurité juridique et assurer un niveau élevé de protection de l'environnement.
- Des autorités compétentes et habilitées veillent à l'application équitable et cohérente de la loi.

Exigence 2

Toutes les parties prenantes sont associées au processus d'autorisation

- Les études d'impact environnemental et social sont utilisées pour identifier et quantifier les impacts potentiels des déchets et des CMS sur l'environnement, la santé humaine et les chaînes de valeur locales avant les opérations. Ces données serviront également à établir une base de référence, qui sera réévaluée régulièrement au fur et à mesure de l'évolution du processus.
 - La *meilleure technologie disponible* (MTD) devra être envisagée et appliquée.
 - Les exploitants d'installations de traitement des déchets et de cimenteries fournissent toutes les informations permettant aux parties prenantes d'évaluer les activités de prétraitement et de co-processing.
-

3.1.1 Cadre juridique

Les politiques et les lois nationales définissent toujours les principes et les normes de base en vertu desquels le prétraitement et le co-processing doivent avoir lieu. Sans exigences juridiquement contraignantes, les autorités ne seront pas en mesure de contrôler la conformité et d'appliquer des niveaux élevés de protection de l'environnement et de la santé publique, tandis que les exploitants d'installations ne disposeront pas d'un cadre clair dans lequel opérer.

Le cadre réglementaire devra refléter les capacités des autorités environnementales, du secteur du ciment et de la gestion des déchets dans un pays donné. Les normes complexes sont difficiles à mettre en œuvre et à appliquer, en particulier dans les pays en développement. Des critères clairement définis, faciles à évaluer et à appliquer sont plus appropriés. Pour intégrer le prétraitement et le co-processing dans les politiques et lois nationales relatives à l'industrie, à l'environnement et aux déchets, les organismes de réglementation, le secteur de la gestion des déchets, l'industrie du ciment, et les autres parties prenantes (municipalités, établissements universitaires, ONG) devront fournir une contribution spécifique par pays et par secteur aux institutions nationales qui élaborent les lois et règlements.

Dans les cas où aucun cadre législatif et/ou réglementaire existant ne peut être adapté pour le prétraitement et le co-processing, les exploitants d'installations de prétraitement (provenant du secteur de la gestion des déchets ou d'ailleurs), ainsi que les producteurs de ciment ayant l'intention de mettre en œuvre le co-processing, devraient proposer un cadre réglementaire d'autres pays ayant un niveau de développement comparable ou supérieur, mesuré par leur produit intérieur brut, leur production de déchets et leur développement de systèmes de gestion des déchets. Les opérateurs doivent préparer une documentation préliminaire conforme au système proposé, en se référant aux *meilleures techniques disponibles* (MTD) avant de commencer toute activité.

Si les autorités locales et nationales ne sont pas en mesure ou désireuses d'élaborer un ensemble pertinent d'instruments juridiques et réglementaires, l'entreprise pourra consulter ces autorités et obtenir l'autorisation de demander une autorisation en vertu du droit général de l'environnement en vigueur, en appliquant les normes internationalement reconnues.

3.1.2 Cadre institutionnel

L'expérience des pays qui autorisent le prétraitement et le co-processing montre que le processus d'autorisation, les fonctions d'inspection et de contrôle sont de préférence gérées au sein d'une seule et même agence de réglementation. Toutefois, si la même institution gouvernementale assume également d'autres rôles dans le système, en particulier celui d'exploitant de déchets, des conflits d'intérêts peuvent survenir. Par conséquent, l'indépendance budgétaire et judiciaire et la transparence du régulateur sont essentielles pour faire respecter les normes de manière égale par les opérateurs des secteurs privé et public.

L'agence de régulation devra être habilitée et disposer d'une formation technique adéquate, d'une gestion solide et d'un personnel bien formé et bien équipé. Un manque de sensibilisation ou de ressources en matière de contrôle et d'inspection peut entraîner une mauvaise application de la loi. Toutefois, si les autorités ne disposent pas de toutes les connaissances et de toute l'expérience nécessaires, il est possible de faire appel à l'expertise externe d'entreprises fiables du secteur du ciment et de la gestion des déchets et à des consultants d'organismes indépendants, tels que les universités, les ONG, les associations et/ou les sociétés de conseil.

3.1.3 Processus d'autorisation

Les exploitants d'installations de traitement des déchets qui ont l'intention de prétraiter les déchets et les exploitants de cimenteries qui ont l'intention de co-traiter les CMS sont chargés de présenter une demande d'octroi de permis. Une demande d'autorisation de prétraitement ou de co-processing bien préparée doit fournir des descriptions détaillées de toutes les informations pertinentes sur l'installation de traitement des déchets ou la cimenterie, ainsi que la qualité de tous les déchets ou CMS destinés au prétraitement et au co-processing, y compris des informations sur :

- ✓ Le générateur de déchets/Source de déchets.
- ✓ Le type de déchets/ CMS déjà traités.
- ✓ Les volumes supplémentaires attendus par type de déchets/CMS.
- ✓ Les installations de traitement, de manutention et de stockage de déchets/CMS.
- ✓ Les propriétés chimiques et physiques des déchets/ CMS.
- ✓ Le plan de contrôle et d'assurance qualité des déchets/CMS.
- ✓ Les matières premières et combustibles traditionnels utilisés (co-processing).
- ✓ Le point d'alimentation de CMS dans le fonctionnement du four (co-processing).
- ✓ Les principales spécifications de l'équipement et procédures opérationnelles.
- ✓ Les niveaux actuels et prévus des émissions dans l'air, l'eau et le sol.
- ✓ Les technologies de surveillance et de réduction des émissions disponibles.
- ✓ Les normes applicables en matière de santé et de sécurité au travail.
- ✓ La capacité de stockage et de traitement des eaux de ruissellement contaminées ou des eaux contaminées résultant de déversements ou d'opérations de lutte contre l'incendie.
- ✓ Le plan d'intervention d'urgence.
- ✓ La procédure de consultation publique.

Une fois la demande remplie, les autorités l'examineront et feront part de leurs commentaires. Il est recommandé de communiquer en permanence avec les autorités afin d'éviter tout retard dans la procédure d'autorisation. En même temps, une communication ouverte et des consultations régulières avec le public contribueront à réduire les frictions et les malentendus éventuels (*voir également les annexes 8 et 9*).

Les rôles et les responsabilités de l'exploitant qui fait la demande comprennent :

- Les fait d'établir le contact avec l'autorité compétente et l'autorité statutaire consultante.
- Préparer le formulaire de demande.
- Réaliser une étude d'impact environnemental et social (EIES).
- Susciter la participation du public dès le début afin que les préoccupations puissent déjà être prises en compte dans le formulaire de demande d'octroi de permis.

Les rôles et responsabilités de l'autorité qui délivre les permis – généralement un ministère de l'Environnement – sont normalement les suivants :

- disposer de règles transparentes concernant les autorisations requises pour le prétraitement (susceptibles de relever de la juridiction compétente en matière d'autorisation des déchets) et celles requises pour le co-processing (plus susceptibles de relever des opérations industrielles).
- publier et fournir à l'avance tous les renseignements pertinents sur les formulaires de demande, le mode de présentation, les dates, les étapes clés du processus d'autorisation, le temps écoulé entre la présentation et les étapes clés, la nature des renseignements qui doivent être fournis, sous quelle forme et avec quels types de preuves ou de diligence raisonnable.
- publier (et mettre à jour en permanence ce qui est publié en cas de modification des règles) les critères d'autorisation, ancrés dans la législation et la réglementation.
- consulter d'autres autorités compétentes, par exemple celles qui réglementent la santé, les transports, le commerce, l'environnement, le climat ou le travail.
- indiquer clairement si la demande d'autorisation nécessite une EIES et publier de manière transparente les informations sur les dates et les critères de participation aux auditions, ou formuler des commentaires écrits ou des objections juridiques au cours des commentaires du public.
- évaluer les EIES et d'autres parties des demandes d'autorisation pertinentes conformément à la réglementation d'une manière transparente.
- approuver le projet d'autorisation ou le retourner pour approfondissement, selon des critères transparents et publiés.
- admettre toutes les objections et faciliter le dialogue et la consultation avec les opposants.
- à un moment où la demande d'autorisation est conforme aux lois et aux règlements, approuver et délivrer (avec des stipulations supplémentaires, c'est à dire imposition, condition, limitation dans le temps, réserve quant à la révocation), ou, si cela est indiqué, rejeter la demande d'octroi de permis.

Les autorisations devront définir les types de déchets et de CMS autorisés pour le prétraitement et le co-processing. Les autorisations génériques de co-processing ne devront être délivrés que pour les types de CMS ayant des caractéristiques définies et des antécédents d'utilisation réussie à long terme dans les cimenteries (par exemple, les pneus) ou pour les types de CMS préparés par les installations de prétraitement conformément aux spécifications et aux exigences de la cimenterie. Des inspections systématiques et périodiques par l'autorité qui délivre l'autorisation devront être effectuées pour assurer la conformité aux exigences réglementaires.

D'autres orientations concernant le processus d'autorisation au sein ou sous la sphère d'influence de l'Union européenne peuvent être trouvées dans « Doing the Right Things for Permitting » du réseau de l'UE pour la mise en œuvre et l'application de la législation environnementale (IMPEL, 2015).



Étude de cas 5 : Comment maîtriser le processus d'autorisation en Argentine



Dans le cadre juridique et environnemental argentin, l'État est responsable de l'établissement des règles de qualité de l'environnement, tandis que les provinces sont chargées de compléter ces règles. En ce sens, la loi 24051 sur les déchets dangereux est une loi nationale, et les provinces et les municipalités sont tenues de suivre les prescriptions légales.

Afin de se conformer à la réglementation environnementale pour l'exploitation, Geocycle Argentina doit obtenir annuellement plus de 40 permis environnementaux, dont 30 correspondent à des autorisations spécifiques pour l'exploitation des déchets dangereux et des activités de transport qui doivent être obtenues auprès des juridictions nationales, provinciales et municipales des états de Cordoba, Jujuy et Mendoza. Le fait de ne pas obtenir ces permis ou de ne pas obtenir une nouvelle autorisation après l'expiration d'un permis empêche l'entrée des déchets dans les installations de Géocycle. Bon nombre de ces permis doivent être demandés pendant 90 jours avant la date d'expiration. Dans la plupart des cas, toutefois, même si tous les délais et toutes les exigences établies sont respectés, l'organisme de réglementation ne délivre les autorisations que longtemps après la date d'expiration. Non seulement cela entrave la poursuite des opérations de Géocycle, mais cela entraîne également des impacts économiques négatifs et affecte le marketing et les relations avec la clientèle.

Geocycle Argentina respecte le délai de 90 jours pour l'obtention des permis, mais pour améliorer les processus, a également pris les mesures suivantes :

- un processus de plaidoyer a été initié pour mieux informer les agents des organismes de contrôle de l'environnement et les sensibiliser au travail de Geocycle, aux valeurs, aux bénéfices socio-économiques et environnementaux, mais aussi aux impacts économiques et environnementaux des retards.
- une politique de portes ouvertes pour les intervenants concernés, y compris les agents locaux et provinciaux, afin de les informer au sujet des processus et les activités de l'installation, en particulier au sujet de tous les aspects liés aux préoccupations environnementales.
- Sous la direction de l'*Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP)*, une plate-forme de parties prenantes ainsi qu'un comité de co-processing ont été mis en place pour participer activement aux discussions sur la nouvelle législation avec les agences environnementales nationales.

Leçons apprises : Il est essentiel de maintenir un dialogue régulier et ouvert avec les différents organismes de réglementation afin de clarifier toute préoccupation qui pourrait retarder la délivrance des permis. Bien que le processus d'obtention des permis en Argentine soit très bureaucratique, les entreprises peuvent unir leurs efforts pour aider les autorités à améliorer leurs processus et à accélérer la délivrance des permis. L'obtention de tous les permis dans les délais requis, sans affecter la poursuite des opérations dans ses trois usines, demeure un défi majeur pour Géocycle Argentine. Toutefois, ils sont convaincus que l'approche consistant à demander volontairement le renouvellement des permis avant l'échéance fixée, y compris un dialogue régulier et ouvert avec les organismes de réglementation, appuiera fortement le processus de délivrance des permis



Photo : Personnel de la cimenterie préparant les documents d'autorisation.



3.2 Aspects environnementaux

Principe II

Aspects environnementaux

- Prévenir ou limiter au minimum les émissions supplémentaires et autres effets négatifs sur l'environnement résultant du prétraitement et du co-processing.
- Les émissions dans l'air et dans l'eau provenant du co-processing ne doivent pas être plus élevées que celles provenant de la production de ciment sans co-processing.
- Les produits à base de ciment (béton, mortier) ne doivent pas être utilisés comme évier pour des éléments potentiellement toxiques (par ex. métaux lourds).

Exigence 3

Le prétraitement et le co-processing n'ont pas d'incidences négatives sur les émissions

- Tous les CS doivent être introduits dans les zones à haute température du système du four (c'est-à-dire la cuisson principale, la cuisson secondaire et la précalcination). Il en va de même pour les matières premières de substitution contenant des quantités élevées de matières organiques volatiles.
- Les polluants présents dans les combustibles ou les matières premières de substitution pour lesquels le procédé de fabrication du ciment n'a pas une capacité de rétention suffisante (p. ex. Hg) devraient être limités.

Exigence 4

La surveillance des émissions est obligatoire

- Les émissions doivent faire l'objet d'une surveillance régulière afin de prouver :
 - I. le respect des réglementations et accords nationaux
 - II. la conformité aux politiques et directives de l'entreprise
 - III. la fiabilité du contrôle de la qualité des matières premières.

Exigence 5

La performance environnementale des produits à base de ciment (béton, mortier) ne doit pas se détériorer

- La concentration en métaux lourds des produits finis ne doit pas avoir d'effets négatifs, comme le démontrent par exemple les essais de lixiviation.
 - La qualité du béton doit permettre un recyclage en fin de vie.
-

3.2.1 Polluants concernés

Les normes nationales d'émission sont appliquées au prétraitement et au co-processing par les autorités concernées et sont mises en œuvre par des autorisations. Dans de nombreux pays, des normes d'émissions industrielles existent déjà, mais elles ne couvrent pas spécifiquement les émissions des installations de prétraitement des déchets et des cimenteries qui transforment les CMS. Chaque pays devrait définir ses polluants et ses valeurs limites d'émission pertinentes, en tenant compte du développement économique et industriel global.

En Europe, par exemple, les polluants et les valeurs limites d'émission pertinentes sont définis par la directive sur les *émissions industrielles* (directive 2010/75/UE) et le *registre des rejets et transferts de polluants* (RRTP)⁴. Ce dernier couvre 91 polluants et donne des valeurs seuils de déclaration pour les rejets dans l'air et dans l'eau. Des registres de polluants similaires existent en Australie (National Pollutants Inventory), au Canada (National Pollutants Release Inventory), et aux États-Unis (Toxics Release Inventory).

Pour les activités de gestion des déchets, un large éventail de polluants potentiels de l'air et de l'eau sont mentionnés dans le document d'orientation du RRTP, selon la nature (dangereux ou non dangereux) et le type de déchets traités (RRTP-E, 2006). Selon le BREF de l'UE relatif au traitement des déchets (Brinkmann et coll., 2018), les polluants suivants devront être considérés comme pertinents dans le contexte des installations de prétraitement pour la production de CS et de matières premières par traitement mécanique, biologique ou physico-chimique des déchets :

Émissions dans l'air (prétraitement) :

- Poussière, pour tous les traitements de déchets
- Composés organiques volatils totaux (COVT), pour le traitement biologique des déchets
- Sulfure d'hydrogène (H₂S), pour le traitement biologique des déchets
- Ammoniac (NH₃), pour le traitement biologique et physico-chimique des déchets.

Émissions dans l'eau (prétraitement) :

- *Demande chimique en oxygène* (DCO), pour tous les traitements des déchets
- Indice d'huile d'hydrocarbures et indice de phénol, pour le traitement physico-chimique des déchets.
- Métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), pour le traitement mécano-biologique et physico-chimique des déchets.
- *Azote total* (N total), pour le traitement biologique des déchets
- *Carbone organique total* (COT), pour tous les traitements des déchets
- *Phosphore total* (P total), traitement biologique des déchets
- *Total des solides en suspension* (TSS), pour tous les traitements de déchets.

Il est peu probable que les émissions dans l'air, le sol et l'eau provenant des installations de prétraitement atteignent les valeurs limites des RRTP pour l'un quelconque des polluants. Néanmoins, la surveillance et la déclaration des émissions devront être effectuées régulièrement conformément à la réglementation locale en vigueur.

Pour les fours à ciment, les émissions dans l'air sont généralement de la plus haute importance, tandis que seules quelques cimenteries atteignent les valeurs seuils pour les rejets dans l'eau. Les émissions considérées comme pertinentes par la DEI et le RRTP sont notamment les suivantes :

- Poussière
- SO₂
- NO_x (somme de NO et de NO₂)
- CO
- COVT
- Tous les composés inorganiques du chlore gazeux exprimés en HCl
- Tous les composés inorganiques gazeux du fluor exprimés en HF
- NH₃
- Dioxines et furannes (PCDD/F)
- Benzène
- Métaux (Hg, Tl, As, Sb, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, V).

En raison de la nature volatile du mercure, il convient d'accorder une attention particulière à la teneur en mercure des matériaux utilisés pour la production de clinker et aux procédures opérationnelles correspondantes.

⁴ <https://prtr.ec.europa.eu>



Encadré 6 : Mercure (Hg)

Le mercure est bioaccumulable et hautement toxique pour l'homme sous toutes ses formes chimiques. C'est un élément relativement rare, avec une concentration moyenne dans la croûte terrestre de seulement 0,000005%. On le trouve à la fois à l'état naturel et comme contaminant introduit dans l'environnement. En raison de sa nature volatile et de sa présence dans les combustibles fossiles et les matières premières naturelles utilisés dans de nombreux procédés industriels, le mercure est rejeté dans l'atmosphère à partir d'une grande variété de sources anthropiques.

En août 2017, la Convention de Minamata des Nations Unies sur le mercure est entrée en vigueur. La convention reconnaît le mercure comme une substance chimique préoccupante à l'échelle mondiale en raison de son transport atmosphérique à longue distance, de sa persistance dans l'environnement, de son potentiel de bioaccumulation et de ses effets importants sur la santé humaine et sur l'environnement. (PNUE, 2017a).

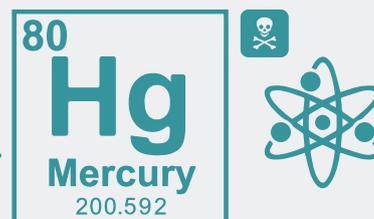
Les gouvernements qui sont Parties à la Convention sont légalement tenus de prendre des mesures pour protéger l'environnement et la santé humaine contre les rejets nocifs de mercure en s'attaquant au mercure pendant tout son cycle de vie. Cela comprend le contrôle des émissions de mercure dans l'air et des rejets dans l'eau. La convention vise à réduire toutes les émissions de mercure, y compris celles qui proviennent des procédés industriels, entre autres également de la production de ciment.

Hg se trouve dans toutes les matières premières et tous les combustibles du ciment. Une source supplémentaire de mercure dans le four peut être le co-processing de combustibles et de matières premières de

substitution contenant du mercure. En raison de sa nature volatile, le mercure n'est pas retenu dans le système du four et est ensuite capturé dans la matrice de clinker. Au lieu de cela, il forme des composés gazeux qui ne sont que partiellement retenus par condensation sur la matière première dans le broyeur brut et le dépoussiéreur. Afin de réduire les émissions de mercure, il peut également s'avérer nécessaire de limiter l'apport de mercure provenant des matières premières et des combustibles dans le système du four. Les émissions de Hg peuvent être réduites en extrayant la poussière de filtrage pendant le fonctionnement direct et en envoyant la poussière de filtrage aux cimenteries.

La DEI (Directive sur les émissions industrielles) européenne limite les émissions de Hg à 0,05 mg/Nm³ @10% O₂. Aux États-Unis d'Amérique, la National Emission Standard for Hazardous Air Pollutants fixe pour les nouvelles cimenteries une limite de 21 lb par million de tonnes de clinker et de 55 lb par million de tonnes de clinker pour les usines existantes (EPA, 2006). La norme pour les unités d'incinération des déchets solides industriels et commerciaux (UIDSIC)⁵ fixe une limite de 0,011mg/m³. 7% O₂ (EPA, 2016)

Afin de respecter ces limites, toutes les matières entrant dans le four à ciment doivent être régulièrement analysées pour déterminer leur teneur en Hg. L'utilisation responsable de CMS comprend le contrôle de la teneur en Hg des matières entrantes et l'abstention de les utiliser si la teneur en Hg est trop élevée.



Les polluants organiques persistants (POP) sont des composés organiques qui résistent à la dégradation de l'environnement par des processus chimiques, biologiques et photolytiques. En raison de leur persistance, les POP se bioaccumulent dans les organismes vivants, ce qui peut avoir des effets nocifs sur la santé humaine et l'environnement.

La Convention de Stockholm sur les POP mentionne les fours à ciment brûlant des déchets dangereux comme source potentielle de formation et de rejet de POP (PNUE, 2017). Toutefois, une étude exhaustive sur la formation et le rejet de POP dans l'industrie du ciment réalisée par le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (WBCD) montre clairement que des niveaux accrus de formation et le rejet de POP ne se sont produits que dans les fours longs humides et secs, et ces derniers ne sont plus considérés comme étant à la pointe de la technologie (WBCSD, 2006). En outre, les fours à ciment sont reconnus par les directives techniques de la Convention de Bâle comme une technique de gestion des déchets appropriée pour la destruction des POP dans les déchets lorsqu'elle est effectuée conformément aux MTD (Meilleures technologies disponibles) tout en respectant les exigences établies pour les intrants, les procédés et le contrôle des émissions (PNUE, 2011). Pour le co-processing des déchets contenant des POP, un brûlage d'essai doit être effectué pour démontrer une *efficacité de destruction et d'élimination* (ERD) de 99,9999%. L'on trouvera à l'*annexe 10* une description détaillée de la procédure à suivre pour les essais de combustion ERD.

⁵ <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/commercial-and-industrial-solid-waste-incineration-units-ciswi-new>



Encadré 7 : Dioxines et furannes (PCDD/PCDF)

Les PCDD/PCDF sont des composés qui sont des *polluants organiques persistants* (POP) environnementaux hautement toxiques. Comme les dioxines et les furannes font référence à une vaste catégorie de composés dont la toxicité varie considérablement, le concept de facteur d'équivalence toxique a été élaboré pour faciliter l'évaluation des risques et le contrôle réglementaire. En référence à leur importance en tant que substances toxiques pour l'environnement, le terme dioxines et furannes est utilisé pour désigner la somme des composés (en tant que TEQ) qui présentent la même toxicité spécifique que la dioxine 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (TCDD). Il s'agit de 17 PCDD/PCDF et 12 PCB.

La formation de PCDD/PCDF implique de nombreuses réactions complexes et une compréhension complète de la chimie des réactions n'est pas encore établie. Les PCDD et PCDF peuvent se former dans les fours à ciment du préchauffeur et du dispositif de contrôle de la pollution de l'air s'il y a suffisamment de chlore, de précurseurs chloro-aromatiques et/ou d'hydrocarbures volatils provenant d'une combustion incomplète ou de matières premières. La formation de dioxines et de furannes est connue pour se produire principalement à partir de réactions hétérogènes, catalysées en surface, de précurseurs ou de synthèse de novo dans la fenêtre de température entre 250 et 450°C. Il est donc important que les gaz évacués soient refroidissent rapidement à une température inférieure à 200°C. Les fours modernes de préchauffage et de précalcination présentent déjà cette caractéristique inhérente à la conception du procédé.



**DIOXINS
FURANS**

Le Conseil mondial des entreprises pour le développement durable (WBCSD) a évalué environ 2 200 mesures de dioxines et furannes (PCDD/PCDF) effectuées entre la fin des années 1970 et récemment. Les données indiquent que les fours à ciment peuvent normalement respecter des niveaux d'émission de Dibenzo-p-dioxines polychlorées (PCDD) / dibenzofuranes (PCDF) inférieurs à 0,1 ng TEQ/Nm³ à 10% de O₂, ce qui est la valeur limite de la directive européenne sur les émissions industrielles pour les fours à ciment en co-traitant des CMS. Le co-processing des combustibles et des matières premières de substitution, acheminés vers le brûleur principal, l'entrée du four ou le précalcinateur ne semble pas influencer ou modifier les émissions de POP (WBCSD, 2006).

Les mesures primaires les plus importantes pour assurer la conformité avec un niveau d'émission de dioxines et de furannes (PCDD/PCDF) de 0,1 ng TEQ/Nm³ à 10% O₂ sont :

- Refroidissement rapide des gaz d'échappement du four à une température inférieure à 200°C dans les fours longs humides et longs secs. Les fours modernes de préchauffage et de précalcination présentent déjà cette caractéristique inhérente à la conception du procédé.
- Éviter d'utiliser des matières premières de substitution dans l'alimentation des matières premières naturelles si elles contiennent des composés organiques volatils.
- Éviter l'alimentation en combustibles de substitution lors du démarrage et de l'arrêt du four à ciment.



Photo :
Refroidissement et épurant des gaz d'échappement dans le préchauffeur en suspension.

3.2.2 Techniques de réduction des émissions

Les émissions atmosphériques des installations de prétraitement dépendent des types de déchets traités et des procédés utilisés. Il faut s'attendre à ce que les poussières et les composés organiques produisent des émissions dans l'air et il faut mettre en place des techniques de réduction appropriées. Les plages types d'émissions dans l'air des fours à ciment et les techniques de réduction appropriées sont expliquées en détail dans le document BREF pour la Production de *Ciment, Chaux et Oxyde de magnésium* (CLM) (Commission européenne, 2013). Étant donné qu'il n'y a pas de changement significatif dans les émissions dans le cadre d'un co-processing durable, cela s'applique également au co-processing :

- Poussières diffuses : couvrir les zones de stockage en vrac ou les piles de stocks, utiliser une protection contre le vent pour les piles de stocks ouverts, utiliser des pulvérisateurs d'eau et des dépoussiérants chimiques, assurer le pavage, le mouillage des routes et l'entretien ménager.
- Poussières canalisées : précipitateurs électrostatiques, filtres en tissu, filtres hybrides.
- Composés organiques volatils et odorants : adsorption, biofiltre, oxydation thermique, lavage humide.
- SO₂ : optimisation du procédé de broyage brut, adsorption, lavage humide.
- NO_x : techniques primaires (refroidissement par flamme, brûleurs à faible taux de NO_x, optimisation des procédés), combustion étagée (conventionnelle ou CS), *réduction sélective non catalytique* (RSNC), *réduction catalytique sélective* (RCS) en fonction du développement du catalyseur et du procédé dans l'industrie du ciment.
- CO, COVT et benzène : optimiser le processus de combustion, éviter d'introduire des matières premières à forte teneur en COV dans le système du four par le circuit d'alimentation des matières premières.
- HCl et HF : utilisation de techniques de dépoussiérage par filtration, techniques de dérivation du chlore gazeux, adsorption.
- NH₃ : optimiser le glissement de l'ammoniac dû à l'ammoniac n'ayant pas réagi à partir de la réduction des NO_x par SNCR.
- PCDD/F : sélection et contrôle minutieux des matières premières (chlore, cuivre et composés organiques volatils dans les matières premières et chlore, cuivre dans les combustibles), limitation de l'utilisation des CMS qui contiennent des matières organiques chlorées, éviter le co-processing au démarrage et l'arrêt du four.
- Métaux (Hg, Cd, Tl, As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) : limiter la teneur en métaux pertinents dans les matières premières, en utilisant des techniques efficaces d'élimination de la poussière.

L'eau contaminée provenant des installations de prétraitement devra être captée et traitée de façon responsable. Les rejets dans les eaux de surface et souterraines dépendent des types de déchets traités et des procédés utilisés. En fonction du degré et de la nature des polluants et du débit (eaux de surface, traitement des eaux sur place, traitement collectif des eaux industrielles ou réseau public d'égouts), l'on peut utiliser une combinaison des différentes techniques de réduction suivantes :

- Traitement de l'eau : décantation, séparateurs hydrocarbures/huile/boue, adsorption, traitement physico-chimique, traitement biologique, traitement thermique (pour eau très polluée).

Les déchets générés par ces techniques de réduction (charbon actif usagé, boues, hydrocarbures, huiles, etc.) peuvent également, dans de nombreux cas, être co-traités. Dans le cas contraire, ils devront être acheminés vers des installations de traitement externes. Des techniques de réduction et des mesures d'ingénierie appropriées devraient être mises en place pour la protection des sols et des eaux souterraines, par exemple une géomembrane appropriée comme joint d'étanchéité du sol.

Les cimenteries n'émettent pas d'eau polluée par les industries, mais produisent uniquement des eaux usées domestiques à partir de différentes sections de l'usine. Ces effluents sont généralement rejetés dans des installations de traitement des eaux usées captives ou publiques.

Dans les installations de prétraitement comme dans les cimenteries, une attention particulière doit être accordée à la gestion des eaux d'extinction potentiellement polluées. En cas d'incendie, il est possible que cette eau soit contaminée par des agents de lutte contre l'incendie et des résidus d'incendie. Cette eau contaminée doit être captée et éliminée de façon responsable.

3.2.3 Surveillance et déclaration des émissions

Les installations de prétraitement devraient être inspectées et des mesures ponctuelles des émissions atmosphériques devraient être effectuées par un laboratoire d'essai indépendant compétent tous les six mois. Le champ d'application de l'inspection et des essais d'émissions atmosphériques doit être défini dans le permis délivré à l'installation de prétraitement. Le laboratoire d'essais doit se conformer aux exigences de la réglementation locale, tant en ce qui concerne la compétence que la formulation de rapports.

Les mesures d'odeurs peuvent être complexes et peu fiables. Cependant, une analyse de base sur les odeurs et les niveaux de bruit devrait être effectuée avant la construction ou la mise en service des installations de traitement des déchets en cas de plaintes futures des voisins, d'allégations et de responsabilités.

L'eau de nettoyage, l'eau de process et les moyens de lutte contre l'incendie peuvent constituer une source importante de pollution des eaux usées. Les valeurs limites de rejet des polluants devraient faire partie intégrante de l'autorisation, et la conformité doit être surveillée et signalée. Les émissions dans l'eau devraient être surveillées une fois par mois.

A l'exception des accidents, les émissions dans le sol et les eaux souterraines ne sont pas prévues. Toutefois, une analyse de base sur le niveau de pollution des eaux souterraines et du sol devrait être effectuée avant la construction ou la mise en service d'installations de traitement des déchets en cas d'allégations et de responsabilités futures.

La surveillance et la déclaration des émissions des cimenteries devraient inclure tous les éléments décrits dans le [tableau 3 ci-dessous](#). Ces exigences en matière de surveillance des émissions atmosphériques dans les cimenteries sont ambitieuses, mais elles sont recommandées comme norme pour la réglementation sur les émissions atmosphériques.

| Composante | Fréquence de surveillance |
|---|--|
| Poussière, SO ₂ , NO _x , CO, VOC | En continu |
| HCl, NH ₃ , Hg, Tl, Cd, As, Cr, Cu, Sb, Ni, Pb, Zn, V, benzène, dioxines et furannes | Mesures périodiques au moins une fois par an |

Tableau 3 : Méthode de surveillance des émissions atmosphériques en cimenterie (co-processing) pour les polluants pertinents.

Pour les mesures en continu, il convient d'utiliser des moniteurs d'émissions en ligne fiables. Pour les mesures ponctuelles périodiques, il convient de choisir des entreprises de service nationales ou internationales compétentes.

Pendant les mesures ponctuelles périodiques, les entreprises de service doivent également mesurer la poussière, le SO₂, les NO_x, le CO et les COV pour comparer les résultats avec les moyennes respectives des mesures continues au cours de la même période. En cas d'écarts importants, il faut vérifier l'exactitude des mesures continues et discontinues.

Les mesures des émissions dans l'air et dans l'eau devront être effectuées conformément aux normes EN ou ISO, aux normes nationales ou aux autres normes internationales qui garantissent la fourniture de données d'une qualité scientifique équivalente. Le rapport européen BREF sur la surveillance des émissions dans l'air et dans l'eau provenant des installations de DEI (Brinkmann et coll., 2018) donne un bon aperçu des différentes normes et de certains aspects généraux de la surveillance des émissions tels que le régime de surveillance, l'assurance qualité et les rapports.

Il faut être prudent lors de *l'entreposage, de la manutention et du transfert* des déchets et des CMS, car certains polluants peuvent s'infiltrer dans le sol et les eaux souterraines. Les zones de stockage, de manutention et de transfert des déchets et des CMS sur les sites de prétraitement et de co-processing devront être conçues conformément aux approches standard de l'industrie (capacité adéquate, exploitation sûre) et devraient tenir compte des procédures ci-dessous :

- ✓ La manipulation et le transfert des déchets et des CMS sont effectués par un personnel compétent.
- ✓ Des mesures sont prises pour prévenir, détecter et atténuer les déversements.
- ✓ Des précautions d'exploitation et de conception sont prises lors du mélange ou du regroupement des déchets.

D'autres recommandations sur la manière de réduire les émissions provenant du stockage, du transfert et de la manutention des solides et des liquides figurent dans le document de référence européen sur les MTD relatives aux émissions provenant du stockage (Commission européenne, 2006).



Encadré 8 : Transparence dans la surveillance des émissions

Une surveillance et un contrôle efficaces des émissions et d'autres sources potentielles de problèmes pouvant découler de l'introduction du prétraitement et du co-processing peuvent être conçus comme un processus participatif et inclusif. Les intérêts des voisins et des riverains, des fournisseurs, des employés, des entrepreneurs, des organismes de réglementation

et du grand public devraient jouer un rôle de premier plan. Pour accroître l'acceptation des installations locales de prétraitement et des cimenteries, il peut être utile d'effectuer une surveillance transparente des émissions et de rendre les valeurs d'émissions accessibles aux parties prenantes.

3.2.4 Impact environnemental de l'utilisation des CMS sur les produits à base de ciment

Certains métaux (par exemple Hg, Tl, Cd, Sb, As, Pb, Cr) sont appelés polluants parce qu'ils peuvent affecter la santé s'ils sont absorbés en quantités excessives par des organismes vivants. Étant donné que ces métaux sont présents dans toutes les matières premières, conventionnelles et de substitution, ils seront également présents dans les produits ciment, béton et mortier.

La teneur en métal du ciment produit sans CMS varie considérablement selon l'origine géographique et/ou géologique des matières premières et des combustibles utilisés. Des études approfondies ont montré que, d'un point de vue statistique, l'utilisation de CMS n'a qu'une influence marginale sur la teneur en métaux du clinker et du ciment. La seule exception est le niveau de Zn qui est augmenté par l'utilisation de pneus. Bien entendu, une base statistique n'est pas la même que le résultat de la surveillance du produit, c'est pourquoi une analyse de base de la teneur en métaux du clinker et du ciment devrait être établie avant l'introduction de CMS.

Les produits finis ciment, béton et mortier agissent comme un système « multi-barrières » contre la libération de métaux due :

- A l'incorporation de métaux dans la structure cristalline du clinker
- A l'incorporation de métaux dans le produit d'hydratation du ciment
- A la formation de minéraux insolubles
- A l'encapsulation de métaux dans la structure dense du béton.

Les évaluations du comportement environnemental du ciment et du béton sont généralement fondées sur les *caractéristiques de lixiviation* des métaux lourds dans l'eau et le sol. Divers scénarios d'exposition devraient être envisagés :

- ☑ exposition des structures de mortier et de béton en contact direct avec les eaux souterraines (applications « primaires »)
- ☑ exposition du mortier ou du béton en contact direct avec l'eau potable dans les systèmes de distribution (tuyaux en béton) ou de stockage (réservoirs en béton) ; (applications « durée de vie »)
- ☑ réutilisation du béton démolé dans les granulats recyclés, les constructions routières, les remblais de barrages, etc. (applications « secondaires » ou « de recyclage »)
- ☑ élimination du béton démolé dans les décharges (applications de « fin de vie »).

La lixiviation des oligo-éléments du béton à l'intérieur des valeurs de pH pertinentes pour l'environnement est un processus contrôlé par diffusion (c'est à dire extrêmement lent). Mais tous les métaux ne partagent pas les mêmes caractéristiques principales de lixiviation. *Les principaux résultats des nombreuses études de lixiviation* réalisées pour évaluer les impacts environnementaux des métaux lourds noyés dans le béton sont les suivants :

- les quantités lessivées d'oligo-éléments provenant du béton monolithique (applications « durée de vie » et « recyclage ») sont inférieures ou proches des limites de détection des méthodes analytiques les plus sensibles ;
- aucune différence significative dans le comportement de lixiviation des oligo-éléments n'a été observée entre les ciments et les bétons produits avec ou sans CMS
- l'exception concerne le chrome, l'aluminium et le baryum. Les concentrations de lixiviat de ces trois métaux peuvent, dans certaines conditions d'essai, approcher les limites des normes relatives à l'eau potable.
- en particulier, le chrome hexavalent dans le ciment est soluble dans l'eau et peut être lessivé à partir du béton à des taux plus élevés que les autres métaux ; par conséquent, les apports de chrome dans le ciment et le béton devraient être limités autant que possible.
- des essais en laboratoire et des études sur le terrain ont démontré que les valeurs limites applicables (par exemple les normes relatives aux eaux souterraines ou à l'eau potable) ne sont pas dépassées tant que la structure en béton reste intacte (applications « primaires » ou « durée de vie »)
- certains autres métaux tels que l'arsenic, le chrome, le vanadium, l'antimoine, l'antimoine ou le molybdène (appelés « oxyanions ») peuvent avoir un comportement de lixiviation plus mobile, notamment lorsque le mortier ou la structure en béton est détruit par broyage (applications « recyclage » et « fin de vie »).

L'on ne sait pas clairement comment réguler la teneur en oligo-éléments des ciments, ni si leur comportement de lixiviation est important pour l'environnement ; et donc si l'utilisateur a des besoins spécifiques de limitation des oligo-éléments.

Pour différents scénarios d'exposition réels au béton et au mortier, il existe différents tests de lixiviation et différentes procédures d'évaluation. Des procédures d'essai normalisées ont été élaborées principalement pour les applications liées à l'eau potable. Des procédures d'essai harmonisées et normalisées fondées sur les scénarios d'exposition décrits ci-dessus sont toujours nécessaires.



3.3 Aspects opérationnels

Principe III

Exploitation et contrôle de la qualité

- Seuls les flux de déchets appropriés doivent être sélectionnés. Ces derniers doivent être prétraités afin d'assurer le contrôle de la qualité, une manutention appropriée et un fonctionnement stable du four pendant le co-processing.
- Les entreprises engagées dans le prétraitement et le co-processing doivent être qualifiées. Elles contrôlent et surveillent régulièrement les intrants et les paramètres pertinents de leurs processus de production.
- La qualité des produits à base de ciment (béton, mortier) reste inchangée.

Exigence 6

L'adéquation des déchets/CMS doit être assurée afin qu'ils puissent être admis pour le prétraitement ou co-processing

- Les nouvelles sources de déchets et de CMS font l'objet d'une procédure de pré-acceptation (qualification à la source) avant d'être pris en considération pour le prétraitement ou le co-processing.
- Le prétraitement et le co-processing n'empêchent pas le développement de systèmes de recyclage locaux et mondiaux, et les préprocesseurs détournent les matières recyclables vers le recyclage lorsque cela est possible.
- La traçabilité est assurée dans l'installation de prétraitement et de co-processing depuis la réception jusqu'au traitement final.
- Les accords relatifs aux niveaux de service entre les producteurs de déchets et les installations de prétraitement ainsi qu'entre les cimenteries et les installations de prétraitement doivent inclure des spécifications en matière de qualité.
- Les catégories de déchets impropres au prétraitement ou les CMS ne répondant pas aux spécifications de qualité pour le co-processing seront refusées.

Exigence 7

Le transport, l'entreposage, le traitement et la manutention doivent être réglementés et surveillés

- Le transport, l'entreposage, le traitement et la manutention des déchets et des CMS doivent être conformes aux exigences réglementaires.
- Des procédures, équipements et infrastructures adéquats pour le transport, le stockage, le traitement et la manutention des déchets et des CMS doivent être fournis et entretenus régulièrement en fonction de la nature des matières.
- Les systèmes de traitement et de manutention des déchets et des CMS doivent être conçus de manière à réduire au minimum les poussières diffuses, à prévenir les déversements, à atténuer les risques d'incendie et d'explosion et à éviter le rejet de vapeurs toxiques ou nocives.

Exigence 8

Les procédures opératoires standard doivent être clairement définies et connues des opérateurs

- Le four ne doit être alimenté en CMS qu'aux points d'alimentation appropriés en fonction des caractéristiques des CMS.
- L'alimentation du four en CMS doit être évitée pendant le démarrage et l'arrêt du four.
- Les conditions techniques de l'installation qui influent sur les émissions, la qualité du produit et la capacité doivent être soigneusement contrôlées et surveillées.

Exigence 9

Un système de contrôle de la qualité est mis en œuvre

- Des plans de contrôle de la qualité documentés doivent être élaborés et mis en œuvre dans chaque site de prétraitement et de co-processing.
- Des procédures, de l'équipement adéquat et du personnel formé pour le contrôle de la qualité, doivent être fournis.
- Des protocoles appropriés sont mis en œuvre en cas de non-respect des spécifications définies.

3.3.1 Transport, entreposage, traitement et manutention

Le transport, stockage, traitement et manutention des déchets et des CMS – en particulier ceux présentant des caractéristiques dangereuses – devront être soumis à des réglementations détaillées et à des exigences légales. Les réglementations et exigences locales, nationales et internationales (par exemple la Convention de Bâle) doivent être respectées et les bonnes pratiques et engagements qui en découlent doivent être adoptés.

Seules les entreprises autorisées devraient être sélectionnées pour transporter les déchets et les CMS vers les sites de prétraitement et de co-processing. Les propriétaires et exploitants de matériel de transport doivent :

- ☑ fournir la preuve de l'entretien adéquat de leur équipement
- ☑ n'employer que des opérateurs formés
- ☑ se conformer à toutes les réglementations et exigences légales en vigueur en fonction de la nature des matériaux transportés
- ☑ respecter strictement les exigences et les procédures du site de prétraitement et de co-processing lorsqu'ils se trouvent sur leur propriété.
- ☑ pour le transport des CMS sur le site et hors site, sélectionner et engager uniquement des entreprises autorisées à manipuler, transporter et entreposer des déchets et d'autres matières semblables à ceux de CMS.

Le site de prétraitement ou de co-processing devrait informer les propriétaires et les opérateurs de matériel de transport des exigences et des procédures applicables à l'intérieur de leur propriété, et demander au transporteur de déchets de fournir des preuves concernant la formation appropriée des opérateurs.

Le transport, le stockage et la manutention en interne des déchets et des CMS doivent être effectués de manière à prévenir les déversements ainsi que la contamination des eaux souterraines et du sol, à réduire au minimum le risque d'incendie ou d'explosion, à contrôler les émissions de poussières diffuses et à contenir les composants volatils, les odeurs et le bruit. Le site de prétraitement et de co-processing devra suivre toutes les procédures d'autorisation industrielle et :

- ☑ élaborer des exigences et des procédures pour le déchargement, l'entreposage et la manutention des déchets et des CMS
- ☑ fournir une capacité de stockage suffisante et des installations de manutention adéquates
- ☑ mettre en œuvre des plans détaillés d'intervention en cas de déversement et d'urgence
- ☑ mettre en œuvre des contrôles adéquats des poussières diffuses pendant le transport, le déchargement, le stockage et la manutention des déchets et des CMS en interne
- ☑ lutter contre l'érosion éolienne, la litière et le ruissellement de l'eau provenant des stocks
- ☑ appliquer des normes de sécurité incendie et antidéflagrante pour toutes les installations, en fonction de la nature des matériaux utilisés
- ☑ fournir des installations et des équipements adéquats pour la suppression, enlèvement ou destruction des composants gazeux volatils
- ☑ assurer l'utilisation adéquate de l'équipement de protection individuelle et la formation des employés sur place.

3.3.2 Procédures d'utilisation des fours

Les principes généraux d'un bon contrôle du fonctionnement des fours utilisant des combustibles et des matières premières conventionnelles devraient également s'appliquer pendant le co-processing. En particulier, tous les paramètres pertinents du procédé devraient être mesurés, enregistrés et évalués en permanence.

Les opérateurs de four devraient être formés en conséquence, en accordant une attention particulière aux exigences liées à l'utilisation des CMS. Pour les conditions de démarrage, d'arrêt ou de perturbation du four, l'utilisation de CMS devra être exclue et des procédures d'exploitation écrites sur la façon d'arrêter l'alimentation des CMS pendant ces conditions devraient être disponibles et connues des opérateurs du four.

3.3.3 Gestion du chlore

L'impact des CMS sur l'apport total d'éléments volatils tels que le chlore, le soufre ou les alcalis doit être soigneusement évalué avant l'acceptation des CMS, car ils peuvent causer des problèmes opérationnels dans un four. Les critères d'acceptation spécifiques pour ces composants doivent être définis individuellement par le site en fonction de la situation spécifique de la matière première et du combustible ainsi que du type de procédé du four.

En cas d'apport excessif de chlore dans les matières premières d'alimentation, les fours à ciment développent des problèmes de fonctionnement dus à l'adhésivité accrue des matières traitées et à la formation d'accumulation associée. Ces problèmes de fonctionnement sont résolus par l'extraction des poussières de filtrage en fonctionnement direct ou par l'extraction d'une partie des gaz du four enrichis en chlore dans le conduit de la colonne montante du four. Les produits intermédiaires qui en résultent sont appelés *poussière de four à ciment* (PFC) ou *poussière de dérivation* (PDD).

Dans certains cas, en particulier aux États-Unis, le marché exige des ciments à faible teneur en alcali. La volatilisation alcaline est favorisée par l'ajout de chlore. L'alcali et le chlore sont ensuite éliminés à l'aide d'un système de dérivation des gaz générant du PDD. Si l'élimination des alcalis se fait dans des fours longs humides ou secs, un autre type de poussière, appelé *poussière de four à ciment* (PFC, niveaux d'enrichissement modérés), est produit.

Dans de nombreux pays, la PFC et la PDD peuvent être ajoutés aux ciments (si les normes locales sur le ciment le permettent). Toutefois, dans certains cas, il ne peut pas être entièrement réutilisé et la mise en décharge peut donc s'avérer nécessaires.

- Si la mise en décharge ne peut être évitée, elle doit se faire selon les règles de la mise en décharge contrôlée.
- La PFC et la PDD devraient être compactées pour prévenir l'érosion éolienne, et la face exposée devrait être réduite au minimum.
- Les effluents devront être recueillis et traités avant d'être rejetés.

3.3.4 Contrôle et assurance de la qualité

Pré-qualification

L'utilisation potentielle de tout déchet dans une installation de prétraitement ou un CMS dans une cimenterie devra faire l'objet d'un processus détaillé de préqualification des déchets/CMS comprenant les étapes suivantes :

- Identification du client (producteur de déchets, société de gestion des déchets) avec les déchets candidats (source candidate).
- Évaluation de la recyclabilité : ce flux de déchets est-il actuellement ou potentiellement recyclable, et son utilisation en tant que CMS va-t-elle concurrencer toute opération de réutilisation, de recyclage ou de récupération des matériaux qui représente un niveau de priorité plus élevé dans la hiérarchie ?
- Évaluation de l'information existante, par exemple
 - activité commerciale ou type de processus de production de déchets
 - stockage intermédiaire ou traitement des déchets
 - caractéristiques physiques et chimiques des déchets
 - données de santé et de sécurité et classification des dangers (fiche signalétique si disponible)
 - volumes de stock existants et taux de livraison prévus
 - conditions de transport (codes des déchets, codes du transport, emballage, mode de transport, exigences légales)
- façon dont les déchets sont actuellement autorisés, transportés et gérés
- violations ou obligations légales ou financières en suspens qui pourraient affecter un futur utilisateur.
- Essai à grande échelle d'un échantillon représentatif de déchets (analyse de qualification à la source) comprenant au moins toutes les caractéristiques chimiques et physiques énumérées dans le permis d'exploitation et dans les spécifications de l'usine, et comparaison avec des spécifications données.
- Création d'un Dossier Permanent de Qualification Déchets/CMS des déchets candidats ([Annexe 13](#)).
- En cas d'acceptation de déchets candidats : contrat et arrangement pour les livraisons de déchets, y compris les caractéristiques et les critères d'acceptation des déchets convenus.
- En cas de refus, communiquer au client les critères de non-acceptation.

Le réceptionnement

Le réceptionnement dans les opérations de routine devra être contrôlé pour chaque envoi individuel :

- assurer le respect des exigences internes en matière de santé et de sécurité au travail (protection des employés)
- vérifier que les matériaux livrés sont conformes à l'autorisation et aux spécifications de l'usine
- prendre des décisions concernant l'acceptation ou le rejet des transferts de déchets
- tenir des dossiers pour les demandes, enquêtes ou allégations (potentielles) futures.

Le contrôle complet du réceptionnement comporte une partie administrative et une partie analytique. La vérification administrative comprend :

- ☑ contrôle des documents d'accompagnement (type et quantité de déchets, code des déchets, origine des déchets, transporteur, date de livraison, code de transport, etc.)
- ☑ inspection du certificat de déchets (données physiques et chimiques, données de santé et de sécurité, etc.).

La vérification analytique comprend :

- ☑ pesage du camion/chargement
- ☑ inspection visuelle
- ☑ échantillonnage (échantillon représentatif)
- ☑ tests/analyses (tests rapides/analyses d'empreintes digitales)
- ☑ comparaison du Fichier de contrôle des expéditions avec le Fichier principal de qualification.

Le plan de contrôle détaillé dépend de l'origine et de la nature des déchets ou des CMS et contient des spécifications sur les codes d'identification, les responsabilités, le lieu et la fréquence d'échantillonnage, le type d'essais analytiques, la fréquence des essais et les exigences du permis. Des procédures de travail documentées pour l'échantillonnage, les essais analytiques, le stockage des échantillons, la gestion de l'équipement de laboratoire (étalonnage, entretien, etc.), les procédures administratives et la validation des résultats devraient être disponibles et communiquées au personnel de service.

Les critères de réceptionnement devront être définis et mis à jour régulièrement conformément à la réglementation locale. Des protocoles et des instructions écrits devraient être disponibles détaillant les mesures à prendre en cas de non-respect des spécifications ou des règlements donnés. Les fournisseurs des déchets ou CMS doivent être informés des livraisons non conformes.

Une conception de laboratoire, une infrastructure, des équipements d'essai appropriés devront être fournis et entretenus pour permettre tous les essais analytiques requis correspondant aux types de déchets/CMS et au plan de contrôle. Les échantillons d'essai et les résultats d'essai doivent être conservés ou classés pendant une période de temps définie. Des essais inter-laboratoires devront être effectués périodiquement afin de vérifier et d'améliorer les performances analytiques du laboratoire.

Le personnel chargé du contrôle de la qualité devra recevoir une formation adéquate en fonction des besoins spécifiques et de la nature des déchets ou des CMS. Des plans de formation et des dossiers de formation documentés doivent être élaborés et conservés à titre de référence.

Contrôle de la qualité des CMS

Si les déchets sont prétraités en CMS, un contrôle régulier du produit est requis à l'installation de prétraitement :

- respecter l'autorisation et les spécifications d'exploitation de la cimenterie
- assurer une qualité constante du CS ou de la matière première pour un fonctionnement stable du four et une qualité de produit adéquate
- assurer la santé et la sécurité des employés pendant la manutention et l'entreposage
- prévenir les risques ou les dangers pour l'environnement à la cimenterie (émissions, effluents).

Chaque lot de CMS doit être inspecté et/ou testé avant d'être livré à une cimenterie. De plus, des échantillons instantanés devraient être prélevés régulièrement à des fins de contrôle du procédé. Le programme d'essai complet conformément à l'accord de qualité des CMS doit être effectué sur un échantillon composite de la production quotidienne. Si le lot contrôlé du CMS fini n'est pas conforme aux spécifications, il doit être retraité ([voir annexe 14](#)).

Dans le but d'harmoniser les CS solides, une norme européenne pour les combustibles solides récupérés a été élaborée. Le CSR est un combustible dérivé de déchets non dangereux produits conformément aux exigences des normes européennes pour le CSR, en particulier de la norme EN15359. L'objectif principal des normes est de soutenir le commerce transfrontalier des combustibles dérivés des déchets en Europe.

Contrôle de la qualité du clinker et du ciment

La production de ciment nécessite un contrôle rigoureux de la chimie des principaux ingrédients : CaO, SiO₂, Fe₂O₃ et Al₂O₃, ainsi que d'autres constituants mineurs tels que les sulfites (SO₃²⁻), K₂O, Na₂O, TiO₂ et le pentoxyde de phosphore (P₂O₅). La teneur en minéraux des CMS peut modifier les caractéristiques du clinker. La composition du mélange de matières premières doit être ajustée en conséquence pour maintenir la qualité souhaitée du produit.



3.4 Aspects relatifs à la santé et à la sécurité

Principe IV

Aspects liés à la santé et à la sécurité (S&S)

- Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing doivent mettre en place des contrôles de risques appropriés afin d'assurer des conditions de travail saines et sans danger aux employés et aux sous-traitants.
- Nécessité de disposer de bons dossiers de conformité en matière d'environnement et de sécurité, ainsi que du personnel, des processus et des systèmes engagés à protéger l'environnement, la santé et la sécurité.

Exigence 10

Un système de gestion de la santé et de la sécurité doit être mis en œuvre sur tous les sites

- L'identification et l'atténuation des risques constituent la base du système de gestion de la santé et de la sécurité au travail.
- La documentation et les informations sur la santé et la sécurité doivent être partagées avec tous les employés et servir de base à l'ouverture et à la transparence au sujet des mesures de santé et de sécurité.
- Les installations de prétraitement et de co-processing doivent être conçues et construites de manière à protéger la santé et la sécurité des employés, la communauté et l'environnement.
- Un bon emplacement, une bonne infrastructure et des employés bien formés peuvent tous minimiser les risques.

Exigence 11

Des plans d'intervention d'urgence doivent être mis en œuvre pour chaque site

- Des plans d'intervention d'urgence adéquats doivent être mis en œuvre pour tous les sites de prétraitement et de co-processing.
 - Un groupe d'intervention d'urgence sur place doit être disponible.
 - Des exercices d'intervention d'urgence doivent être effectués régulièrement, y compris par les organismes d'intervention publique voisins.
-

3.4.1 Gestion des risques et sûreté de conception

Le prétraitement et le co-processing devront être effectués de manière à créer un environnement sain et sécuritaire pour tous les intervenants – employés, entrepreneurs, communautés et clients. La santé et la sécurité au travail est une question de leadership visible et de responsabilité personnelle pour l'ensemble de l'organisation.

Le risque zéro n'existe pas, mais les risques peuvent être bien gérés. La santé et la sécurité au travail devront être fondées sur une évaluation adéquate des risques et la mise en œuvre complète de toutes les mesures préventives. L'évaluation des risques consiste à examiner la probabilité et l'ampleur/impact d'un événement potentiel. Les évaluations des risques devront être effectuées par le personnel commercial, les transporteurs de déchets, les installations de prétraitement, les cimenteries et les ingénieurs participant à la conception et à la sélection de l'équipement de prétraitement et de co-processing, pendant les phases de :

- conception initiale ou modification des installations et de l'équipement
- définition des déchets et des critères d'acceptation des CMS
- détermination des critères pour les autorisations de travail spécifiques (par exemple travail à haute température, espace confiné)
- élaboration de programmes d'hygiène industrielle
- détermination du moment et de l'endroit où l'équipement de protection individuelle est nécessaire
- élaboration de plans d'intervention d'urgence.

Les données obtenues à partir des évaluations des risques devront être utilisées pour établir l'ordre de priorité des éléments à traiter immédiatement ou à inclure dans le processus de planification à moyen terme. Les risques identifiés et les plans d'atténuation devraient être communiqués à toutes les parties prenantes, y compris les autorités.

La sûreté de conception est l'un des aspects les plus faciles, mais souvent sous-estimé, de la sécurité et de la santé au travail. Les évaluations des risques font partie du processus de sûreté de conception :

- ☑ les sites doivent détenir toutes les autorisations d'exploitation
- ☑ les sites devront être choisis de manière à réduire au minimum les risques pour les employés et les communautés avoisinantes
- ☑ l'aménagement du site doit être conçu en fonction des volumes prévus
- ☑ un équipement bien entretenu devrait être utilisé
- ☑ les conceptions doivent être conformes aux directives, codes et exigences légales internationales (par ex. SEVESO/Directive 2012/18/EU, ATEX, National Fire Protection Association, VDI, BREF etc.).

L'analyse des conséquences de la conception peut contribuer à déterminer des mesures de sécurité supplémentaires telles que des couches de protection supplémentaires (par exemple, portes antidéflagrantes, murs renforcés, détection d'incendie redondante) pour les zones ou équipements critiques.

3.4.2 Système de gestion de la santé et de la sécurité

Il est essentiel de disposer d'un système de gestion de la santé et de la sécurité au travail pour toutes les opérations de prétraitement et de co-processing. Les informations sur les décisions en matière de santé et de sécurité au travail devraient être mises à la disposition de tous les employés, entrepreneurs et autres intervenants concernés. Le but d'un système de gestion de la santé et de la sécurité au travail est de :

- s'efforcer d'améliorer continuellement la performance en matière de santé et de sécurité au travail (p. ex., ISO 45001⁶)
- réaliser un audit et examen (planifier, faire, vérifier, agir) ; examen de la gestion, audits internes, audits externes (p. ex. VPP⁷ de l'OSHA)
- disposer de la documentation adéquate (par ex. fiches signalétiques, autorisation de travail dangereux, dossiers de formation, dossiers d'inspection et d'entretien de l'équipement, autorisation, résultats des vérifications, résultats de la surveillance environnementale et médicale, etc.)
- avoir en place des descriptions de tâches, y compris l'équipement de protection individuelle requis
- offrir à tous les employés et entrepreneurs une formation sur la santé et la sécurité propre à l'emploi et aux tâches à accomplir
- rapport de tous les incidents.

6 <https://www.iso.org/standard/63787.html>

7 https://www.osha.gov/dcsp/vpp/all_about_vpp.html

3.4.3 Plan d'intervention d'urgence

Chaque site devra élaborer, mettre en œuvre et communiquer un plan d'intervention d'urgence détaillé pour assurer une intervention efficace et rapide en cas d'urgence. Le plan d'intervention d'urgence devra contenir :

- ✔ une description des zones de déversements, d'incendies et d'explosions potentiels
- ✔ les instructions et procédures de travail à suivre en cas d'urgence
- ✔ offrir à tous les employés, sous-traitants et visiteurs une formation sur les procédures d'intervention immédiate en cas d'urgence
- ✔ les exigences en matière de rapport et de communication en cas d'urgence.

La direction du site doit s'assurer que le plan d'intervention d'urgence est en place et communiqué à tous les employés, aux autorités concernées et aux autres intervenants concernés, comme les communautés.

Il est essentiel de disposer d'un groupe d'intervention d'urgence sur place pour prendre les premières mesures contre un impact d'une situation d'urgence :

- Chaque site devra organiser un groupe d'intervention d'urgence, équipé et disposant d'instructions (par exemple, lutte anti-incendie, intervention en cas de déversement).
- Les tâches et l'équipement dépendent de la taille du site, des risques sur le site et de la distance par rapport aux organismes d'intervention publique (pompiers, groupe d'intervention chimique, corps médical).

Les groupes d'intervention d'urgence devront être formés régulièrement, y compris les exercices auxquels participent les organismes d'intervention publique voisins.





3.5 Aspects sociaux : Inclusion et dialogue avec les parties prenantes

Principe V

Inclusion et dialogue

- Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing s'engagent régulièrement et communiquent de manière transparente avec le public, les autorités compétentes et les autres parties prenantes.
- Les besoins spécifiques ou locaux des pays et les différents environnements culturels doivent être pris en compte lors de la mise en œuvre du prétraitement et du co-processing.
- Les entreprises actives dans le prétraitement et le co-processing doivent consulter et collaborer avec les acteurs de la chaîne de valeur locale existante de la gestion des déchets, y compris les ouvriers informels du secteur des déchets.

Exigence 12

L'avantage mutuel des parties prenantes concernées doit être atteint

- Les parties prenantes de la chaîne de valeur locale existante en matière de gestion des déchets, y compris les ouvriers du secteur informel des déchets, doivent être consultées et prises en considération en vue de collaborations.
- Les cimenteries, y compris les stations de broyage et les stations de prétraitement, devront disposer d'au moins un comité consultatif communautaire au niveau de l'usine.
- L'intégration dans la chaîne de valeur locale nécessite une réévaluation de base et une réévaluation régulière de la dimension sociale, axée sur les problèmes, les besoins et les avantages potentiels.

Exigence 13

L'ouverture et la transparence sont les principes directeurs de la communication et de l'engagement avec toutes les parties prenantes

- Fournir des informations pertinentes de manière proactive pour permettre à toutes les parties prenantes de comprendre l'objectif du co-processing, le contexte, la fonction des parties impliquées et les procédures décisionnelles.
- Bâtir la crédibilité en étant ouvert, honnête et cohérent. Les mots doivent correspondre à des faits démontrés et à une bonne performance. Il faut éviter les écarts entre ce que vous dites et ce que vous faites en réalité.
- Cultiver un dialogue entre les parties prenantes fondé sur le respect et la confiance mutuels. Les participants aux activités d'engagement des parties prenantes devront être en mesure d'exprimer leurs points de vue sans crainte de restriction.
- Différents environnements culturels devront être pris en considération
- Assurez la continuité de la communication ; une fois que vous commencez, n'arrêtez jamais.

3.5.1 Avantages mutuels et processus décisionnel inclusif

Conformément aux principes de la GIDS, les changements apportés au système de gestion intégrée des déchets solides liés à l'introduction du prétraitement et du co-processing doivent créer des avantages mutuels pour les parties prenantes concernées en temps réel dans le lieu spécifique où ils sont mis en œuvre. Pour obtenir des avantages mutuels au niveau d'un projet, l'appropriation du projet devra également être partagée et les préférences initiales des parties concernées pourront devoir être quelque peu modifiées. Cela s'explique par le fait que d'autres intervenants clés, en particulier les institutions du système de gestion des déchets solides et les entreprises de recyclage et de chaîne de valeur (y compris les recycleurs du secteur informel), devront apporter leurs propres priorités et considérations à la table. Il est probable que ce processus ne sera jamais « achevé » pendant la durée de vie des opérations de co-processing, car des changements économiques, sociaux, techniques et politiques sont probables. L'inclusion et l'efficacité des stratégies appliquées nécessiteront une communication et une évaluation continues, en particulier lorsque l'on travaille avec des ouvriers du secteur informel des déchets.

Ces avantages mutuels doivent être clairs pour toutes les parties prenantes et il est utile qu'ils soient mesurables et qu'ils puissent être documentés et contrôlés, ce qui peut faire partie de l'évaluation des incidences sociales et environnementales.



Encadré 9 : Prise de décision inclusive

La prise de décision inclusive repose sur une communication bilatérale et transparente dans les processus décisionnels. Les présentes Directives devront être comprises comme soulevant des questions et offrant des possibilités, plutôt que comme fournissant des réponses toutes faites. Voici des exemples de questions clés qui peuvent être stimulantes dans les processus décisionnels locaux :

- Qu'est-ce qui fonctionne et qu'est-ce qui ne fonctionne pas dans le secteur local des services de gestion des déchets et les chaînes de valeur locales du recyclage ?
- Quels matériaux sont ou pourraient être extraits du flux de déchets, mais ne sont pas actuellement recyclés, réutilisés ou recyclés en matériaux de moindre valeur, et qu'est-ce qui leur arrive ?
- Est-il possible de stabiliser la demande et les relations du marché du recyclage dans le cadre d'une intervention autour du prétraitement ?
- Y a-t-il des acteurs de la chaîne de valeur à la recherche d'un soutien, ou qui pourraient contribuer au prétraitement des matériaux actuellement non recyclables ?



Photo :
Réunion des agriculteurs de biomasse en Inde.

3.5.2 Communication et engagement

La communication et l'engagement des parties prenantes sont essentiels pour obtenir de la communauté locale et des autres parties prenantes une « licence d'exploitation » sociale pour le prétraitement et le co-processing. Les activités de communication peuvent sensibiliser, informer et créer un forum de dialogue avec un vaste réseau d'intervenants : organismes gouvernementaux, représentants élus, résidents locaux, producteurs de déchets, transporteurs et employés.

Une licence d'exploitation exige la confiance de tous les intervenants. Une telle confiance n'est pas facile à gagner. Elle ne sera établie qu'en :

- montrant que vous n'avez rien à cacher (TRANSPARENCE)
- montrant que vous maîtrisez parfaitement le sujet (EXPERTISE) et
- en gérant l'activité sur la base de pratiques professionnelles éprouvées et de confiance (EXPÉRIENCE).

Certaines parties prenantes sont convaincues par les possibilités « gagnant-gagnant » du prétraitement et du co-processing, tandis que d'autres s'inquiètent des impacts potentiels sur la santé ou l'environnement.

Le secteur de la gestion des déchets et l'industrie du ciment peuvent être des partenaires précieux et respectés pour les communautés dans l'amélioration des infrastructures, les cas d'urgence ou les développements sociaux. Ces opportunités et avantages doivent être communiqués de manière ouverte et désintéressée.

La législation, les directives et les politiques abordent ces questions au niveau opérationnel et scientifique, mais la communication et l'engagement jouent un rôle crucial dans la perception du public : ils jouent un rôle clé dans la création et le maintien d'une relation avec les diverses parties prenantes et évitent la propagation des rumeurs dans l'opinion publique ainsi qu'en interne.

La communication et l'engagement devront se faire de façon systématique. Toutes les parties prenantes concernées, ainsi que leurs besoins et leurs préoccupations, devront être prises en compte pour parvenir à une compréhension commune. Pour être efficace, la communication doit être planifiée le plus tôt possible.

L'approche ci-dessous fournit un cadre de base pour les activités de communication et d'engagement. Pour des sujets spécifiques tels que les relations avec les médias, les relations avec les parties prenantes ou les communications de crise, chaque organisation doit mettre en œuvre des procédures et des formations appropriées adaptées aux structures organisationnelles existantes et aux ressources disponibles. Si nécessaire, demander l'appui et les conseils d'institutions spécialisées ou d'organisations partenaires.

Analyse de la situation et des parties prenantes

La compréhension des perceptions, des attentes et des motivations des parties prenantes est à la base de toutes les activités de communication et d'engagement. Les sondages d'opinion publique, les entrevues avec les décideurs et les leaders d'opinion et l'analyse de la couverture médiatique sont quelques-uns des instruments à utiliser pour mieux comprendre comment vous et votre activité êtes perçus. Cette analyse peut également révéler les préoccupations des intervenants qui doivent être prises en compte. L'analyse des positions des parties prenantes vous permet également d'identifier des alliés potentiels ainsi que des adversaires potentiels. Les intervenants sont des personnes, des groupes ou des institutions qui sont affectés, qui pourraient l'être ou qui pourraient se sentir affectés par les activités de prétraitement, de co-processing ou connexes. Ils ont un intérêt dans l'entreprise et peuvent influencer ses activités.

Tableau 4 :
Classification des parties prenantes selon les différents niveaux.

| Niveaux | Principaux intervenants | Activités d'engagement |
|----------------------|---|--|
| Interne | Employés, communauté, autorités, ONG locales, ramasseurs de déchets du secteur informel, médias locaux, clients, sous-traitants | <ul style="list-style-type: none"> • Réunions, séances de questions et réponses • Ateliers de travail • Formation |
| National | Gouvernements nationaux, ONG, clients | Affaires publiques, dialogues avec les parties prenantes, adhésions et partenariats |
| Régional | Organisations gouvernementales régionales, bureaux régionaux d'organisations internationales | Activités de plaidoyer |
| International | Organisations gouvernementales internationales (organismes des Nations Unies), ONG internationales, WBCSD | Affaires publiques, dialogues avec les parties prenantes, adhésions et partenariats |

Les besoins de communication des différents intervenants varient d'un groupe à l'autre. L'analyse de la situation aide à identifier ces besoins et les leaders d'opinion appropriés (personnes, groupes ou organisations). Promouvoir l'échange bidirectionnel d'information afin de comprendre et de répondre aux préoccupations légitimes.

Une attention particulière devra être portée à la communication interne : si les employés ne sont pas convaincus et incapables de trouver des réponses à leurs questions, il sera difficile de convaincre les autres parties prenantes. Les employés sont des ambassadeurs et devraient être en mesure de donner l'assurance que les activités de prétraitement et de co-processing sont menées de façon professionnelle et transparente.

Objectifs

Les objectifs de communication doivent être adaptés aux publics locaux et/ou nationaux, par exemple :

Au niveau du site :

- assurer le soutien de vos employés
- gagner la confiance des voisins et des parties prenantes concernées telles que les ONG locales, les autorités locales et les ramasseurs de déchets du secteur informel (le cas échéant), et obtenir ou maintenir la « licence d'exploitation ».

Au niveau national :

- promouvoir la compréhension du prétraitement des déchets et du co-processing dans l'industrie du ciment et sensibiliser à ses avantages
- sensibiliser à l'importance d'une gestion des déchets contrôlée et respectueuse de l'environnement
- attirer l'attention des décideurs politiques sur le thème de la gestion des déchets
- appuyer l'élaboration et l'application d'un cadre réglementaire approprié
- promouvoir l'acceptation et le soutien des directives approuvées au niveau international pour le prétraitement des déchets et le co-processing dans l'industrie du ciment.

Rôles et responsabilités

Il est important d'attribuer clairement les rôles et les responsabilités en matière de communication. Au sein des entreprises, il convient de définir clairement qui est responsable des relations avec les médias, des communications internes, des relations avec les autorités et de la communication de crise.

Sujets et messages

Les sujets et les messages clés devront être basés sur les informations recueillies lors des étapes précédentes : ils devront tenir compte des intérêts et des préoccupations des parties prenantes. Les messages clés doivent répondre aux questions suivantes : quoi ? pourquoi ? comment ? Ils doivent être précis et étayés par des faits.

Plus l'on se rapproche du niveau des usines, plus l'accent devra être mis sur le « comment » plutôt que sur le « pourquoi ». La gestion des déchets n'est pas un sujet naturellement bien compris par la plupart des parties prenantes. C'est pourquoi la formulation doit être adaptée au public cible. Un vocabulaire simple et compréhensible devra être utilisé lorsque l'on s'adresse au grand public, et un vocabulaire plus spécifique devra être utilisé lorsqu'on s'adresse à des publics cibles professionnels. L'élaboration de fiches d'information sur des questions clés et l'établissement d'une liste de questions fréquemment posées (FAQ) servent de base aux communications avec différents publics.

L'engagement avec les parties prenantes aide à établir des priorités, à réduire les conflits et à forger des alliances. En retour, les entreprises devront être disposées à fournir du temps et des ressources et à s'engager à accroître la transparence.

Outils de communication et d'engagement

Étant donné que l'engagement des parties prenantes est fondamental au maintien d'une licence d'exploitation, il est particulièrement important de disposer d'outils permettant de collaborer avec les parties prenantes pour gérer et intégrer leurs attentes. Les outils de communication et d'engagement doivent être choisis en anticipant la manière la plus efficace d'atteindre les parties prenantes ciblées.

Évaluation

L'évaluation périodique des activités de communication et d'engagement des parties prenantes fournit des informations sur leur efficacité. L'évaluation peut être menée par le biais d'une couverture médiatique, d'une feedback issu des comités consultatifs communautaires ou par le biais de sondages. En fonction des résultats de l'évaluation, les sujets, les messages et les outils sont adaptés aux circonstances changeantes ou pour améliorer l'efficacité de la communication.



Tableau 5 :
Aperçu des outils de communication et d'engagement.

| | Intercambio de Información | Participation, consultation et coordination | Collaboration et partenariats |
|----------------|---|--|---|
| Interne | <ul style="list-style-type: none"> • Bulletin d'information • Tableau d'affichage • Intranet • Infographie • Vidéos • Documents d'information internes • Présentations standard • Fiches d'information FAQ • Sites web • Études de cas | <ul style="list-style-type: none"> • Réunions, séances de questions et réponses • Ateliers de travail • Formation | |
| Externe | <ul style="list-style-type: none"> • Internet • Médias sociaux • Rapports, divers types de publications, brochures • Publicité et sponsoring • Infographie • Vidéos • Information à la presse (communiqué de presse, conférence de presse, visites sur place) • Fiches d'information • Présentations standard • Questions fréquemment posées • Études de cas | <ul style="list-style-type: none"> • Réunions • Conférences • Dialogues avec les parties prenantes • Événements (journées portes ouvertes, visites de sites) • Sondages d'opinion/enquêtes d'image • Groupes de discussion : outil de recherche des discussions en petits groupes • Groupes consultatifs communautaires – importants pour le co-processing : réunions régulières et continues avec un échantillon représentatif des intérêts des parties prenantes sur divers sujets/questions. • Implication communautaire : Répondre aux besoins réels et contribuer au développement des communautés d'accueil. Être un bon voisin, c'est travailler avec les parties prenantes pour améliorer leur qualité de vie. | <ul style="list-style-type: none"> • Projets de partenariat : mise en commun de ressources (p. ex. entreprises, collectivité, ONG, gouvernement) pour atteindre un objectif social ou environnemental commun. • Coopération avec les ramasseurs de déchets du secteur informel (association, renforcement des capacités, etc.). |



Étude de cas 6 : Sensibilisation accrue au recyclage en Colombie



Photo :

Campagne de recyclage et de co-processing à Boyac, en Colombie.



Geocycle (Colombie), qui opérait encore à l'époque sous le nom d'Eco Procesamiento, a lancé une campagne intitulée "Reciclando y Coprocesando, el ambiente estamos cuidando" (« En recyclant et en traitant les déchets, l'environnement est protégé ») dans le cadre de la promotion de nouvelles alternatives pour gérer en toute sécurité les déchets en Colombie. Le respect de la hiérarchie des déchets et la promotion du recyclage, ainsi que la fourniture d'informations sur le co-processing dans le four à ciment et ses avantages techniques étaient des points stratégiques de la campagne.

La campagne s'appuyait sur une initiative de sensibilisation environnementale, qui a encouragé un mouvement social impliquant plusieurs municipalités de Boyac. Des activités ont été menées pour renforcer l'engagement des personnes à différents niveaux de la chaîne de valeur des déchets.

Les ménages, les écoles et autres institutions privées et publiques ont été ciblées, et tous ont accepté de changer

leurs habitudes et de participer à cette initiative positive. L'initiative comportait trois volets principaux :

1. Mise en place et formalisation de recycleurs, moteur d'une culture du recyclage.
2. Développement d'un processus de formation environnementale visant à encourager une culture de tri des déchets ménagers à la source.
3. Développement de la campagne ; définition des points d'approvisionnement, des itinéraires de collecte et des options de traitement final des déchets.

Cinq municipalités de Boyac, dont Tibasosa, Firavitoba, Corrales, Busbanz et JAC Nobsa-Nazareth, se sont jointes à l'initiative qui a bénéficié à environ 18 000 personnes, ont reconnu le travail des personnes qui travaillent dans le recyclage, créé des emplois formels pour ces segments de la population et réalisé de la sensibilisation au recyclage et au co-processing. La campagne a sensibilisé la communauté à l'environnement par le biais d'un processus éducatif et social qui entraîne des changements, transforme les mentalités et encourage une culture du tri des déchets à la source.

L'éducation devient la plate-forme qui soutient la campagne à partir de laquelle est créé un mouvement social qui implique l'ensemble de la communauté et qui renforce l'engagement à la ségrégation des déchets et au recyclage à la source. Les ménages, les écoles et les institutions privées et publiques doivent s'engager à changer leurs habitudes et à participer au changement.

3.5.3 Un acteur clé de la chaîne de valeur : Travailler avec le secteur informel

Les recycleurs et ramasseurs de déchets du secteur informel font partie du paysage de la gestion des déchets dans presque tous les pays en développement. De nombreuses études ont montré que le secteur informel des déchets peut soutenir de manière significative la gestion des déchets municipaux, mais qu'il peut aussi avoir un impact négatif sur les systèmes locaux de gestion des déchets s'il n'est pas intégré efficacement. Dans de nombreux pays à revenu faible ou intermédiaire, les recycleurs et ramasseurs de déchets du secteur informel peuvent représenter jusqu'à 1% de la population totale et sont généralement actifs au niveau inférieur de la chaîne de valeur. Leur engagement peut contribuer à des taux de recyclage de 20 à 30% dans les pays à faible revenu (Wilson et coll., 2012), et permet aux autorités locales d'économiser environ 20% de ce qu'elles devraient autrement consacrer à la gestion des déchets (Scheinberg, et coll., 2010).

La plupart des revenus des recycleurs du secteur informel proviennent de la vente sur les marchés secondaires de matières premières où les prix sont volatils et où l'accès aux marchés est donné par des intermédiaires, qui achètent souvent à des prix inférieurs à ceux du marché, de sorte qu'ils peuvent également faire de l'argent sur la vente. Les travailleurs du secteur informel des déchets sont confrontés à de nombreux problèmes graves, tels que de mauvaises conditions de travail et de vie, en particulier lorsqu'ils travaillent (et vivent) sur ou à proximité de dépotoirs ou de décharges à ciel ouvert. Les travailleurs travaillent généralement sans vêtements ou équipement de protection, ce qui entraîne un contact direct avec les déchets et de nombreux risques pour la santé au travail. Dans de nombreux cas, les groupes vulnérables comme les enfants, les femmes et les personnes âgées sont les plus exposés à ces risques.

En ce qui concerne le prétraitement et le co-processing, la discussion sur ce qui se passe dans le secteur informel reste relativement nouvelle. Respectant le consensus selon lequel les recycleurs du secteur informel ne peuvent être ignorés lorsqu'on tente d'améliorer la gestion des déchets et des ressources, la présente section traite des conflits potentiels et des possibilités d'intégration des travailleurs du secteur informel dans le paysage du prétraitement et du co-processing (Velis et coll., 2012). L'on trouvera à l'Annexe 16 des principes généraux et des orientations pour travailler avec les travailleurs du secteur informel des déchets et les intégrer dans le système formel de gestion des déchets.

Un certain nombre de synergies de coopération avec le secteur informel existent principalement dans le domaine du prétraitement des déchets, plutôt que du co-processing, qui se produit dans les cimenteries et exige des règles, réglementations et normes d'emploi strictes.

- Dans les économies émergentes, les recycleurs du secteur informel peuvent, dans certains cas, être les seuls experts locaux du recyclage à avoir de l'expérience dans la collecte ou l'extraction séparée. Leur travail signifie qu'ils s'occupent déjà de la maintenance ou du rejet d'une gamme de matières recyclables, car ils connaissent les matériaux, les marchés et les faiblesses de la chaîne de valeur du recyclage. Ainsi, la coopération peut faire gagner du temps, améliorer la qualité des combustibles et éviter les conflits qui pourraient survenir s'ils ne sont pas consultés. Les recycleurs du secteur informel connaissent très bien les marchés locaux des déchets et peuvent fournir des informations sur ce qui peut ou ne peut pas être vendu sur leur site spécifique. Souvent, ils savent aussi pourquoi certains matériaux n'ont pas de marché et seraient admissibles au programme CMS.
- Les recycleurs du secteur informel sont à risque lorsque le système de gestion des déchets est modernisé et ont intérêt à être inclus et à trouver de nouveaux rôles. Des études indiquent que 20% des ramasseurs de déchets actifs pourraient opter pour une sortie durable du secteur informel (GIZ, 2018). Il s'agit le plus souvent de personnes âgées qui recherchent une activité de « retraite » car elles sont physiquement incapables de continuer le travail physique lourd, ou de personnes plus jeunes qui ne sont pas encore compétentes en matière de documents marketing. Leur donner une formation et un emploi pourrait être une option pour sortir du secteur informel et trouver un emploi régulier.
- La collaboration renforce la « légitimité sociale » d'un opérateur au fur et à mesure que la qualité de vie des communautés autour des opérations de prétraitement et de co-processing s'améliore. Cela permet d'établir et d'approfondir les relations et, en fin de compte, d'ajouter de la valeur à l'entreprise sans recevoir ou attendre un avantage commercial ou financier en retour.

Cependant, il existe un potentiel de conflits entre les ramasseurs de déchets et les personnes réalisant un prétraitement :

- La concurrence pour les matériaux – par exemple, si un co-transformateur crée une demande pour des matériaux faisant l'objet d'un commerce informel qui ont à la fois une grande valeur en tant que composants de CMS (par exemple, les pneus) et une valeur de recyclage (par exemple, les chaussures en Égypte). Dans de tels cas, les principes de la hiérarchie des déchets doivent empêcher les articles d'entrer dans le co-processing.
- Respect des normes formelles de coopération – les travailleurs du secteur informel des déchets ne peuvent pas être utilisés pour collaborer à des accords contractuels et ont tendance à avoir un caractère entrepreneurial. Il faut souvent faire preuve de patience et les ramasseurs de déchets peuvent être plus facilement engagés par l'intermédiaire d'associations, de coopératives ou d'ONG travaillant avec les ramasseurs de déchets pour les intégrer dans le secteur formel. Dans ces cas, les relations contractuelles sont probablement plus faciles à développer avec des entreprises ou des coopératives employant d'anciens travailleurs du secteur informel.
- Au niveau opérationnel, des solutions pratiques doivent être mises en place pour formaliser une coopération qui évite les risques de réputation et respecte les normes de transparence, de lutte contre la corruption et la corruption (pas de paiements en espèces), les droits des travailleurs (y compris le travail des enfants) et les exigences de santé et sécurité. Cependant, les possibilités offertes par les paiements numériques (argent mobile) facilitent désormais le suivi et le contrôle des coopérations directement avec les travailleurs du secteur informel.

Activités potentielles avec des recycleurs du secteur informel dans le domaine du prétraitement et du co-processing

- Les ramasseurs de déchets peuvent retirer les matières recyclables commercialisables des déchets mélangés avant qu'ils ne soient prétraités, ou jouer un rôle dans l'activité de prétraitement elle-même. Avec de la formation, les travailleurs du secteur informel peuvent obtenir un haut niveau de qualité de CMS pour la cimenterie. Le tri peut avoir lieu dans les dépotoirs et les décharges, ce qui permet de récupérer des matériaux qui auraient autrement été éliminés, tout en améliorant les revenus et les perspectives des travailleurs des déchets informels.
- Les fractions souvent non recyclables qui pourraient être transformées en CMS représentent une charge financière pour les ramasseurs de déchets du secteur informel et ces derniers cherchent des moyens de s'en débarrasser (soit à leurs propres frais, soit en les envoyant vers des décharges locales ou en réalisant un mauvais traitement). Les cimenteries peuvent être des preneurs appropriés pour cette fraction de déchets.
- Les partenariats public-privé avec les centres locaux de prétraitement et les municipalités peuvent ouvrir la voie à une meilleure coopération avec la municipalité locale et les travailleurs du secteur informel, en créant des flux matériels assurés et en fournissant de meilleurs revenus à la chaîne de valeur locale. (*voir l'étude de cas sur l'Égypte ci-dessous*).



Étude de cas 7 : Promouvoir l'utilisation des combustibles dérivés des déchets (CDD) par le biais de partenariats public-privé



Photo :
Station de triage
à Qalyubeya, en
Égypte.



Au Caire/en Égypte, il existe une longue tradition de Zabaleen (collecteurs de déchets du secteur informel) qui récupèrent les ressources à partir des déchets. À l'intérieur des zones d'habitation et de travail des Zabaleen à Khosoos à Qalyubeya, l'accumulation des déchets résiduels est devenue un problème. Plus de 40 tonnes de déchets par jour, sous forme de rebuts à haut pouvoir calorifique, gisaient dans les rues après que toutes les activités de tri aient été finalisées. Cela représentait un fardeau économique pour les Zabaleen qui devaient éliminer leurs déchets ailleurs. En outre, ces déchets étaient principalement éliminés sur les routes principales et à proximité des bâtiments publics et des écoles. Ce problème menaçait la santé publique de la société zabaleen et contribuait au problème de l'accumulation des déchets dans son ensemble.

Avec le financement du BMZ et de la Fondation Bill et Melinda Gates, la GIZ et Lafarge ont réalisé un partenariat public-privé avec les Zabaleen pour trouver des moyens d'utiliser ces déchets non recyclables dans des installations de co-processing. Un appui institutionnel et technique a été apporté à l'une des entreprises zabaleennes structurées (société privée El-Ekwa) pour la création d'une entité chargée de collecter, trier et vendre le matériel CDD. La société a finalement réussi à conclure un accord contractuel avec Lafarge Égypte pour lui fournir du matériel CDD (jusqu'à 25 tonnes par jour pour une durée de 5 ans). L'entreprise a suivi un processus d'apprentissage pour bien comprendre les exigences de qualité de Lafarge. Au fil du temps et avec le soutien continu de Lafarge, l'entreprise a été en mesure de fournir du matériel de haute qualité et par conséquent d'augmenter ses revenus. Cette initiative a démontré que l'extraction de la fraction riche en énergie des déchets ne doit pas nécessairement entrer en conflit avec la promotion du recyclage, car l'entreprise ne fournissait des matériaux pour le co-processing qu'après avoir trié les matériaux recyclables qui étaient vendus sur les marchés du recyclage. Cette coopération a débouché sur de nouvelles possibilités d'affaires au sein de la communauté des travailleurs du secteur informel (Zabaleen) et leur a donné les moyens d'agir. Une quarantaine de nouveaux emplois directs ont été créés pour Zabaleen et les travailleurs ont été formés selon les normes de Géocycle. En même temps, cette coopération a permis d'éliminer 40 tonnes de déchets journaliers rejetés, qui ont été générés à l'intérieur des zones des communautés Zabaleen après que tous les processus de tri aient été finalisés.



Étude de cas 8 : Station de tri avec ramasseurs de déchets dans une décharge aux Philippines



A Iloilo City aux Philippines, la GIZ, Holcim et la municipalité locale ont travaillé avec des travailleurs du secteur informel des déchets pour trier les matières recyclables et les fractions inertes à l'aide d'une installation de tri mécanisée au niveau de la décharge, avant d'envoyer la fraction résiduelle comme combustible et matière première de substitution (CMS) à l'usine Lafarge- Holcim locale (Paul et coll., 2012). Au cours d'un essai de 3 mois dans l'installation de tri mécanisée des déchets, il a été démontré que jusqu'à 30% des déchets traités dans l'installation de tri étaient des emballages à faible densité qui ne pouvaient pas être réutilisés ou recyclés localement mais qui pourraient être utilisés comme CMS pour le co-processing. Le test a également montré qu'il est possible de récupérer jusqu'à 30 tonnes par semaine en travaillant en deux équipes de 15 travailleurs chacune (Paul et coll., 2010).

Le fait de coopérer avec les recycleurs du secteur informel pour obtenir un détournement maximal des matières recyclables par rapport à l'élimination peut être avantageux pour tout le monde. Dans le cas des Philippines, la collectivité locale a reçu une aide pour réduire l'élimination des déchets et organiser les ramasseurs de déchets locaux, et ces derniers ont bénéficié de meilleures conditions de travail, de revenus supplémentaires grâce à une récupération plus efficace des matériaux, d'une position renforcée en tant qu'association de travailleurs des déchets et de diverses formations et aides organisationnelles. Holcim a par ailleurs acquis une expérience précieuse en testant la récupération des CMS dans un contexte municipal, ainsi qu'en matière de processus pertinents liés à la surveillance de la qualité des CMS et à la conception de systèmes de stockage et d'écopage pour protéger les CMS écopés contre les fortes pluies régulières qui surviennent. Sur la base des résultats prometteurs des tests, le gouvernement local, Holcim et l'association des travailleurs des déchets ont convenu d'officialiser leur relation de travail dans un protocole d'accord qui clarifiait les règles, processus, fonctions et tâches de la récupération de CMS effectuée conjointement. Toutefois, les coûts plus élevés liés au traitement des déchets de cette manière ont conduit à l'arrêt du projet une fois son financement terminé, ce qui montre la nécessité de disposer de concepts de financement solides pour rendre les projets durables à long terme.



Photo : Travailleuses à l'installation de récupération des matériaux d'Iloilo City.



3.6 Aspects économiques et financiers

Principe VI

Économie et finances

- Les projets de prétraitement et de co-processing sont basés sur un modèle d'entreprise financièrement viable, qui apporte une valeur ajoutée à toutes les parties prenantes et aux communautés locales concernées.
- Des mécanismes financiers sont en place pour garantir que le financement des interventions est assuré à moyen et long terme.

Exigence 14

Les projets de prétraitement et de co-processing doivent être basés sur un modèle d'entreprise financièrement viable

- Une compréhension commune des implications financières du prétraitement et du co-processing doit être développée puisque la transformation des déchets en CMS appropriés nécessite des coûts d'investissement et d'exploitation.
 - Le principe du pollueur-payeur devra être appliqué à l'aide d'une combinaison d'instruments de financement réalistes (tarifs, frais de prise en charge, incitations et régimes de responsabilité élargie des producteurs – REP).
 - Le cadre de financement de la gestion des déchets est guidé par la hiérarchie de la gestion des déchets, ce qui encourage des options plus respectueuses de l'environnement.
 - Le financement devra faire l'objet d'un accord sur une période contractuelle spécifiée et suffisante, en tenant compte d'une perspective à long terme permettant une période de dépréciation équitable et un retour sur investissement.
-

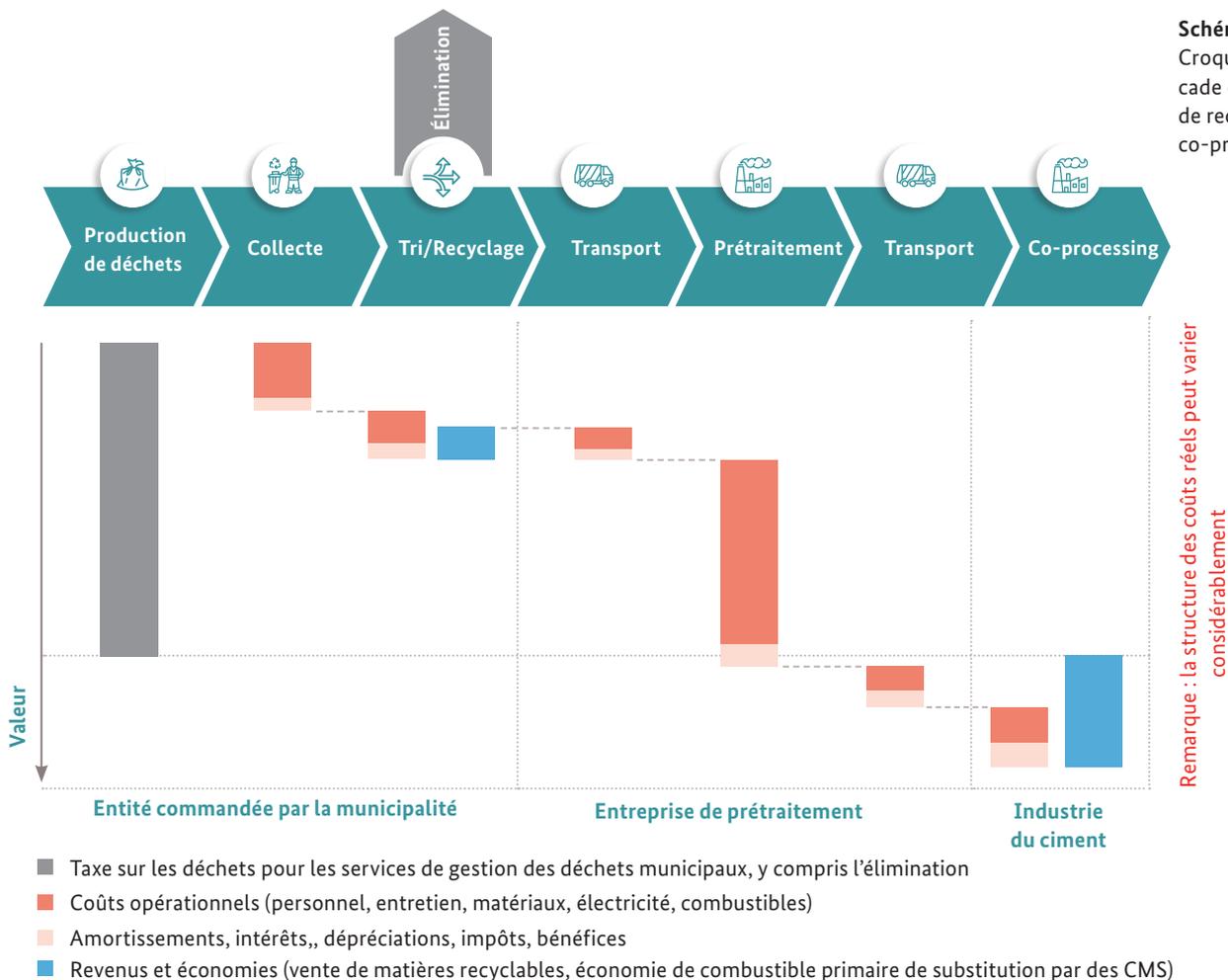
3.6.1 L'importance d'un financement solide

Avant d'envisager le prétraitement et le co-processing des ordures ménagères comme une opportunité, les municipalités devront être en mesure de couvrir entièrement les coûts de collecte et d'élimination des ordures ménagères dans une décharge contrôlée ; des moyens financiers supplémentaires pour couvrir les coûts supplémentaires devraient être facilement accessibles. A long terme, une redevance pour les producteurs de déchets basée sur le principe du pollueur-payeur est souhaitable, alors que les coûts de gestion actuels peuvent être principalement couverts par le budget municipal. En particulier, l'augmentation de la redevance pour la mise en décharge peut rendre d'autres options de gestion des déchets plus faisables (GIZ, 2017).

Le schéma 20 ci-dessous montre les différents coûts et revenus auxquels sont confrontés les différents acteurs tout au long de la chaîne de valeur, depuis les activités de gestion des déchets au niveau municipal jusqu'au prétraitement et au co-processing à la cimenterie. Les revenus proviennent du tri des matières recyclables et des économies réalisées lors du co-processing à la cimenterie en remplaçant les combustibles primaires et les matières premières plus coûteux. Les coûts tout au long de la chaîne de valeur se situent au niveau de la collecte, du tri, du transport, du prétraitement, du co-processing, ainsi qu'au niveau des dépenses d'investissement et d'exploitation des équipements et installations.

Dans un cas idéal, les économies réalisées grâce à la substitution des combustibles fossiles compenseraient à elles seules les coûts des autres étapes de la chaîne, mais c'est rarement le cas, ce qui signifie que les frais de gestion des déchets doivent souvent être payés par le producteur de déchets. Lorsque les déchets ont déjà fait l'objet d'un prétraitement en CMS de haute qualité, les cimenteries peuvent les payer lorsqu'elles peuvent directement remplacer leur combustible primaire et les matières premières nécessaires dans le four à ciment.

Organiser le financement tout au long de la chaîne de valeur n'est pas toujours simple. Les décideurs des pays en développement s'attendent souvent à gagner de l'argent en vendant leurs déchets aux cimenteries, alors que les cimenteries s'attendent souvent à être payées pour l'utilisation de CMS, ce qui entraîne des difficultés de communication inutiles. Les municipalités, les entreprises de gestion des déchets et les cimenteries ont besoin d'une compréhension commune des implications financières du prétraitement et du co-processing afin de faire du co-processing une option de gestion des déchets à long terme, plutôt qu'un consommateur occasionnel de produits. En même temps, il est important de tenir compte des coûts d'exploitation et d'entretien, car les projets d'investissement dans le secteur des déchets échouent trop souvent en raison de l'absence de budget pour cela.



Il est peu probable que les autorités locales des pays à faible revenu et à revenu intermédiaire acceptent de payer des frais d'élimination plus élevés que le coût d'un dépotoir ou d'une décharge contrôlée. Dans ces pays, il est rare que les frais d'élimination soient supérieurs à 10 \$ US – ou au maximum 25 \$ US – par tonne. Lorsque le paiement des services d'élimination des déchets n'est pas établi ou est inférieur à 10 \$US la tonne, il sera difficile pour les municipalités de trouver des revenus pour payer les producteurs de ciment pour la manutention des ordures ménagères. Les autorités politiques peuvent en fait s'attendre à ce que le producteur de ciment paie pour les déchets, pensant que s'ils peuvent être brûlés dans le four, ils doivent avoir une certaine valeur. Cela est problématique, car les producteurs de ciment considèrent les CMS comme un moyen de contrôler les coûts. Si le cimentier est prêt à payer, il est peu probable que ce paiement fasse plus que couvrir les coûts d'exploitation du prétraitement, ce qui peut signifier payer le prétraitement et pas nécessairement la municipalité.

Il n'y a pas grand-chose qu'un producteur de ciment puisse faire pour changer cela au niveau de l'autorité locale ou du ministère national des Finances. Cependant, il est utile que le producteur de ciment puisse communiquer de manière transparente et simple le coût en capital amorti, les coûts d'exploitation et d'entretien, et comprendre si l'utilisation du système de CMS permet de réaliser des économies fiables et réalistes sur le coût du combustible primaire et des matières premières.

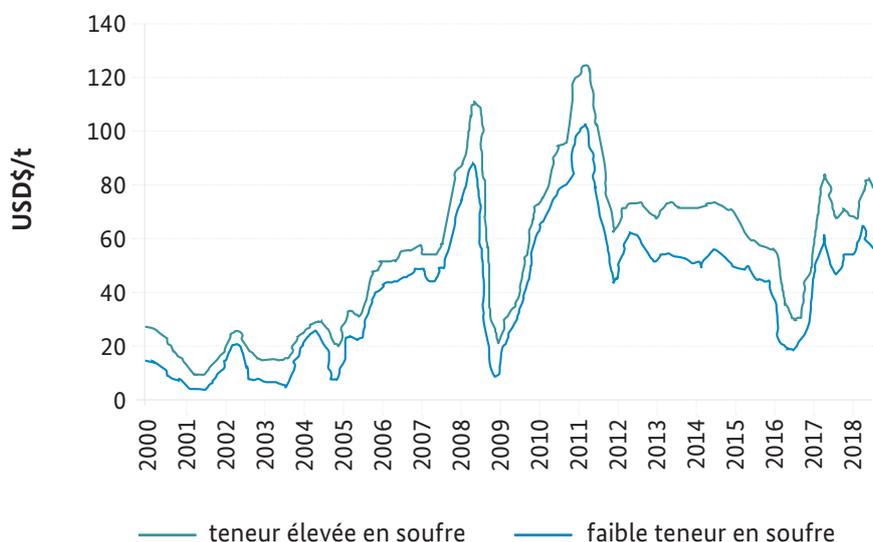
La deuxième étape consiste à examiner les coûts du prétraitement, car si le paiement du prétraitement (ou l'achat de CMS à un prix qui inclut le coût du prétraitement) n'est pas une option pour le producteur de ciment, le co-processing ne sera considéré comme une option réalisable pour aucune des parties dans les conditions financières actuelles dans la plupart des pays à revenu faible ou moyen.

3.6.2 Analyse de rentabilité

Une analyse de rentabilité viable pour le prétraitement et le co-processing dépend fortement des coûts des options de traitement alternatives pour les flux de déchets considérés ainsi que du prix du marché pour les combustibles traditionnels et les matières premières. Pour être financièrement attrayante pour l'industrie du ciment, la réduction à long terme des coûts des combustibles et des matières premières doit se traduire par une compétitivité accrue, compte tenu des risques associés. D'autres facteurs tels que les objectifs de réduction du CO₂ et la tarification du carbone, l'accès sécurisé à long terme aux ressources, et la réputation auprès du public influencent positivement les décisions d'investissement, mais ne constituent pas encore un facteur décisif.

Pour les industries et les municipalités productrices de déchets, le prétraitement et le co-processing peuvent constituer une option attrayante si aucune autre alternative écologiquement, socialement et financièrement saine n'est disponible. Pour les municipalités dont le budget est serré, même de faibles coûts supplémentaires peuvent constituer un défi. Ces dernières années, la chute des prix des combustibles fossiles a eu un impact significatif sur l'attrait financier du co-processing, comme le montre l'évolution du prix du coke de pétrole au [schéma 21](#).

Schéma 21 :
Évolution du prix du coke de pétrole
(Source : Propre graphique, données issues de l'indice PACE pour le Coke de Pétrole du Golfe des Etats-Unis, franco à bord (FOB) – hors fret).



L'Annexe 4 donne un exemple d'analyse de rentabilité générique sur le prétraitement des déchets solides et le co-processing ultérieur de CMS dans un four à ciment à la pointe de la technologie. Les investissements dans une installation de prétraitement et un système d'alimentation de four totalisent 14 millions de dollars US. Un by pass chlore, qui existe déjà dans le cas présent, augmenterait les investissements de 5 millions de dollars US supplémentaires. La substitution de 32% du coke de pétrole par du CSR réduit les émissions de CO₂ d'environ 66 000 tonnes de CO₂ par an, soit 17%. L'estimation prend en compte le transport du coke de pétrole et des ordures ménagères, le prétraitement et le co-processing des CMS. L'atténuation des GES par les émissions de gaz de décharge évitées n'est pas prise en compte.

Sur la base de ce cas, le schéma ci-dessous présente le droit d'entrée minimal requis en fonction du prix moyen futur prévu du coke de pétrole pour être financièrement viable. Dans l'exemple d'un prix du coke de pétrole à long terme de 115 USD/t, un droit d'entrée de 20 USD/t pour les ordures ménagères pré-triées est nécessaire pour rendre financièrement viable la mise en œuvre d'un projet de prétraitement et de co-processing sans by pass chlore. Par conséquent, des frais (frais de déversement) pour la mise en décharge devraient être plus élevés que ce prix. Ce ne sont que des exemples de chiffres qui peuvent varier considérablement d'un pays à l'autre.

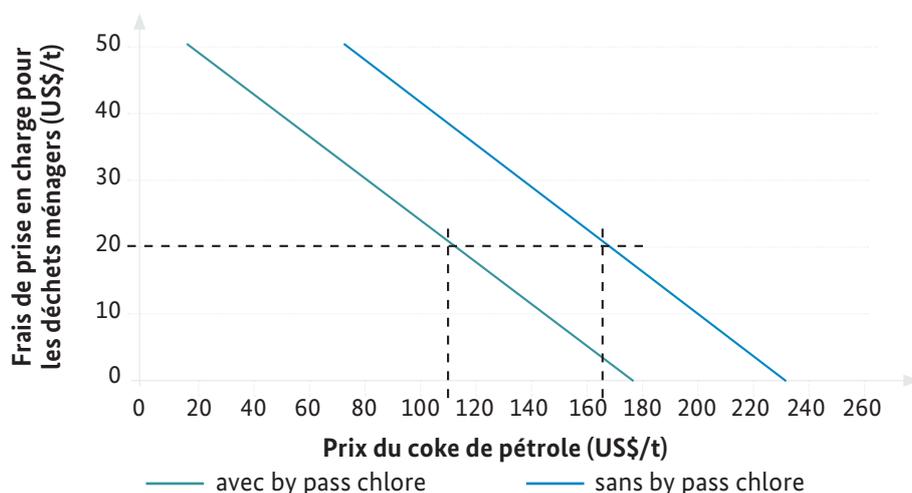


Schéma 22 :

Les frais de prise en charge pour les déchets pour le rapport coût-efficacité du prétraitement et du co-processing dépendent des coûts prévus pour le combustible traditionnel.

Dépenses d'Investissement (CAPEX) et Dépenses d'Exploitation (OPEX)

Le niveau des investissements requis pour le prétraitement et le co-processing dépend des flux de déchets traités et du niveau de prétraitement nécessaire, des CS et des matières premières utilisées, ainsi que des systèmes de stockage, de maintenance et de dosage des CS nécessaires, ainsi que des mises à niveau requises par le système de four à ciment lui-même (par exemple, by pass chlore) pour permettre le co-processing des volumes de CS souhaités sans compromettre la production de la cimenterie et la qualité du produit.

| Déchets | Dépenses en capital (CAPEX) | Dépenses d'exploitation (OPEX) (hors transport) |
|---|---|---|
| Solvants usés | 5 à 10 millions d'euros | 10 à 20 euros par tonne |
| Huile usée et huile industrielle | 1 à 3 millions d'euros | 5 à 10 euros par tonne |
| Prétraitement des pneus usés et des déchets de caoutchouc | 1 million d'euros plus coûts d'infrastructure | 15 à 40 euros par tonne |
| Co-processing des pneus usés et des déchets de caoutchouc | 1 à 3 millions d'euros | 5 à 10 euros par tonne |
| Prétraitement des déchets industriels non dangereux | 5 à 20 millions d'euros | 5 à 40 euros par tonne |
| Co-processing des déchets industriels non dangereux | 1 à 15 millions d'euros | 5 à 20 euros par tonne |
| Déchets ménagers | 5 à 50 millions d'euros | 10 à 40 euros par tonne |

Tableau 6 :

Exemple de dépenses en capital (CAPEX) et de dépenses d'exploitation (OPEX) pour le prétraitement et le co-processing de différents déchets à travers le monde (sur la base de données de la SFI, de 2017 et amendé avec des données propres).



3.7 Mise en œuvre des Directives

Principe VII

Mise en œuvre des Directives

- Des systèmes de suivi et d'audit doivent être en place pour permettre une mise en œuvre réussie.
 - Le renforcement des capacités et la formation à tous les niveaux sont essentiels.
-

Les présentes Directives recommandent des exigences environnementales, sociales, techniques, financières et juridiques. Elles ne sont pas considérées comme une loi contraignante. Leur application favorise une large acceptation du prétraitement des déchets et du co-processing des CMS dans les cimenteries. Pour la mise en œuvre des principes et exigences ambitieux mais réalistes proposés, une approche progressive est nécessaire, en fonction des conditions cadres existantes dans les différents pays.

Le niveau de développement économique, la conscience environnementale, les priorités politiques, la bonne gouvernance ou les habitudes culturelles influencent la dynamique et le calendrier de la modernisation de la gestion des déchets dans un pays. La mise en œuvre du prétraitement et du co-processing doit être considérée comme faisant partie de ce processus de changement et progressera différemment d'un pays à l'autre.

Les Directives devront être mises en œuvre dans un esprit de coopération ouverte et transparente entre les secteurs public et privé. Etant donné que cela ne se produira pas du jour au lendemain, une introduction progressive est nécessaire. La rapidité de mise en œuvre est déterminée par les circonstances politiques, sociales et juridiques et par la réalisation de jalons réalistes.

Tous les acteurs impliqués doivent avoir au moins une connaissance de base de la gestion des déchets et ceux qui sont directement impliqués dans les procédures opérationnelles, la supervision et le suivi doivent en outre avoir des connaissances spécifiques sur le prétraitement et le co-processing. Lorsque ce savoir-faire fait défaut, les programmes de renforcement des capacités sont considérés comme la première étape de la mise en œuvre. La formation peut être offerte conformément à la structure des présentes Directives.

L'élément moteur de l'introduction du prétraitement et du co-processing conformément aux présentes Directives peut être les associations nationales de gestion des déchets et de producteurs de ciment, les cimenteries individuelles ou le secteur public. Quiconque promeut cette activité doit le faire de manière transparente et dans un délai bien défini.





Étude de cas 9 : Des directives à la mise en œuvre : Adoption et mise à l'essai de directives nationales en matière de co-processing aux Philippines



Photo : Consultation de la communauté dans une installation de récupération des matériaux (IRM) à Iloilo City.

Pour soutenir la valorisation des déchets aux Philippines, l'Association nationale des fabricants de ciment (AFC) et l'Institut de développement de la technologie industrielle (IDTI) du Département des sciences et de la technologie (DST) se sont associés en 2005 avec le soutien de la *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ), qui est actuellement la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ). L'objectif principal de cette alliance était d'une part de développer une directive sur le co-processing des combustibles et des matières premières de substitution dans les fours à ciment, et d'autre part de légaliser cette solution de valorisation pour les fractions de déchets appropriées provenant des ordures ménagères.

Le passage de directives générales à un cadre de mise en œuvre s'est fait en trois étapes principales :

1. De 2006 à 2008, l'association des cimentiers et le gouvernement ont mené un dialogue avec les parties prenantes afin de déterminer des orientations pertinentes pour le contexte philippin, facilité par la GTZ.
2. Sur la base de ces orientations, des mesures ont été prises pour développer le soutien juridique, qui a été adopté en 2010 par le Bureau de la gestion environnementale.

3. L'application des directives et de la législation a été testée dans le cadre d'une initiative pilote avec Holcim et GIZ à Iloilo City, qui a également intégré le secteur informel.

Pour la directive spécifique par pays, les directives GTZ-Holcim de 2006 ont servi de base aux discussions. Les principaux défis consistaient à motiver les producteurs de ciment des Philippines à participer à l'initiative, à maintenir l'engagement des parties prenantes et à obtenir les informations nécessaires, d'autant plus que les producteurs de ciment ont des rôles et des intérêts concurrentiels. Au début du projet en 2006, neuf cimenteries différentes exploitaient 17 cimenteries aux Philippines. Suite à une série de réunions des parties prenantes de 2006 à 2008, l'AFC a finalisé la publication de directives nationales spécifiques sur le co-processing de CMS dans les fours à ciment aux Philippines.

Au cours de l'élaboration du projet, il est apparu clairement que la plupart des municipalités n'étaient pas conscientes du rôle que peut jouer le co-processing pour accroître la récupération des matières et de l'énergie. Pour donner un appui juridique à la directive, l'AFC et la GTZ ont lancé un processus de suivi pour obtenir la vérification et l'adoption des directives par l'autorité responsable des Philippines, le *Bureau de la gestion environnementale* (BGE) du ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles (MERN). Le principal défi consistait à trouver un accord sur une définition qui distingue le co-processing des autres solutions de valorisation énergétique des déchets, d'autant plus que la législation interdit explicitement l'incinération des déchets (Loi de la République 9003, section 3). Cet aspect a été clarifié avec les organisations non gouvernementales concernées. Finalement, le BGE a accepté le co-processing comme option pour la gestion des ordures ménagères en 2010 et a publié une ordonnance administrative ministérielle (DENR-DAO 2010-06).

3.7.1 Renforcement des capacités

Le prétraitement et le co-processing présentent des défis pour les différents acteurs impliqués dans la gestion des déchets et la production de ciment. Il s'agit notamment des exploitants d'installations de prétraitement et de cimenteries, mais aussi des organismes de réglementation et des organismes municipaux responsables de la gestion des déchets et de la protection de l'environnement. Les opérateurs des installations de prétraitement et des cimenteries doivent comprendre et contrôler tous les impacts que le prétraitement et le co-processing auront sur le processus de production, sur l'environnement et sur la santé et la sécurité des travailleurs. Les organismes de réglementation devront également comprendre tous ces aspects afin de s'acquitter de leur rôle dans le contrôle des impacts sur l'environnement et la santé et la sécurité. Les municipalités doivent comprendre la pertinence d'un système efficace de gestion des déchets et ses coûts. Tant les opérateurs que les régulateurs devront comprendre les préoccupations du public concernant les effets négatifs possibles du prétraitement et du co-processing, et ils devront établir des processus de communication efficaces afin d'expliquer leurs activités et d'éviter les conflits.

Dans certains endroits, les défis sont plus complexes. Dans la plupart des pays, il existe une forme élémentaire de législation environnementale, mais il n'y a souvent pas d'application efficace en raison du manque de capacités humaines, de sensibilisation ou de ressources. La plupart des pays en développement manquent d'informations sur la méthodologie et l'évaluation des données issues de la surveillance des émissions. Il n'existe souvent pas de statistiques fiables sur les déchets et les systèmes de documentation pour le traçage des déchets ne sont pas connus. L'absence de plans de gestion des déchets ne permet pas un traitement financièrement et écologiquement optimisé des déchets. Par conséquent, les organismes de réglementation, les exploitants d'installations de prétraitement et les cimenteries doivent mettre en place une structure institutionnelle et renforcer leurs capacités afin de garantir un prétraitement et un co-processing écologiquement rationnels et efficaces.

Le contenu de la présente directive contribue à donner aux parties prenantes concernées les moyens de tirer parti des avantages du prétraitement et du co-processing. Mais les Directives ne doivent pas être considérées comme une instruction de « copier-coller » pour la mise en œuvre du prétraitement et du co-processing dans un pays, chaque pays ayant ses propres conditions préalables et exigences. Le renforcement des capacités soutient l'adaptation des Directives aux besoins nationaux et leur mise en œuvre. Lorsque les décideurs nationaux et locaux décident d'intégrer le prétraitement et le co-processing dans les systèmes de gestion des déchets, le cadre juridique et institutionnel doit être adapté, et les acteurs gouvernementaux et économiques doivent avoir une connaissance approfondie des implications de la décision. Un programme complet de renforcement des capacités devrait être conçu et convenu avec les parties prenantes concernées. Un tel programme devra couvrir les aspects juridiques, techniques, sociaux, environnementaux et financiers de la gestion des déchets en général et du prétraitement et du co-processing en particulier. Des auditeurs externes fiables et bien formés, du personnel d'entreprises de services et des experts des secteurs public et privé travaillant dans le domaine de la gestion des déchets et de la fabrication du ciment sont nécessaires pour effectuer les travaux de prétraitement et de co-processing. Afin d'assurer la qualité et de simplifier le travail des organes administratifs, la certification des entreprises de transport et des opérateurs des installations de prétraitement, des laboratoires de contrôle de la qualité, ainsi que des experts individuels, est très importante.

Les producteurs de déchets, les ramasseurs de déchets du secteur informel, les entreprises de transport et les exploitants d'installations de prétraitement seront impliqués dans la manutention et le traitement des déchets avant leur livraison à la cimenterie. L'efficacité passe par l'optimisation du flux des matières, le tri des déchets, la manipulation sans danger des matières dès la source jusqu'au traitement final, et des installations adéquates pour le transport et le stockage. La direction et les travailleurs doivent être formés en conséquence. Les autorités de délivrance des permis et de contrôle doivent se concentrer sur leurs fonctions de coordination et d'exécution ; elles n'ont donc pas besoin de fournir toutes les connaissances et expériences pertinentes, mais peuvent s'appuyer sur une expertise externe. Toutefois, les agents directement responsables des procédures de contrôle et d'application des permis devraient avoir une connaissance approfondie du prétraitement et du co-processing. Une formation pourrait s'avérer nécessaire en ce qui concerne les domaines suivants :

- formulation de politiques de gestion des déchets
- collecte, validation et interprétation des données et statistiques disponibles sur les déchets
- planification de la gestion intégrée des déchets, y compris les aspects financiers et économiques
- autorisation et contrôle des installations de prétraitement et de co-processing
- évaluation de nouveaux flux de déchets pour le prétraitement et le co-processing et qualification à la source
- suivi de l'exploitation et du transport (analyse des émissions et évaluation des données)
- santé et sécurité des travailleurs pendant le transport, dans les installations de prétraitement et dans les cimenteries
- application des réglementations et autorisations nationales
- communication systématique avec les intervenants et le public.

Les opérateurs d'installations de prétraitement et de cimenteries à divers niveaux organisationnels peuvent avoir besoin d'une formation en :

- classification des déchets, contrôle des déchets et qualité des CMS
- exploitation d'installations de prétraitement et de co-processing conformément aux réglementations externes et aux normes internes
- santé et sécurité
- communication
- surveillance des aspects environnementaux (émissions)
- techniques et protocoles d'audit
- certification périodique des employés et des sous-traitants.

La formation pourra se faire par l'intermédiaire ou en coopération avec des organisations bilatérales et multilatérales (c'est-à-dire les points focaux nationaux des conventions internationales comme Bâle ou Stockholm). D'autres partenaires pour la formation pourraient être des associations cimentières, des instituts de recherche spécialisés et des universités (par ex. FHNW).

Une formation devrait être axée sur des groupes cibles. Alors que les décideurs et les leaders d'opinion (politiciens, ministres, municipalités, ONG, etc.) ont besoin d'une compréhension globale du prétraitement et du co-processing, les autorités environnementales et les exploitants d'installations ont besoin d'une formation plus approfondie. Avec un concept didactique adéquat, un effet à long terme du renforcement des capacités devrait être assuré (par exemple, atelier, formation sur le tas, coaching).

Avant de planifier les formations initiales sur le prétraitement et le co-processing, il convient de répondre aux questions suivantes :

- Quel est l'état d'avancement du système actuel de gestion des déchets (par exemple système efficace de tri et de collecte des déchets, recyclage, décharges contrôlées) ?
- Quelles sont les lacunes (par exemple, cadre environnemental approprié pour le prétraitement et le co-processing de manière écologique) ?
- Quelles parties prenantes ont besoin d'un renforcement des capacités (par exemple, le personnel opérationnel des autorités, le secteur informel, les exploitants d'installations de prétraitement ou de cimenteries) ?
- Quelles compétences les participants doivent-ils posséder après le renforcement des capacités (par exemple, caractéristiques des déchets, surveillance des émissions, statistiques sur les déchets, inspection de la santé et de la sécurité) ?







ANNEXES

PARTIE 4 : Annexes

| | |
|-----------|--|
| Annexe 1 | Bibliographie |
| Annexe 2 | Exemples de déchets adaptés au prétraitement et au co-processing |
| Annexe 3 | Incidence du prétraitement et du co-processing sur les GES |
| Annexe 4 | Exemple d'analyse de rentabilisation du prétraitement et du co-processing des CDD (combustible dérivé des déchets) |
| Annexe 5 | Exemple d'un tableau « accepter-refuser » (co-processing) |
| Annexe 6 | Exemples de valeurs limites pour les déchets et les CDD |
| Annexe 7 | Justification de l'exclusion de certains déchets du co-processing |
| Annexe 8 | Modèle d'autorisation |
| Annexe 9 | Processus d'autorisation |
| Annexe 10 | Informations sur les brûlages d'essai |
| Annexe 11 | Structure d'un plan de gestion des déchets |
| Annexe 12 | Questions clés pour l'évaluation de base axée sur l'inclusion |
| Annexe 13 | Modèle de fichier de données de base pour les déchets communément utilisés |
| Annexe 14 | Schéma de contrôle qualité des CMS |
| Annexe 15 | Analyse de situation – comment procéder |
| Annexe 16 | Approches pour l'intégration du secteur informel |



Annexe 1 – Bibliographie

- BREF. (2017).** *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment (ébauche de travail)*. Extrait du site : <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu> : http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/WT/WT_Final_Draft1017.pdf
- Brinkmann et al. (2018).** JRC Reference Report on Monitoring of Emissions to Air and Water from IED Installations. European Union. doi:doi:10.2760/344197
- CIWM. (2016).** CIWM and WasteAid UK to produce guidance on low-cost reuse and recycling technologies. Chartered Institution of Wastes Management (CIWM). Extrait du site : <https://www.ciwm.co.uk/ciwm/news/2016/ciwm-and-wasteaid-uk-to-produce-guidance-on-low-cost-reuse-and-recycling-technologies.aspx>
- CIWM. (2018).** From the Land to the Sea: How better solid waste management can improve the lives of the world's poorest and halve the quantity of plastic entering the oceans.
- CSI. (2014).** Guidelines for Co-processing Fuels and Raw Materials in Cement Manufacturing Cement Sustainability Initiative. Cement Sustainability Initiative. *Cement Sustainability Initiative (CSI)*, WBCSD. Extrait du site : <https://www.wbcd.org/Sector-Projects/Cement-Sustainability-Initiative/Resources/Guidelines-for-Co-Processing-Fuels-and-Raw-Materials-in-Cement-Manufacturing>
- CSI. (2016).** Getting the Numbers Right GNR Project Reporting CO₂. Cement Sustainability Initiative. Extrait du site : <https://www.wbcdcement.org/GNR-2016/>
- CSI/ECRA. (2017).** Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead. European Cement Research Academy & Cement Sustainability Initiative. Extrait du site : <http://www.wbcdcement.org/technology>
- De Wit et al. (2018).** The Circularity Gap Report: An Analysis of the Circular State of the Global Economy. Circle Economy. Extrait du site Circle Economy : <http://www.greengrowthknowledge.org/resource/circularity-gap-report-analysis-circular-state-global-economy>
- Directive 2010/75/EU.** (n. d.). European Union *Industrial Emissions Directive (IED)*. Extrait du site : <http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/ied/legislation.htm>
- EC. (2008).** Directive 2008/98/EC on Waste (Waste Framework Directive). European Commission. Extrait du site : <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>
- ECRA. (2017).** Evaluation of the energy performance of cement kilns in the context of co-processing. European Cement Research Academy.
- EPA. (2006).** National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants. Extrait du site : <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9>
- EPA. (2014).** Global Emissions of Trace Gases, Particulate Matter, and Hazardous Air Pollutants from Open Burning of Domestic Waste. *Environmental Science and Technology*, 48(16), 9523-9530. doi: <https://doi.org/10.1021/es502250z>
- EPA. (2016).** Extrait du site : <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/commercial-and-industrial-solid-waste-incineration-units-ciswi-new>
- E-PRTR. (2006).** Guidance Document for the implementation of the European PRTR. Extrait du site : http://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/eper/pdf/en_prtr.pdf
- European Commission. (2006).** Reference Document on Best Available Techniques on Emissions from Storage. European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control. Extrait du site : https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/esb_bref_0706.pdf

- European Commission. (2013).** *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide.* Joint Research Centre of the European Commission. doi:10.2788/12850
- European Commission. (2014).** *Towards a Circular Economy: A Zero Waste Programme for Europe.* Extrait du site : <http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/circular-economy-communication.pdf>.
- GCCA. (2018).** *GCCA Sustainability Guidelines for co-processing fuels and raw materials in cement manufacturing.* Global Cement and Concrete Association.
- GIZ. (2017).** *Waste to Energy Options in Municipal Waste Management – A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries.* Extrait du site : https://www.giz.de/en/downloads/GIZ_WasteToEnergy_Guidelines_2017.pdf
- GIZ. (2018).** *Inclusion of Informal Collectors into the Evolving Waste Management System in Serbia, A Roadmap for Integration.* German Technical Cooperation, Belgrade, Serbia, 2018.
- IEA/CSI. (2018).** *Technology Roadmap: Low-Carbon Transition in the Cement Industry.* World Business Council for Sustainable Development. International Energy Agency & Cement Sustainability Initiative. Extrait du site : <https://www.wbcsd.org/Projects/Cement-Sustainability-Initiative/Resources/Technology-Roadmap-Low-Carbon-Transition-in-the-Cement-Industry>
- IFC. (2016).** *Unlocking Value: alternative Fuels For Egypt's cement industry.* Extrait le 9 janvier 2019 du site : https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/aaa24840-cb94-40c6-9ab1-bb0252a6d2fb/IFC+AFR+Report+_+Web_+1-11-2016.pdf?MOD=AJPERES
- IFC. (2017).** *Increasing the Use of Alternative Fuels at Cement Plants: International Best Practice.* International Finance Corporation, Washington D. C. Extrait du site : https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/bb652356-1d43-4421-b7eb-e0034d8d6b8f/Alternative+Fuels_06+27.pdf?MOD=AJPERES
- IMPEL. (2015).** *Doing the Right Things for Environmental Permitting.* European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law. Extrait du site : <https://www.impel.eu/projects/doing-the-right-things-for-environmental-permitting/>
- IRP. (2017).** *Assessing Global Resource Use: A Systems Approach to Resource Efficiency and Pollution Reduction.* International Resource Panel. Extrait du site : http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/assessing_global_resource_use_amended_130318.pdf
- IRP. (2017).** *Resource Efficiency Potential and Economic Implications.* International Resource Panel. Extrait du site : http://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/resource_efficiency_report_march_2017_web_res.pdf
- ISWA. (2016).** *A Roadmap for Closing Waste Dumpsites, The World's Most Polluted Places.*
- Jambeck et al. (2015).** *Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean.* Science. doi:10.1126/science.1260352
- Kaza et al. (2018).** *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.*
- McKinsey & Company. (2013).** *Pathways to a low-carbon economy: Version 2 of the global greenhouse gas abatement cost curve.* Extrait du site : <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/pathways-to-a-low-carbon-economy>
- Paul et al. (2010).** *Responding to Climate Change and Alleviating Poverty: Recovery of Alternative Fuels and Raw materials by Waste Pickers.* ISWA World Congress.

Paul et al. (2012). Solid Waste Management for Local Government Units in the Philippines. GIZ.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E., & Lenton, T. (2009). A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*. doi: <https://doi.org/10.1038/461472a>

Scheinberg et al. (2010). Economic Aspects of the Informal Sector in Solid Waste Management. *Geman Technical Cooperation* (GTZ). Eschborn: GIZ.
Extrait du site : <https://www.giz.de/en/downloads/giz2011-cwg-booklet-economicspects.pdf>

SNIC. (2019). Cement Technology Roadmap – Carbon Emissions Reduction Potential in the Brazilian Cement Industry.

UNEP. (2011). Basel Convention & Implementation & Technical Assistance & Co-processing. Extrait le 16 juillet 2018 de la Convention de Bâle :
<http://www.basel.int/Implementation/TechnicalAssistance/Coprocessing/tabid/2554/Default.aspx>

UNEP. (2015). Global Waste Management Outlook.

UNEP. (2016). Marine Litter Vital Graphics. Nairobi and Arendal: United Nations Environmental Programme & GRID-Arendal. Extrait du site : https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9798/-Marine_litter_Vital_graphics-2016MarineLitterVG.pdf.pdf?sequence=3&isAllowed=y

UNEP. (2017a). Minamata Convention on Mercury. Extrait du site : <http://www.mercuryconvention.org/>

UNEP. (2017b). Stockholm Convention on *Persistent Organic Pollutants* (POPs).
Extrait du site : <http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>

USGS. (2013). Cement Statistics and Information.
Extrait du site : <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/cement/mcs-2018-cemen.pdf>

Vanderborght, B., Koch, F., Laurent, G., Stefan, W., Piet, H. H., & Degré, J.-P. (2016). Low-Carbon Roadmap for the Egyptian Cement Industry. *Banque européenne pour la reconstruction et le développement – BERD*

VDZ. (2017a). Données environnementales de l'industrie allemande du ciment. Verein Deutscher Zementwerke e. V., Duesseldorf. Extrait du site : https://mitglieder.vdz-online.de/fileadmin/gruppen/vdz/3LiteraturRecherche/Umweltdaten/VDZ_Umweltdaten_2017_DE_EN.pdf

VDZ. (2017b). VDZ calculation from AFR symposium.

Velis et al. (2009). Biodrying for mechanical-biological treatment of wastes: A review of process science and engineering. *Bioresource Technology*.

Velis et al. (2012). An analytical framework and tool ('InteRa') for integrating the informal recycling sector into waste and resource management systems in developing countries. *Waste Management & Research*, 39(9), 42-66.
doi:10.1177/0734242X12454934

WBCSD. (2006). Formation and Release of POPs in the Cement Industry. Extrait en mai 2019, du site :
<https://www.wbcsd.org/contentwbc/download/2426/30097>

WBCSD. (2011). CO₂ and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry.

WBCSD/IEA, 2012. (n.d.). Technology Roadmap: Low Carbon Technology for the Indian Cement Industry. International Energy Agency. Extrait du site :
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_cement_in_india_roadmap.pdf

Wiedinmyer C, Y. R. (2014). Global Emissions of Trace Gases, Particulate Matter, and Hazardous Air Pollutants from Open Burning of Domestic Waste, doi: 10.1021/es502250z. Environ Sci Technol. 19 ; 48(16);, 9523-30.

Wilson et al. (2012). Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. Waste Management & Research, 30(3), 237-57. doi:10.1177/0734242X12437569

Wilson, D. V. (2013). Integrated sustainable waste management in developing countries. Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Waste and Resource Management, Open access: <https://doi.org/10.1680/warm.12.00005>



Annexe 2 – Exemples de déchets adaptés au prétraitement et au co-processing

| | Pouvoir calorifique (GJ/t) ^{8 9} | Facteur d'émission (kg CO ₂ /GJ) ¹⁰ | Part de biomasse |
|------------------------------------|---|---|------------------|
| Huile usagée | 25–36 | 74 | 0 |
| Pneus | 25,1–31,4 | 85 | 27% |
| Plastiques | 21,0–41,9 | 75 | 0 |
| Solvants | 20–36 | 74 | 0 |
| Sciure de bois imprégnée | 14–28 | 75 | 20–75% |
| Boues d'épuration séchées | 8–13 | 110 | 100% |
| Bois, sciure de bois non imprégnée | Aprox. 16 | 110 | 100% |
| Papier, carton | 3–16 | 110 | 100% |
| Farine animale | 14–21,5 | 89 | 100% |
| Déchets agricoles | 12–16 | 110 | 100% |
| CDD | 11,6 ¹¹ 16,8 ¹² | 45,9 61 | 50% 40% |

Tableau 7 :

Exemples de déchets adaptés CS (y compris le pouvoir calorifique et les facteurs d'émission de CO₂).

8 Antoine Pinasseau, Benoit Zerger, Joze Roth, Michele Canova, Serge Roudier ; *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste treatment, Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)* ; EUR 29362 FR ; Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg, 2018 ; ISBN 978-92-79-94038-5, doi:10.2760/407967, JRC113018, <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

9 Commission européenne, Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les industries de fabrication du ciment, de la chaux et de l'oxyde de magnésium, mai 2010, tableau 1.20. <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

10 CSI, 2013, tableau de protocole 3.1, <http://www.cement-co2-protocol.org/en/>

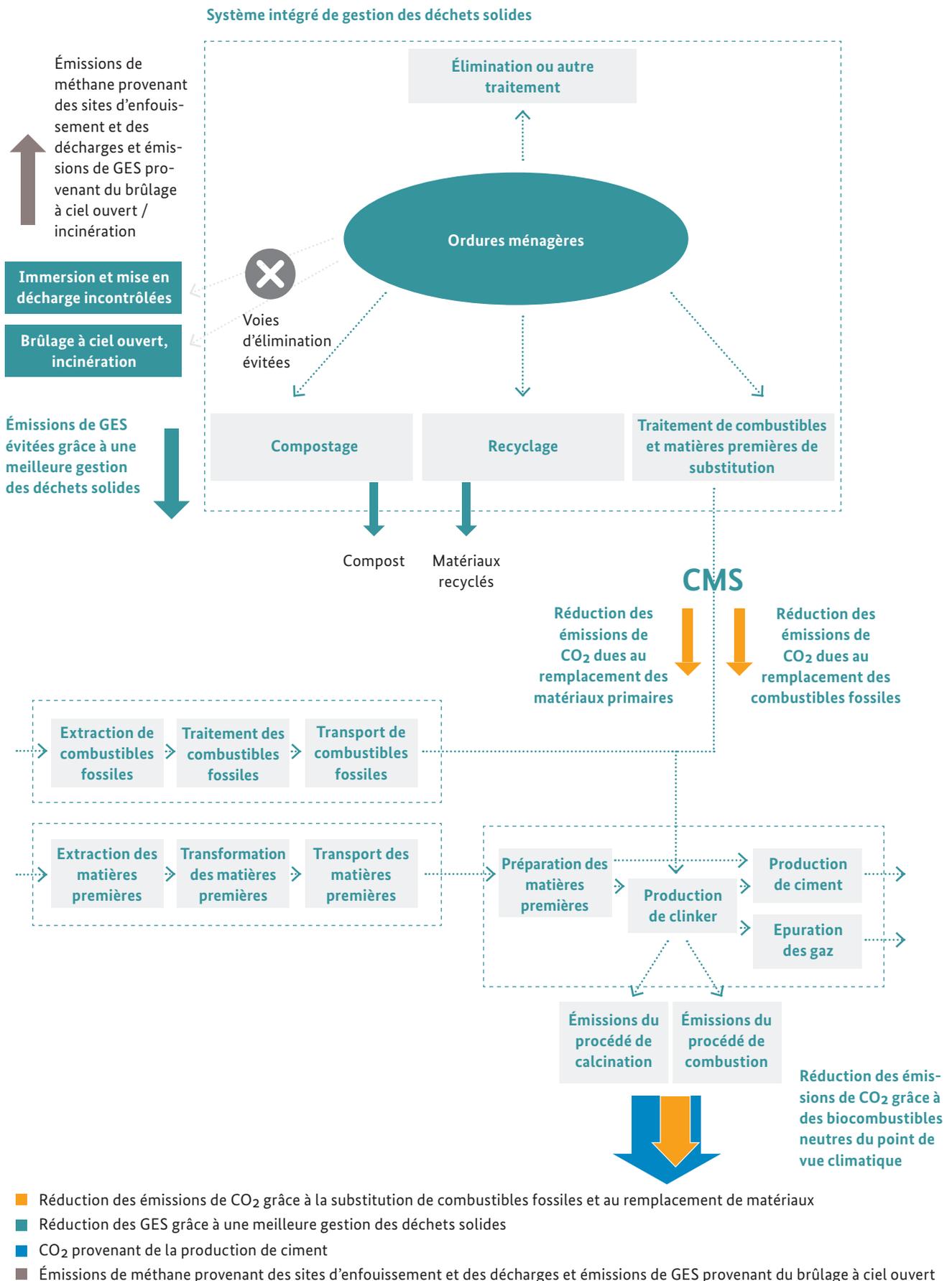
11 CDM-Executive Board, *Project design document from (CDM PDD) – Version 03, 05/07 2010, Alternative fuels and biomass project at Zapotiltic cement plant Version 10*

12 Therese Schwarzböck, Edi Munawar, Jakob Lederer, Johann Fellner *Refuse Derived Fuels in the Cement Industry – Potentials in Indonesia to Curb Greenhouse Gas* *Conférence internationale sur l'ingénierie et la science au service de la recherche et du développement (ICESReD)* <http://www.icesred.unsyiah.ac.id/proceedings/34.%20Schwarzb%20et%20al..pdf>

Tableau 8 :
Exemples de déchets
adaptés MS.

| Déchets | Composés utiles |
|--|------------------------|
| Cendres volantes | Si-Al-Ca |
| Scories de haut fourneau | Fe |
| Fumée de silice | Si |
| Scories de fer | Fe |
| Cendres de pyrite | Fe |
| Sol contenant de l'huile | Si-Al-Ca |
| Plâtre artificiel (provenant de la désulfuration des gaz de combustion et de la production d'acide phosphorique) | S |
| CaF ₂ , Boues de filtration | Ca-F |
| Boue rouge | Fe |
| Boues provenant du traitement de l'eau potable | Ca |
| Sable de fonderie usé | Fe |

Annexe 3 – Incidence du prétraitement et du co-processing sur les GES



Annexe 4 – Exemple d'analyse de rentabilisation du prétraitement et du co-processing des CDD (combustibles dérivés des déchets)

Ici, une analyse de rentabilité générique est calculée pour le prétraitement et le coprocessing des CSR afin d'offrir une meilleure compréhension des aspects économiques et climatiques de l'utilisation des déchets comme CMS dans la production de ciment. Une cimenterie ultramoderne qui produit 1,2 million de tonnes de clinker par an est prise comme exemple, avec une consommation annuelle de 180 000 tonnes de coke de pétrole et des émissions de gaz à effet de serre dues à la combustion du coke de pétrole de 390 000 tonnes de CO₂ ([tableau 9 et tableau 10](#)). Le coke de pétrole est importé de l'étranger et transporté par chemin de fer jusqu'à la cimenterie. L'augmentation du prix du coke de pétrole réduit les marges bénéficiaires et les réductions de CO₂ nécessitent des actions ([tableau 11](#)). En coopération avec une organisation internationale, la direction a mis en place un projet de co-processing pour les CSR afin de maintenir la compétitivité, de réduire les émissions de GES et d'améliorer la gestion des déchets de la municipalité locale.

La déchèterie reçoit 200 000 tonnes par an d'ordures ménagères mixtes. Une coopérative de chiffonniers trie toutes les matières recyclables de valeur telles que les métaux, les plastiques, le verre PET, le carton, etc. L'organisation internationale a financé une installation de tri et de recyclage de base, exploitée par la coopérative de chiffonniers, qui comprend un trommel pour l'enlèvement des matières organiques, un tapis roulant pour le travail de tri manuel et une camionnette pour le transport des matières recyclables. La quantité annuelle de résidus de tri s'élève à 120 000 tonnes. Avec une humidité de 50%, la valeur calorifique de 10 GJ/t est trop faible pour le co-processing. L'installation de prétraitement mécano-biologique, exploitée par la cimenterie, est située à une distance de 80 km par la route. L'opérateur du prétraitement est également responsable du transport des résidus de triage de la station de triage à l'installation de prétraitement et reçoit en outre une redevance de la municipalité. Dans l'installation de prétraitement, les résidus de tri sont qualifiés, séchés et broyés pour obtenir 80 000 tonnes de CSR homogène à un taux d'humidité de 25% et un pouvoir calorifique de 16 GJ/t. Le CSR remplace 32% du coke de pétrole dans la cimenterie ([tableau 12](#)). L'investissement initial s'élève à 14 millions de dollars US pour l'installation de prétraitement (y compris la planification et l'ingénierie) et le système d'alimentation du four. Un système de by pass chlore existe déjà. Dans le cas contraire, 5 millions de dollars US supplémentaires sont nécessaires ([tableau 15 et tableau 16](#)).

Selon les règles d'investissement, tout projet doit être remboursé en 5 ans. L'évaluation financière a montré que le délai de remboursement dynamique de 5 ans est atteint aux prix actuels du coke de pétrole (indice USGC 114 USD) et des frais de prise en charge de 20 USD/t, qui peuvent également être financés à long terme par la municipalité. En outre, le taux de rendement interne de 33,7% est supérieur à la moyenne pondérée des coûts d'investissement de 8,5% pour ce type de projet et de pays. ([tableau 17](#))

La réduction des émissions de CO₂ du projet (hors transport de coke de pétrole) s'élève à 67 500 t CO₂/an, soit 17% de la base de référence ([tableau 13 et tableau 14](#)).

| | | |
|--|--------------|------|
| Capacité de production du four | 1,46 million | t/an |
| Rendement | 82 | % |
| Production de clinker | 1,2 million | t/an |
| Base de référence de la consommation de coke de pétrole | 117 647 | t/an |

Tableau 9 :
Base de référence : hypothèse de consommation d'énergie thermique des cimenteries.

| | | |
|---|---------|-------------------------|
| Facteur d'émission de CO₂ du GIEC coke de pétrole | 97,5 | kg CO ₂ / GJ |
| Énergie thermique CO₂ | 390 000 | t CO ₂ /an |
| Base de référence d'émissions de CO₂ | 395 279 | t CO ₂ /an |

Tableau 10 :
Base de référence : Émissions de CO₂ provenant du transport et de la combustion du coke de pétrole.

| | | |
|--|----------------------|----------------|
| Coûts du coke de pétrole | 114 | US\$/t |
| Coûts du coke de pétrole au niveau du brûleur (montant) | 174 | US\$/t |
| Base de référence des coûts | 20,4 millions | US\$/an |

Tableau 11 :
Base de référence : coûts du coke de pétrole dans une cimenterie.

| | | | |
|---|---|--------------|-------------------------|
| Tableau 12 : Projet : Prétraitement et co-processing des CSRR à partir de résidus des ordures ménagères (triés par les chiffonniers dans la décharge). | Quantité d'ordures ménagères humides (valeur calorifique nette de 10 GJ/t, 50% d'humidité) | 120 000 | t/an |
| | Quantité de CSR après séchage (pouvoir calorifique inférieur 16 GJ/t) | 80 000 | t/an |
| | Énergie thermique de CSR | 1,28 million | GJ/an |
| | Taux de substitution thermique | 32% | |
| | Substitution du coke de pétrole par des CSR | 37 647 | t/an de coke de pétrole |

| | | | |
|---|--|--------|-----------------------|
| Tableau 13 : Projet : Émissions de CO ₂ du prétraitement et du co-processing. | Emissions de CO₂ liées au prétraitement et co-processing | 61 064 | t CO ₂ /an |
|---|--|--------|-----------------------|

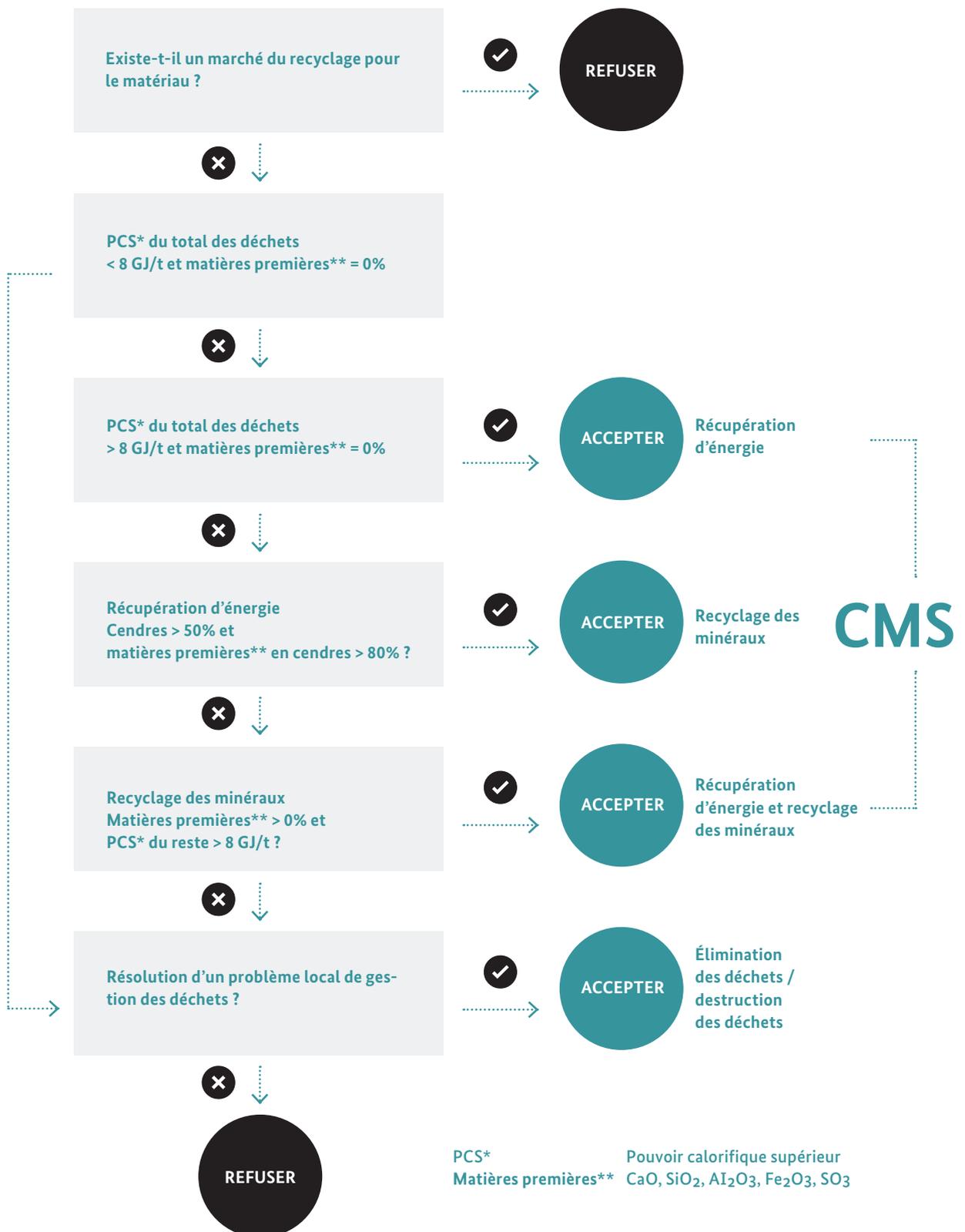
| | | | |
|--|--|---------|-----------------------|
| Tableau 14 : Projet : Réduction des émissions de CO ₂ . | Base de référence des émissions de CO₂ | 390 000 | t CO ₂ /an |
| | Réduction de la consommation de coke de pétrole | 32 | % |
| | Réduction des émissions de CO₂ liées au projet (montant) | 65 736 | t CO ₂ /an |
| | Réduction des émissions de CO₂ liées au projet (pourcentage) | 17 | % |

| | | | |
|--|---|-----|-------------------------------|
| Tableau 15 : Projet : Dépenses d'exploitation (OPEX) liées au prétraitement et co processing. | Prix de mise en décharge des ordures ménagères (payé par la municipalité) | -20 | t/résidus d'ordures ménagères |
| | Coût total de CSRR après le transport, le prétraitement et l'alimentation du four, y compris le droit d'entrée (montant) | 8 | US\$/t CDD |
| | Total CSR (énergie) | 0,5 | US\$/GJ FDR |

| | | | |
|---|-----------------|------|---|
| Investissement total (y compris le by pass chlore) | 14 millions | US\$ | Tableau 16 : Projet : Dépenses d'investissement (CAPEX) liées au prétraitement et co-processing. |
| | | | |
| Coût moyen pondéré du capital (CMPC) | 8,5 | % | Tableau 17 : Projet : Paramètres financiers. |
| Période du projet | 20 | ans | |
| | | | |
| Taux de rendement interne (TRI) | 33,7 | % | Tableau 18 : Projet : Evaluation financière des résultats. |
| Valeur actuelle nette | 27,228 millions | US\$ | |
| | | | |

Annexe 5 – Exemple d'un tableau accepter-refuser (co-processing)

Organigramme « Accepter ou Refuser » d'un opérateur de cimenterie



Annexe 6 – Exemples de valeurs limites pour les déchets et les CDD

Tableau 19 : Valeurs limites pour les déchets utilisés dans les fours à ciment de la législation autrichienne, dans les directives de Rhénanie du Nord – Westphalie (Allemagne) et avec les autorisations françaises.

| Substance | Autriche ¹³ | | | | Rhénanie-du-Nord-Westphalie ¹⁴ | France ¹⁵ |
|--|---|-------------------|---------------------------------|----------------|---|---|
| | CS dans les fours à ciment avec préchauffage et calcinateur | | Déchets, qui ne sont pas des CS | | Déchets comme combustible de chauffage [▲] | Critères d'entrée des substances pour les combustibles résiduels appropriés utilisés dans les cimenteries |
| | médian | 80e percentile | médian | 80e percentile | | |
| Valeurs limites en mg/kg de matière sèche (valeurs AT converties de mg/kg à partir d'un pouvoir calorifique moyen de 18 GJ/t). FR convertis à partir de ppm et %) | | | | | | |
| Arsenic | 36 | 54 | 90 | 135 | 13 | NA |
| Antimoine | 126 | 180 | 630 | 900 | 120 | NA |
| Plomb | 360 | 648 | 1350 | 2430 | 200–400 | 6000 |
| Cadmium | 4,14 ¹ | 8,28 ¹ | 15,3 | 30,6 | 9 | NA |
| Chrome, total | 450 | 666 | 1710 | 2520 | 120–250 | 1000 |
| Cobalt | 27 | 48,6 | 81 | 144 | 12 | 1000 |
| Cuivre | NA | NA | NA | NA | 300–700 ^{▲▲} | 2000 |
| Nickel | 180 | 324 | 630 | 1080 | 100 | 1000 |
| Mercure | 1,4 | 2,7 | 6,8 | 13,5 | 1,2 | 10 |
| Thallium | NA | NA | NA | NA | 2 | NA |
| Zinc | NA | NA | NA | NA | NA | 150000 |
| Étain | NA | NA | NA | NA | 70 | NA |
| Manganèse | NA | NA | NA | NA | 100–500 | 1000 |
| Vanadium | NA | NA | NA | NA | 25 | NA |
| PCB/PCB+PCT* | NA | NA | NA | NA | NA | 50 |
| PCP (Pentachloro-phénol) | NA | NA | NA | NA | NA | 50 |

13 Ordonnance allemande : Ordonnance du ministre fédéral de l'Agriculture, des Forêts, de l'Environnement et de la Gestion des eaux et du ministre fédéral de l'économie, de la famille et de la jeunesse sur l'incinération des déchets (Ordonnance sur l'incinération des déchets – AVV) <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002239>

14 Ordonnance allemande : Ministère de l'Environnement et de la Protection de la nature, de l'Agriculture et de la Protection des consommateurs du Land de Rhénanie-du-Nord-Westphalie, septembre 2005, Directive sur la valorisation énergétique des déchets des usines de ciments, chaux et électriques en Rhénanie-du-Nord-Westphalie https://www.th-owl.de/fb8/fileadmin/download_autoren/immissionsschutz/Interpretation/NRW0509yyLeitEnergVerw02.pdf

15 Commission européenne, Document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans les industries de fabrication du ciment, de la chaux et de l'oxyde de magnésium, mai 2010, tableau 4.18 <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

| | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|---------|
| Chlore total | NA | NA | NA | NA | NA | 4 |
| ∑ As+Ni+Co+Se+ Te+Cr+Pb+S- b+Sn+V | NA | NA | NA | NA | NA | 10'000 |
| Soufre | NA | NA | NA | NA | NA | 120'000 |
| Autres halo- gènes (bromure+ iodure+fluorure) | NA | NA | NA | NA | NA | 5'000 |
| Alcalis (Na ₂ O+K ₂ O) | NA | NA | NA | NA | NA | 150'000 |
| Phosphates (P ₂ O ₅) | NA | NA | NA | NA | NA | 150'000 |

*PCB :
polychlorobi-
phényle ;
PCT :
polychloroter-
phényles

¹ Pour les CS de qualité assurée (numéro clé 91108 selon Abfallverzeichnisverordnung, BGBl. II Nr. 570/2003, dans la version actuelle), une limite de 8,1 mg/kg (médiane) et 12,6 mg/kg (80e percentile) est applicable. (Dans l'hypothèse d'un pouvoir calorifique moyen de 18 GJ/t)

▲ par rapport à un pouvoir calorifique de la matière sèche d'au moins 20 GJ/t (± 2 000 MJ/t), respectivement pour la fraction calorifique élevée provenant des déchets municipaux, le pouvoir calorifique est de 16 GJ/t.
▲▲ Violation de la limite pour cause d'inhomogénéité – valable dans des cas individuels

Annexe 7 – Justification de l'exclusion de certains déchets du co-processing

1. Déchets radioactifs

Les déchets radioactifs sont normalement exclus de la gestion « classique » des déchets, et des réglementations spécifiques doivent donc être appliquées conformément aux accords internationaux. Cela signifie que les déchets radioactifs ne peuvent pas être traités conformément à la réglementation sur les déchets municipaux et industriels et que des autorisations spéciales sont requises pour leur traitement. La procédure est normalement stipulée dans les lois nucléaires nationales. Les cimenteries ne sont pas adaptées au traitement des déchets radioactifs.

Toutefois, il existe un cas limite pour les déchets qui ont une faible dose de radioactivité (par exemple, les déchets provenant de la recherche, des dispositifs de nettoyage ou des entités médicales). Conformément aux recommandations de l'Agence internationale de l'énergie atomique et d'autres organisations, de nombreux pays définissent certains déchets comme faiblement radioactifs si le rayonnement du matériau sur les humains ne dépasse pas 10 μSv par an. Dans ce cas, une autorisation restreinte, voire illimitée, de traiter ces déchets dans le cadre d'un système intégré de gestion des déchets pourrait être accordée. Au niveau international, les procédures d'autorisation restent très divergentes et aucun niveau uniforme n'est donné. Etant donné qu'il est très difficile pour la plupart des entreprises et/ou des autorités de prouver que la valeur limite de 10 μSv pourrait être assurée à tout moment, il est recommandé de ne pas utiliser de déchets radioactifs pour le prétraitement et le co-processing.

2. Déchets contenant de l'amiante

L'amiante est le nom donné à un groupe de minéraux qui se présentent naturellement sous forme de masses de longues fibres soyeuses. L'amiante est reconnu pour ses propriétés uniques de résistance à l'abrasion, d'inertie aux solutions acides et alcalines et de stabilité à haute température. En raison de ces caractéristiques, l'amiante était largement utilisé dans la construction et l'industrie. Les fibres d'amiante sont tissées ensemble ou incorporées à d'autres matériaux pour créer de nombreux produits.

Les fibres d'amiante en suspension dans l'air sont petites, inodores et sans goût. Leur taille varie de 0,1 à 10 microns de longueur (un cheveu humain a environ 50 microns de diamètre). Comme les fibres d'amiante sont petites et légères, elles peuvent être suspendues dans l'air pendant de longues périodes. Les personnes qui entrent en contact avec de l'amiante peuvent inhaler des fibres. Une fois inhalées, les petites fibres d'amiante inertes peuvent facilement pénétrer les défenses de l'organisme. Ils sont déposés et retenus dans les voies respiratoires et les tissus des poumons et peuvent causer le cancer. En raison de ces effets négatifs sur la santé, l'utilisation de l'amiante est interdite dans la plupart des pays depuis environ 25 ans.

Les matériaux contenant de l'amiante peuvent être classés en trois catégories : les matériaux pulvérisés ou appliqués à la truelle (par exemple, plafonds ou murs), l'isolation thermique du système (p. ex. l'enduit de ciment autour des chaudières, sur les coudes, les téés, les raccords et les canalisations d'eau et de vapeur) ou divers matériaux (p. ex. carreaux, plaques, tuiles, produits de friction automobiles). Des millions de tonnes de produits à base d'amiante seront transférés dans les déchets à l'avenir, en particulier dans les pays en développement, et tous les pays ne disposent pas d'une réglementation nationale sur la manipulation et l'élimination finale de cet important flux de déchets.

Les déchets contenant de l'amiante peuvent être traités dans des fours rotatifs spécialement équipés à une température > 800°C pendant un certain temps. Les minéraux de l'amiante seraient transformés en d'autres minéraux comme l'olivine ou la forstérite. Par conséquent, le co-processing pourrait être, d'un point de vue technique, une option pour le traitement des déchets d'amiante. Toutefois, l'enfouissement sanitaire doit être considéré comme le moyen le plus approprié d'élimination finale, car le matériau peut être éliminé sans être perturbé et ne provoque pas le rejet de fibres indésirables dans l'air. Une fois mis en décharge en toute sécurité, les déchets d'amiante n'ont plus d'impact négatif sur l'environnement. Comme la disponibilité et la nouvelle installation d'un site d'enfouissement sanitaire deviennent de plus en plus problématiques, des demandes de co-processing de l'amiante pourraient se présenter à l'avenir. Toutefois, avant d'annuler l'amiante de la liste des substances interdites, des enquêtes approfondies sont nécessaires, notamment en matière de santé et de sécurité au travail dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. En outre, des réglementations spécifiques à l'amiante doivent être introduites et appliquées par les autorités nationales.

3. Explosifs et munitions

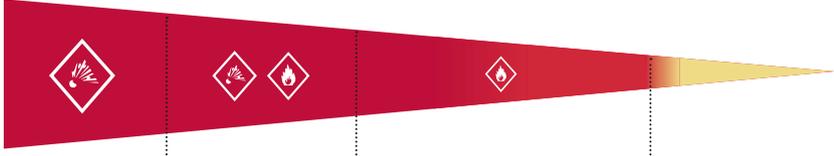
Les explosifs sont tout composé chimique, mélange ou dispositif capable de produire un effet pyrotechnique explosif, avec dégagement instantané important de chaleur et de gaz. Exemples : nitroglycérine, feux d'artifice, détonateurs, fusées, fusées éclairantes, munitions, etc. Les raisons de les exclure du co-processing sont la sécurité en raison du risque d'explosions incontrôlées pendant les activités de prétraitement, le transport ou manutention, les réactions explosives dans le four à ciment auraient un impact négatif sur la stabilité du procédé.

4. Composés thermiquement instables autoréactifs

Ces composés sont généralement exclus du prétraitement car les matériaux présentent des risques spécifiques qui, dans des conditions normales d'exploitation, sont susceptibles de subir une décomposition fortement exothermique même sans participation d'oxygène (air). Une partie de la matière explosera ou se dégonflera rapidement ou est susceptible de subir une explosion thermique – elle doit donc être vue sous le même angle qu'une matière explosive.

Un matériau de cette catégorie est par exemple le peroxyde de benzoyle. En tant que produit chimique pur, il est considéré comme un oxydant puissant qui peut réagir violemment avec les combustibles. (classification SGH type A / B). Cependant, lorsqu'il est mélangé à de la crème (typiquement 5 – 20%) pour une utilisation comme traitement de l'acné, il est considéré comme ininflammable selon les critères de l'OSHA.

Tableau 20 :
Classification
des matières
autoréactives.¹⁶

| | | | | | |
|-----------------------------|---|--|---|----------|--------|
| Classes de danger | Matières et mélanges/péroxydes organiques auto-réactifs (deux classes de danger distinctes ayant les mêmes catégories et sont donc regroupées) | | | | |
| étiquetage SGH |  | | | | |
| classification SGH | type A | type B | type C+D | type E+F | type G |
| Mot de signalisation | Danger | | Avertissement | | |
| H Déclarations | H240 : la chaleur peut provoquer une explosion. | H241 : la chaleur peut provoquer un incendie ou une explosion. | H241 : la chaleur peut provoquer un incendie. | | |

5. Déchets anatomiques, infectieux et de soins de santé

Les déchets infectieux et les déchets des soins de santé sont générés par les soins médicaux humains et vétérinaires et par la recherche. On peut citer comme exemples les poches de transfusion sanguine utilisées, les bandages contaminés par du sang, les filtres à dialyse, les aiguilles d'injection, ainsi que des parties du corps et des organes. L'élimination exige des exigences particulières en matière d'hygiène et de sécurité du travail lors de la manipulation, de l'emballage et du transport.

Les conditions dans le four à ciment seraient appropriées pour traiter les déchets infectieux et les déchets médicaux, mais exigeraient des précautions particulières en matière de santé et de sécurité dans la chaîne d'approvisionnement de ces déchets. Étant donné que les conditions requises en matière de santé et de sécurité ne peuvent pas être entièrement assurées, le co-processing n'est pas recommandé à l'heure actuelle. Toutefois, le problème de la gestion inadéquate des déchets de soins de santé persiste depuis des années, en particulier dans les pays en développement. Bien qu'il soit bien connu que la séparation des déchets à la source est l'étape la plus importante dans la gestion des déchets de soins de santé, ce principe n'est pas toujours appliqué. Encore moins d'attention est accordée à l'entreposage sécuritaire ultime et au traitement final (stérilisation ou micro-ondes) des déchets infectieux.

6. Déchets d'équipements électriques et électroniques

Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) sont composés d'ordinateurs et d'accessoires, d'électronique de divertissement, d'électronique de communication, de jouets mais aussi de produits blancs tels que les appareils de cuisine ou les appareils médicaux. Les DEEE contiennent d'une part des substances nocives pour la santé et l'environnement telles que Cl, Br, P, Cd, Ni, Hg, PCB et ignifugeants bromés en concentration élevée, souvent supérieure aux valeurs limites seuils fixées dans les autorisations. D'autre part, la ferraille contient tellement de métaux précieux rares qu'il convient de tout mettre en œuvre pour la recycler. Le co-processing des parties plastiques des déchets électroniques serait une option intéressante, mais nécessite d'abord le démontage et la ségrégation.

7. Batteries entières

Les batteries peuvent être classées comme batteries automobiles, batteries industrielles et batteries portables (grand public). Les batteries automobiles sont principalement des batteries au plomb-acide ; les batteries industrielles comprennent à la fois des batteries au plomb-acide et des batteries Ni-Cd. La batterie portable se compose de batteries d'usage général (principalement des batteries au carbone Zn et au manganèse alcalin), de piles boutons (principalement des batteries Hg, Zn air, Ag₂O, MnO et Li) et de batteries rechargeables (principalement des batteries Ni-Cd, Ni-métal hydrure, Li-ion et plomb-acide scellées). La plupart de ces substances sont nocives pour la santé et l'environnement. Le co-processing des batteries entraînerait une concentration indésirable de polluants dans le ciment et les émissions atmosphériques. De plus, le contenu de certaines piles, comme le Hg, le Ni ou le Cd, dépasse les valeurs limites pour les CMS. En outre, des usines de recyclage de batteries commercialement viables ont été introduites avec succès.

Annexe 8 – Modèle d'autorisation

Expéditeur : Autorité de délivrance des autorisations

Destinataire : Société

I.

Par les présentes, conformément aux articles ... de la Loi... .., vous êtes autorisé à construire et à exploiter une usine de production de ciment avec co-processing de déchets de combustible avec une production de... t/ ciment à... (lieu)... (rue, adresse exacte)

II. Composants de l'usine

- four rotatif avec conduits de fumées, cheminée
- stockage des matières premières
- stockage du combustible (combustible primaire, combustible secondaire)
- concasseurs, broyeurs, refroidisseurs
- installations de transport
- filtre électrostatique
- traitement des déchets, station d'approvisionnement
- ...

III. Documents relatifs à la demande

1. Carte topographique
2. Documents de construction :
 - plan d'ensemble
 - dessins
 - spécification du bâtiment
3. Coupe schématique de l'usine
4. Plan de situation des machines
5. Description de l'usine et de son exploitation, conditions de travail normales
6. Description de la situation des émissions
 - technologie pour la prévention de la pollution
 - contenu des quantités d'émissions
7. Description des combustibles secondaires : production, traitement, utilisation, installation, approvisionnement, système d'assurance qualité.
8. Évaluations environnementales
 - Prévisions des émissions de polluants atmosphériques (par ex. poussières, NOx, SO₂, métaux lourds, PCDD/PCDF)
 - Prévisions des émissions sonores
 - Émissions d'odeurs
9. Maintien des normes de santé et de sécurité au travail et dans l'industrie
10. Description des techniques et/ou mesures d'économie d'énergie
11. Description pour information publique

IV. Données de l'usine

Production : ... t/j de ciment

Combustible primaire : poussière de charbon, mazout de chauffage,...

Combustible secondaire : combustibles solides, combustibles liquides,...

V. Règlements sur les dommages collatéraux

1 Dépollution de l'air

1.1 Tous les gaz résiduels doivent être recueillis et évacués de façon contrôlée par la cheminée.

1.2 Les mesures des émissions doivent satisfaire aux exigences suivantes. Elles doivent être

- représentatives et comparables entre elles
- permettre une évaluation uniforme
- permettre la surveillance et la vérification du respect des limites d'émission par des méthodes de mesure ultramodernes

1.3 Conformément à la Directive européenne 2010/75 sur les émissions industrielles, les émissions dans l'air évacué des installations d'épuration de gaz rejetés ne doivent pas dépasser les concentrations massiques suivantes, toujours dans des conditions normalisées (273 K ; 1013 hPa) après déduction de l'humidité. Teneur de référence en oxygène 10%.

| Polluant (valeur moyenne quotidienne en mg/m ³) | Limite d'émission totale* |
|--|----------------------------|
| Émissions de particules (poussières totales) | 30 |
| HCL | 10 |
| HF | 1 |
| NO _x | 500 |
| SO ₂ | 50** |
| TOC | 10** |
| Composants de la poussière et métaux filtrants-glissants, métalloïdes et composés de ceux-ci : | |
| Cd + Tl | 0,05 |
| Hg | 0,05 |
| Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V | 0,5 |
| PCDD et PCDF | 0,1 ng I-TE/m ³ |

* Les limites d'émission sont fixées sur la base de la « Directive européenne 2010/75 sur les émissions industrielles » mais les autorités locales peuvent établir des limites spéciales au cas par cas.

** L'exemption peut être autorisée par l'autorité compétente dans les cas où le COT et le SO₂ ne résultent pas de la co-incinération de déchets.

1.4 Surveillance des émissions

- Substances contenues dans les poussières, HCL, PCDD/PCDF
Pour la surveillance des émissions, des mesures uniques doivent être effectuées. Les valeurs limites d'émission sont respectées si les résultats d'une seule mesure ne dépassent pas la valeur limite d'émission fixée. Les mesures doivent être répétées au moins une fois par an et effectuées par des experts indépendants.
- Poussière, NO_x, SO₂
Afin de surveiller les émissions, des appareils de mesure continue avec évaluation automatique doivent être installés. Le résultat des mesures en continu doit être enregistré. Les instruments de mesure doivent être testés une fois par an par des experts indépendants en ce qui concerne leur fonctionnement.
- CO (la valeur limite peut être fixée par l'autorité compétente)

1.5 Laboratoires qualifiés

Afin d'assurer une pratique de mesure uniforme, des résultats de mesure représentatifs et des procédures de qualité comparables, des laboratoires qualifiés doivent être chargés des activités d'échantillonnage et d'analyse et des procédures d'étalonnage.

L'emplacement et la configuration du point de prélèvement doivent être coordonnés avec les autorités compétentes (et le laboratoire commissionné, le cas échéant).

2 Contrôle du combustible de déchets

2.1 Suivi de l'assurance de la qualité pour le co-processing des combustibles de déchets

- point de production (producteur)
 - énumérer les déchets par type
 - accord contractuel sur la qualité et la composition admissibles des déchets
 - documentation des quantités éliminées

- **installation de traitement (entrant)**
 - énumérer les déchets par type
 - accord contractuel sur la qualité et la composition admissibles des déchets
 - documentation des quantités éliminées
- **installation de traitement (sortant)**
 - échantillonnage et analyse de routine*, échantillons conservés
 - documentation des quantités sortantes
- **Installation de traitement (four à ciment, entrant)**
 - échantillonnage et analyse de routine*, échantillons conservés
 - documentation des quantités entrantes
- **paramètres étudiés**
 - pouvoir calorifique, humidité, chlore, soufre, cendres et composants de cendres
 - métaux lourds (Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)
 - BPC, HAP, etc.
 - valeur maximale, valeur médiane du niveau de polluants dans le mélange de déchets.

Limites de polluants dans les combustibles résiduaire destinés au co-processing¹⁷

| | valeur médiane (ppm) | valeur maximale (ppm) |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
| Cadmium | | |
| Thallium | | |
| Mercure | | |
| Antimoine | | |
| Arsenic | | |
| Cobalt | | |
| Nickel Sélénium | | |
| Sélénium | | |
| Tellure | | |
| Plomb | | |
| Chrome | | |
| Cuivre | | |
| Vanadium | | |
| Manganèse | | |
| Étain | | |
| Béryllium | | |
| Chlore | | |
| HAP | | |
| Soufre | | |
| BPC | | |

¹⁷ Doit être défini par les autorités locales

2.2 Catalogue des combustibles de déchet pour le co-processing en four à ciment

| Clé/ groupe de déchets | description du combustible de co-processing |
|------------------------|---|
| | |
| | |
| | |

3 Surveillance de la sécurité de la combustion

- Le processus de combustion doit être surveillé en permanence à l'aide d'une technique moderne de contrôle du processus,
- Les principaux paramètres d'analyse des déchets (pouvoir calorifique, composition chimique, etc.) doivent être intégrés au système de contrôle du procédé de façon continue,
- La réglementation de l'énergie primaire doit suivre en s'appuyant sur les données relatives aux combustibles secondaires,
- Les combustibles de déchets ne doivent être fournis que pendant un fonctionnement continu normal dans la plage de puissance nominale.

3.1 Consignes de sécurité

Pour superviser les paramètres énumérés ci-dessous, ils doivent être reliés les uns aux autres par un système logique commandé par ordinateur, par ex :

- Température du gaz inférieure à 900°C à l'entrée du four
- Température du matériau à la sortie du four inférieure à 1250°C
- Teneur en CO supérieure à une valeur à établir par essai (% vol.)
- Ecart de réglage inadmissibles dans la comparaison consigne/valeur réelle pour l'alimentation en carburant primaire et secondaire
- Aliment cru inférieur à 75% de la quantité maximale possible
- Pression négative avant le ventilateur des gaz d'échappement inférieure à la valeur requise à la sortie nominale
- Niveau d'O₂ autorisé inférieur à celui requis pour les mesures d'inspection
- Niveau de NO_x admissible supérieur à 500 mg/m³
- Défaillance du brûleur
- Niveau de poussière supérieur à la limite admissible.

(Cela devra permettre de détecter rapidement toute perturbation du fonctionnement normal et d'utiliser des systèmes d'intervention appropriés pour prévenir la combustion incontrôlée des résidus)

VI. Bruit

Dans la mesure où le bruit doit être pris en considération, les valeurs limites d'émission sonore sont déterminées en fonction du développement environnant existant.

VII.

Eaux usées (le cas échéant)

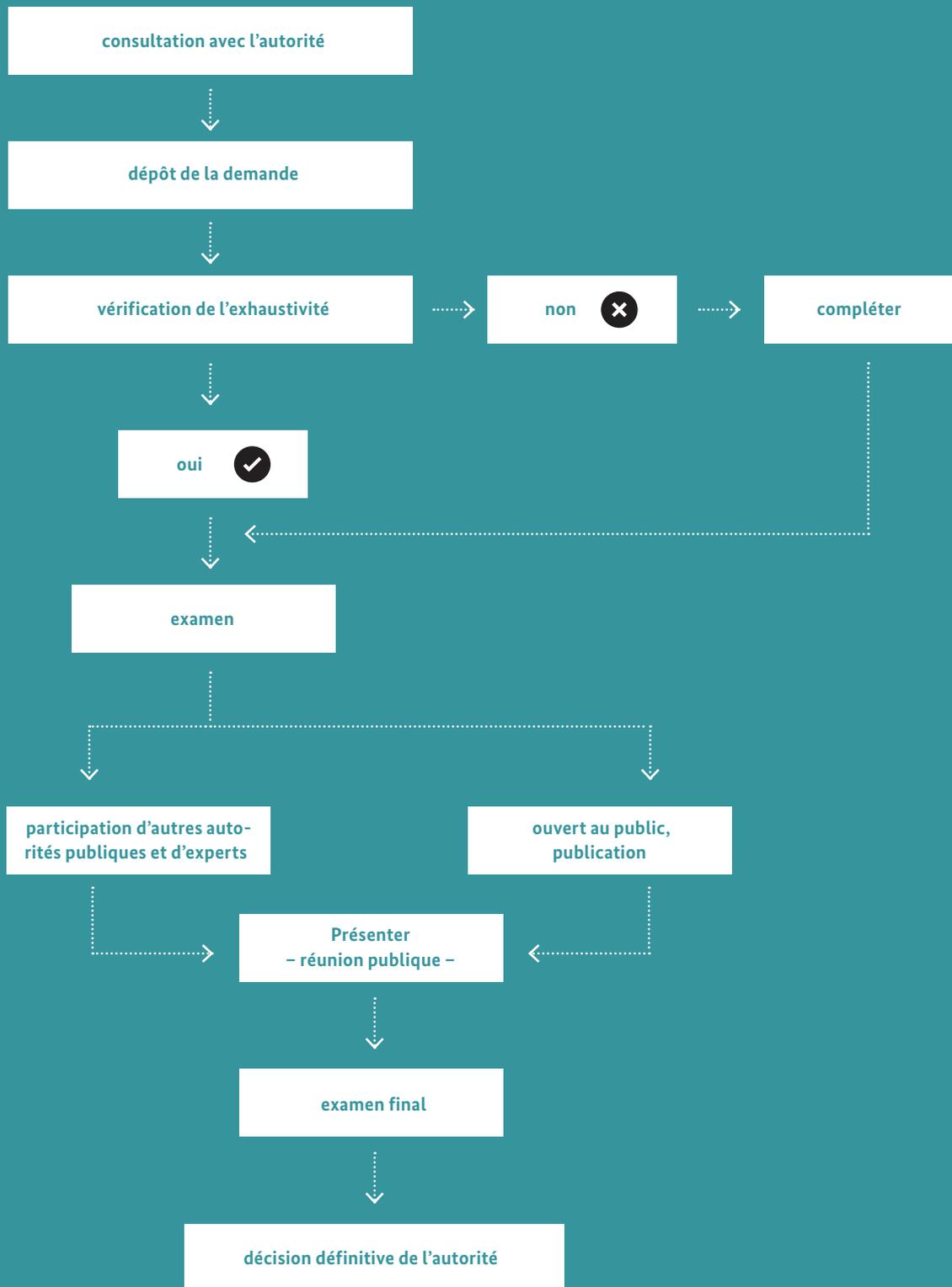
VIII. Raisons

(Motifs de l'autorisation de co-processing des déchets)

- évaluation environnementale
- contrôle de la pollution de l'air
- gestion des déchets, hiérarchie des déchets
- public concerné.

Annexe 9 – Processus d'autorisation

Schéma 23 :
Organigramme d'un
processus
d'autorisation.



Annexe 10 – Informations sur les brûlages d'essai

Certains règlements et conventions exigent des brûlages d'essai pour vérifier l'efficacité de destruction et d'élimination (ERD) ou l'efficacité de destruction (ED) de certains composés organiques dangereux principaux (POHC) dans un four à ciment.

L'ERD est calculée sur la base de la masse de la teneur en POHC introduite dans le four, moins la masse de la teneur restante en POHC dans les émissions de la cheminée, divisée par la masse de la teneur en POHC du flux entrant. L'ERD ne tient compte que des émissions dans l'air. L'évaluateur prend en compte tous les flux sortants (liquides et solides) en plus des émissions atmosphériques et constitue le moyen le plus complet de vérifier la performance.

Les brûlages d'essai avec CMS non dangereux ne constituent pas une exigence réglementaire, mais sont parfois effectués pour évaluer le comportement du procédé et l'influence sur les principales émissions gazeuses et la qualité du clinker de ciment lors de l'alimentation en CMS dans le four. Ces essais simplifiés sont généralement effectués par des ingénieurs de procédé à la cimenterie à l'aide d'équipements de surveillance en ligne déjà installés et de données de procédé opérationnelles. Toutefois, les brûlages d'essai avec des composés dangereux nécessitent une supervision professionnelle et une vérification indépendante.

Les fours à ciment qui traitent conjointement des déchets dangereux dans l'UE ne sont pas tenus d'effectuer un brûlage d'essai, mais doivent respecter les valeurs limites d'émission de la directive sur les émissions industrielles. Aux États-Unis, les fours à ciment qui traitent conjointement des déchets dangereux doivent effectuer un brûlage d'essai pour démontrer la performance de combustion de certains déchets dangereux afin de démontrer l'ERD pour les POHC dans le flux de déchets. Le brûlage d'essai doit répondre à trois exigences majeures concernant la performance de combustion, alors que l'ERD est la plus importante : les POHC doivent être détruits et/ou éliminés avec un rendement de 99,99% ou mieux ; les déchets POP doivent atteindre une ERD de 99,9999%. Les deux autres exigences concernent les émissions de particules et de chlorure d'hydrogène gazeux.

Il ne sera pas possible d'établir une efficacité de destruction et d'élimination de 100% en raison des limites imposées par les instruments d'analyse. Les Conventions de Stockholm et de Bâle exigent un test ED pour les fours destinés à traiter les POP ou les déchets de POP. Prise en compte des caractéristiques inhérentes à un four à ciment – températures élevées, temps de séjour longs, excès d'oxygène, etc. – un brûlage d'essai semble redondant. Cependant, un brûlage d'essai est en fait le seul moyen de prouver la performance de destruction d'un four et sa capacité à détruire les déchets dangereux d'une manière irréversible et saine. Cependant, la conception et les conditions du test sont cruciales. Les données antérieures qui indiquaient des résultats d'ERD inférieurs à 99,99% pour les fours à ciment proviennent de sources désuètes ou d'essais mal conçus, ou les deux.

Au cours des premières années de développement de cette technologie et des techniques d'échantillonnage et d'analyse pour évaluer sa performance environnementale, il y a eu plusieurs cas où les POHC sélectionnées ne répondaient pas aux critères nécessaires. Par exemple, l'un des principaux problèmes posés par de nombreux essais préliminaires était que les POHC choisis pour l'évaluation par ERD étaient des composés organiques que l'on retrouve généralement à l'état de traces dans les émissions de cheminée des fours à ciment qui brûlent les combustibles fossiles traditionnels. Bien que ces produits de combustion incomplète (PCI) aient été émis à de très faibles niveaux, ils n'en ont pas moins fortement perturbé la mesure de la destruction des POHC, c'est à dire que l'ERD ne pouvait pas être correctement mesuré si les POHC utilisés dans les essais étaient chimiquement identiques ou étroitement liés au type de PCI émis systématiquement par les matières premières. Dans certains cas, des facteurs opérationnels au cours des essais ou des techniques d'échantillonnage et d'analyse ont contribué à de faibles résultats d'ERD.

Le processus américain d'autorisation des brûlages d'essai, conçu à l'origine pour déterminer l'efficacité avec laquelle un incinérateur peut fonctionner dans les « pires cas », est toutefois considéré comme inutilement complexe et coûteux, et a découragé les propriétaires de cimenteries d'adopter le concept des brûlages d'essai. Une approche

alternative fournira dans la plupart des cas les mêmes informations qualitatives : un brûlage d'essai « en une seule fois » pour étudier les performances de destruction lors de l'alimentation d'un déchet dangereux approprié combiné à une étude de base mesurant les émissions « à blanc » lorsque aucun déchet dangereux n'est introduit, les deux essais étant effectués dans des conditions normales de fonctionnement du procédé. Une cimenterie est exploitée en continu, c'est-à-dire généralement plus de 330 jours par an, et un tel programme d'essai, ainsi qu'une étude de faisabilité et une étude d'impact sur l'environnement fournissent suffisamment d'informations sur les performances du four à ciment en question. Les conditions suivantes doivent être remplies lors de brûlage d'essai en une seule fois :

- L'efficacité de destruction et d'élimination du composé dangereux devra être d'au moins 99,99%. Les composés aromatiques chlorés devraient être choisis comme composés d'essai s'ils sont disponibles parce qu'ils sont généralement difficiles à détruire. Pour les POP, un ERD de 99,9999% devra être atteint.
- Le four à ciment devrait respecter une limite d'émissions pour les PCDD/PCDF de 0,1 ng TEQ/Nm³ à la fois dans les conditions de base et de brûlage d'essai.
- Le four à ciment doit être conforme aux valeurs limites d'émission nationales existantes.

Une telle approche pour la vérification des performances, associée à des dispositions adéquates en matière de sécurité, de contrôle des intrants et de procédures opérationnelles, garantira le même niveau de protection de l'environnement que la réglementation actuelle de l'UE et des États-Unis.

Annexe 11 – Structure d'un plan de gestion des déchets

| Contexte général | |
|--|---|
| 1 | Situation ou problème global des déchets dans un territoire |
| 2 | Législation-cadre régionale (par ex. UE) |
| 3 | Législation nationale |
| 4 | Description de la politique nationale en matière de déchets et des principes en vigueur pour traiter le point 1 ci-dessus, conformément à la hiérarchie des déchets. |
| 5 | Description des objectifs fixés dans des domaines spécifiques |
| 6 | Contributions du processus de consultation |
| Description des objectifs fixés dans des domaines spécifiques | |
| 1 | Quantités de déchets, par exemple : a) flux de déchets b) sources de déchets c) options de gestion des déchets |
| 2 | Options de collecte et de traitement des déchets pour ce qui précède |
| 3 | Transferts de déchets |
| 4 | Organisation et financement |
| 5 | Évaluation des objectifs antérieurs |
| Planification | |
| 1 | Hypothèses de planification |
| 2 | Prévisions en termes de production de déchets, total et par flux de déchets |
| 3 | Détermination des objectifs pour les prévisions : a) flux de déchets b) sources de déchets c) options de gestion des déchets |
| 4 | Plan d'action, y compris les mesures pour atteindre les objectifs : a) systèmes de collecte b) installations de gestion des déchets c) responsabilités d) économie et financement |

Tableau 21 :
Éléments d'un plan de gestion des déchets dans l'Union européenne.¹⁹

¹⁹ European Commission Directorate-General Environment, 2012, Preparing a Waste Management Plan, A methodological guidance note http://ec.europa.eu/environment/waste/plans/pdf/2012_guidance_note.pdf

Annexe 12 – Questions clés pour l'évaluation de base axée sur l'inclusion

- Qu'est-ce qui fonctionne et qu'est-ce qui ne fonctionne pas dans la communauté d'accueil du producteur de ciment, en ce qui concerne la gestion des déchets ?
- Quels sont les problèmes clés auxquels le prétraitement et le co-processing peuvent apporter une solution ? Les propriétaires de ces problèmes estiment-ils que le prétraitement et le co-processing sont effectivement une stratégie utile pour les résoudre ?
- Quelles quantités et quels types de matières ne sont pas capturés par le système de gestion des déchets solides ou les chaînes de valeur au moment de l'établissement des données de référence, et où vont-elles ? Quels sont les inconvénients et les avantages de ce manque de couverture du système de gestion des déchets solides ?
- Quelles sont les entités qui ont mis ces produits sur le marché (par exemple, les matériaux d'emballage) ?
- Pourquoi ces matériaux s'échappent-elles du système de gestion des déchets solides ?
- Quelle proportion de ce flux de matières se retrouve dans le milieu marin à court, moyen et long terme ? Est-ce qu'elles restent dans leur pays d'origine ou est-ce qu'elles migrent vers d'autres juridictions ?
- Dans quelle mesure les matériaux qui seraient aptes au prétraitement en CMS pour la co-production dans un four à ciment sont-ils déjà valorisés ou revendiqués par des acteurs publics ou privés de la chaîne de valeur ?
- Dans quelle mesure et à quelles conditions la disponibilité d'options de co-processing permettrait-elle d'accroître la capacité de l'ensemble du système de gestion des déchets à empêcher le mouvement des flux et des fractions de déchets dans le milieu marin ?
- Existe-t-il déjà une infrastructure de tri ou de traitement dans la province ou le territoire qui pourrait être déployée pour prétraiter les déchets et produire des CMS ?
- Quels sont les risques et les avantages pour le cimentier d'avoir accès au CMS traité pour le co-processing dans le four à ciment, et ces risques et avantages peuvent-ils être quantifiés et monétisés ?
- Quels sont les risques et les avantages pour le système de gestion des déchets solides et ses établissements d'accueil d'avoir accès au co-processing de fractions spécifiques dans le four à ciment, et ces risques et avantages peuvent-ils être quantifiés et monétisés ?
- Quels sont les risques et les avantages pour les entreprises privées de la chaîne de valeur du recyclage et leurs fournisseurs de taille moyenne, petite, semi-formelle et informelle, du co-processing de fractions spécifiques dans le four à ciment, et ces risques et avantages peuvent-ils être quantifiés et monétisés ?
- Qui devrait payer qui pour le co-processing ou la fourniture de CMS, et comment cela change-t-il en raison des circonstances économiques, de la commercialisation de certaines fractions dans les chaînes de valeur, de l'obligation des producteurs de gérer la fin de vie de leurs produits et de leurs emballages, ou du développement futur des installations formelles d'élimination comme les décharges sanitaires ou les incinérateurs WtE en vrac ?

Annexe 13 – Modèle de fichier de données de base pour les déchets communément utilisés

| PROFIL DU DÉCHET / CMS | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----|
| 1/4 | | | | | | | | | | | | |
| Désignation | | | Industrie d'origine | | | | | | | | | |
| Code national du déchet | | | Codification selon LafargeHolcim | | | | | | | | | |
| Potentiel (et/ou) | | | <input type="checkbox"/> CS | <input checked="" type="checkbox"/> MS | Date | | | | | | | |
| Source | | | | | Utilisateur | | | | | | | |
| Générateur de déchets | | | <input type="checkbox"/> plateforme | <input type="checkbox"/> | Usine | | | <input type="checkbox"/> plateforme | <input type="checkbox"/> | | | |
| Entreprise | | | | | | Entreprise | | | | | | |
| Adresse | | | | | | Adresse | | | | | | |
| Contact | | | | | | Contact | | | | | | |
| Téléphone | | | | | | Téléphone | | | | | | |
| Fax | | | | | | Fax | | | | | | |
| E-mail | | | | | | E-mail | | | | | | |
| CMS / Processus générateur du déchet | | | | | | | | | | | | |
| Constituants principaux | | Formule chimique | | Minimum | | Moyenne | | Maximum | | | | |
| | | | | % | | % | | % | | | | |
| | | | | % | | % | | % | | | | |
| | | | | % | | % | | % | | | | |
| | | | | % | | % | | % | | | | |
| | | | | % | | % | | % | | | | |
| Disponibilité du déchet / CMS | | | | | | | | | | | | |
| À partir du processus | | <input type="checkbox"/> | t/an | | | | Durée prévue | | | | | |
| Capacité de stockage | | | | | Ponctuel | <input type="checkbox"/> | > 1 an | <input type="checkbox"/> | < 1 an | <input type="checkbox"/> | | |
| À partir du stock | | <input type="checkbox"/> | stock : | | t | | Coût/t | | | | | |
| Livraison du déchet / CMS | | | | | | | | | | | | |
| Horaire de livraison | | | Transport | | | | | | | | | |
| Continue pendant l'année | | <input type="checkbox"/> | Trains | <input type="checkbox"/> | Fûts | <input type="checkbox"/> | Camion-clème | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Irrégulier/saisonnier | | <input type="checkbox"/> | Big bag | <input type="checkbox"/> | Cubainers | <input type="checkbox"/> | Camion vrac | <input type="checkbox"/> | | | | |
| Propriétés macroscopiques | | | | | | | | | | | | |
| Solide | <input type="checkbox"/> | Taille max. de la particule/mm | | Génération de poussière | | haut(e) | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bas(se) | |
| | | >100 | <input type="checkbox"/> | 10-1 | <input type="checkbox"/> | Corps étrangers | fréquent | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | aucun | |
| | | 100-10 | <input type="checkbox"/> | < 1 | <input type="checkbox"/> | Fluidité | haut(e) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bas(se) | |
| | | Homogène | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | Adhésivité | haut(e) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bas(se) | |
| | | Homogène | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | Adhésivité | haut(e) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bas(se) | |
| | | | | | | Corps étrangers | fréquent | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | aucun | |
| Boue | <input type="checkbox"/> | Homogène | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | Adhésivité | haut(e) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bas(se) | |
| | | | | | | Corps étrangers | fréquent | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | aucun | |
| Liquide | <input type="checkbox"/> | Aqueux | <input type="checkbox"/> | Organique | <input type="checkbox"/> | Viscosité | haut(e) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | bas(se) | |
| | | Plusieurs phases | <input type="checkbox"/> | | | Particules | nombreuses | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | aucun | |
| | | | | | | Sédiment | forte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | faible | |
| Autres caractéristiques | | | | | | | | | | | | |
| Couleur | | Claire | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | foncée | Odeur | Forte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | non |
| Liste négative – déchets interdits selon la politique CMS | | | | | | | | | | | | |
| À ne pas traiter | | | | À ne pas traiter en four de cimenterie | | | | | | | | |
| Déchets radioactifs | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non | Fraction électronique des déchets électriques et électroniques | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| Déchets contenant de l'amiante | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non | Batteries entières comme flux de déchet ciblé | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| Explosifs & munitions / armes | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non | Déchets de composition inconnue ou imprévisible, incluant les déchets municipaux non triés | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| Déchets médicaux anatomiques | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |
| | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non | | | <input type="checkbox"/> | oui | <input type="checkbox"/> | non |

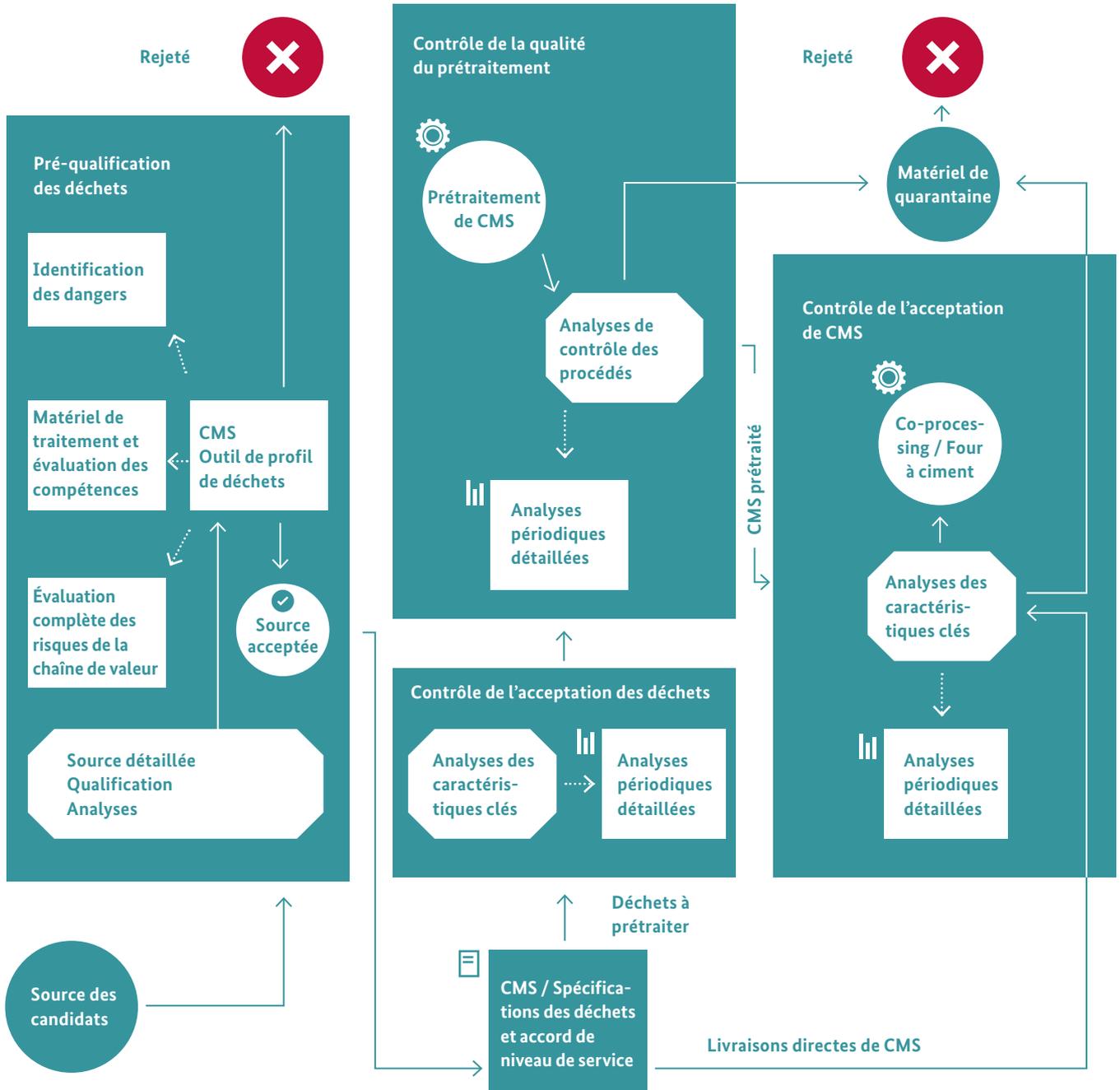
| PROFIL DU DÉCHET / CMS | | | | | | PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET PHYSIQUES | | |
|--|--------------------------------|--------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Désignation | 0 | | | Industrie d'origine | 0 | | | |
| Laboratoire d'analyse | | | | Source d'information | | | | |
| Entreprise | | | | Date | 00.01.00 | | | |
| Adresse | | | | Information sur l'échantillon | | | | |
| | | | | Echantillon ponctuel | <input type="checkbox"/> | | Echantillon composite | <input type="checkbox"/> |
| Contact | | | | Pris par | | | | |
| Téléphone | | | Fax | | | Commentaires | | |
| E-mail | | | | | | | | |
| Propriétés physiques et chimiques | | | | | | | | |
| | | Min | Moy | Max | | Min | Moy | Max |
| Teneur en H ₂ O tel que livré | % | | | | Point d'ébullition | °C | | |
| Viscosité | Pa | | | | Point de fusion | °C | | |
| Densité | kg/m ³ | | | | Résidu sur ... mm | % | | |
| Densité apparente | kg/m ³ | | | | Résidu sur ... mm | % | | |
| pH | | | | | Résidu sur ... mm | % | | |
| Composés solubles dans l'eau | | | | | | | | |
| Propriétés organiques | | | | | | | | |
| Préparation de l'échantillon | Séché à l'air libre | | <input type="checkbox"/> | | Séché | <input type="checkbox"/> | | autre |
| | Echantillon moyen | Estimé | | | Muestra promedio | Estimado | | |
| | | Min | Max | | Min | Max | | |
| Teneur en cendres | % | | | | S | % | | |
| Teneur en volatiles | % | | | | C | % | | |
| PCS | MJ/kg | | | | H | % | | |
| PCI | MJ/kg | | | | PCB | ppm | | |
| Point éclair | °C | | | | PCT | ppm | | |
| TOC | % | | | | Phénols | ppm | | |
| Propriétés inorganiques | | | | | | | | |
| Préparation de l'échantillon | Séché à l'air libre | | <input type="checkbox"/> | | Séché | <input type="checkbox"/> | | autre |
| Composants minéraux | | Min | Moy | Max | | Min | Moy | Max |
| Quartz | % | | | | Autres | | | |
| Oxydes majeurs | L. o. l. | % | | | Métaux lourds | Cd | ppm | |
| | SiO ₂ | % | | | | Hg | ppm | |
| | Al ₂ O ₃ | % | | | | Tl | ppm | |
| | Fe ₂ O ₃ | % | | | | As | ppm | |
| | CaO | % | | | | Ni | ppm | |
| | MgO | % | | | | Co | ppm | |
| | SO ₂ | % | | | | Se | ppm | |
| | K ₂ O | % | | | | Te | ppm | |
| | Na ₂ O | % | | | | Cu | ppm | |
| | TiO ₂ | % | | | | Pb | ppm | |
| Halogènes, autres | Mn ₂ O ₃ | % | | | Sb | ppm | | |
| | P ₂ O ₅ | % | | | Sn | ppm | | |
| | F | % | | | V | ppm | | |
| | Cl | % | | | Be | ppm | | |
| | Br | % | | | Ba | ppm | | |
| | I | % | | | Mn | ppm | | |
| CN | % | | | Zn | ppm | | | |
| NH ₂ | % | | | Cr | ppm | | | |

| PROFIL DU DÉCHET / CMS | | 3/4 | | SANTÉ & SÉCURITÉ | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Désignation | 0 | Industrie d'origine | 0 | | |
| Fiche de données de sécurité | | | | | |
| Disponible | <input type="checkbox"/> | No disponible | <input type="checkbox"/> | | |
| Identification des dangers | | | | | |
| Inflammable | <input type="checkbox"/> | Irritant | <input type="checkbox"/> | Par contact des yeux | <input type="checkbox"/> |
| Corrosif | <input type="checkbox"/> | Nuisible | <input type="checkbox"/> | Par contact de la peau | <input type="checkbox"/> |
| Réactif | <input type="checkbox"/> | Toxique | <input type="checkbox"/> | Par inhalation | <input type="checkbox"/> |
| Respirable | <input type="checkbox"/> | Carcinogène | <input type="checkbox"/> | Par ingestion | <input type="checkbox"/> |
| Risques de réactions dangereuses | | | | | |
| Avec ↓ \ à → | Vapeur toxique | Ignition | Explosion | Polymérisation | Solidification |
| Haute Température | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Haute pression | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Eau | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Air | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Acides | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Bases | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Oxydants | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Agents réducteurs | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Autres | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Commentaires | | | | | |
| Protection personnelle | | | | | |
| Vêtements résistants à l'acide | <input type="checkbox"/> | Casque de sécurité | <input type="checkbox"/> | Gants de sécurité | <input type="checkbox"/> |
| Masque de protection totale | <input type="checkbox"/> | Lunettes de sécurité | <input type="checkbox"/> | Demi masque de protection | <input type="checkbox"/> |
| Premiers secours | | | | | |
| Mesures appropriées | | | | | |
| Mesures inappropriées | | | | | |
| Instructions d'incendie | | | | | |
| Mesures appropriées | | | | | |
| Mesures inappropriées | | | | | |
| Risques / Instructions spécifiques | | | | | |
| Instructions de déversement | | | | | |
| Procédures de nettoyage | | | | | |
| Procédures de récupération | | | | | |
| Procédures d'élimination | | | | | |
| Contact en cas d'urgence | | | | | |
| Transport | | | | | |
| Code de danger | | Code de transport | | Code du déchet | |
| Commentaires | | | | | |

| PROFIL DU DÉCHET / CMS | | | | | | 4/4 | MANUTENTION ET UTILISATION AU NIVEAU DE L'USINE |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|
| Designation | 0 | | Industrie d'origine | 0 | | | |
| Classification (cf. ATR) | | | Code LHARP (cf. ATR) | | | | |
| Quantité consommée | t/an | | t/h (moyenne) | | t/h (max) | | |
| Prétraitement | | | | | | | |
| Séchage | <input type="checkbox"/> | Broyage | <input type="checkbox"/> | Criblage | <input type="checkbox"/> | Déchiquage | <input type="checkbox"/> |
| Mélange | <input type="checkbox"/> | Autres | | | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Stockage | | | | | | | |
| Stockage à l'air libre | <input type="checkbox"/> | Stockage couvert | <input type="checkbox"/> | Sol étanche | <input type="checkbox"/> | Sol non étanche | <input type="checkbox"/> |
| Burder | <input type="checkbox"/> | Silo | <input type="checkbox"/> | Réservoir | <input type="checkbox"/> | Fosse | <input type="checkbox"/> |
| Fûts | <input type="checkbox"/> | Big bag | <input type="checkbox"/> | Cubitainers | <input type="checkbox"/> | Fond mouvant | <input type="checkbox"/> |
| Autres | | | Capacité de stockage | | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Extraction du stockage | | | | | | | |
| Chargeuse | <input type="checkbox"/> | Alimentateur à fond mouvant | <input type="checkbox"/> | Adration | <input type="checkbox"/> | Sortie à Activation mécanique | <input type="checkbox"/> |
| Grue | <input type="checkbox"/> | gratteur | <input type="checkbox"/> | Autres | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Transport du stockage vers processus | | | | | | | |
| Chargeuse | <input type="checkbox"/> | Grue | <input type="checkbox"/> | Conveyeur à chaîne | <input type="checkbox"/> | Élévateur à godets | <input type="checkbox"/> |
| Hydraulique | <input type="checkbox"/> | Type de pompe | Conveyeur à vis | | <input type="checkbox"/> | Conveyeur à bande | <input type="checkbox"/> |
| Pneumatique | <input type="checkbox"/> | Autres | | | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Dosage | | | | | | | |
| Gravimétrique | <input type="checkbox"/> | Volumétrique | | <input type="checkbox"/> | | | |
| Bande doseuse | <input type="checkbox"/> | Débitmètre à impact | <input type="checkbox"/> | Verne rotative | <input type="checkbox"/> | Alimentateur à bande | <input type="checkbox"/> |
| Alimentateur à vis par jets de poids | <input type="checkbox"/> | Doseur Coriols | <input type="checkbox"/> | Pompe volumétrique | <input type="checkbox"/> | Alimentateur à vis | <input type="checkbox"/> |
| Doseur rotatif | <input type="checkbox"/> | Autres | | | | | |
| Autres | | | Autres | | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Alimentation vers processus | | | | | | | |
| Conasseur malles premières | <input type="checkbox"/> | Broyeur cru | <input type="checkbox"/> | Préchauffeur | <input type="checkbox"/> | Entrée du four | <input type="checkbox"/> |
| Ur de pré homogénéisation | <input type="checkbox"/> | Broyeur à voie humide | <input type="checkbox"/> | Grille Lepol | <input type="checkbox"/> | Milieu du four | <input type="checkbox"/> |
| Bassin épaisseur | <input type="checkbox"/> | Broyeur charbon | <input type="checkbox"/> | Calcinateur | <input type="checkbox"/> | À côté flamme principale | <input type="checkbox"/> |
| Autres | | | Tuyère principal | | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Contrôle Qualité | | | | | | | |
| Commentaires | | | | | | | |
| Facteurs limitant l'utilisation | | | | | | | |
| Disponibilité du marché | <input type="checkbox"/> | Problèmes de manutention | <input type="checkbox"/> | Capacité d'alimentation | <input type="checkbox"/> | Coûts | <input type="checkbox"/> |
| Éléments majeurs | <input type="checkbox"/> | Chlorures | <input type="checkbox"/> | Métaux lourds | <input type="checkbox"/> | Toxicité | <input type="checkbox"/> |
| Teneur en eau | <input type="checkbox"/> | Autorisations | <input type="checkbox"/> | Autres | | | |

Annexe 14 – Schéma de contrôle qualité des CMS

Schéma 24 :
Schéma de contrôle
qualité CMS.



Annexe 15 – Analyse de situation – comment procéder

Les outils de recherche suivants sont des exemples de la façon de faire une analyse de situation. Le mieux sera de choisir des outils de recherche qui répondent à vos besoins et à ceux de vos parties prenantes :

- **Porte à porte** – probablement la façon la moins formelle et la plus efficace de créer un esprit communautaire autour de votre entreprise dans le quartier.
- **Entrevues** – Les entrevues individuelles vous fournissent un concentré d'informations sur un sujet particulier et l'occasion d'approfondir des points précis au besoin.
- **Questionnaires** – il peut s'agir d'enquêtes en personne, par téléphone ou par la poste. La sélection aléatoire des répondants est essentielle pour obtenir des résultats objectifs.
- **Évaluation des besoins** – effectuer une évaluation des besoins avec un petit groupe de parties prenantes est une méthode formelle pour obtenir des informations précieuses sur les besoins et les attentes des parties prenantes. Les groupes de discussion peuvent être internes ou externes. Les quatre étapes suivantes sont recommandées pour effectuer une évaluation des besoins.
- **Surveillance des médias** – cette technique est utilisée pour évaluer la réputation de l'entreprise. Cela comprend l'analyse d'articles positifs, négatifs ou neutres dans les médias, le nombre de mentions, la longueur des articles, le contenu et l'objectif, etc. Vous pouvez ensuite interviewer des journalistes sélectionnés pour obtenir des informations plus approfondies.

Étape I : Identifier les utilisateurs et les utilisations de l'évaluation des besoins

- Identifier les personnes qui donneront suite à l'évaluation.
- Déterminer l'utilisation de l'évaluation, p. ex. fournir une base pour le plan stratégique.



Étape II : Décrire le contexte

- Quel est l'environnement physique et social de vos activités ?
- Quand avez-vous commencé ou ne faites-vous que commencer ?
- S'agit-il d'une évaluation initiale ou d'une vérification de la pertinence de vos activités ?



Étape III : Identifier les besoins

- Décrire les circonstances / problèmes des parties prenantes.
- Proposer des solutions possibles à leurs besoins et analyser l'efficacité, la faisabilité et la durabilité probables.



Étape IV : Répondre aux besoins et communiquer les résultats

- Recommander des actions en fonction des besoins, des problèmes et des solutions identifiés.
- Communiquez les résultats de l'évaluation à vos parties prenantes.

Annexe 16 – Approches pour l'intégration du secteur informel

La conception d'actions visant à intégrer le secteur informel du recyclage devra suivre une approche holistique fondée sur les avantages et la confiance mutuels, et s'adresse principalement aux décideurs municipaux et aux opérateurs du prétraitement.

- Les partenariats mondiaux et les actions nationales et locales devront tenir compte des expériences existantes et développer des approches adaptées au niveau local. Les normes relatives aux systèmes de traitement des déchets aux niveaux national, local et des quartiers devront prévoir des dispositions pour l'inclusion du secteur informel.
- Concevoir des plans de gestion des déchets et des études de faisabilité qui permettent l'intégration du secteur informel.
- Encourager des réunions et des processus qui rendent visibles le rôle et les contributions du secteur informel dans la gestion des déchets.
- Étudier et suivre les performances et l'impact des secteurs informels de valorisation et de services existants.
- Si ce n'est pas cassé, ne le réparez pas : mieux vaut bâtir sur ce qui fonctionne que de l'abandonner ou de le détruire en faveur de quelque chose d'inconnu qui pourrait ou ne pourrait pas fonctionner.
- Réparer ce qui ne fonctionne pas : Tous les aspects du secteur informel ne sont pas positifs, et les problèmes doivent être reconnus et abordés.
- Permettre l'accès aux déchets : il s'agit d'une question fondamentale qui implique des droits légaux de collecte et de recyclage et le rôle physique du secteur informel du recyclage (SIR), comme la fourniture de services de collecte primaire ou de tri secondaire dans les centres de valorisation des matières.
- Envisager une réglementation et intégration légères : Créer un portefeuille de mesures de formalisation à seuil bas, qui combine réglementation et facilitation des améliorations.
- Soutenir l'auto-organisation du SIR : la transition du travail autonome au travail de groupe est toujours un défi important, et peut venir avec la résistance à l'organisation collective, mais avoir des partenaires de contact fiables dans une certaine forme de structure organisationnelle est essentiel pour s'engager dans des partenariats commerciaux formalisés.
- Apporter un soutien au renforcement des capacités des organisations du SIR, par exemple : formation au tri, au traitement, aux techniques de recyclage et aux services à valeur ajoutée ; élaboration de stratégies commerciales viables et durables ; amélioration des compétences en gestion (gestion des affaires, comptabilité, marketing, négociation) ; maintien de l'éthique au travail et travail en équipe et en organisation.
- Construire des structures qui relient le formel et l'informel tout au long de la chaîne de valeur : Il est essentiel pour les autorités locales de créer des relations structurelles entre le système des déchets solides et le secteur formel et informel de la valorisation.
- Promouvoir la participation des entreprises et des industries productrices de déchets : Encourager les entreprises à investir dans les entreprises sociales des ramasseurs de déchets et des travailleurs de déchets informels en leur apportant un soutien financier et non financier.
- Les technologies abordables sont les plus pratiques et les plus durables. Il est donc essentiel de modérer les ambitions techniques pour les nouvelles technologies d'élimination et de traitement, afin de les maintenir abordables à court et moyen terme.
- Fournir des mesures de santé et de sécurité au travail, comme des vêtements de protection et la disponibilité de services de soins de santé. Des mesures spéciales pourraient être envisagées dans les centres de prétraitement – la mise en place d'une assurance maladie de base, de formations et de paiements numériques pourrait être une incitation utile pour intéresser les travailleurs du secteur informel à une coopération à long terme.

Abréviations

Abréviations générales

| | |
|----------------|---|
| CS | Combustibles de substitution |
| CMS | Combustibles et matières premières de substitution |
| MS | Matières premières de substitution |
| RBA | Résidus de broyage automobile |
| MTD | Meilleure technologie disponible |
| PDD | Poussière de dérivation |
| BREF | Document de référence sur les meilleures techniques disponibles |
| CAPEX | Dépenses en capital |
| AFC | Association des Fabricants de Ciment |
| CEI | Communauté des États indépendants : (Arménie, Azerbaïdjan, Belarus, Kazakhstan, Kirghizistan, Moldavie, Ouzbékistan, Russie, Tadjikistan, Turkménistan (membre associé), Ukraine et Kazakhstan) |
| PFC | Poussière de four à ciment |
| DCO | Demande chimique en oxygène |
| ICDD | Initiative Ciment pour le développement durable |
| MERN | Ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles |
| DST | Département des sciences et de la technologie |
| ERD | Efficacité de destruction et d'élimination |
| EIE | Études d'impact sur l'environnement |
| SME | Système de management environnemental |
| EIES | Etude d'impact environnemental et social |
| RRTP-E | Registre européen des rejets et transferts de polluants |
| EU-ETS | Système d'échange de quotas d'émission de l'UE |
| FAQ | Questions fréquemment posées |
| FHNW | Fachhochschule Nordwestschweiz (Université de Sciences Appliquées et des Arts du Nord-Ouest de la Suisse) |
| GES | Gaz à effet de serre |
| GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Agence de coopération internationale allemande pour le développement) |
| GWMO | Perspectives mondiales de la gestion des déchets |
| GTZ | Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Coopération Technique Allemande) |
| S&S | Santé et sécurité |
| AIE | Agence internationale de l'énergie |
| DEI | Directive sur les émissions industrielles |
| IMPEL | Mise en œuvre et application du droit de l'environnement |
| GIEC | Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat |
| CIRR | Centre intégré de récupération des ressources |
| SIR | Secteur informel du recyclage |
| IDTI | Institut de développement de la technologie industrielle |
| ACV | Analyse du cycle de vie |
| TMB | Traitement mécano-biologique |
| AFM | Analyse des flux de matériaux |
| MIC | Composants minéraux |
| MSW | Ordures ménagères |
| MAAN | Mesures d'atténuation appropriées au niveau national |
| NESHAP | Norme nationale de contrôle des émissions de polluants atmosphériques dangereux |
| ONG | Organisation non gouvernementale |
| VLEP | Valeurs limites d'exposition professionnelle |
| OPEX | Coûts de fonctionnement et de maintenance |
| POP | Polluants organiques persistants |
| EPI | Équipement de protection individuelle |
| RRTP | Registre des rejets et transferts de polluants |
| EPT | Éléments potentiellement toxiques |
| CDD | Combustible dérivé des déchets |
| ODD | Objectifs de développement durable |

| | |
|------|--|
| CSR | Combustible solide récupéré |
| GDS | Gestion des déchets solides |
| TEQ | Équivalent toxique |
| COT | Composé organique total |
| IRT | Inventaire des rejets toxiques |
| WtE | Transformation des déchets en énergie |
| DEEE | Déchets d'équipements électriques et électroniques |

Abréviations chimiques

| | |
|--------------------------------|--|
| Al | Aluminium |
| Al ₂ O ₃ | Oxyde d'aluminium |
| Ag | Argent |
| Ag ₂ O | Oxyde d'argent |
| AHC | Hydrocarbure aliphatique |
| As | Arsenic |
| Br | Brome |
| BTEX | Benzène, toluène, éthylbenzène, o-xylène, m-xylène, p-xylène |
| Ca | Calcium |
| CaO | Oxyde de calcium |
| CaCO ₃ | Carbonate de calcium |
| Cd | Cadmium |
| CH ₄ | Méthane |
| Cl | Chlore |
| Co | Cobalt |
| CO | Monoxyde de carbone |
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| COT | Carbone organique total |
| COV | composé organique volatil |
| Cr | Chrome |
| Cu | Cuivre |
| Fe ₂ O ₃ | Oxyde de fer |
| H ₂ S | Sulfure d'hydrogène |
| | HAP Hydrocarbures aromatiques polycycliques |
| HCB | Hexachlorobenzène |
| HCl | Chlorure d'hydrogène |
| HCV | Hydrocarbures chlorés volatils |
| HF | Fluorure d'hydrogène |
| Hg | Mercur |
| HCV | Hydrocarbures chlorés volatils |
| K ₂ O | Oxyde de potassium |
| Mn | Manganèse |
| MnO | Oxyde de manganèse |
| Na ₂ O | Oxyde de sodium |
| NH ₃ | Ammoniac |
| Ni | Nickel |
| NO _x | Oxyde d'azote |
| O ₂ | Oxygène |
| P | Phosphore |
| Pb | Plomb |
| PCB | Polychlorobiphényle |
| PCDF | Dibenzofuranne polychloré |
| PCDD | Dibenzodioxine polychlorée |

| | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Sb | Antimoine |
| SiO₂ | Dioxyde de silicium |
| SO₂ | Dioxyde de soufre |
| SO₃²⁻ | Sulfites |
| SO_x | Oxydes de soufre |
| TCE | Trichlorethylène |
| TCDD | 2,3,7,8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine |
| TCM | Tétrachlorométhane |
| TiO₂ | Oxyde de titane |
| Tl | Thallium |
| V | Vanadium |
| Zn | Zinc |

Unités

| | |
|--------------|---|
| Gt | Gigatonne, 1 000 000 000 tonnes |
| KJ/GJ | Kilo joule, Giga joule |
| Mt | Méga tonne, 1 000 000 tonnes |
| t | tonne métrique. Dans le présent document, le terme « tonnes » désigne les tonnes métriques (1000 kg). |

Glossaire

Combustibles et matières premières de substitution (CMS)

Intrants dans la production de clinker dérivés des flux de déchets qui contribuent à l'apport d'énergie et de matières premières.

ATEX

Directive européenne concernant les appareils et systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères potentiellement explosibles

Renforcement des capacités

Le renforcement des capacités est le processus de renforcement des capacités des individus, des organisations, des entreprises et des sociétés à faire un usage efficace et efficient des ressources. Dans le contexte des présentes directives, le renforcement des capacités comprend tout d'abord le transfert de connaissances, d'expérience, de compétences et de valeurs. Il comprend l'amélioration des systèmes de gestion et l'extension des réseaux. La gestion du changement et la médiation dans des situations conflictuelles sont des éléments essentiels du développement institutionnel.

Dépenses en capital (CAPEX)

Les dépenses CAPEX contiennent l'infrastructure, les machines, les véhicules et les installations nécessaires pour traiter les flux de déchets.

Dépenses d'exploitation (OPEX)

Les dépenses d'exploitation (OPEX) résultent de l'exploitation de l'infrastructure, des machines, des véhicules et des installations à une certaine capacité. Ils comprennent les salaires, les factures d'électricité, les matériaux auxiliaires, le carburant, l'entretien, les coûts environnementaux, les coûts liés à la santé et à la sécurité opérationnelles, les analyses en laboratoire pour surveiller la composition et la qualité des CMS, les coûts d'assurance, les taxes et autres. Pour des raisons de comparaison, ces coûts sont exprimés sur une base annuelle ou par tonne en tenant compte des capacités, du taux d'utilisation et du coût du capital, c'est-à-dire des taux d'intérêt.

Clinker

Produit intermédiaire dans la fabrication du ciment produit par décarbonisation, frittage et refroidissement rapide du calcaire broyé.

Béton

Matériau produit en mélangeant du ciment, de l'eau et des granulats. Le ciment agit comme liant et la teneur moyenne en ciment du béton est d'environ 15%.

Responsabilité sociale des entreprises (RSE)

L'engagement des entreprises à contribuer au développement durable, en travaillant avec les employés, leurs familles, la communauté locale et la société dans son ensemble pour améliorer leur qualité de vie.

Poussière

Poussière de gaz propre total après dépoussiérage de l'équipement. (Dans le cas des cheminées principales de fours à ciment, plus de 95% des poussières de gaz propres sont de qualité PM10, c'est-à-dire que les particules (PM) sont inférieures à 10 microns.)

Éco-efficacité

Réduction de l'intensité en ressources de la production, c'est-à-dire l'apport de matières premières, de ressources naturelles et d'énergie par rapport à la production : essentiellement, faire plus avec moins.

Déchets électroniques

Il s'agit des déchets d'équipements électriques et électroniques, y compris tous les composants, sous-ensembles et consommables qui font partie du produit au moment de son élimination (déf. selon la directive 2002/96/CE de l'UE de janvier 2003).

Application en fin de vie

Débris de béton qui ne sont pas réutilisés mais éliminés dans une décharge (« fin de vie »).

Responsabilité élargie des producteurs (REP)

Une approche de politique environnementale dans laquelle les producteurs assument la responsabilité financière et/ou organisationnelle de la collecte ou de la reprise des biens usagés, ainsi que du tri et du traitement pour leur recyclage.

Combustibles fossiles

Combustibles non renouvelables à base de carbone traditionnellement utilisés par l'industrie du ciment, y compris le charbon et le pétrole.

Écologie industrielle

Cadre d'amélioration de l'efficacité des systèmes industriels en imitant certains aspects des écosystèmes naturels, y compris la transformation des déchets en matières premières ; les déchets d'une industrie deviennent ceux d'une autre industrie.

Four

Grand four industriel pour la production de clinker utilisé dans la fabrication du ciment. Dans le présent rapport, le terme « four » désigne toujours un four rotatif.

Lixiviation

Extraction, par un lixiviant (eau déminéralisée ou autre) de composants inorganiques et/ou organiques d'un matériau solide, dans un lixiviat par un ou plusieurs mécanismes de transport physico-chimiques.

Blessure avec arrêt de travail

Une blessure liée au travail après laquelle la personne blessée ne peut pas travailler pendant au moins une période de travail complète ou une journée de travail complète.

Santé et sécurité au travail (SST)

Politiques et activités visant à promouvoir et à assurer la santé et la sécurité de tous les employés, sous-traitants, tiers et visiteurs.

Qualité

La qualité est définie comme le degré auquel un ensemble de caractéristiques intrinsèques satisfait aux exigences (définition selon ISO 9000).

SEVESO – Directive

Directive européenne sur la réduction des risques de catastrophes technologiques

Partie prenante

Un groupe ou un individu qui peut affecter ou est affecté par une organisation ou ses activités.

Dialogue avec les parties prenantes

L'engagement des parties prenantes dans un processus formel et/ou informel de consultation pour explorer les besoins et les perceptions spécifiques des parties prenantes.

Déchets

Toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire.

PUBLICATION

Publié par

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40
53113 Bonn
Allemagne
T +49 228 4460 – 0
E info@giz.de
I www.giz.de

En collaboration avec

LafargeHolcim
Im Schachen
5113 Holderbank
Suisse
T +41 58 858 52 82
E groupsd@lafargeholcim.com
I www.lafargeholcim.com

Université de sciences appliquées et
des arts du Nord-Ouest de la Suisse

École des Sciences de la Vie
Institut d'Écopreneuriat
D. Mutz, D. Hengevoss
Hofackerstrasse 30
4132 Muttenz
Suisse
T +41 61 228 55 77
E info.lifesciences@fhnw.ch
I www.fhnw.ch

La partie publique est financée par :



Ministère fédéral de la
Coopération économique
et du Développement

Auteurs

Michael Hinkel (LH), Steffen Blume et
Daniel Hinchliffe (tous deux GIZ).
Dieter Mutz et Dirk Hengevoss (tous deux FHNW).

Conception, graphisme et mise en page

creative republic, Francfort/Allemagne

Photos

© Shutterstock
© 2019, Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit GmbH (GIZ), Eschborn, Allemagne
© 2019, Holcim Technology Ltd, Zurich, Suisse
© Université de sciences appliquées,
Nord-Ouest de la Suisse, Muttenz, Suisse
© 2019, Andreas Lindau (geocycle) : page 23

Impression

Druckerei Lokay e.K., Reinheim /Allemagne

Date

Mai 2021

GIZ et LafargeHolcim tiennent à exprimer leur sincère
gratitude à tous les experts qui ont contribué aux
Directives, soit en tant qu'auteurs, soit en tant que
réviseurs, soit en apportant d'autres contributions
précieuses. Nos remerciements vont également à BMZ
pour le financement de la partie publique du projet.

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

LH
LafargeHolcim

geocycle

n | w University of Applied Sciences and Arts
Northwestern Switzerland