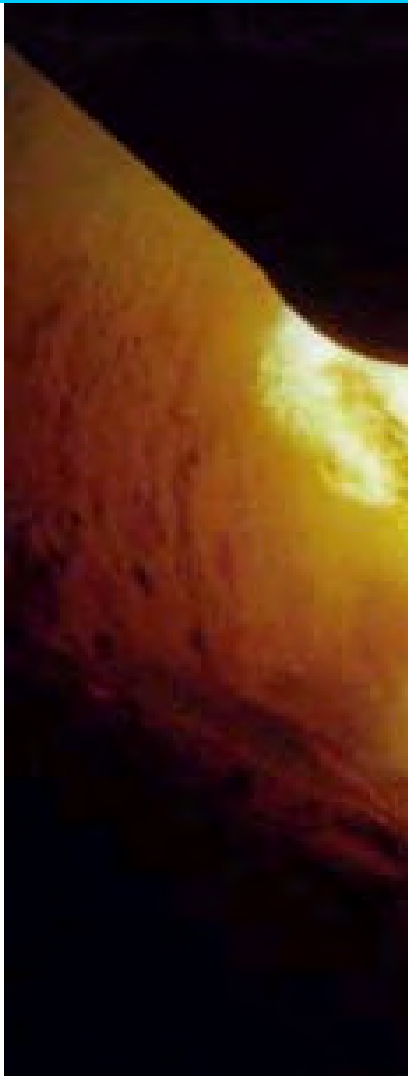


Gestion intégrée des déchets et ressources



Profile des exigences

**pour matières et combustibles
secondaire**

Code de bonnes pratiques

Développement
professionnel

Dr. rer. nat. Hubert **BAIER**

WhiteLabel - TandemProjekte e.U.

Edition

Michael E. L. **STOCK**

Conseiller Technique Senior

GIZ MAR

Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement (PGPE)

**develoPPP « Protection des ressources et du climat grace au traitement et à la valorisation des déchets générés localement sous forme de combustible de substitution dans l'industrie cimentière régionale »,
promu par le « Facilité d'Afrique » du
Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ)
07/2015**

**Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit mbH (GIZ),
Programme de Gestion et de Protection de l'Environnement (PGPE), Rabat
et
Ciments d'Atlas S.A. , Casablanca**

en coopération professionnel avec

neovis GmbH + Co. KG
Mecklenburger Straße 229, 48163 Münster

WhiteLabel - TandemProjekte e.U.
Schwalbenweg 6a, 48291 Telgte

neovis

WhiteLabel
TandemProjekte e.U.



giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Préface

1 Bases de la production de ciment

1.1 Co-processing des déchets dans l'industrie du ciment

2 Matière premières de combustibles secondaires

2.1 Procédé de co-incinération

2.2 Procédé de broyage du ciment (agents de mouture)

2.3 Production de béton (additifs)

3 Combustibles secondaires

3.1 Définitions et explications de la notion « combustible secondaire »

3.2 Combustibles secondaires liquides

3.3 Combustibles secondaires solides (issus de déchets dangereux)

3.4 Combustibles secondaires solides (issus de déchets non dangereux)

3.5 Combustibles secondaires pâteux

3.6 Particularités

4 La production des déchets dans le secteur commercial et industriel

4.1 Caractéristique essentiels du co-processing

4.2 Ventilation des déchets appropriés en fonction des différents secteurs économiques

4.3 Représentation des types de déchets appropriés en fonction de branches spécifiques

5 Données de base permettant de caractériser les déchets

5.1 Données fondamentales pour la caractérisation des déchets

5.2 Profils d'admissibilité des déchets en fonction des objectifs visés

5.3 Estimation approximative

6 Critères qualitatifs

- 6.1 Taches du contrôle-qualité
- 6.2 Identification et critères d'affectation
- 6.3 Principes du contrôle-qualité
- 6.4 Recommandation d'appliquer des valeurs de référence

7 Données de base permettant de caractériser les déchets

- 7.1 Modification des émissions dans le cadre de la fabrication de ciment
- 7.2 Protection du climat grâce à une réduction des émissions de CO₂ dans l'industrie cimentière

8 Conception eco-efficace de la fabrication de combustible qualifié

- 8.1 Besoins quantitatifs en RDF compte tenu des conditions de production de clinker en co-processing
- 8.2 Profil des exigences à satisfaire par les RDF de qualité garantie obtenus à partir de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique
- 8.3 Composition et caractéristiques des fractions de déchets ménagers à haut pouvoir calorifique
- 8.4 Profil quantitatif pour la couverture des besoins en RDF
- 8.5 Conception d'un procédé pour le traitement et la production de combustibles secondaires de substitution de qualité garantie à partir de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique
- 8.6 Résumée

9 Appendice

Annexes

Abréviations

Références

1.1 Co-processing des déchets dans l'industrie du ciment

La production de ciment est en premier lieu un processus de transformation en plusieurs phases et dans des conditions contrôlées à l'issue duquel on obtient un matériau de construction normalisé caractérisé par son hydraulicité, c'est-à-dire par sa faculté de durcir lorsqu'il est gâché avec de l'eau tout en conservant sa stabilité et sa résistance, même sous l'eau.

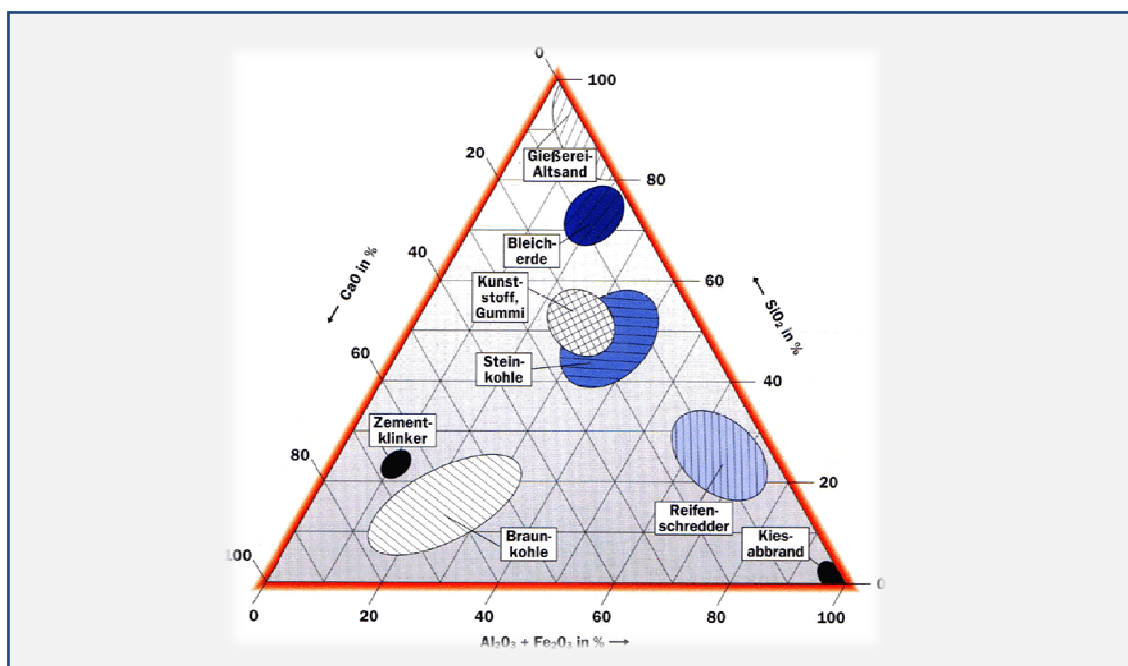


Figure 1:
Diagramme chaux, sable, argile et fer avec clinker de ciment et fractions de cendres volantes
[VDZ 1985]

Le constituant principal de tous les ciments est ce que l'on appelle le clinker de ciment Portland, ou en abrégé le clinker ¹ un produit intermédiaire obtenu par cuisson d'un mélange de matières premières minérales sous des températures de l'ordre de 1 450 C. Les matières premières naturelles utilisées pour la réalisation de ce mélange (qui, une fois broyé, est appelé cru ou farine) sont la craie, le calcaire ou des marnes calcaires (carbonate de calcium - CaCO_3) ainsi que du sable (SiO_2), de l'argile (Al_2O_3) et du minerai de fer (Fe_2O_3). Le pourcentage des matières entrant dans la composition du cru doit être défini avant cuisson, en fonction de la composition minéralogique que devra présenter le clinker produit après cuisson.

La formule de base appliquée correspond en général à environ 30 % d'oxyde de calcium, pour 10 % de silice, 3 % d'alumine et 2 % d'oxyde de fer.

Compte tenu de la marge de variations naturelles des matières premières mises en œuvre et des combustibles utilisés, un contrôle qualitatif continu et exact est extrêmement important pour pouvoir garantir des propriétés constantes et la conformité aux normes du futur produit.

¹ À ne pas confondre avec le terme allemand de «Klinker» qui est utilisé également pour désigner des plaquettes de parement ou briques apparentes

Les besoins spécifiques en énergie nécessaire à la clinkérisation sont compris entre 3 100 à 6.500 MJ/t de clinker. Cette grande différence est fonction des propriétés qualitatives des matières premières entrant dans la composition du cru qui, à leur tour, expliquent la mise en œuvre de différents procédés de clinkérisation (voie humide ou voie sèche). Les combustibles primaires utilisés dans la majorité des fours de cimenterie sont actuellement le charbon (houille ou lignite) ou le coke de pétrole. Le gaz naturel et le fioul ne jouent qu'un rôle secondaire [FIZ 2008].

Sur la base du flux massique total, la réaction se présente comme suit: 10 % de cru avec 1 % de combustibles donnent 6 % de clinker; avec 4 % de CO_2 suite à la décomposition du carbonate de calcium (CaCO_3) en chaux (décarbonatation) et des pertes de dessiccation du cru (eau et matières organiques) ainsi qu'1 % de gaz émanant des combustibles.

Lors de la prise du ciment, ce sont ses différents constituants, c'est-à-dire les minéraux du clinker, les porteurs de sulfate et les agents de mouture qui déterminent les propriétés et la performance du matériau de construction.

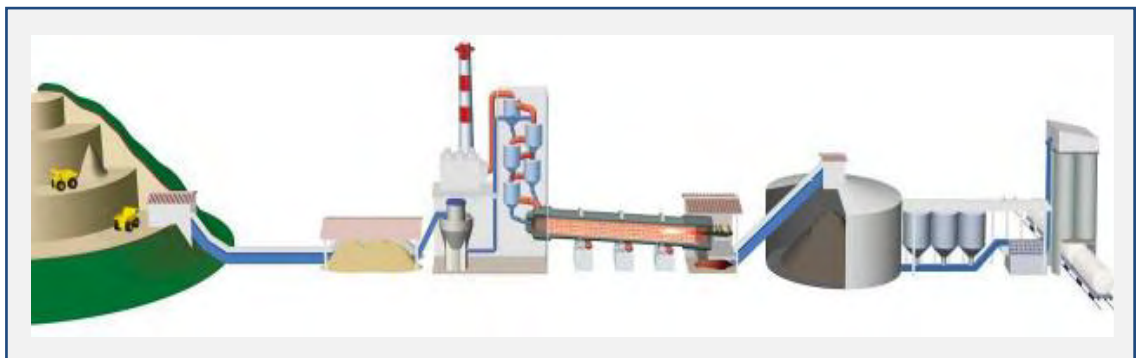


Figure 2:
Schéma de principe de la production de ciment par voie sèche (à partir de l'extraction des matières premières jusqu'à la livraison de ciment)
[CEMBUREAU 2008]

Les matières premières extraites en carrière sont en principe préconçassées dans un broyeur puis stockées en lits de pré-mélange pour une première homogénéisation. En procédé par voie sèche², ce pré-mélange est introduit dans un broyeur où il est séché, broyé en poudre fine puis stocké et mélangé à nouveau dans un silo à cru. Les farines (le cru) ainsi obtenues sont ensuite introduites dans des préchauffeurs à cyclone avec alimentation à contre-courant de gaz chaud et de farine.

² Tous les procédés de clinkérisation travaillent selon le même principe essentiel qui se décline comme suit: broyage, déshydratation, désacidification, calcination, trempage et broyage. Comme certains gîtes de matières premières se trouvent en dessous de la nappe phréatique, on appliquera le procédé dit par voie semi-sèche (broyage par voie humide de la matière première suivi d'un frittage (séchage) par les gaz d'échappement du four). La plupart des anciens procédés dits par voie humide utilisant des fours longs requérant énormément d'énergie sans précalcinateur ou calcinateur sont de plus en plus remplacés par des procédés plus modernes permettant d'économiser l'énergie. C'est pourquoi, ces anciens procédés ne seront pas traités ici.

Au cours de ce préchauffage et de la traversée des farines crues à travers le four, ces dernières sont portées, avec récupération des pertes de chaleur associées au transfert thermique, à une température de 850° C entraînant la décarbonatation parallèle du carbonate de calcium (élimination de l'acide carbonique) ainsi que des émissions de CO₂, qui sont fonction des propriétés des matières premières.

La température du cru décarbonaté à la sortie des préchauffeurs est d'environ 800°C. Acheminé alors dans la partie tournante du four (entrée du four), il commence à calciner à environ 1 000 C. La formation de la phase de fusion au cours de laquelle s'effectue une forte combinaison aluminoferrique avec intégration de la silice et de la chaux en tant que partenaires réactifs s'opère dans la zone du four dite zone de fusion. Grâce à la rotation du four, la matière progresse vers le brûleur principal en étant mélangé intrinsèquement, ce qui permet la formation du granules, appelés clinkers. Sous la flamme du brûleur chauffé par des gaz de combustion atteignant plus de 2 000 C, la matière est calcinée à une température de 1450 C. Les différentes phases minérales qui se forment ainsi, à savoir le silicate tricalcique [alite] 3 CaO·SiO₂, le silicate bicalcique [bélite] 2 CaO·SiO₂, l'alumino-ferrite de calcium [aluminoferrite] 2 CaO·(Al₂O₃, Fe₂O₃) et l'aluminate tricalcique [aluminate] 3 CaO·Al₂O₃ doivent être rapidement refroidies («trempées») dans un refroidisseur pour pouvoir conserver leur état hautement réactif. Du point de vue génie des procédés, la clinkérisation en four de farines crues obtenues par broyage direct des calcaires correspond à un procédé d'adsorption par voie sèche qui, en fonction de la capacité du four, permet un débit de CaCO₃ atteignant 350 t/heure.



Figure 3:
Granules de clinkers de ciment
[Photo : WhiteLabel 2008]

Pour réguler le comportement de prise et de durcissement du clinker trempé, on lui ajoute des produits sous forme de gypse ou d'anhydrite ainsi que des agents de moutures et des fillers comme du calcaire, des cendres volantes ou du sable de haut-fourneau, pour ensuite broyer ce mélange en ciments de différentes catégories caractérisés par des propriétés spécifiques précises. C'est seulement alors que le ciment obtenu peut être utilisé, après gâchage avec des granulats et additifs (microsilice, cendres volantes, sables, graviers, gros granulats et granulats recyclés ³) et de l'eau, pour la production d'un autre matériau de construction bien connu: le béton.

Le principe de précaution et la responsabilité du législateur envers les citoyens et les biens à protéger imposent que l'on soumette la valorisation des déchets à des règles générales ayant force obligatoire. De telles règles de base figurent à présent dans le projet du décret sur la protection contre les immissions du 15 février 2008, qui prévoit la limitation à un seuil maximum légal des émissions provenant des installations de clinkérisation et la fixation de seuils maxima correspondants dans les autorisations d'utilisation de matières secondaires. En conséquence, les émissions d'éléments traces doivent non seulement être déterminées par des mesures (régulières), mais également déclarées aux autorités de surveillance.

La présence d'éléments traces ⁴ s'explique tant par les matières premières que par les combustibles mis en œuvre pour la clinkérisation. Dans ces matières entrantes, leurs concentrations correspondent à leur pourcentage naturel géogène. Comme décrit ci-dessus, l'apport principal en éléments traces s'opère toutefois à travers un apport massif de 10 fois plus élevé de matières premières et à titre subsidiaire à travers les combustibles ou en fonction de leur taux de substitution, de sorte que les émissions de métaux lourds sont ainsi de manière déterminante influencées par les charges apportées à travers les matières premières (naturelles). D'une manière générale, il se peut que dans la pratique la mise en œuvre de déchets conduise même à une diminution ou une augmentation de l'apport total en certains éléments traces dans le four, sans que cela ait un impact directement nocif sur l'environnement.

Les émissions de poussières en cours de clinkérisation sont fonction du pourcentage de déchets mis en œuvre tandis que le comportement de tous les éléments traces au cours du procédé est déterminé par la volatilité de leurs combinaisons et, dans ce contexte, il convient de tenir compte non seulement des formes de liaisons dans les matières entrantes, mais également de celles qui se sont nouvellement formées dans les fours. Pour pouvoir apprécier le comportement caractéristique des éléments traces, le VDZ (association allemande de l'industrie du ciment) a, en cours de production, effectué pendant de nombreuses années des mesures exhaustives sur les gaz bruts et purs, les farines et poussières. Ces investigations ont montré qu'il s'avère utile de classer les éléments traces et leurs combinaisons en différentes catégories en fonction de leur volatilité, à savoir «non volatiles», «peu volatiles», «légèrement volatiles» et «très volatiles».

Les éléments des deux premières catégories (non volatiles et peu volatiles) n'ont pratiquement aucune importance quant aux émissions possibles, car ils sont presque intégralement liés dans le clinker. À titre d'exemples de métaux lourds non volatiles, nous nommerons les éléments suivants: l'arsenic ⁵, le vanadium, le nickel, le chrome et le cuivre.

³ Additifs RC- = Additifs de recyclage obtenus à partir de matériaux de démolition (gravats) conformément aux «directives allemandes pour la surveillance de la qualité de la valorisation des scories d'aciérie par leur réutilisation dans les constructions routières» [RG Min-StB 93].

⁴ Par «éléments traces» ou «oligo-éléments», on entend en général: des éléments présents en quantité très faible, c'est-à-dire dont la teneur (masse) n'excèdent pas 50 mg/kg. Sous la désignation «métaux lourds», on regroupe en règle générale les métaux dont la densité est <4g/cm³. Dans le langage courant, ces deux notions sont synonymes de «substances toxiques», alors qu'il peut tout aussi bien s'agir d'«éléments traces essentiels» que de métaux lourds (voir aussi <https://fr.wikipedia.org/wiki/Oligo-élément>). C'est ce qui explique les différences fréquentes qui existent dans les listes consignées dans les lois ou directives, qui souvent intègrent également des métalloïdes comme l'arsenic ou le béryllium.

Le cadmium, le plomb et les alcalins, par exemple, sont des éléments peu volatiles qui peuvent s'évaporer dans le tube rotatif du four et former des circuits internes avec le chlore et le soufre. Les éléments traces réagissent alors en phase gazeuse entre le four rotatif et le préchauffeur en liaison avec les autres agents réactifs qui s'y trouvent pour former des chlorures et sulfates peu volatiles. Vu l'importance des surfaces disponibles dans le préchauffeur, ces liaisons se condensent sur les particules de poussières entre 700 et 900 C. Compte tenu du degré de séparation élevé grâce aux différents étages de cyclonage et des filtres en place (filtres électrostatiques ou textiles), le pouvoir de rétention est tel que seul un volume restreint des éléments traces peu volatiles et de leurs combinaisons peut s'échapper du four, et comme l'ensemble du système n'offre techniquement aucune autre voie de sortie, ces derniers sont à nouveau transportés dans le four (circuit interne) sous forme condensée pour finalement se lier dans le clinker. La formation de tels circuits internes où les éléments peu volatiles sont localement enrichis dépend par conséquent de la présence d'autres agents réactifs, comme le sulfate et le chlorure, et de la formation de combinaisons peu volatiles.

S'agissant du thallium, un élément légèrement volatile, on a pu observer une augmentation de sa teneur dans les crus préchauffés des deux étages supérieurs de cyclonage. Par contre, à l'étage inférieur du préchauffeur ou bien encore dans le clinker lui-même, ce n'est que rarement que l'on a constaté la présence de thallium. En cas de baisse de la température et de contact intensif entre les gaz et les matières solides, le thallium se condense pratiquement intégralement sur les particules de cru et ne joue par conséquent que très rarement un rôle dans les émissions. Comme sa teneur augmente davantage dans les poussières du refroidisseur de condensation, de l'installation de broyage ou du séparateur de poussières, et qu'il est réintroduit dans l'échangeur de chaleur avec le cru, pour délester ce circuit, les condensats sont expulsés avec le cru et acheminés via à un by-pass à côté du four vers le broyeur à ciment.

En fonction de la température des gaz émanents, du mercure hautement volatile peut se fixer sur des particules et/ou apparaître sous forme gazeuse. De manière similaire au thallium, le mercure forme alors un circuit externe entre le préchauffeur, le broyeur de cru et le filtre à poussières. Pour réduire les émissions de mercure, la méthode la plus efficace est d'abaisser la température des gaz en amont du filtre avec expulsion parallèle des résidus de cru filtré par chasse partielle via by-pass. En outre, pour limiter les émissions de mercure, il peut s'avérer nécessaire de réduire les charges susceptibles d'être transmises par les déchets introduits dans le système. En fonction de la situation initiale, une surveillance par contrôle régulier avant introduction des matières entrantes peut donc être nécessaire [FIZ 2008].

Au vu de ces circonstances, il s'avère indispensable, du point de vue de la protection de l'environnement, de la sécurité du travail comme sous l'angle du recyclage ultérieur des matériaux de construction, de tenir compte de la présence de certains éléments traces, bien que le béton dans sa matrice de ciment constitue un milieu basique où un grand nombre de ces éléments sont immobilisés pour très longtemps.

⁵ À l'inverse de ce qui se produit en milieu basique dans un four de clinkérisation, l'arsenic peut en milieu siliceux riche en SiO₂ d'une chaudière de centrale très bien se comporter de manière volatile et retomber sur les surfaces sous forme de poussières de filtrage

Les connaissances que nous venons d'exposer sont une aide précieuse dans le cadre de l'utilisation du béton en génie civil, en hydraulique souterraine ou encore dans le cadre de la réalisation de réservoirs et de conduites d'eau potable. Elles permettent en effet de mieux apprécier quelles peuvent être les matières premières secondaires et combustibles appropriés pour la production de ciment ainsi que le volume maximal possible de leur mise en œuvre.

Les émissions des constituants anorganiques NO_x , HCl et HF sont indépendantes du choix des matières entrantes et, selon les connaissances disponibles jusqu'à présentes, la mise en œuvre de combustibles de remplacement n'a aucun impact déterminant en ce qui les concerne. S'agissant tout spécialement du composant NO_x , une utilisation de vieux pneumatiques pour le deuxième étage de combustion d'un préchauffeur par exemple peut au contraire conduire à la formation d'une atmosphère gazeuse réductrice qui finalement permet de diminuer les émissions de NO_x . La même chose vaut pour les combustibles de remplacement qui sont introduits à travers le brûleur principal avec une humidité résiduelle.

Les émissions de SO_2 , CO et carbone total ne dépendent pratiquement pas non plus de l'utilisation de combustibles de remplacement. Les émissions de SO_2 comme celles de carbone total au cours du procédé de clinkérisation sont principalement fonction des propriétés des matières premières naturelles empruntent dans les carrières. C'est également la raison qui explique que la directive européenne relative à l'incinération des déchets prévoit des exceptions pour les composants SO_2 et carbone organique total (COT) en ce qui concerne les seuils à respecter par les installations de clinkérisation.

Au regard des émissions de carbone total, en particulier, il convient, lors de la mise en œuvre de matières premières de recyclage comprenant une fraction importante de matières organiques légèrement volatiles, de veiller à ce que ces matières ne soient pas directement acheminées dans le procédé de clinkérisation à travers la filière des matières brutes. Il est donc recommandé, dans un tel cas, des les introduire via l'entrée du four ou le cas échéant (si existant) via le calcinateur [FIZ 2008].

2.1 Procédé de co-incinération

La co-incinération des déchets constitue un procédé de transformation de la matière qui permet non seulement une valorisation énergétique, mais également une valorisation des résidus minéraux entrants, c'est ce qui explique le terme de «co-processing» également utilisé pour désigner ce procédé.

L'utilisation de matières premières de remplacement (ou matières premières de substitution) pour la clinkérisation préserve les ressources naturelles en réduisant leur consommation, 98 Ma.-% environ du futur clinker (perte au feu non comprise) étant produit à partir des constituants de la matière brute, tandis que deux Ma.-% seulement proviennent des cendres de l'ensemble (!) des combustibles utilisés.

En règle générale, les taux de substitution obtenus avec des farines brutes synthétiques restent faibles. Ce sont les résidus minéraux qui, la plupart du temps, sont utilisés pour la correction des mélanges de farines brutes, et à ce sujet, il convient de noter tout d'abord qu'en principe sont utilisables tous les déchets minéraux qui présentent au moins un ou chacun des quatre éléments majeurs entrant dans la composition minéralogique des clinkers, à savoir: calcaire, silice, aluminium et fer.

Comme la fraction organique est imputée à la valorisation énergétique, l'évaluation du caractère valorisable de la matière ne tient pas compte des anions organiques et anorganiques, c'est-à-dire que la concentration de ou des éléments majeurs exprimée en pourcentage du poids d'oxydes est au moins de 50 %.

Pour des raisons liées à la qualité, c'est-à-dire, par exemple, pour prévenir des problèmes de cuisson, de broyage des clinkers, de variations de couleur, éviter des prises retardées ou de futurs phénomènes d'alcali-réaction dans le béton, les fabricants de clinkers veillent tout particulièrement, et ce dans leur propre intérêt, à ce qu'un apport additionnel d'éléments mineurs comme du magnésium, du sodium, du potassium, du manganèse, du titane ou du phosphore soit opéré.

Pour la correction des farines brutes, la méthode classique consiste à réutiliser des sables de fonderie, des matériaux réfractaires, des battitures, des résidus de grillage de l'acide sulfurique, des cendres volantes et des mâchefers issus de différents procédés sidérurgiques, ou encore des résidus de brique ou de béton, des stériles de lavage ou des résidus de scories salées (fonte d'aluminium).

De plus en plus, on utilise également de la Sorbalit® recyclée (= chaux vive riche en fluor mélangée à des charbons actifs) pour optimiser la formation de la phase de fusion, ainsi que des boues calcaires en provenance de stations d'épuration des eaux usées ou de la décarbonatation rapide des eaux résiduaires de centrales, ou bien des boues d'épuration, des boues résultant de l'industrie du papier, de la céramique ainsi que des cendres d'incinération de vieux papiers ou des sols d'excavation pollués par hydrocarbures.

Les gaz chauds émanant du four rotatif sont utilisés pour le séchage de la matière brute par injection dans le broyeur de cru ce qui peut conduire à une décomposition de liaisons organiques et à des émissions COT. Tant qu'une charge en carbone organique total, en tant que facteur limitant, ne s'est pas diffusée dans le cru brut naturel, des matières premières de remplacement et des agents correcteurs peuvent être introduits à travers le broyeur de cru. En revanche, dès que la teneur en

COT est élevée, l'alimentation doit s'effectuer directement par le four ou par le calcinateur.

En outre, en matière de protection contre les immissions, il convient de tenir compte des éléments traces volatiles suivants: cadmium, mercure, thallium, (plomb ⁶).

Tous les autres éléments non volatiles sont fixés sur les poussières et peuvent donc être retenus par des filtres suffisamment efficaces, de sorte que ces éléments peuvent ensuite être réinjectés dans le processus de cuisson ou de broyage de la production de ciment. Les émissions de poussières en clinkérisation sont indépendantes de l'utilisation de matières secondaires [FIZ 2008].

En résumé, les autorités chargées de la protection contre les immissions ne peuvent pas, sans faire abstraction auparavant de la charge gégène dans les zones d'emprunt et des différences de qualité entre les ciments, fixer des limites de concentration générales ayant force obligatoire pour le cobalt, le nickel (sélénium), le tellure, l'antimoine, le chrome, le vanadium, le zinc, le manganèse, le cuivre et le béryllium dans les charges de matières premières et de matières premières de remplacement. Elles ne peuvent tout au plus que formuler des recommandations dans le cadre de leur obligation de précaution, avec une marge de réserves correspondante.

Tableau 1:

Critères d'utilisation de déchets minéraux pris séparément ou sous forme de mélange (après traitement) pour leur co-processing dans la production de clinker de ciment [BAIER, Hubert Dr. 2002].

Élément	Concentration
CaO	séparée ou totalisée ≥ 50 % en poids
SiO₂	
Al₂O₃	
Fe₂O₃	
Mercure (Hg)	≤ 1,8 ppm MS
Cadmium (Cd)	≤ 50 ppm MS
Thallium (Tl)	≤ 45 ppm MS

Les seuils de charge proposés constituent, selon les calculs à rebours effectués sur la base de l'analyse du flux des matières [Lahl 1998], des concentrations maximales (!) qui n'entraînent en tout état de cause aucune violation des limites d'immission prévues par la directive [2000/76/CE] relative à l'incinération des déchets. En règle générale, de telles concentrations élevées en éléments traces conduisent également à une augmentation des charges par rapport à la matière gégène définie, c'est pourquoi on renonce la plupart du temps à leur emploi en co-processing, pour des raisons de qualité.

⁶ La présence de nickel (sélène) qui est également considéré comme un élément légèrement volatile n'a pas pu être déterminée avec certitude dans les flux de déchets entrant en ligne de compte. Cela vaut également en ce qui concerne l'occurrence de tellure et de béryllium.

En revanche, la longue durée de séjour des matières premières (de remplacement) dans le four rotatif où elles sont soumises à un milieu basique pendant environ 20 à 30 minutes fait de ce procédé une méthode de valorisation intéressante en ce qui concerne les déchets organiques pollués, dits déchets dangereux, caractérisés par un astérisque * ou ^{DD}.

C'est ce qui explique qu'en clinkérisation, le co-processing soit dans de nombreux pays la technique retenue pour l'élimination des déchets dangereux, compte tenu de la température d'incinération élevée, du temps de séjour important et du milieu basique neutralisant les poussières. L'OMS, elle-même, recommande cette méthode (voir entre autres: <http://www.who.int/ifcs/en>) pour, par exemple, éliminer d'un coup et en toute sécurité les douze substances toxiques organiques les plus connues (groupe dit des «Dirty dozens») (voir aussi <http://de.wikipedia.org/wiki/Dirtydozen>).

Une liste des déchets minéraux appropriés à une co-incinération est jointe à ***l'Annexe 01***. Elle ne s'appuie pas sur les directives gtz/holcim et n'a pas non plus la prétention d'être exhaustive. Elle énumère seulement les déchets qui sont susceptibles d'être valorisés en cours de clinkérisation soit directement compte tenu de leur origine et de leur composition chimique soit indirectement après traitement ou pré-traitement.

2.2 Procédé de broyage du ciment (agents de mouture)

Les agents de moutures présentent souvent des «propriétés hydrauliques» qui offrent deux avantages, l'un direct puisqu'ils permettent de substituer directement le clinker et l'autre indirect car ils évitent des émissions additionnelles de CO₂: Les pouzzolanes (trass), les sables et scories de hauts-fourneaux ou des cendres volantes obtenues par le dépoussiérage électrostatique sont les agents hydrauliques les plus fréquemment employés. Ils servent de manière déterminante à la régulation de certaines propriétés du ciment, comme ses caractéristiques de prise, sa viscoélasticité, sa teinte etc. Les farines, le gypse de désulfuration des gaz de fumée (défulsogypse) émis par les grandes centrales électriques, l'anhydrite obtenue par procédés chimiques, les cendres volantes et les filler ou oxydes métalliques sont utilisés pour la pigmentation. En règle générale, les entreprises veillent, pour des raisons liées à leur image, à limiter le taux des substances relevant du régime des déchets.

À l'inverse du procédé de co-incinération pour la production de clinker, le broyage du ciment s'effectue dans des conditions «plus froides», c'est pourquoi toutes les filières de pollution par le mercure (via le défulsogypse, notamment) doivent être parfaitement connues des exploitants. Au demeurant, on se doit ici également de constater qu'il n'existe aucun autre critère applicable, c'est-à-dire que c'est le fabricant qui assume lui-même la responsabilité du ciment qu'il produit.

2.3 Production de béton (additifs)

Dans certains domaines d'application, on peut substituer les granulats nécessaires à la fabrication de béton par des matériaux de construction de recyclage (matériaux de construction RC). Ainsi, en Allemagne, par exemple, il a été possible en 2004 de revaloriser environ 68 % de résidus de matériaux de construction minéraux (soit environ 200 millions de t) conformément aux exigences prévues dans la [RG Min-StB 93] en les réutilisant dans certains domaines. Cette revalorisation s'est naturellement traduite non seulement par des volumes de mise en décharge

considérablement plus faibles, mais également par une réduction des emprunts de ressources naturelles.

Les matériaux de construction RC ne doivent contenir ni hydrocarbures susceptibles de se dégager sous forme de gaz ou de lixiviats ni métaux lourds lixiviables. Toutefois, les matériaux de construction comprenant des granulats naturels en provenance de zones volcaniques peuvent tout à fait présenter une concentration en métaux lourds beaucoup plus élevée que les matériaux RC. Il convient par conséquent d'accorder un accent tout particulier à la traçabilité de l'ensemble du cycle de vie des produits.

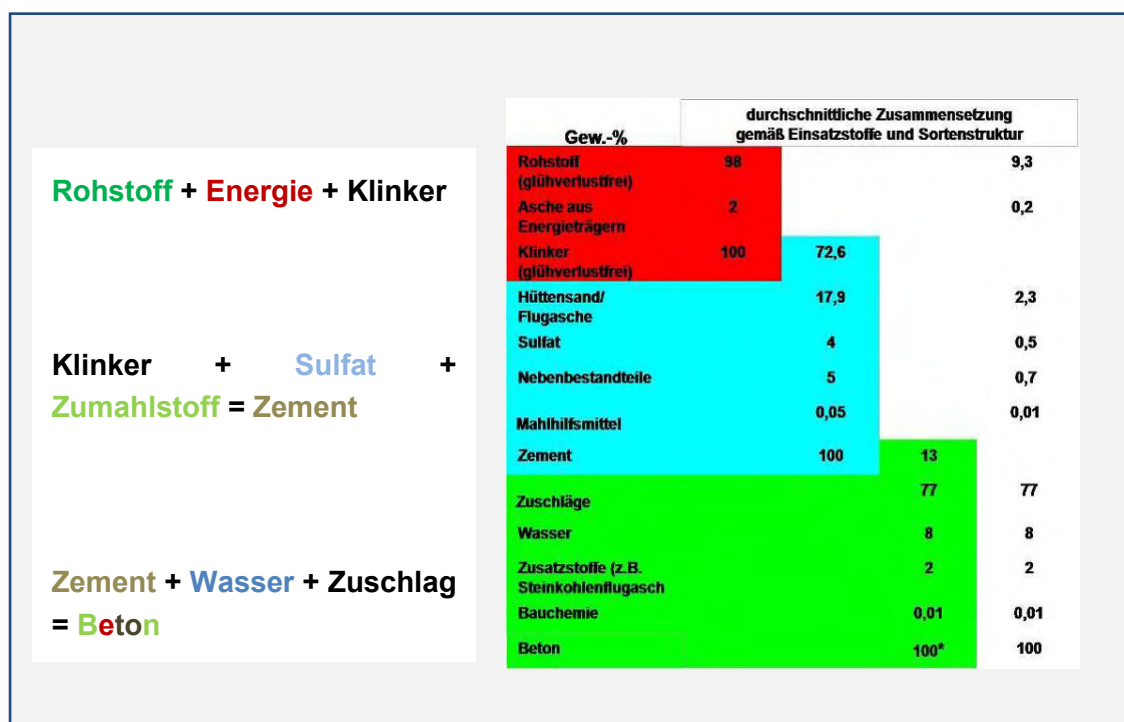


Figure 4:
(à gauche) Chaîne de production à partir de la matière première jusqu'au béton; (à droite) composition moyenne du béton exprimée en pourcentage de poids, en fonction des différentes variétés de ciment vendues en Allemagne en 2000
[BAIER, Hubert Dr. 2002]

Cela signifie que l'influence des matières premières est de l'ordre de 10%, tandis que même dans le cas d'une substitution intégrale des combustibles par des combustibles de substitution et un apport en cendres estimé à 20 % en poids, le pourcentage des métaux lourds dans le bilan total des éléments traces ne serait que de 0,2 %.

Des analyses détaillées du [VDZ] ont montré que les métaux lourds piégés dans la matrice de ciment et par conséquent dans les produits sont complètement fixés. De plus, la résistance à la diffusion des bétons étanches est élevée et contribue ainsi à inhiber toute libération éventuelle des éléments traces [FIZ 2008].

3.1 Définitions et explications de la notion «Combustible secondaire»

La notion de «combustible de remplacement» n'apparaît nulle part dans la législation européenne. et si la législation allemande y fait allusion, elle ne le fait qu'à l'article 4 de la loi relative à la gestion de la valorisation des déchets [Kreislaufwirtschaft-/Abfallgesetz] où il est déclaré que « la valorisation énergétique comprend l'utilisation des déchets comme **combustibles de remplacement**».

C'est ce qui explique que l'on regroupe généralement sous cette notion sans distinction spécifique également tous les déchets combustibles solides, liquides et pâteux. En l'absence d'une définition uniforme contraignante, [Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz GmbH (BGS), association pour la qualité des combustibles secondaires et bois de recyclage] a proposé d'apporter certaines précisions à cette notion.

Tableau 2:

Définitions et explications de la notion «Combustible de remplacement»
(voir les prochaines pages)

Pour qu'ils puissent être acceptés et pour des raisons de précaution générale, les combustibles de remplacement sont légalement assujettis, quelles que soient leur forme et leur consistance, aux exigences de protection contre les émissions applicables à l'incinération des déchets non traités.

Cela ne doit toutefois pas conduire les autorités nationales compétentes à s'abstenir de définir des critères pour la manipulation des combustibles de remplacement en tant que produit, et ce tant en ce qui concerne leur traitement sur le territoire national que dans le cadre des transactions transfrontalières.

Des « Valeurs de références » sont discutées dans un chapitre distinct et proposées pour l'application uniforme

Cela ne doit toutefois pas conduire les autorités nationales compétentes à s'abstenir de définir des critères pour la manipulation des combustibles de remplacement en tant que produit, et ce tant en ce qui concerne leur traitement sur le territoire national que dans le cadre des transactions transfrontalières.

Les possibilités suivantes sont actuellement disponibles pour la production de combustibles de remplacement.

Tableau 3-1:
Définitions et explications de la notion «Combustible secondaire»

Tableau 3-1: Définitions et explications de la notion «Combustible de remplacement»

Ersatzbrennstoff [EBS]	Alternative Fuel [AF]	Combustibles de substitution [CS],	Source/ Norme
Sekundärbrennstoff [SBS], allgemeiner Überbegriff für Brennstoffe aus sekundären Quellen. Sie stammen aus festen, flüssigen oder pastösen, gefährlichen oder auch nicht gefährlichen Abfällen und Biomassen. Der Abfall kann als EBS z.T. direkt eingesetzt werden (z.B. Altreifen, Tiermehl) oder müssen zuvor bedarfsgerecht aufbereitet werden (z.B. Altöl, Lösemittel, Holz oder Abfälle aus dem Gewerbe und aus Haushalten).	Secondary fuel [SF], engineered fuels [EF] general term for fuels from secondary sources. Derived from solid, liquid or pasty hazardous and non-hazardous waste and biomass. Waste can be used directly as a fuel (like used tires or Meat and Bone Meal) or has to be pre-processed before co-processing (i.e. used oil, solvents or commercial or municipal waste).	également appelés combustibles secondaires, d'appoint ou de remplacement: Terme générique désignant les combustibles issus de sources secondaires. Ce sont des combustibles fabriqués à partir de matières solides ou liquides ou pâteuses issues de déchets dangereux ou non et de la biomasse En fonction de leur nature, les déchets peuvent être utilisés soit directement en tant que CS (pneus usagés, farines animales, par exemple) soit indirectement après avoir subi un traitement approprié (huiles de vidange, solvants, bois ou déchets industriels et ménagers).	Il n'existe actuellement ni norme allemande ni norme européenne uniforme à ce sujet, de même qu'il n'existe aucune nomenclature internationale en la matière. Les efforts déployés au sein de l'association Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe E.V. (BGS e.V) pour imposer une désignation claire et précise ont également échoué. Cela résulte déjà du fait que dans le cadre des débats généraux avec le service fédéral de l'environnement dont on sait qu'il se préoccupe plus de l'exploitation des unités d'incinération que de la co-incinération, les demandeurs d'autorisation de telles unités doivent au cours de la procédure relative à la protection contre les émissions défendre exhaustivement leur projet devant le public, ce qui implique un travail énorme.
Mitverbrennung Begriff aus dem deutschen gesetzlichen Regelwerk der Abfallwirtschaft und des Emissionsschutzes über die energetische Verwertung von Abfällen in bestehenden, Werken der Zement-, Kalk- und Kraftwerksindustrie (wird nicht mehr bei einer thermischen Substitutionsrate [TSR] von über 50% angewendet, wie in der deutschen Zementindustrie vorherrschend). Die gleichzeitige Nutzung von Energiegehalt und Ascheeintrag, wie z.B. bei Altreifen (Kautschuk und Stahlkarkasse), ist im deutschen Sprachgebrauch nicht präsent. Bei internationalen Konzernen ist der Begriff AFR daher auch geläufiger, während sich die deutsche Begrifflichkeit stark am Ersatzbrennstoff (EBS) und am ewigen Disput mit den Müllverbrennern orientiert.	Co-incineration Term from the European directives for waste management as well as for air pollution control meaning legally the using of energy of alternative fuels in the cement, lime and power industry. Due to the low thermal substitution rates in the EU, its legislation has not faced its lack of understanding, yet. But, the English term of “co-processing” describes more precise the use of energy and ash in the cement kiln, where both are used at the same time for clinker production. Under these conditions the term Alternative Fuel and Raw Material (AFR) has been established by Holcim and took its way all over the sector in the meaning of valorizing feasible burnable and mineral waste for the clinker burning process.	Co-incinération Terme défini par la réglementation allemande relative à la gestion des déchets et à la protection contre les émissions en tant que technique de valorisation énergétique des déchets dans les cimenteries, installations de production de chaux et centrales énergétiques (il n'est plus utilisé dès lors que le taux de substitution thermique dépasse 50 %, comme c'est en général le cas dans l'industrie du ciment allemand). En allemand, il n'existe pas de terme décrivant le procédé qui consiste à récupérer l'énergie avec utilisation simultanée des cendres dans les fours à ciment, comme appliqué dans le cadre de la valorisation des pneus usagés (caoutchouc et carcasse en acier) C'est ce qui explique que les groupes internationaux utilisent plus fréquemment le terme de AFR (combustibles et matières premières de remplacement/substitution) définis en tant qu'apports provenant de flux de déchets qui fournissent de l'énergie et/ou des matières premières pour la production de clinker. La terminologie allemande, quant à elle, continue à faire l'objet de débats animés avec le secteur de l'incinération des déchets.	Il s'ensuit que jusqu'à présent, on préfère utiliser des termes neutres qui ne révèlent pas immédiatement l'origine des matières. D'autres pays ont entre-temps fait des expériences similaires, de sorte que l'on parle plutôt aujourd'hui de «combustibles de substitution» ou d'«engineered fuels» plutôt que de «combustibles dérivés de déchets» ou de «combustibles solides de récupération. Seule la gestion qualité se réfère sans équivoque aux propriétés de ces combustibles solides issus de déchets non dangereux présentant une granulométrie inférieure à 30 mm (voir: Quality assurance of solid recovered fuels (SRF) dans la revue ZKG international 5/2014, p. 54-57).

Tableau 3-2:
Définitions et explications de la notion «Combustible secondaire»

Tableau 3-2: Définitions et explications de la notion «Combustible de remplacement»

Rohmehls substitut [RMS] minéralische Korrekturkomponente [MKK]	Alternative Raw Material [ARM]	Farine crue secondaire ou mélange cru/cru secondaire	Source/ Norme
sind Überbegriffe für CH-kontaminierte, mineralische Abfälle, die stofflich im Klinkerbrennprozess verwertet werden. Die Hauptelementanteile werden entsprechend in bestimmten Verhältnissen eingestellt und konditioniert, während organische Substanzen zerstört werden.	general term. Derived from industrial mineral waste, which are mostly contaminated by hydrocarbons or organics, ARM will be pre-processed by blending for the clinker mineralization process by donating main elements and elimination of organic substances.	Ce terme générique désigne les matières de substitution utilisées pour la production de clinker. Elles sont obtenues par broyage de déchets minéraux industriels contenant des polluants comme des hydrocarbures ou des matières organiques. Après traitement permettant d'éliminer les substances organiques, les matières sont dosées et entièrement mélangées.	
Hochkalorische Fraktion [HKF] ist die Fraktion, die nach der Zerkleinerung, Absiebung und ballistischen Trennung als Überkorn <300mm als brennbare Fraktion den Grundstoff für die weitere Brennstoffaufbereitung darstellt. Sie entsteht hauptsächlich bei der Aufbereitung von Hausmüll oder gemischt erfassten Abfällen. Dies Material wird aber auch schon in der Vorbrennkammer im Brennprozess (z.B. HotDisc oder PREPOL SC) eingesetzt. Der Heizwert variiert je nach Herkunft und Zusammensetzung des aufbereiteten Abfalls zwischen 13 und 16MJ/kg.	High Caloric Fraction [HCF] Extracted combustible fraction of solid municipal or comingled waste, processed by shredding, screening and ballistic separation, feasible for pre-combustion-chamber (for example HotDisc or PREPOL SC) or as a feedstock for further processing to RDF; Lumpy size <300 mm. Calorific value approx. 13-16 MJ/kg	Fraction à haut pouvoir calorifique [HPC] Désigne la fraction qui, après broyage, criblage et tri balistique de manière à présenter une granulométrie < 300 mm constitue la fraction combustible de base pouvant servir à la préparation ultérieure de combustible. Elle est pour l'essentiel obtenue à partir du traitement de déchets ménagers ou de mélanges de déchets. Au cours du procédé de calcination, cette fraction peut toutefois également être déjà utilisée dans le pré-calcinateur (hotDisc ou PREPOL SC, par exemple). Le pouvoir calorifique varie entre 13 et 16 MJ/kg, en fonction de l'origine et de la composition des déchets traités.	
(Kein deutsches Äquivalent) für Residue Derived Fuel [RDF] - wörtlich übersetzt „aus Abfall stammender Brennstoff“ ist eine englische Bezeichnung für grobstückige Brennstoffe, der man die Abfallherkunft aufgrund seiner Stückigkeit noch ansieht. Er wird aus HKF oder mit Gewerbeabfällen gemischt durch Zerkleinerung, Sichtung und Magnetscheidung zu einem Calcinatorbrennstoff [RDF] aufbereitet oder er dient als Ausgangsmaterial zur weiteren Aufbereitung. Die Korngröße variiert zwischen 50 und 120mm, was wiederum mit dem Typ des Calcinators bzw. der Verweildauer/ Ausbranddauer im Calcinator zu tun hat.	Residue Derived Fuel [RDF] Consist of HCF or blend with industrial and commercial waste, processed by shredding, metal separation and ballistic separation, almost suitable for calciner combustion chamber or as a feedstock for production of SRF. With regard to the retention time in the calciner the grain size ranges from 50 to 120 mm, its calorific value approx. 14 - 20 MJ/kg.	Combustibles dérivés de déchets (CDD) Les CDD sont également désignés sous l'abréviation RDF conformément à la traduction littérale de l'expression anglaise Residue Derived Fuel. Il s'agit de matières grossièrement fragmentées dont l'origine en tant que déchets est encore reconnaissable. Les CDD sont obtenus par concassage/déchiquetage tri optique et magnétique à partir de la fraction HPC ou d'un mélange de déchets industriels. Ils peuvent être utilisés dans le calcinateur/four ou en tant que matières de base dans le cadre d'un traitement ultérieur. Leur granulométrie varie entre 50 et 120 mm, ce qui dépend également du type de four et ou de la durée de séjour/de calcination dans le four.	

Tableau 3-3:
Définitions et explications de la notion «Combustible secondaire»

Tableau 3-3: Définitions et explications de la notion «Combustible de remplacement»

Sekundärbrennstoff [SBS]™ wird aus hausmüllstämmiger HKF und separat erfassten, industriellem und Gewerbeabfall hergestellt. Die Korngröße variiert zwischen <15 und 30 mm. Zur Erhöhung des Heizwertes oder zur Absenkung störender Chlor- und Wassergehalte werden meistens industrielle, chemisch bekannte Gewerbeabfälle beigegeben. Der Heizwert kann somit bis 22 MJ/kg erreichen.	(No english equivalent) Due to other or not existing collection systems in the rest of the world, specific terms are not necessary. pooled to “SRF”	Marque protégée (sans équivalent en français) il s'agit d'un combustible d'appoint obtenu à partir de la fraction HPC de déchets ménagers et de déchets industriels et commerciaux collectés séparément La granulométrie oscille entre <15 und 30 mm. Pour augmenter le pouvoir calorifique ou pour abaisser les teneurs en chlorure et en eau ayant un impact négatif, on ajoute en général des déchets industriels et commerciaux de composition chimique connue. Le pouvoir calorifique peut ainsi atteindre 22 MJ/kg. Les SBS™ sont à classer comme CSR.	Source/ Norme Les produits désignés sous l'appellation «SBS» et «BPG» sont quant à eux des marques protégées qui sont utilisées aujourd'hui par l'association allemande BGS e.V. Les travaux de normalisation allemande reposent sur l'évolution de la situation dans le domaine de la gestion des déchets. Avec l'entrée en vigueur des spécifications techniques TA Siedlungsabfall (déchets ménagers) (2005) de nombreuses exigences, comme l'interdiction de mélange de déchets appropriés avant de les transformé en combustibles de substitution, ont toutefois été supprimées. Depuis les combustibles issus de déchets sont désignés sous la position 19 12 10 du catalogue européen des déchets sous l'appellation «déchets combustibles». Sur la base des nombreuses expériences acquises et des outils disponibles depuis, cette phase est devenue optionnelle sauf en Allemagne, en Autriche et en Suisse. La prise en compte de certaines expériences négatives pertinentes continue toutefois à être de règle.
Brennstoff aus produktionsspezifischen Gewerbeabfällen [BPG]™ wird ausschließlich aus Gewerbeabfällen produziert. Die Ausgangsabfälle haben keinen Produktlebenszyklus durchlaufen und fallen direkt bei ihrer Produktion an. Die Korngröße variiert zwischen <15 und 30mm. Der Heizwert kann deutlich über 22MJ/kg liegen.	(No english equivalent) Due to other or not existing collection systems in the rest of the world, specific terms are not necessary. pooled to “SRF”	Marque protégée (sans équivalent en français) Il s'agit ici d'un combustible issu exclusivement de déchets industriels spécifiques du secteur de la production. Les déchets initiaux ne sont pas des produits au sens propre du terme, avec une durée de vie précise. Ils sont générés directement en cours de production. La granulométrie des combustibles de ce type varie entre <15 und 30mm. Leur pouvoir calorifique est nettement supérieur à 22 MJ/kg. Les BPG™ sont à classer comme CSR.	2008/98/CE Catalogue européen des déchets, position 191210 CEN/TC 343 = EN 15359

Tableau 3-4:
Définitions et explications de la notion «Combustible secondaire»

Tableau 3-4: Définitions et explications de la notion «Combustible de remplacement»

(Kein deutsches Äquivalent) Solid Recovered Fuel (SRF) ist der Brennstoff am Ende der Aufbereitungskette (HKF-RDF-SRF), der ggf. mit Gewerbeabfall gemischt, qualitativ so hochwertig ist, das er am sog. Sinterzonenbrenner/Hauptbrenner eingesetzt werden kann. Sein Heizwert beginnt mit mäßiger Braunkohlequalität von ca. 20 MJ/kg und kann als reine Kunststofffraktion auch die 30MJ/kg überschreiten (in Ländern ohne separate Gewerbeabfallerfassung sind solche Qualitäten allerdings kaum erreichbar). In der Regel sollte der SRF einen Heizwert von 24+/- 2 MJ/kg aufweisen, da das der rheinischen Braunkohle entspricht, mit der ein Drehrohrofen sicher betreiben werden kann.	Solid Recovered Fuel [SRF] Consist of RDF from the end of the treating process of HCF or tuned with commercial waste fraction, processed by final shredding and additional highest grade air separation. The grain size ranges between <15 and 30mm. The calorific value can reach 20MJ/kg, like lignite, and if available, derived from pure preselected commercial waste the cv can reach considerably higher values. To ensure a safe kiln operation the cv of AF should be at minimum 22 MJ/kg, which corresponds to a mid-grad lignite quality.	Combustibles solides de récupération (CSR) Les combustibles solides (CSR) produits en fin de chaîne de traitement (HPC-CDD-CSR) sont préparés à partir de déchets non dangereux éventuellement mélangés à des déchets industriels. Ce sont des combustibles de haute qualité qui peuvent être utilisés dans un brûleur compartimenté dit de frittage/brûleur principal Leur pouvoir calorifique initial est équivalent à celui du charbon (lignite) de moyenne qualité avec environ 20 MJ/kg et peut dépasser les 30 Mj/kg s'il s'agit de fractions purement composées de plastiques. (Dans les pays où une collecte séparée des déchets industriels n'a pas lieu, de telles qualités demeurent toutefois impossibles). En règle générale, les CSR doivent présenter un pouvoir calorifique de 24 +/- 2 MJ/kg correspondant à celui du charbon rhénan et permettant d'alimenter un four rotatif en toute sécurité.	Source/ Norme 2008/98/CE Catalogue européen des déchets, position 191210 CEN/TC 343 = EN 15359
Pellet/ Fluff Ist die hysikalische Beschreibung (kein Produktname o. dgl.) für die Art der Herstellung, feste abfallstämmige Brennstoffe in einer Kollerpresse zu Hartpellets (Farbschlämme) oder Softpellets (Fluff) zu pressen. Ausgangsabfall können pastöse (gefährliche), aber meist feste (nicht gefährliche) Abfälle sein.	Pellet/ Fluff is the hysical description (no brand name or similar) for the kind of treating solid waste derived fuels, which passed a pelleting press to produce hard pellets (color sludges) or soft pellets (fluff). The feedstock are pasty (hazardous) sludges, but in most of the cases solid (non-hazardous) waste.	Pellet/granulé/fluff Ce terme correspond à la description physique du procédé de fabrication (ce n'est pas une marque de produit) conduisant à la production de combustibles solides issus de déchets compactés sous presse en pellets sous forme de granulés (boues d'imprimerie) ou de flocons (fluff). Les déchets initiaux peuvent se présenter sous forme pâteuse (déchets dangereux), mais ils sont le plus souvent constitués de déchets solides (non dangereux).	Source/ Norme 2008/98/CE Catalogue européen des déchets, position 191210 CEN/TC 343 = EN 15359
Qualitätssicherung [QS] Aufgrund der einfacheren Probenahme beziehen sich sämtliche Normen auf die gebräuchlichste kleinste Korngröße von 15 bis 30mm. Es liegen somit für BPG, SBS auch die meisten gesicherten Analysewerte vor.	Quality Quality Assurance [QM] Due to the simpler sampling procedure, all standards are related to the most common grain size of 15 to 30mm. Even the most secure analysis data are available from thus of SRF.	Gestion qualité (QM) Compte tenu de la simplicité de la procédure de prélèvement d'échantillons, toutes les normes se réfèrent aux calibres de grains les plus usuels soit 15 à 30 mm. Des données d'analyses sûres existent ainsi également pour les CSR.	Source/ Norme 2008/98/CE Catalogue européen des déchets, position 191210 CEN/TC 343 = EN 15359

3.2 Combustibles secondaires liquides

La majorité des déchets liquides ⁸ proviennent de l'industrie chimique et il s'agit en règle générale de déchets dits «dangereux ⁹» qui nécessitent des mesures de précaution toutes particulières, compte tenu de leur caractère inflammable ou explosible, de leur teneur en acide ou en substances organiques critiques pour l'environnement.

La liste européenne des déchets [CED] nomme 14 critères d'évaluation sur la base desquels il est possible d'identifier la dangerosité des déchets décrite par des entrées correspondantes ou caractérisée par un astérisque * ou ^{DD}. Ces critères de dangerosité font déjà partie intégrante de la directive [91/829/CE] relatives aux déchets dangereux.

La dangerosité des déchets est déterminée en Europe par la décision 2000/532/CE de la Commission du 3 mai 2000 et par la directive [75/422/CE] du Conseil, ainsi que par la décision [94/904/CE] du Conseil via une liste des déchets dangereux sur la base de la directive [91/689/CE] relative aux déchets dangereux.

Les critères d'évaluation servant de base ressortent de la directive 98/24/CE et des autres décisions et directives de la CE qui règlent le marquage des emballages de substances dangereuses.

C'est la raison pour laquelle la dangerosité des déchets est évaluée à peu près de la même manière que la dangerosité des substances et des mélanges de substances. Il est impossible d'évaluer faiblement la dangerosité d'un déchet dont on ne connaît pas les substances ou mélanges de substances qu'il contient.

Pis encore, pour le marquage des substances et des mélanges de substances, les règles UE (dénommées « ancienne réglementation » dans ce qui suit) ont été remplacées depuis 2009 par un système de marquage des Nations Unies (SGH= Système général harmonisé de classification, d'étiquetage et d'emballage des produits chimiques) valide dans le monde entier dont la base d'évaluation diffère.

La « Matrice de risques pour l'évaluation de la dangerosité des déchets » propose une procédure modulaire d'évaluer la dangerosité des déchets sur la base des substances dangereuses et amélanches de substances → www.gd-maroc.info.

- 8 Particularité: Les déchets contenant de l'ammonium (NH₄ en solution) peuvent être traités afin de réduire les émissions d'oxydes d'azote (NO_x) puis être valorisés en appliquant dans une plage de température précise le procédé SNCR (procédé thermique via réduction sélective non catalytique).
- 9 À la suite de l'amendement de la loi visant à promouvoir les activités de recyclage et à assurer l'élimination des déchets dans le respect de l'environnement [Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (en abrégé Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) du 15 juillet 2006 (Journal officiel de la RFA I S. 1619) la définition des termes utilisés dans la législation relative aux déchets a été adaptée à celle de la législation de l'UE. Les déchets dits "requérant une surveillance toute spécifique) sont désormais regroupés sous la désignation «déchets dangereux»; tous les autres déchets sont réputés être des «déchets non dangereux».

Tableau 3:
Critères de dangerosité conformément à la liste européenne des déchets
(H = Hazardous)

Critère	Caractéristiques	Point d'éclair/ Teneur totale en une ou plusieurs substances
H 1	explosif	
H 2	comburant	
H 3	inflammable	Point d'éclair $\leq 55^{\circ}\text{C}$
H 4	irritant (R41)	$\geq 10\%$
	irritant (R36, R37, R 38)	$\geq 20\%$
H 5	Nocif	$\geq 25\%$
H 6	très toxique	$\geq 0,1\%$
	toxique	$\geq 3\%$
H 7	cancérogène (cat. 1 ou 2)	$\geq 0,1\%$
	cancérogène (cat. 3)	$\geq 1\%$
H 8	corrosif (R35)	$\geq 1\%$
	corrosif (R34)	$\geq 5\%$
H 9	infectieuse	
H 10	tératogène (cat. 1 ou 2, R60 ou R61)	$\geq 0,5\%$
	tératogène (cat. 3, R62 ou R63)	$\geq 5\%$
H 11	mutagène (cat. 1 ou 2, R46)	$\geq 0,1\%$
	mutagène (cat. 3, R40)	$\geq 1\%$
H 12	substances ou préparations qui, au contact de l'eau, de l'air ou d'un acide, dégagent un gaz toxique ou très toxique.	
H 13	substances ou préparations susceptibles, après élimination, de donner naissance, par quelque moyen que ce soit, à une autre substance, par exemple un produit de lixiviation, qui possède l'une des caractéristiques énumérées ci-avant.	
H 14	écotoxique	

Les déchets suivants peuvent être valorisés sous forme de combustibles de remplacement liquides: huiles de vidange de condensateurs, transformateurs, engrenages, de systèmes hydrauliques et autres huiles de machines, peintures, laques, agents de nettoyage et solvants et lubrifiants liquides. Ils proviennent en général des secteurs industriels, pharmaceutiques ou commercial/artisanal ou encore



Figure 5:
Hall de stockage et de préparation pour combustibles de remplacement (Liquid Blending Plant)
[Photo : WhiteLabel]

du secteur de la navigation fluviale et maritime (huile de fond de cale) ou de la prospection minière (huile de forage). De faibles quantités sont également produites dans le secteur privé et collectées par triage séparé des «déchets dits spéciaux». Une liste des codes déchets spécifiques est jointe en **annexe 03**.

Les déchets liquides présentant des propriétés chimiques et physiques équivalentes ou similaires sont en général collectés et traités conjointement, et sont aussi stockés dans les mêmes citernes, sauf en cas de différences de propriétés entraînant leur séparation stricte tant au niveau de leur collecte que de leur transport.

En dehors du pouvoir calorifique et de la teneur en eau des déchets, il convient de tenir compte également de leur valeur pH, viscosité, malléabilité, et de leur comportement corrosif eu égard aux installations de stockage, dosage et d'incinération. En outre leur teneur en matières en suspension (cendres) et le point de figeage ¹⁰ sont également des paramètres importants pour le dimensionnement des citernes/réservoirs.

Par conséquent, la cimenterie devra en premier lieu mettre à disposition des citernes/réservoirs où les combustibles liquides présentant une valeur calorifique et une teneur en eau régulée, mais une valeur pH différente, pourront être stockés séparément. Pour des raisons de sécurité, un mélange de ces combustibles ne devra s'opérer qu'à l'aval de la sortie du brûleur dans la zone du front de flamme.

Une attention toute particulière doit être accordée à l'état des citernes/réservoirs et aux risques d'accidents éventuels en prévoyant des mesures de confinement des liquides et de l'eau en suffisance pour l'extinction d'incendies ainsi que des mesures appropriées eu égard aux hydrocarbures très volatiles (protection antidéflagrante, conditions de séjour dans les zones concernées).

Tableau 4:

Concentrations maximales des charges dans les déchets séparés ou mélanges de déchets préparés pour une valorisation énergétique en co-processing en tant que combustibles de remplacement

Paramètre	Concentration
Chlore total	2 % en poids max.
Mercure (Hg)	≤ 1,8 ppm MS
Cadmium (Cd)	≤ 50 ppm MS
Thallium (Tl)	≤ 45 ppm MS

Lorsqu'une valorisation matière/ recyclage est prévue, on fixe souvent des critères de limitation pour la valorisation énergétique. Toutes les autres huiles de vidange peuvent être recyclées lorsqu'elles ne contiennent aucune substance critique susceptible de se concentrer dans les produits.

Il est recommandé, que les huiles de vidange dont la teneur en polychlorobiphényles (PCB) dépasse 20 ppm ou une teneur totale en halogènes de plus de 2 g/kg ne sont pas admises au recyclage, et doivent même être éliminées en toute sécurité par procédé thermique.

Les conditions d'incinération dans des installations à four rotatif garantissent en tout état de cause de faibles concentrations de PCDD/F (dioxines et furanes) dans les émissions. Les combustibles issus de déchets qui peuvent contenir une quantité importante de substances organiques persistantes (comme les huiles de vidange riches en PCB) sont à introduire dans l'incinérateur par le foyer principal, ce qui permet de garantir la destruction certaine des combinaisons de ce type. Des mesures exhaustives ont montré que les émissions de PCDD/F présentent dans la pratique, indépendamment de l'introduction ou non de combustibles issus de déchets, une teneur en dioxines nettement inférieure à 0,1 ng ITEQ/m³ (FIZ 2008). Il n'en demeure pas moins qu'en cas de valorisation régulière et continue, les règles fondamentales précitées relatives à la sécurité, la protection du travail et la protection contre les immissions ainsi que les principes généraux de protection de l'environnement doivent être strictement respectés.

¹⁰ Als Stockpunkt bezeichnet man die Temperatur, bei der eine viskose Flüssigkeit nicht mehr fließt.

3.3 Combustibles secondaires solides (issus de déchets dangereux)

Les déchets dangereux sous forme solide ou de pâte sont en général mélangés mécaniquement avec des sciures ou bien avec des balles de riz ou des résidus de papier ou de fibres textiles ou avec d'autres matières solides absorbantes de tailles appropriées, puis tamisés pour obtenir la granulométrie acceptée par les tuyères de l'incinérateur avant d'être stockés, dosés et valorisés comme combustible de remplacement solide.



Figure 6:
Fabrication de combustible secondaire solide par mélange de déchets dangereux avec des sciures, suivi d'un tamisage
[Photo : WhiteLabel]

Cette pratique de longue date et les expériences ainsi acquises, principalement, en Belgique, par des entreprises de traitement et l'industrie du ciment, sont entre-temps appliquées dans le monde entier.

3.4 Combustibles secondaires solides (issus de déchets non dangereux)

En Allemagne, la méthode précitée a toutefois conduit à la publication de lois et de règlements infralégaux ainsi qu'à un renforcement des exigences en matière de preuves: Les entreprises allemandes spécialisées dans la valorisation des déchets ont dû tout d'abord s'engager à ne pas utiliser de déchets dangereux pour la fabrication de combustibles de remplacement solides. Chaque type de déchets entrant en ligne de compte pour une telle valorisation doit tout d'abord être soumis séparément à une analyse chimique pour démontrer sa convenance (interdiction de mélange), avant de pouvoir être mélangé à d'autres pour une transformation en combustibles de remplacement solides [voir les Directives pour le «Co-Processing des Déchets dans la Production de Ciment» publiées par la GTZ et Holcim, Principe 4: règles à respecter].

Les différents types de déchets ne sont dans la pratique admis à une production ultérieure de combustibles que lorsqu'au moins 4 des 5 analyses requises (80^e centile) satisfont aux exigences; le combustible de remplacement prêt à être introduit dans le four devant lui-même satisfaire à la médiane (voir aussi le site http://www.bgs-ev.de/400/420d_Guetezeichen.html). Une liste des codes déchets spécifiques est jointe en **annexe 03**.

À la suite de l'interdiction de mise en décharge directe des déchets ménagers (TA Siedlungsabfall) en Allemagne et de la demande croissante en matières plastiques valorisables, ces déchets sont actuellement triés dans des installations mécaniques ou automatiques afin de pouvoir récupérer les matières valorisables. Ceci signifie que qu'ils sont soumis à un traitement conforme aux dispositions du chapitre 19 du règlement européen relatif à la liste des déchets [EAK] selon lequel les résidus des opérations de triage peuvent être traités en tant que matière de base pour la fabrication ultérieure de combustibles.

La codification des déchets est à présent réduite aux déchets combustibles (rubriques 19 12 10 d'EAK) et aux fractions à haut pouvoir calorifique des déchets ménagers traités (déchet provenant d'installations de traitement des déchets ménagers); dans le secteur opérationnel de l'élimination/valorisation des déchets, elle est réduite à un minimum.

Tableau 5:
Valeurs de référence à respecter recommandées par la BGS
(appelés «critères de qualité BGS»)

Paramètre	Unité	Teneur en éléments traces ^{11, D}			
		Valeur médiane		«80 ^e centile»	
Cadmium	[mg/kg MS]	4		9	
Mercure	[mg/kg MS]	0,6		1,2	
Thallium	[mg/kg MS]	1		2	
Arsenic	[mg/kg MS]	5		13	
Cobalt	[mg/kg MS]	6		12	
Nickel	[mg/kg MS]	25 ^A	80 ^B	50 ^A	160 ^B
Antimoine	[mg/kg MS]	25 ^E		60 ^E	
Plomb	[mg/kg MS]	70 ^A	190 ^B	200 ^A	- ^C
Chrome	[mg/kg MS]	40 ^A	125 ^B	120 ^A	250 ^B
Cuivre	[mg/kg MS]	120 ^A	350 ^B	- ^C	- ^C
Manganèse	[mg/kg MS]	50 ^A	250 ^B	100 ^A	500 ^B
Vanadium	[mg/kg MS]	10		25	
Étain	[mg/kg MS]	30		70	

^A pour combustibles secondaires issus de déchets de secteurs de production spécifiques.

^B pour combustibles secondaires issus de déchets ménagers à haut pouvoir calorifique.

^C Fixation seulement après examen précis des données issues du traitement des combustibles secondaires.

^D Les teneurs en métaux lourds précitées s'appliquent à partir d'une valeur calorifique $H_vMS \geq 16$ MJ/kg pour les fractions à haut pouvoir calorifique issues de déchets ménagers et à partir d'une valeur calorifique $H_vMS \geq 20$ MJ/kg pour les déchets issus de secteurs de production spécifiques.

^E En décomposition sous pression à l'eau régale, les valeurs de référence sont à augmenter de 100 %.

¹¹ Pour pouvoir déterminer les taux de concentrations dans les différents déchets en obtenant des résultats aussi proches de la réalité que possible, il faut recourir à des données obtenues sur la base de nombreux prélèvements d'échantillons et d'analyses spécifiques correspondantes. Ces données ne sont donc pas obtenues à partir d'une «population», mais constituent au contraire tout un catalogue de résultats de différents échantillons isolés que l'on doit considérer «sur un pied d'égalité». En règle générale, ces valeurs de mesure sont statistiquement réparties de manière asymétrique, c'est-à-dire suivant le nombre élevé de faibles concentrations et le faible nombre de hautes concentrations, de sorte qu'il est ensuite possible, pour une description ultérieure, de recourir à des évaluations construites à partir d'une statistique de rang. À cet effet, les valeurs d'analyse sont

regroupées sur un rang, dans l'ordre croissant en fonction du niveau de concentration, avec indication d'un i^{ème} centile (par ex. 10^e, 25^e, 50^e, 90^e centile) Un centile correspond dans ce contexte à la part des données en % qui est en-deça d'une certaine concentration. Le 50^e centile indique donc la valeur (appelée valeur médiane) qui divise exactement l'ensemble des données en deux groupes de même taille.

Dans la majorité des cas, des analyses chimiques conformes à la directive d'incinération s'avèrent suffisantes. Pour une évaluation sûre, il convient toutefois de disposer de données statistiques fiables, ce qui ne peut être garanti qu'après prélèvement d'un nombre suffisant d'échantillons et d'analyses (au moins 10).

Sur la base de l'expérience pratique acquise jusqu'à présent, les valeurs maximales convenues sont réputées respectées, lorsque 80 % des résultats des mesures sont inférieurs à la valeur convenue (80^e centile).

Au cours de près d'une décennie d'études, on a ainsi pu identifier les déchets appropriés à une valorisation, et développer des méthodes d'échantillonnage, de décomposition, d'analyses et d'interprétation qui sont acceptées par les autorités compétentes. Elles constituent actuellement des bases reconnues par les autorités allemandes d'autorisation et c'est également sur cette assise que reposent les projets actuellement en cours pour une normalisation européenne.

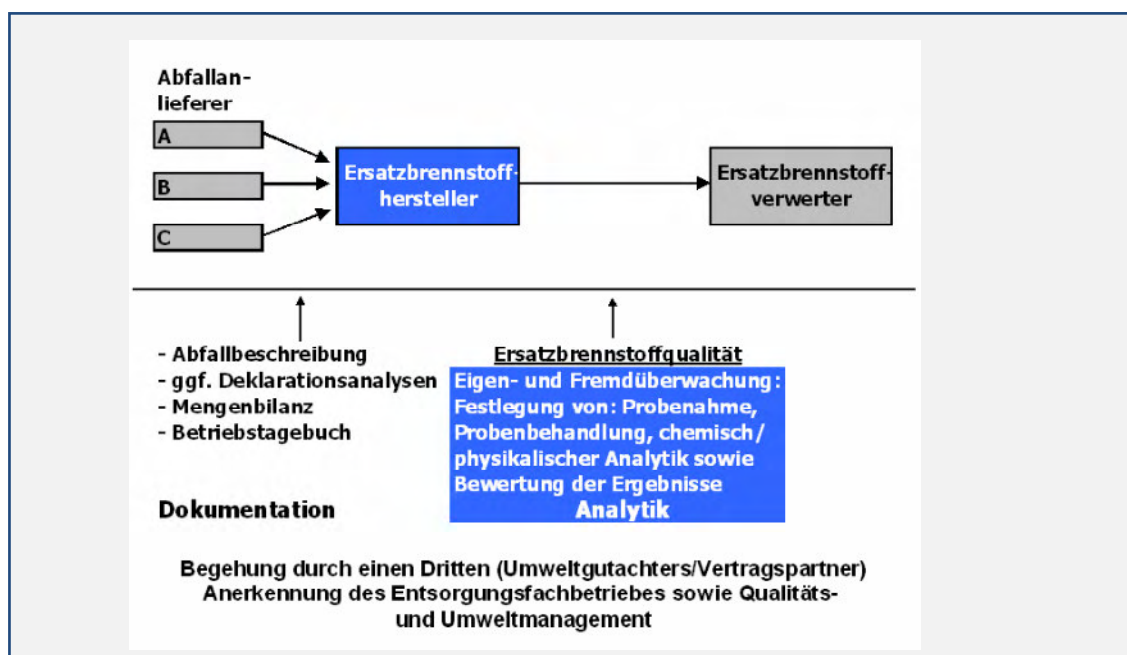


Figure 7 :

Assurance qualité selon les critères [BGS] pour la fabrication de combustibles de remplacement solides conformément aux méthodes d'autorisation appliquées en Allemagne [Flamme 2002]

Avec l'association BGS dispose d'une institution indépendante constituée de représentants des autorités et des entreprises de traitement et de valorisation qui veillent au respect d'exigences précises en matière non-dangereuse dans les compositions de déchets et au respect des critères chimiques.

3.5 Combustibles secondaires pâteux

À la rubrique 19 08 05 du règlement européen EAK figurent également les boues d'épuration (déshydratées) issues du traitement de l'eau potable, dans la mesure où les critères du règlement correspondant [Klärschlammverordnung] sont satisfaits.

3.6 Particularités

Les méthodes d'autorisation appliquées jusqu'à présent contiennent certaines particularités en ce qui concerne le contrôle qualité des déchets énumérés ci-après; bien que les entreprises valorisantes effectuent elles-mêmes des analyses dans leur propre intérêt.

Tableau 6 :
Particularités en ce qui concerne le contrôle qualité

CMD	Désignation du déchet
16 01 03	Pneus usagés
02 02 02	Farine animale, farine d'os, de sang et de plumes
sans classification	Marchandises en douane
sans classification	Les liquides contenant de l'ammoniac ou des amines, en provenance du secteur de l'industrie chimique ou de systèmes biologiques et mécaniques d'épuration des gaz émanant des installations de traitement de déchets, sont régulés par addition de carbamide et utilisés dans les procédés SNCR (procédés thermiques via réduction sélective non catalytique) pour réduction des NO _x .

4.1 Caractéristiques essentiels du co-processing

En résumé, du point de vue génie des procédés, les caractéristiques essentielles du co-processing peuvent être décrites comme suit [FIZ 2008]:

- Température maximale des gaz dans le four rotatif (combustion primaire) 2000° C ;
- Temps de séjour des gaz dans le four rotatif compris entre 6 à 8 secondes sous une température supérieure à 1200° C ;
- Atmosphère gazeuse oxydante dans le four rotatif (excès d'oxygène) ;
- Conditions de combustion uniformes même en cas de variations de charge en raison de la haute capacité thermique des fours rotatifs ;
- Au niveau de la combustion secondaire, les combustibles séjournent normalement dans le foyer pendant plus de 2 secondes en étant soumis à des températures supérieures à 850° C et s'ils sont introduits dans un calcinateur, ce temps de séjour se prolongent en conséquence ;
- Destruction intégrale des polluants organiques (PCB, PAH, etc.) sous températures élevées et temps de séjour suffisamment longs ;
- Sorption des composants gazeux comme le HF, le HCl ou le SO₂ par les agents réactifs alcalins (CAO) du cru broyé ;
- Temps de séjour court des gaz d'échappement dans la marge de température de nouvelle formation PCDD/F, aucune synthèse de novo, même en cas d'inhibition supplémentaire de réaction compte tenu de la présence d'alcalins et de SO₂ ;
- Exploitation optimale des cendres de combustion en tant que constituant du clinker et par conséquent, valorisation matière et énergétique simultanée indépendamment de la valeur calorifique ;
- Aucune production de déchets spécifiques ;
- Pouvoir de rétention élevé des métaux lourds liés aux particules ;
- Piégeage chimique-minéralogique des éléments traces dans le clinker de ciment.

De plus, s'agissant de la substitution des combustibles, tout spécialement, le procédé n'a aucun impact négatif sur l'environnement comme entraîné normalement par l'exploration, l'extraction et le transport des matières premières. En outre, la valorisation énergétique de déchets appropriés permet, en fonction des besoins, de minimiser le nombre total des décharges ainsi que celui d'installations d'incinération onéreuses, ce qui permet d'éviter d'autres impacts négatifs comme la pollution des eaux souterraines ou le volume des émissions de méthane à partir des décharges, par exemple [FIZ 2008].

4.2 Ventilation des déchets appropriés en fonction des différents secteurs économiques

Tout pays a besoin pour son économie de statistiques fiables, concrètes et précises. Associées à d'autres données, ces statistiques permettent non seulement une appréciation de la performance des différents secteurs économiques nationaux, mais elles indiquent également l'origine et la nature du volume des déchets à attendre en fournissant parallèlement de premiers éléments permettant d'inférer leur composition et leur consistance. Partant, de telles données statistiques permettent d'apprécier les besoins en investissements économiques des infrastructures de collecte et d'élimination des déchets en minimisant le risque de surcapacités onéreuses.

Pour la saisie des principaux indicateurs économiques, l'Amérique du Nord applique par exemple le système de classification type des industries désigné par l'abréviation NAICS (North American Industry Classification System), qui a l'avantage de faciliter l'analyse des données de production en liaison avec leur origine. Une codification similaire des activités est offerte par la [Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique (CITI)] ou par le système statistique de l'Union européenne « Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne » (NACE). Étant donné que la nomenclature NACE couvrent également les activités économiques aux fins d'élaboration de statistiques, c'est à elle que nous ferons ici appel en premier lieu pour déduire systématiquement le flux des déchets à attendre dans les différents secteurs de l'économie.

Tableau 7 :
La structure hiérarchique formelle de la nomenclature

Niveau hiérarchique	Nombre	Code
Sections	21	A-U
Divisions	88	01-99
Groupes:	272	01.1-99.0
Classes	615	01.11-99.00

À l'intérieur des divisions (01 à 99), on distingue ainsi des groupes et des classes, caractérisés respectivement par l'addition d'un suffixe sous la forme d'un chiffre.

Section A	Agriculture, sylviculture et pêche
Division	01 Culture et production animale, chasse et services annexes
Groupes	01.1 Cultures non permanentes
Classes	01.11 Cultures de céréales (à l'exception du riz...)
	01.12 Culture du riz
	01.13 Culture de légumes,
	01.14 Culture de la canne à sucre

Dans le but de garantir une description et identification uniforme des déchets, l'Allemagne a, en 1999, transposé en droit national le **catalogue européen des déchets (CED)** au moyen de la loi relative à la gestion de la valorisation des déchets (Kreislaufwirtschaft/Abfallgesetz). Chaque déchet énuméré dans ce catalogue est caractérisé par un code déchet. La codification numérique n'est pas toutefois pas consécutive, elle comporte en effet des rubriques vides s'expliquant par le retrait d'une matière du régime des déchets ou bien encore en tant qu'espace réservé pour l'introduction de nouveaux codes dans le catalogue. Le [Catalogue Marocain des Déchets] (CDM)] publié au mois d'août 2008 par le biais du «Décret n° 2-07-253 portant classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux» repose sur le CED.

La désignation des déchets s'opère en fonction de l'origine des déchets suivant une codification comprenant trois combinaisons de deux chiffres (code à six chiffres) qui, sur la base de l'intitulé de chaque chapitre, permet une description de plus en plus précise de l'origine des déchets en fonction du code particulier. C'est ce qui explique que les déchets (définis en liaison avec «l'intention du détenteur de se débarrasser de

quelque chose») qui sont énumérés dans le catalogue ne peuvent pas être considérés indépendamment de l'intitulé du chapitre respectif (origine).

L'imputation d'une matière (matières plastiques, par exemple) à un numéro de code déchet uniforme ne signifie cependant pas que les différents groupes de produits correspondants (PVC, PE, PS, etc.) doivent être ou soient nécessairement saisis conjointement. Si à l'intérieur d'un groupe de produits, des quantités relativement importantes sont appropriées pour une valorisation matière, et si la charge de travail pour la collecte et le triage de ces quantités est relativement faible, le groupe doit alors être saisi comme groupe isolé spécifique.

À cet égard également, une distinction détaillée est opérée à l'intérieur des chapitres (code à deux chiffres), groupes (code à quatre chiffres) et par les deux autres suffixes décrivant la nature du déchet (code à six chiffres)

Tableau 8 :
Structuration du catalogue

01	DÉCHETS PROVENANT DE L'EXPLORATION ET DE L'EXPLOITATION DES MINES ET DES CARRIÈRES AINSI QUE DU TRAITEMENT PHYSIQUE ET CHIMIQUE DES MINÉRAUX
01 01	déchets provenant de l'extraction des minéraux
01 01 01	déchets provenant de l'extraction des minéraux métallifères
01 01 02	déchets provenant de l'extraction des minéraux non métallifères
01 03	déchets provenant de la transformation physique et chimique des métaux métallifères
01 03 04 ^{DD}	stériles acidogènes provenant de la transformation du sulfure
01 03 05 ^{DD}	autres stériles contenant des substances dangereuses

Par ailleurs, il convient également de souligner la particularité suivante: en principe, tous les déchets destinés à une valorisation doivent être distingués des déchets destinés à être éliminés. Si une distinction n'est pas possible (mélange), il faut alors codifier la combinaison de déchets, comme décrit précédemment, en fonction de son origine. Si les déchets ainsi combinés peuvent toutefois être séparés par triage postérieur, au sein des établissements de recyclage par exemple, c'est-à-dire s'ils peuvent être «traités» au sens du CED (chapitre 19), une recodification doit être opérée. Il est ainsi possible, par exemple à partir de la rubrique 17 01 07 (mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17 01 06) de distinguer deux fractions de déchets traités qui portent respectivement un nouveau code, à savoir 19 12 10 pour déchets combustibles (combustible issu de déchets) et 19 12 12 autres déchets (y compris mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets autres que ceux visés à la rubrique 19 12 11.

Le type de déchet est ainsi à nouveau décrit par un code à six chiffres qui classe clairement son origine (en l'occurrence déchet issu d'un traitement).

À l'inverse de la nomenclature NACE, le CED et le CMD classent les bâches plastiques qui proviennent de l'horticulture sous la rubrique 02 01 04 en tant que déchets de matières plastiques (à l'exclusion des emballages), de sorte que de tels déchets relèvent du chapitre consacré à ceux provenant de l'industrie des produits alimentaires, tandis que le code NACE distingue dans ce cas – sans finalité logique – différentes variantes de la branche spécifique spécialisée dans la culture des légumes 0112, 014 et 01411.

Compte tenu de ces multiples possibilités d'interprétation, nous avons ci-après uniquement établi une correspondance entre les divisions [NACE] (01 à 99) et les groupes clairs du [CED] (01xx à 20xx). Le tableau correspondant est annexé, une liste complète est présentée séparément sous la forme d'un fichier Excel.

4.3 Représentation des types de déchets appropriés en fonction de branches spécifiques

Valorisation matière: Le lien établi (origine et activité) avec la nomenclature [NACE] (branches) permet de disposer de deux possibilités pour une évaluation:

- La recherche peut s'effectuer spécifiquement par **déchet** en fonction du nombre de secteurs dans lequel ce déchet est à attendre (**barre de graphique bleue**),
- ou bien par **secteur** de déchets valorisables du point de vue énergétique ou matière permettant d'identifier les procédés thermiques (**barre de graphique orange**).

Le graphique suivant indique le nombre des secteurs (**bleu**) selon la nomenclature [NACE], où il conviendra d'identifier les groupes de déchets [CED] ou [CMD]. L'ordre du classement des différents groupes ne s'oriente pas, qualitativement parlant, sur le nombre des secteurs identifiés et il ne fournit pas non plus d'informations quantitatives sur le volume de déchets à attendre.

Dans 28 secteurs, on trouve ainsi par exemple des matières plastiques et emballages d'appareils électroniques (en provenance de l'industrie de la production mais également du secteur des services) dont le volume est à considérer comme secondaire, tandis que dans un seul et unique secteur, à savoir le secteur (40) approvisionnement en énergie (centrales électriques) des volumes importants de gypse de désulfuration et de cendres volantes sont à attendre.

Sous l'angle de la saisie systématique des données déchets prévue sur l'ensemble du territoire national, une ventilation des groupes [CED] ou [CMD] exprimée en pourcentage en fonction des différents secteurs apparaît donc plus pertinente. Ci-après, nous avons identifié les secteurs dans lesquels on peut s'attendre à la production de déchets qui pris séparément ou après traitement pourront être valorisés comme **combustible de remplacement**.

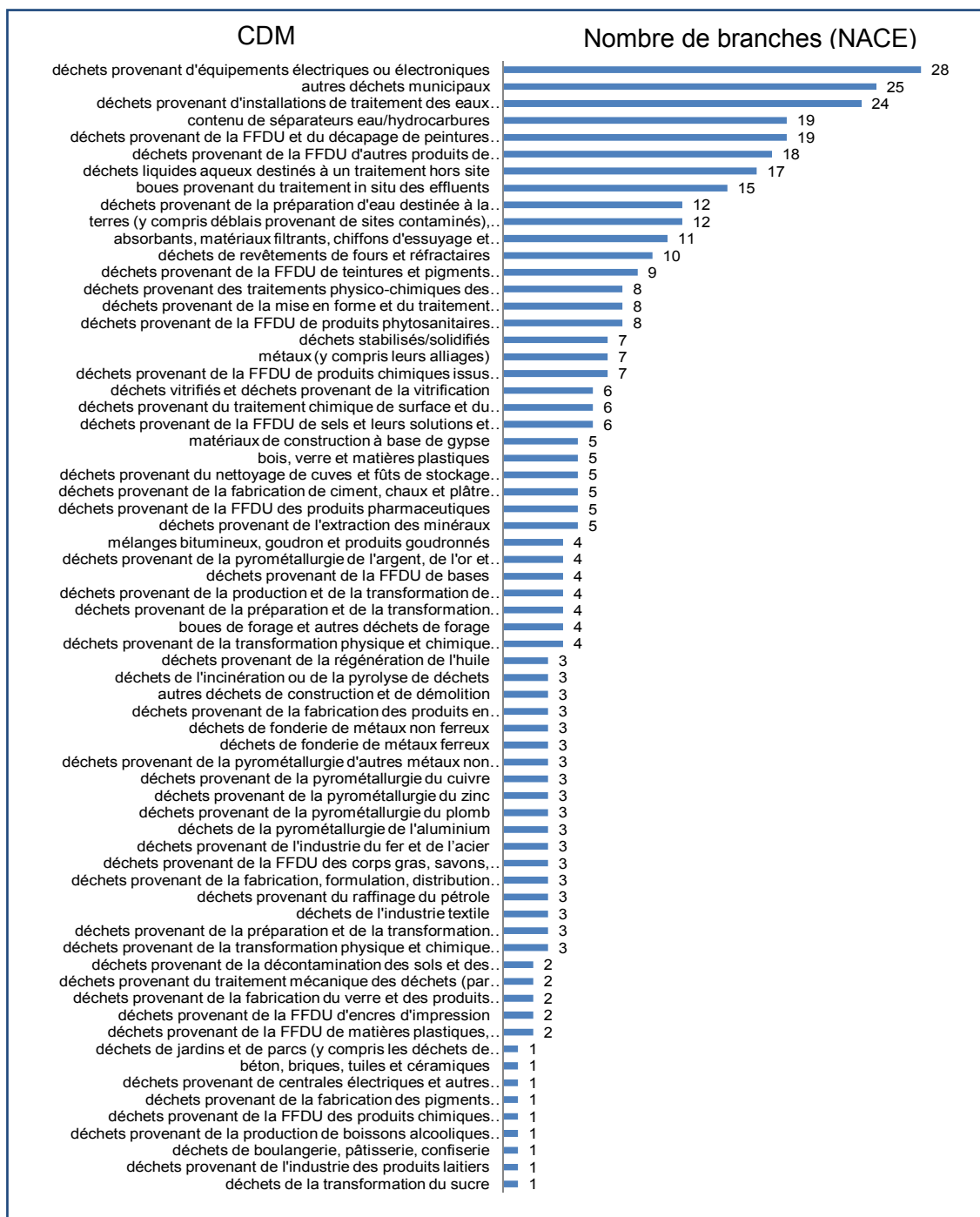


Figure 7 :
Nombre des secteurs selon la [NACE] (bleu) avec groupes identifiés selon le [CED] ou [CMD].

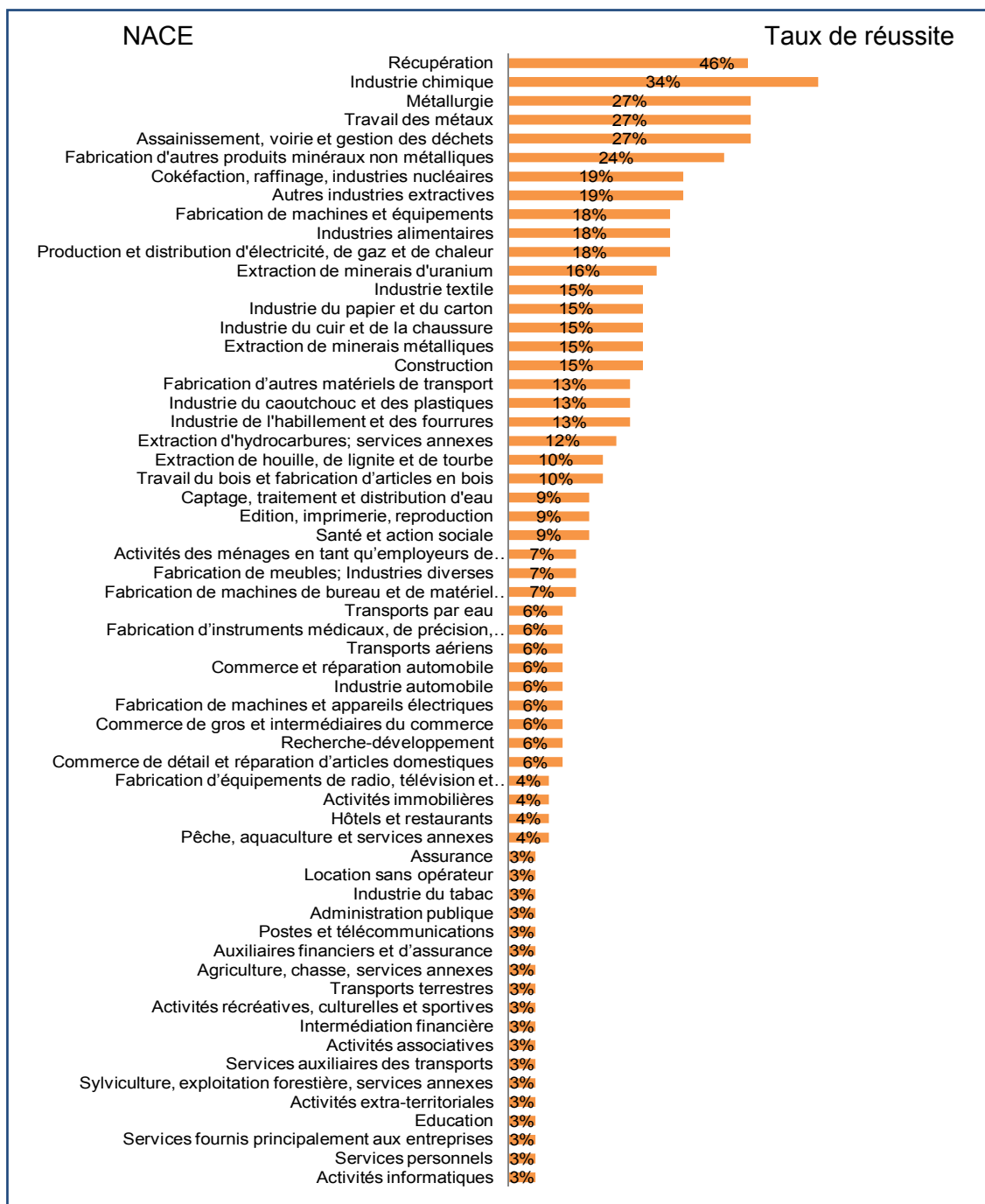


Figure 8 :
Correspondance en pourcentage des groupes [CED] ou [CMD] par secteur appropriés pour la production de **combustibles secondaires**.

Par nature, on retrouve la majorité des codes déchets dans le secteur du recyclage. Comme ce dernier n'est pas encore très développé au Maroc, ce sont principalement les secteurs de la chimie, de la collecte des déchets ménagers, de la production et du traitement des métaux, ainsi que le secteur des industries extractives (pierres, sols) et ceux de l'industrie textile et des produits alimentaires qui, en fonction de leur importance, permettront une saisie stratégique de données. Dans ces secteurs

en effet, le pourcentage de déchets entrant en ligne de compte pour une valorisation matière est compris entre 34 et 15 %.

Valorisation énergétique: Ventilation en pourcentage des groupes CED/ CMD par secteur produisant des **déchets non dangereux** (voir Tableau 3) qui, pris séparément ou après traitement, peuvent être valorisés comme combustibles de remplacement.



Figure 9 :
Correspondance en pourcentage des groupes [CED] ou [CMD] par secteur appropriés pour la production de combustibles ressecondai à partir de **déchets non dangereux**.

Pour la saisie stratégique de données, les secteurs suivants entrent en ligne de compte en fonction de leur importance dans le pays: chimie, constructions mécaniques et de véhicules, fabrication de produits en caoutchouc et en plastique, travail du bois, industrie textile et du cuir qui regroupent entre 41% et 24 % des groupes de déchets susceptibles d'une valorisation énergétique, voire même, après triage préalable, d'une valorisation matière. Ci-après on trouvera la ventilation en pourcentage des groupes CED/ CMD par secteur produisant des **déchets dangereux** (conformément au Tableau 4/en annexe) qui, pris séparément ou après traitement, peuvent être valorisés comme combustibles de remplacement.

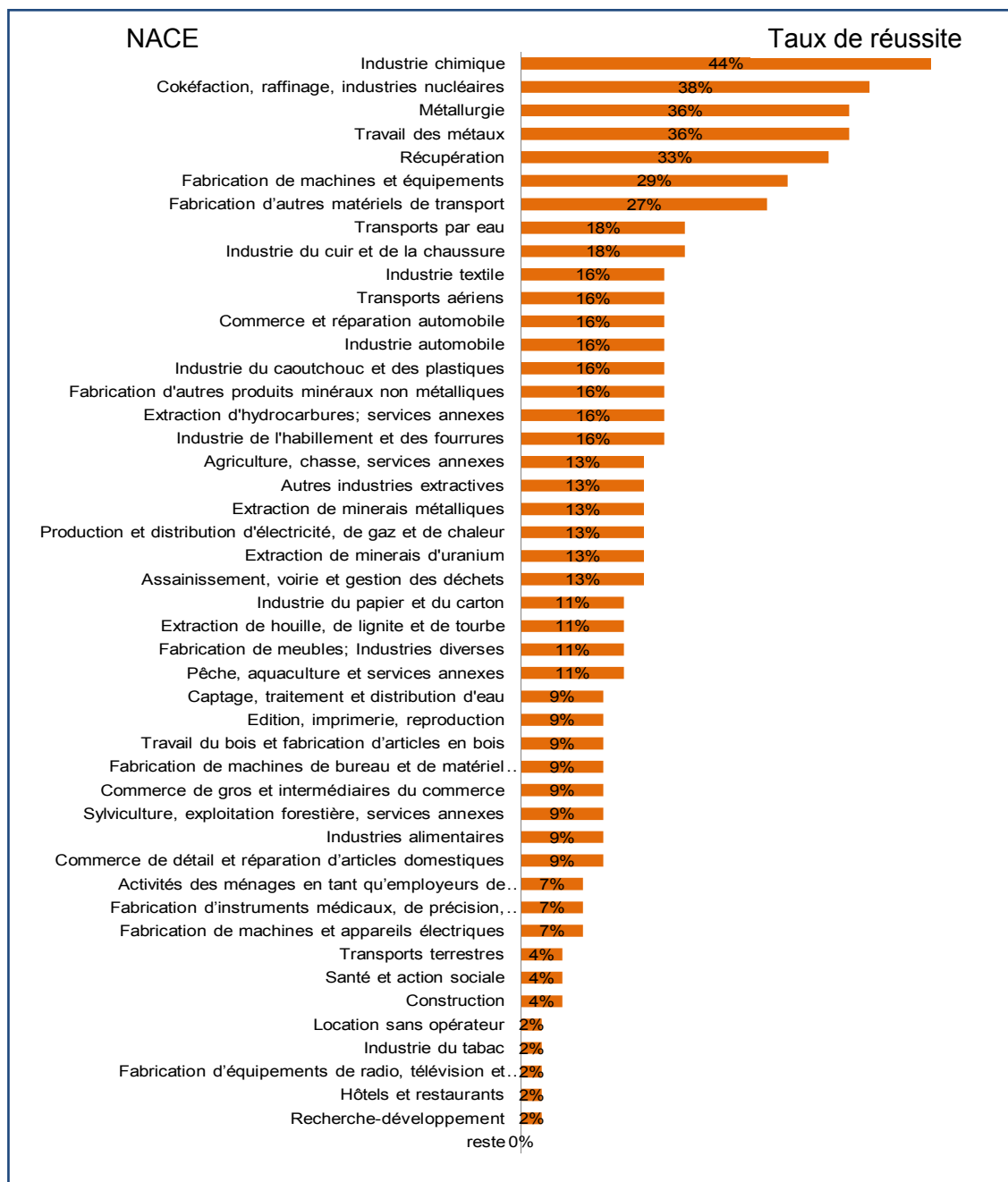


Figure 10 :
Correspondance en pourcentage des groupes [CED] ou [CMD] par secteur appropriés pour la production de combustibles secondaires à partir de **déchets dangereux**.

Les secteurs produisant des déchets dangereux entrant principalement en ligne de compte pour la saisie statistique de données sont en premier lieu les suivants : chimie, industrie pétrolière, construction métallique et mécanique, navigation et industrie du cuir. C'est dans ces secteurs que se trouvent en effet 44 % à 18 % des groupes de déchets susceptibles de faire l'objet d'une valorisation énergétique. Ventilation en pourcentage des groupes CED/ CMD par secteur produisant des **déchets pouvant être utilisés pour une production qualitative de combustibles de remplacement solides conformément aux critères de la BGS** (Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V.) ou pouvant, après traitement, être valorisé en tant que tels.

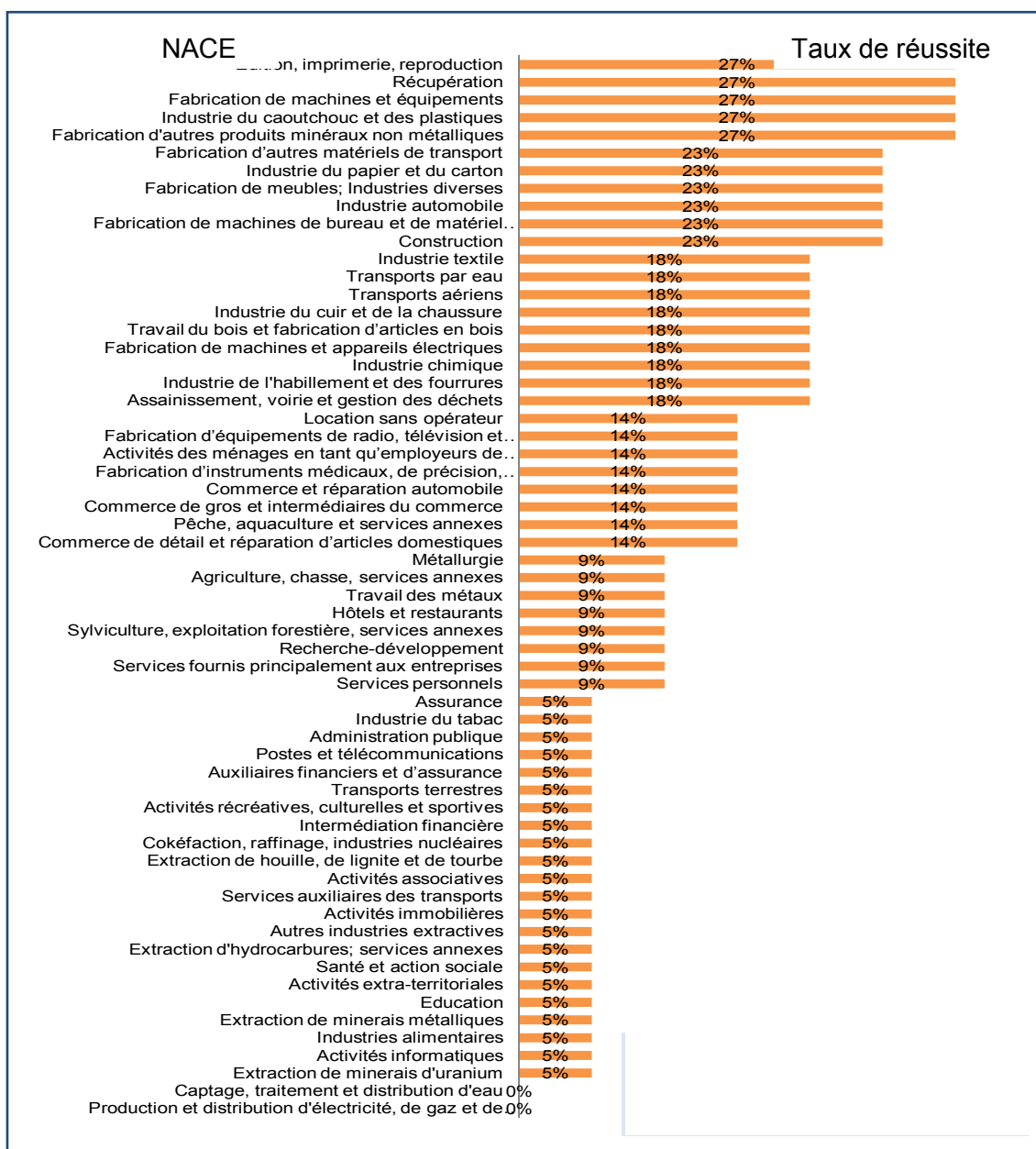


Figure 11 : Correspondance en pourcentage des groupes [CED] ou [CMD] par secteur pour la production de combustibles secondaires solides répondant aux **critères de la [BGS]**.

Des groupes de déchets sélectionnés pour la production de combustibles secondaires solides conformément aux critères BGS sont produits dans les secteurs suivants: construction mécanique, industries extractives (pierre, sols) industrie de la céramique, fabrication de produits en caoutchouc et en plastique, industrie du papier et du carton ainsi que dans le secteur des services. Ce sont dans ces branches en effet que s'inscrivent entre 41 % et 24 % des groupes de déchets susceptibles de faire l'objet d'une valorisation énergétique et, même, après triage préalable, d'une valorisation matière.

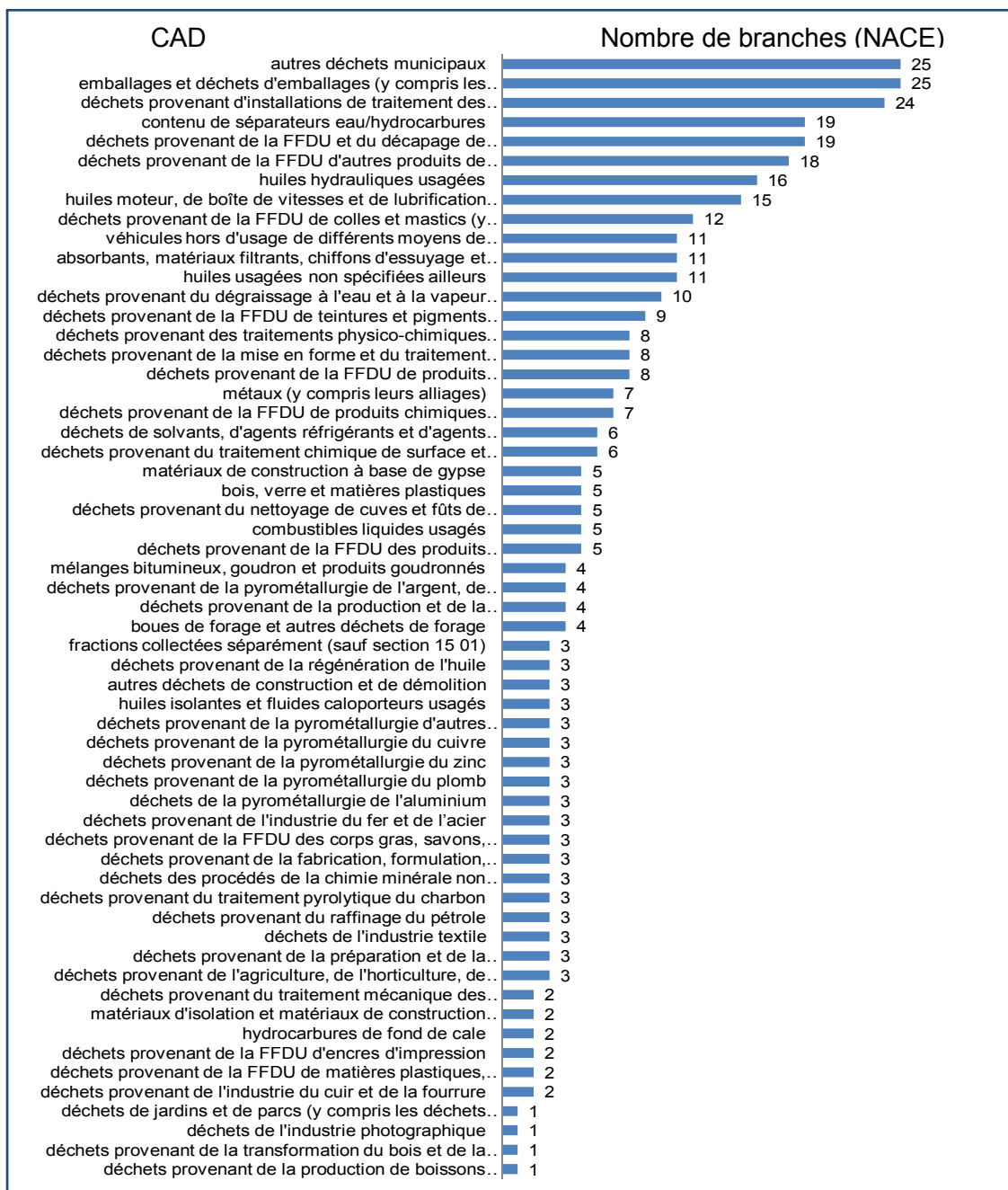


Figure 12 :

Nombre de tous les secteurs [NACE] où il existe une correspondance avec un groupe de déchets [CED] ou [CMD] susceptible de permettre une production de combustibles secondaires **solides, liquide pâteux / dangereux et non dangereux**.

Les différents groupes de déchets CED/CMD entrant en ligne de compte pour la production de combustibles de remplacement se trouvent tous dans les secteurs suivants: (24) Chimie; (28, 27, 29, 35, 50, 34) Fabrication, transformation et entretien des métaux et machines; (23) Raffinerie de pétrole; (36, 90) Collecte et élimination des déchets (par le secteur public et privé); (61, 62) Navigation et aéronautique; (24, 17, 18, 19) Industrie des produits alimentaires et industrie textile; ainsi que dans les secteurs (36, 25) Production et emballage de biens de consommation. C'est là en effet que l'on enregistre 21% à 9% des groupes de déchets entrant en ligne de compte pour une valorisation énergétique.

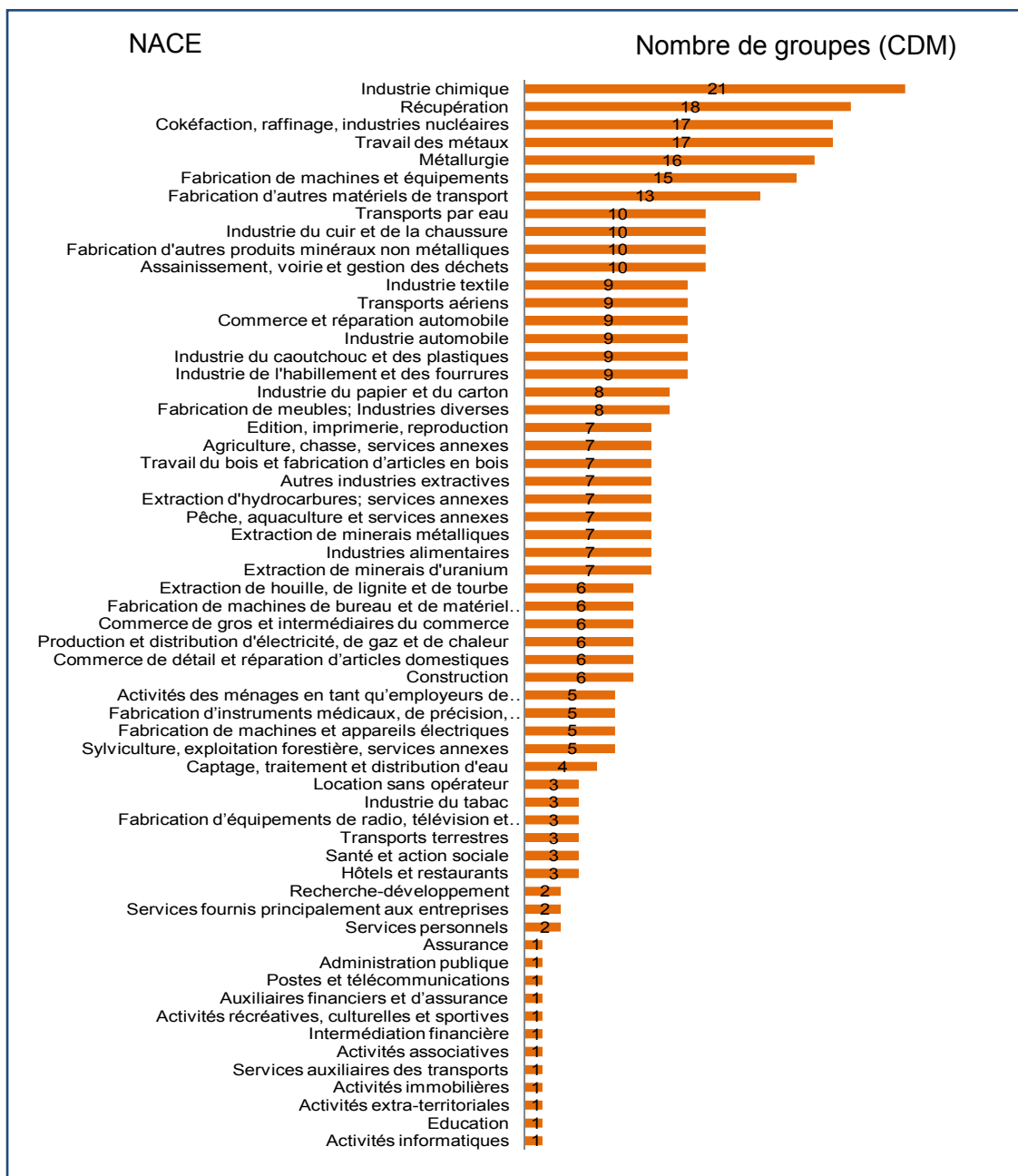


Figure 13 :
Nombre des groupes [CED] ou [CMD] apparaissant dans le secteur respectif et à partir desquels il est possible de produire des combustibles secondaires **solides, liquide pâteux / dangereux et non dangereux**.

5.1 Données fondamentales pour la caractérisation des déchets

Tout examen des possibilités de préservation durable des ressources ainsi que l'élaboration d'une approche en la matière requièrent en premier lieu une identification, une caractérisation et une analyse (à moyen et long terme) de la composition chimique des déchets et des matières qui les composent.

Au cours d'investigations préliminaires correspondantes, les déchets sont tout d'abord classés en déchets dangereux et non dangereux, liquides, pâteux et solides. En second lieu, on procède ensuite à une distinction entre les fractions appropriées à une valorisation matière et énergétique; celles susceptibles d'être traitées biologiquement et celles devant être éliminées ([thermiquement ou par mise en décharge](#)) ainsi qu'entre celles qui doivent être séparées en tant que fractions impures ([classification pour l'élimination](#))

À leur tour, toutes ces fractions sont divisées en groupes de substances avec analyse des [polluants](#) éventuels.

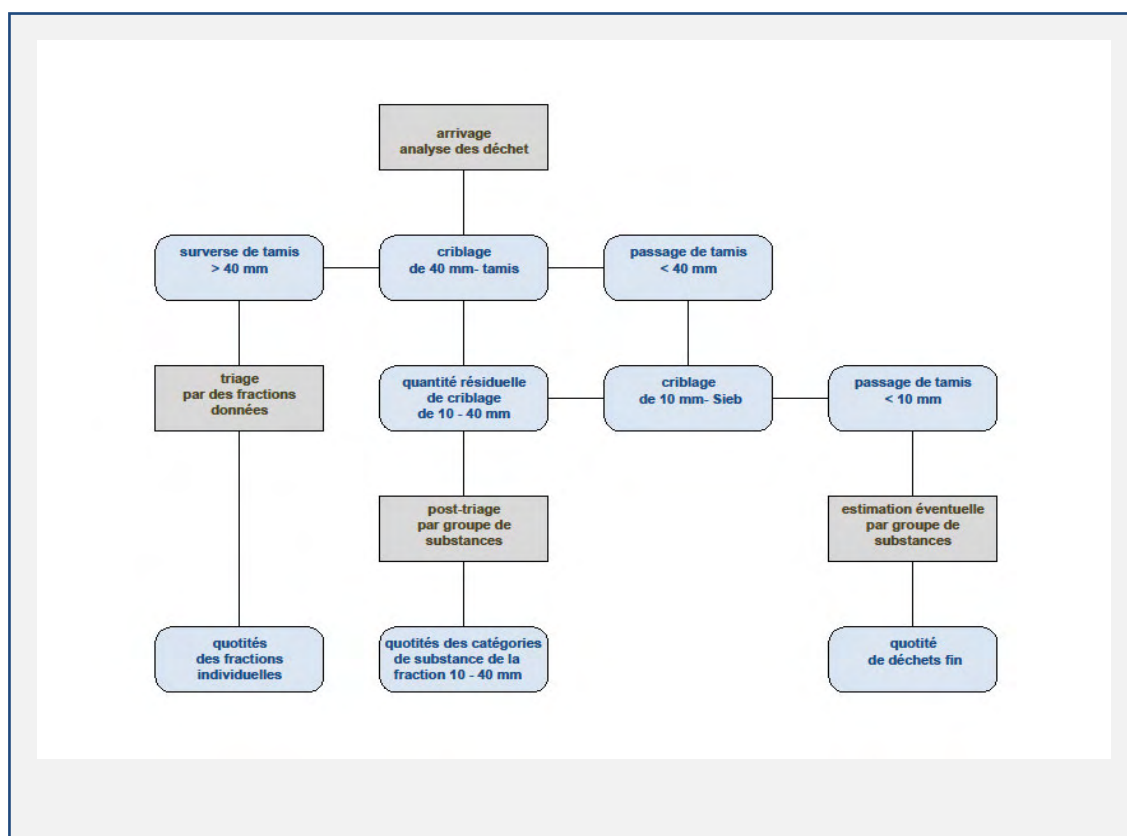


Figure 14 :
Critères de base pour la détermination de la composition des déchets solides
[Flamme 2002]

Les différentes fractions de déchets (qui ne correspondent pas obligatoirement aux différents types de déchets) sont analysées chimiquement et physiquement afin de déterminer la filière qu'elles devront suivre et/ou les possibilités offertes à leur amélioration qualitative par traitement.

5.2 Profils d'admissibilité des déchets en fonction des objectifs visés

Spécification du caractère valorisable : Une fois qu'un déchet a été identifié pour une destination précise, il convient de spécifier son caractère valorisable. À cet effet, il est, entre autres, possible de recourir aux critères d'appréciation suivants:

Valorisation matière

Lieu de production/ quantité/ livraison/ enregistrement du déchet en cause,
Types de plastique: homogène/hétérogène/clair /opaque, avec/sans adhérence etc.,
Bois: non pollué / pollué,
Métaux: Fe, Al, NE, Cu, alliages etc.,
Verre: clair/ coloré,
Papier, carton, cartonnage: imprimé/ contrecollé/ mixte etc.,
Textiles: loupés de fabrication / de récupération / souillés,
Organique/ déchets bio pour le compostage: exempts d'impuretés/ polluants,
Minéralogie: comportement à la lixiviation des matériaux de construction RC,

Minéralogie: teneur en constituants principaux, secondaires et en éléments traces, SO_3 , Cl, Hg, Cd, Tl, As, Pb,
Substances chimiques pour photographie/ solutions de lavage ou similaires pour réduction des NO_x (teneur en NH_3 -).

Valorisation énergétique

Lieu de production/ quantité/ enregistrement/ livraison du déchet en cause,
Consistance, dangerosité, granulométrie, densité,
Valeur calorifique/ teneur en eau/ teneur en cendres,
Composition des cendres en ce qui concerne les éléments suivants CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , Na, K, Mg, Mn, Ti, P,
Teneur en métaux lourds: Hg, Cd, Tl
Polluants (organiques/ anorganiques), comme la teneur en chlore et en soufre, HPA, PCB etc.

Analyse en fonction des procédés de valorisation et de traitement : Une fois que le caractère valorisable potentiel d'un déchet a été identifié et spécifié, il convient d'analyser ses propriétés en fonction du procédé de valorisation et de traitement en amont qui peuvent entrer en ligne de compte. À cet effet, il est entre autres possible de recourir aux critères d'appréciation suivants:

Industrie du ciment et de la chaux

Production annuelle de clinker/chaux
Courbe de progression/révision/capacité
Type de four: four rotatif, four Lepol, four droit
Système de four: par voies humide, semi-sèche, sèche
Calcinateur/ type
Rapport fonctionnement direct/mixte
Informations sur les circuits de chlore, de soufre ou d'alcali
By-pass présent/ prévu
Installation de filtration
Consommation en énergie thermique (ventilée si possible en fonction des foyers de combustion)

Combustible actuellement/ conversion au (quand?)
Âge de l'installation/ modernisation prévue/ phases d'aménagement (quand?)
Répartition de l'alimentation en combustibles / vitesses de transport
Type de brûleur
Contraintes qualitatives/ contraintes en matière d'émissions
Composition type des matières premières (constituant principaux et secondaires)
Chlore, soufre, COT, mercure
Distance de la carrière
Géographie / liaison
Prochaine construction / place libre
Exigences en matière d'autorisations pour l'exploitation

Centrales électriques

Production annuelle en électricité
Centrale de charge de base /moyenne /de pointe
Système de chaudière: foyer à cendres fondues, combustion sèche, à lit fluidisé (stationnaire, circulant)
Hauteur de la chaudière du point de vue temps de combustion
Vitesses des gaz

Informations sur le rapport chlore et soufre
Installation de filtration/laveurs
Foyers de combustion/ broyage direct
Combustible actuellement/ conversion au... (quand?)
Âge de la chaudière/ modernisation prévue/ phases d'aménagement (quand?)
Contraintes qualitatives/ contraintes en matière d'émissions
Composition type des combustibles
Géographie / liaison
Prochaine construction / place libre
Exigences en matière d'autorisations pour l'exploitation

Industrie des briques et tuiles

Système de four: four tunnel / four droit/ four annulaire
Type de brûleur
Production annuelle de clinker / céramique; type de céramique/clinker
Courbe de progression/révision/capacité
Installation de filtration
Consommation en énergie thermique
Combustible actuellement/ conversion au ...(quand?)
Modernisation prévue/ phases d'aménagement (quand?)
Contraintes qualitatives (vernis, couleur)
Contraintes relatives aux émissions
Composition type de la matière première
Géographie / liaison
Prochaine construction / place libre
Exigences en matière d'autorisations pour l'exploitation

5.3 Estimation approximative

S'agissant des déchets solides, les données ainsi obtenues sont ensuite regroupées et intégrées dans une approche globale de gestion des déchets qui permet de dégager les besoins nécessaires en capacités de traitement, de valorisation et d'élimination conformément aux calculs estimatifs effectués ([voir chapitre 8.4](#)).

6.1 Tâches du contrôle-qualité

La production et l'utilisation de combustibles d'appoint doivent être subordonnées à un contrôle-qualité. Il s'agit là d'une condition essentielle qui doit être prise en compte tant par les producteurs de déchets que par les entreprises chargées du traitement de ces derniers et par celles qui effectuent leur recyclage ou valorisation.

En s'appuyant sur les expériences et connaissances déjà acquises dans les domaines où un système de contrôle-qualité est déjà bien établi depuis plusieurs années (avec définition d'un label qualité comme celui appliqué pour le compost, par exemple), il a été possible d'élaborer une approche dégageant les bases et les caractéristiques essentielles d'un système similaire pour les combustibles d'appoints. Les mesures pratiques nécessaires qui en découlent s'inspirent de celles prévues par l'association allemande [Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V. (BGS)], créée pour assurer la qualité de tels combustibles, et par le [Comité Européen de normalisation CEN/TC 343].

La surveillance de l'élimination des déchets fait l'objet de règlements spécifiques séparés qui disposent que le producteur de déchets demeure toujours co-responsable de l'acheminement correct de ces derniers, même après les avoir remis à une entreprise ou à un tiers chargé de leur élimination. Il ne peut pas se soustraire à cette responsabilité et, partant, il doit lui aussi s'assurer qu'ils sont éliminés dans le respect des règles en vigueur. Cette obligation couvre le triage et la collecte des déchets ainsi que leur suivi tout au long de la chaîne logistique de leur transport jusqu'à leur destination finale.

Par conséquent, le producteur de déchets doit toujours connaître la composition des matières initiales qu'il utilise et suivre exactement leur destination ainsi que toutes les modifications qu'elles subissent tout au long du processus qui se solde par la production de déchets.

Les contrôles de convenance pour le procédé envisagé et les contrôles de qualité qui interviennent également tout au long de cette phase servent de base pour l'identification ultérieure des déchets produits. Ce faisant, l'objet du contrôle-qualité ne doit jamais être perdu de vue.

L'État a pour tâche de protéger la santé humaine et l'environnement de toute influence néfaste. En vertu de ce principe, il est tenu dans le cadre de la mise en œuvre de ressources alternatives, de mettre un accent prioritaire sur la protection contre les émissions.

La tâche d'une cimenterie est de produire du ciment, de sorte que l'exploitant d'une telle installation met tout d'abord l'accent sur son produit et sur les influences susceptibles de perturber le bon déroulement de son procédé technique. Le secteur économique spécialisé dans le traitement des déchets est, quant à lui, tenu d'obvier à toute introduction de déchets dangereux dans le circuit économique en assurant leur élimination sans aucun risque.

Lors de la production de combustibles de remplacement, la surveillance doit par conséquent commencer par une analyse des déchets valorisables du point de vue énergétique sur le lieu même de leur production. Cette analyse couvre d'une part la détermination du pouvoir calorifique, de la teneur en cendres, du coefficient d'humidité et de la teneur en chlore des déchets et, d'autre part, comme pour les déchets minéraux, l'examen de leurs composants principaux et secondaires, l'identification des

éléments traces qu'ils contiennent ainsi que leur teneur en métaux lourds qui jouent un rôle important du point de vue émissions. Les résultats de ce premier contrôle de convenance doivent alors être documentés sous la forme d'un rapport à établir obligatoirement pour répondre aux exigences des autorités chargées de délivrer une autorisation de valorisation.

De son côté, la législation garantit sur la base de la procédure de preuves exigeant justificatifs, bordereaux de suivi, manifestes, bordereaux de prise en charge et autres documents pour le transport des déchets, une surveillance et un contrôle sans faille de l'élimination correcte de ces déchets. Il peut ainsi être exclu que des déchets qui ne sont pas appropriés au traitement ou à la valorisation prévue puissent par négligence ou volontairement être introduits dans le processus.

Le troisième pilier de ce système de surveillance est constitué par l'autocontrôle au sein même des entreprises spécialisées dans le traitement des déchets qui, dans ce cadre, doivent également contrôler les documents fournis par le producteur de déchets, le transporteur et l'exploitant de l'entreprise lui-même.

6.2 Identification et critères d'affectation

Dans la mesure où des déchets sont identifiés en tant que ressource potentielle pour la production de clinkers de ciment, différentes analyses s'imposent. S'il s'agit de déchets minéraux, par exemple, il faut déterminer la concentration d'un ou de tous les oxydes de calcium, de silicium, d'aluminium et de fer. En outre, pour des raisons liées à la qualité, c'est-à-dire pour prévenir des problèmes de cuisson, de broyage des clinkers, de variations de couleur, éviter des prises retardées ou de futurs phénomènes d'alcali-réaction dans le produit, il convient de procéder à un apport limité d'éléments comme du magnésium, du sodium, du potassium, du manganèse, du titane ou du phosphore. Cet ajout limité doit être défini en concertation avec la cimenterie respective.

Pour pouvoir être utilisés en tant que combustible d'appoint, les déchets prétraités doivent présenter une valeur calorifique minimale ¹² permettant une valorisation énergétique. Pour des raisons d'ingénierie des procédés, il faut, en outre dans ce contexte, tenir compte de la teneur en chlore des futurs combustibles d'appoint ou de remplacement et de l'adapter au bilan chlorique, sulfureux et alcalin du four rotatif.

Par ailleurs, pour des raisons liées aux missions d'intérêt général en liaison avec la protection contre les immissions, il est indispensable lors d'une valorisation énergétique et matière en co-processing de déterminer les éléments traces volatiles de cadmium, mercure et thallium, ainsi que dans certaines conditions la teneur en plomb et en arsenic ¹³ des déchets.

¹² Cette valeur doit être définie en concertation avec les différents exploitants de fours rotatifs, étant donné que le minimum nécessaire peut fortement varier en fonction du four et de son foyer.

¹³ Le selen est également un élément légèrement volatile. Selon les expériences faites en Allemagne, sa présence dans les flux de déchets entrant en ligne de compte comme combustibles n'a, comme le tellure et le béryllium, jamais pu être constatée de manière absolument certaine.

Tableau 9 :
Critères pour l'introduction de différents déchets ou de leur mélange (après traitement)
pour procédé de fabrication de clinkers de ciment en co-processing
(BAIER, Hubert Dr. 2002)

Élément	Concentration
CaO	individuelle ou cumulées ≤50 % en poids
SiO ₂	
Al ₂ O ₃	
Fe ₂ O ₃	
Mercure (Hg)	1,8 ppm MS
Cadmium (Cd)	50 ppm MS
Thallium (Tl)	45 ppm MS
Antimoine (Sb) Arsenic (As) Plomb (Pb) Chrome (Cr) Cobalt (Co) Cuivre (Cu) Manganèse (Mn) Nickel (Ni) Vanadium (V) Étain (Sn)	Σ ≤ 20 000 ppm MS

Tous les autres éléments non-volatiles sont fixés sur les poussières et peuvent donc être retenus par des filtres suffisamment efficaces. Les émissions de poussières en cours de clinkérisation sont indépendantes de l'utilisation de matières secondaires, mais il est cependant recommandé de veiller au respect d'un seuil limite.

La détermination des paramètres suivants est indispensable pour identifier la composition chimique de déchets potentiellement appropriés, avant tout traitement et/ou valorisation de ces derniers :

Tableau 10 :
Identification chimique des déchets potentiellement appropriés

Paramètres	Utilisation comme	
	Combustible de substitution	Matière première de substitution
Pouvoir calorifique (subst. d'origine)	X	Pouvoir calorifique (subst. d'origine)
Teneur en eau (100°C)	X	Teneur en eau (100°C)
Résidu de calcination (1000°C)	X	Résidu de calcination (1 000°C)
CaO	seulement avec >10% GR	CaO
SiO ₂	seulement avec >10% GR	SiO ₂
Al ₂ O ₃	seulement avec >10% GR	Al ₂ O ₃
Fe ₂ O ₃	seulement avec >10% GR	Fe ₂ O ₃
Chlore MS	X	Chlore MS
Mercure (Hg) MS	X	Mercure (Hg) MS
Cadmium (Cd) MS	X	Cadmium (Cd) MS
Thallium (Tl) MS	X	Thallium (Tl) MS
Plomb (Pb) MS	X	Plomb (Pb) MS

6.3 Principe du contrôle qualité

Pour harmoniser la fabrication et la mise en œuvre des combustibles d'appoint sur la base de règles uniformes et comparables, différentes dispositions relatives à la qualité et aux contrôles quotidiens nécessaires ont été élaborées par les autorités en coopération avec les entreprises de traitement et de valorisation. Étant donné que les normes en vigueur en matière de détermination des combustibles primaires sont absolument insuffisantes, les résultats de ces travaux ont entre-temps été insérés dans la normalisation européenne pour combustibles solides de remplacement. Des procédures similaires ont déjà fait leur preuve dans le cadre de la fabrication de combustibles de remplacement.

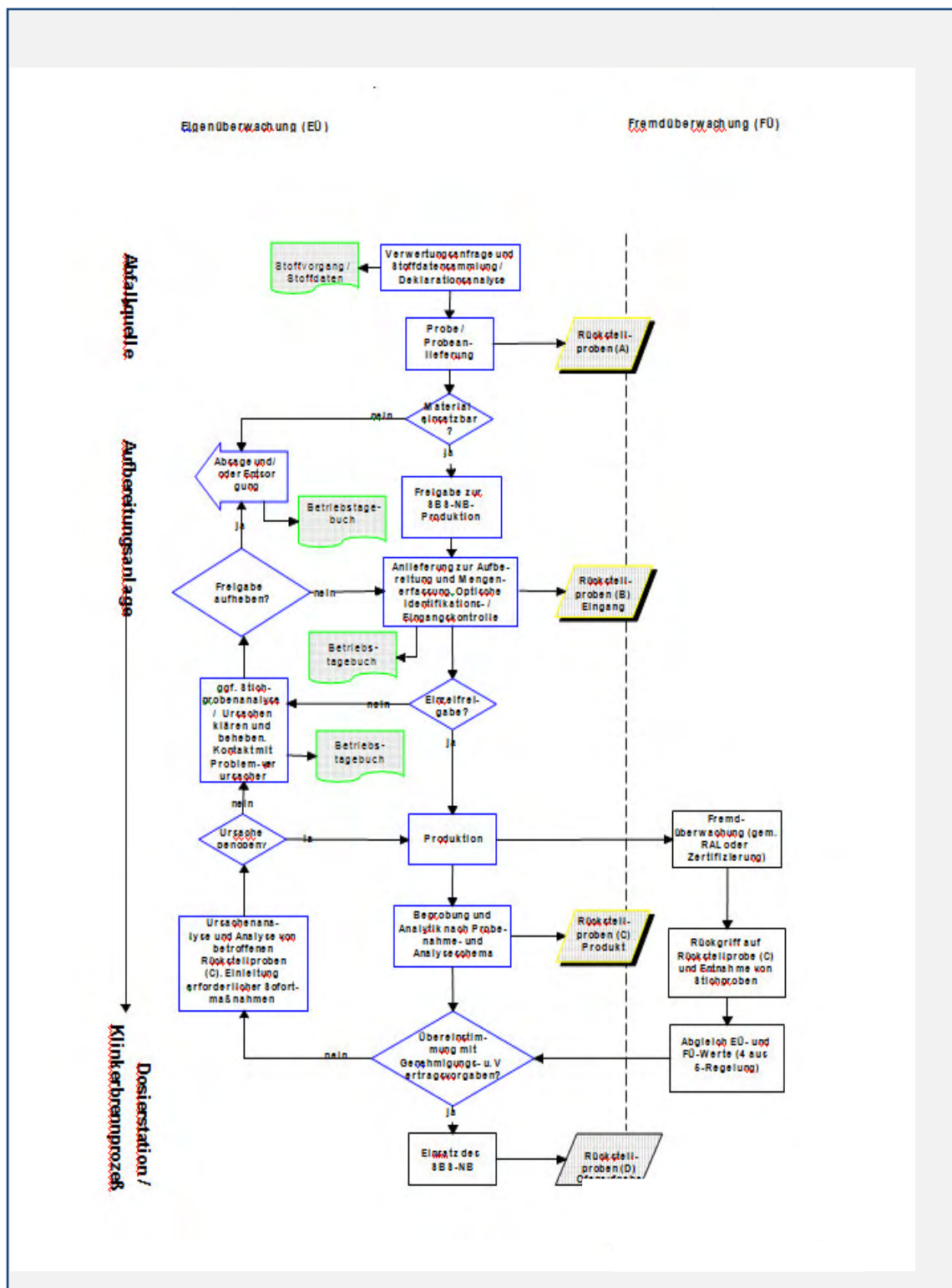


Figure 15 :
Principe du contrôle qualité
[neovis 2010)

D'une manière générale, on distingue deux sortes de systèmes de contrôle : l'autocontrôle et la surveillance externe. Tout déchet destiné à entrer dans le flux massique de la chaîne de traitement doit tout d'abord prouver sa convenance en tant que composant séparé.

À cet effet, Le déchet en question est en premier lieu analysé intégralement, sauf s'il existe déjà des informations disponibles, ce qui permet de déterminer s'il présente ou non les paramètres qualité requis. Si cette analyse se solde par un résultat positif, un chargement échantillon (environ 20 t) est transporté à l'installation de traitement afin de vérifier la qualité chimique et de tester son traitement technique. Normalement, si les résultats obtenus sont positifs, plus rien ne s'oppose à un traitement avec valorisation, de sorte qu'un acheminement continu des déchets à l'usine de traitement peut alors être convenu. Dans le cas contraire, l'installation devra refuser de réceptionner de tels déchets.

En cas d'acceptation, tous les déchets livrés sont néanmoins soumis à un contrôle d'identification comprenant un examen visuel et une analyse de leurs paramètres ainsi que le prélèvement d'échantillons de réserve. Toutes les opérations de déchargement des déchets doivent s'opérer sous la surveillance du personnel d'exploitation de l'usine. Si des divergences momentanées (du point de vue aspect, odeur, granulométrie, corps étrangers etc.) sont constatées par rapport à la déclaration, l'opération de déchargement doit être immédiatement stoppée, et une vérification effectuée. Si les constatations se confirment, les déchets doivent être rechargés pour refus et retournés à leur producteur.

Si les paramètres requis sont dépassés, une analyse d'au moins 10 échantillons prélevés (échantillons de réserve) doit être de nouveau effectuée. Si la valeur maximale n'est pas dépassée selon la règle 4 de 5⁵ sur l'ensemble des valeurs, les déchets pourront continuer à être utilisés.

En cas de dépassement des valeurs maximales, le producteur/fournisseur de déchets doit être informé; toute livraison des déchets concernés étant alors refusée jusqu'à ce que leur producteur prouve sur la base d'une nouvelle déclaration d'analyse que la qualité requise est satisfaite.

Si le système de contrôle qualité se réfère au débit passé (en l'occurrence, 100 000 t environ), il est possible pour chaque livraison convenue contractuellement de proposer une variante en adaptant en conséquence les points suivants :

Prise d'échantillons auprès du producteur de [Traitement Mécanique Biologique (TMB)] (combustibles issus de déchets):

Prélèvement toutes les 50 t d'échantillons (d'environ 10 l) dans le flux de TMB (<150 mm), suivi d'une préparation à partir de 20 prélèvements séparés, d'échantillons mélangés (1 000 t - taille de chaque échantillon environ 200 l) avec documentation de toutes les opérations de prélèvement.

Réalisation de deux échantillons de 30 l par homogénéisation et séparation (l'une des échantillons prélevés (P1) étant destiné à des analyses, tandis l'autre (P2) sert de réserve ; P1 et P2 sont conservés tout d'abord par le producteur de TMB) avec documentation à l'appui.

Les échantillons de réserve peuvent sur accord entre le producteur de TMB et l'entreprise de valorisation de ces derniers être réduits à environ 30 mm et séparé en échantillons de 10 l afin d'éviter le stockage de trop grand volume.

Analyse : Sur tous les échantillons P1 conservés par le producteur de TMB, 5 échantillons sont sélectionnés et analysés tous les mois par un laboratoire externe (contrôle externe) qui vérifie ainsi si les paramètres satisfont aux exigences minimales. Au départ, la fréquence des analyses précitée doit être respectée afin d'obtenir une image correcte des paramètres à analyser. Toutefois, au bout d'un certain temps (six mois, par exemple), cette fréquence peut être réduite en accord avec l'entreprise de valorisation des combustibles ou avec l'autorisation des autorités chargées de la surveillance (sauf si la valeur calorifique ne correspond plus ou en présence de mercure).

Traitement des échantillons: Séparation et réduction progressive des échantillons de 30 l (de 30-40 mm, 6 mm) à 1 mm avec mouture à un calibre fin pour analyse.

Mise en solution des métaux lourds: La présence de métaux lourds doit être déterminée par attaque à l'eau régale dans un système fermé à micro-ondes, par exemple, (voir la [DIN EN 13657 :2003-01]), étant donné que des résultats minimes peuvent s'expliquer par une mise en solution incomplète. Si cette circonstance est connue, tout autre mode de mise en solution peut être utilisé.

Évaluation des données: Exception faite de la valeur calorifique, tous les paramètres caractérisés doivent faire l'objet d'une analyse sur dix échantillons (voir plus, le cas échéant) afin de déterminer le respect des spécifications. Ce faisant, la moyenne des résultats doit être calculée ainsi que le 80^e centile (correspondant à la règle 4 de 5). La valeur calorifique doit, quant à elle, faire l'objet d'une évaluation continue. Si les spécifications ne sont pas respectées, cinq analyses du paramètre concerné doivent être répétées et une comparaison des résultats obtenus doit être effectuée par rapport aux spécifications.

Les données obtenues à l'issue des contrôles qualités doivent être mises à la disposition des autorités de surveillance et de leurs délégués, tout comme les rapports documentant les analyses. À des fins de contrôle, de nouvelles analyses peuvent à discrétion être effectuées sur les échantillons P2.

Autres paramètres : L'analyse de tout autre paramètre et l'ampleur des analyses est à convenir au cas par cas et/ou avant la première livraison avec les délégués des autorités de surveillance. En cas de résultats hors de la normale sur les livraisons effectuées régulièrement, la détermination des paramètres doit être répétée et la livraison à l'installation de traitement suspendue.

6.4 Recommandation d'appliquer des valeurs de référence

La production de *combustibles de remplacement* requiert le conditionnement et le traitement de fractions homogènes de déchets solides, non dangereux (pauvre en polluants) provenant de l'économie domestique ou de l'industrie et de l'artisanat.

En co-processing dans les installations pour la production de ciment (en l'occurrence: soit dans le foyer principal à la sortie du clinker du four rotatif, soit dans le foyer secondaire à l'entrée du cru dans le four rotatif) seuls les combustibles de remplacement (produits à partir de mélange de déchets conditionnés) qui répondent aux critères de qualité définis (sous forme de *valeurs de référence* associées à la valeur calorifique des déchets).

Règles de métrologie selon DIN EN ISO, telles que celles indiqués par l'association allemande pour la qualité des combustibles de substitution [BGS] et le [CEN/TS 15359].

Tableau 11 :
Valeur de référence

Paramètre (Teneur en polluants)		Moyenne [mg/MJ] *)
Arsenic	As	0,31
Plomb	Pb	12,00
Mercure	Hg	0,038
Cadmium	Cd	0,25
Chrome	Cr	7,80
Thallium	Tl	0,063
Antimoine	Sb	3,1

*) par rapport à la matière sèche (MS) et une valeur calorifique > 20 MJ/kg

Autres paramètres	Moyenne
Granulométrie	80 -100 [mm]
Cendre	< 20 [%]
Humidité	< 10 - 15 [%]
Chlore	<u>0,5</u> - 1,0 [%]
Valeur calorifique	> 18 [MJ/kg]

7.1 Modification des émissions dans le cadre de la fabrication de ciment

Protection contre les émissions. Les installations de production de l'industrie cimentière sont internationalement assujetties à des exigences en matière de protection contre les émissions. En Allemagne, par exemple, il existe des instructions techniques comme la [Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TALuft)] sur le maintien de la pureté de l'air et la [Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TALärm)] visant à la protection contre les nuisances acoustiques, avec indication de seuils correspondants à ne pas dépasser et devant être adaptés au niveau technique conformément à la directive européenne relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution.

À l'échelon européen, la directive [2000/76/CE] s'applique, depuis décembre 2000, également à l'utilisation de combustibles issus de déchets. Les dispositions de cette directive, qui ont été transposées en droit national par les États membres de l'UE dès décembre 2002, régissent désormais de manière uniforme dans toute l'Europe les mesures de protection contre les émissions, et ce aussi dans le cadre de la mise en œuvre de combustibles issus de déchets utilisés en particulier pour la production de clinker. Cela s'explique par le fait que même lorsqu'il s'agit de combustibles de qualité garantie (ci-après désigné par « combustibles homologués »), les combustibles obtenus dans le cadre de la gestion des déchets ne perdent leur caractère de déchets qu'après avoir été valorisés au cours du procédé de production de clinker. Bien que cela ait pour inconvénient de devoir respecter des seuils d'émission beaucoup plus rigoureux, le fait que les combustibles secondaires soient encore qualifiés de déchets présente un certain nombre d'avantages, dont notamment l'identification des ressources (déchets) utilisées et des qualités obtenues avec élimination des combustibles inappropriés ou qui n'ont pas été recyclés dans le respect des règles relatives au transport de déchets, c'est-à-dire conformément à l'obligation légale de déclaration (manifeste) qui permet effet de documenter la filière suivie par les déchets, depuis leur origine jusqu'à l'installation de valorisation.

L'application de seuils d'émission plus sévères ne pose en général aucun problème à l'industrie cimentière. En tout état de cause, abstraction faite de l'obligation de respecter des seuils plus rigoureux à l'échelon national ce qui entraîne des investissements supplémentaires en conduisant à des distorsions de la concurrence ou à des difficultés lors de la réalisation d'opérations commerciales, il convient de constater que le procédé de fabrication de clinker considéré sous l'aspect de la protection contre les émissions s'avère déjà positif. En effet, la fine farine de calcaire, qui, en l'occurrence, est la matière de base prétraitée, agit, compte tenu de sa surface importante et de sa composition basique, comme un vaste filtre de lavage à sec par absorption des gaz de fumée, la poussière étant, conformément au procédé, maintenue dans le système par un électrofiltre haute puissance. Sachant que les gaz bruts non épurés peuvent contenir jusqu'à 100 g de poussières par m³, la teneur en poussières du gaz épuré de normalement < 20 mg/m³ correspond ici à un taux de séparation technique de 99,98 %, un taux d'efficacité extrêmement élevé pour un procédé technique qui est aussi le résultat des efforts constants déployés par l'industrie cimentière aux fins de réduire à un minimum les [effets préjudiciables de ses activités](#) sur l'environnement. Dans ce contexte, on ne saurait négliger de souligner en supplément que dans l'industrie cimentière en tant que consommateur important d'énergie primaire, la réduction des émissions de CO₂ spécifiquement dues à la consommation énergétique est devenue réalité (voir l'exemple de l'Allemagne qui a tenu son engagement à ce sujet visant une réduction de 28 % d'ici l'horizon 2008/2012, en référence à l'année 1990, dite de base dans le protocole de Kyoto).

En résumé, en dépit de l'application d'exigences beaucoup plus rigoureuses en matière de qualité, de compatibilité du produit avec les règles environnementales et la protection contre les émissions, les émissions spécifiques à la consommation d'énergie ont connu une baisse grâce à une optimisation des procédés mis en œuvre dans les fours et les installations de broyage, l'introduction de nouveaux systèmes de broyage permettant une utilisation plus efficace de l'énergie, la substitution de combustibles classiques par des combustibles secondaires « CO₂ neutre », ainsi que grâce à une utilisation accrue de matières premières de substitution et d'additifs de broyage.

Émissions/ Immissions: Il existe parfois une confusion entre ces deux concepts qu'il convient d'éliminer. En effet, Une «émission», au sens propre du terme est quelque chose qui est « envoyée », tandis qu'une immission est quelque chose qui est « reçue ».

Les émissions désignent le rejet de substances gazeuses ou solides susceptibles de polluer l'air, le sol et l'eau. Les émissions sont dues à des « émetteurs » (générateurs) tels que les installations de production par exemple, qui rejettent dans l'atmosphère des substances polluantes, émettent des bruits et/ou des rayons.

Le terme «immission» décrit par contre l'effet exercé par les émissions, c'est-à-dire leur impact sur la flore, la faune, les habitats et les hommes qui vivent sur terre. Les concentrations (d'exposition) admissibles sont par conséquent fixées par la législation et doivent être documentées et contrôlées par des mesures adéquates.

Exprimée sous la forme d'une grandeur, une émission correspond pour l'essentiel à une indication absolue par unité de temps (moyenne par demi-heure en mg/Nm³, par exemple), tandis qu'une immission est décrite à travers des chiffres spécifiques en un lieu précis (c'est ainsi, par exemple, que la concentration en particules poussiéreuses en ville ne doit pas dépasser un seuil précis. Dans le cas contraire, la fermeture des émetteurs s'impose comme cela a été le cas à Pékin où il s'est avéré impératif de fermer des unités de production lors des jeux olympiques de 2008).

Il s'ensuit que les autorités se concentrent sur les données relatives à la protection contre les immissions, tandis que l'industrie cimentière met en supplément, en supplément, compte tenu de son obligation de garantir la qualité des produits et des procédés et la sécurité au travail, sur le respect de paramètres qualitatifs.

Tableau 12:
Coefficients de transfert des métaux lourds et éléments traces pour fours rotatifs équipés d'un préchauffeur à cyclone [VDZ]

Volatilité	Composants	Coefficient de transfert
élevé	Mercure	30%
faible	Thallium	0,02%
faible	Cadmium	0,003%
	Plomb	0,002%
très faible	Arsenic	0,0005%
	Antimoine	0,0005%
	Vanadium	0,0005%
	Nickel	0,0005%
	Manganèse	0,0005%
	Cuivre	0,0005%
	Cobalt	0,0005%
	Chrome	0,0005%

Compte tenu du pouvoir de rétention élevé que présentent les éléments non volatiles et en raison de l'introduction de mesures du mercure en ligne, il est possible d'appliquer des formes modernes de contrôle continu de la qualité ou, pour le moins, de se limiter à la mesure des paramètres essentiels.

Tableau 13:

Apports maxima admissibles en ce qui concerne les combustibles secondaires, pour que les seuils de la Directive Européenne [2000/76/CE] sur l'incinération des déchets soient respectés

Élément		Seuil ¹⁴
Mercure	(Hg)	≤ 1,2 ppm MS
Cadmium	(Cd)	≤ 50 ppm MS
Thallium	(Tl)	≤ 45 ppm MS
Antimoine	(Sb)	cumulés 20 000 ppm MS
Arsenic	(As)	
Plomb	(Pb)	
Chrome	(Cr)	
Cobalt	(Co)	
Cuivre	(Cu)	
Manganèse	(Mn)	
Nickel	(Ni)	
Vanadium	(V)	
Étain (Sn)		

Le seuil pour le mercure se réfère à la limite d'émission fixée en Allemagne pour cet élément, à savoir 30 µg/ Nm³. Avec une limite d'émission de 50 µg/ Nm³ (seuil UE), la limite d'apport admissible à appliquer aux combustibles de substitution serait de 1,8 ppm MS. Il est toutefois indispensable de tenir également compte du potentiel de toxicité élevé du mercure, de sorte que sa réduction s'impose.

¹⁴ Ces seuils d'apport ont été calculés au moyen d'une l'analyse du flux des matières. À cet effet, on s'est basé sur les concentrations soumises en Allemagne à autorisation en ce qui concerne les métaux lourds apportés par les combustibles de substitution dans les fours rotatifs équipés d'un préchauffeur à cyclone, dans le respect des seuils restrictifs de la Directive Européenne [2000/76/CE] sur l'incinération des déchets.

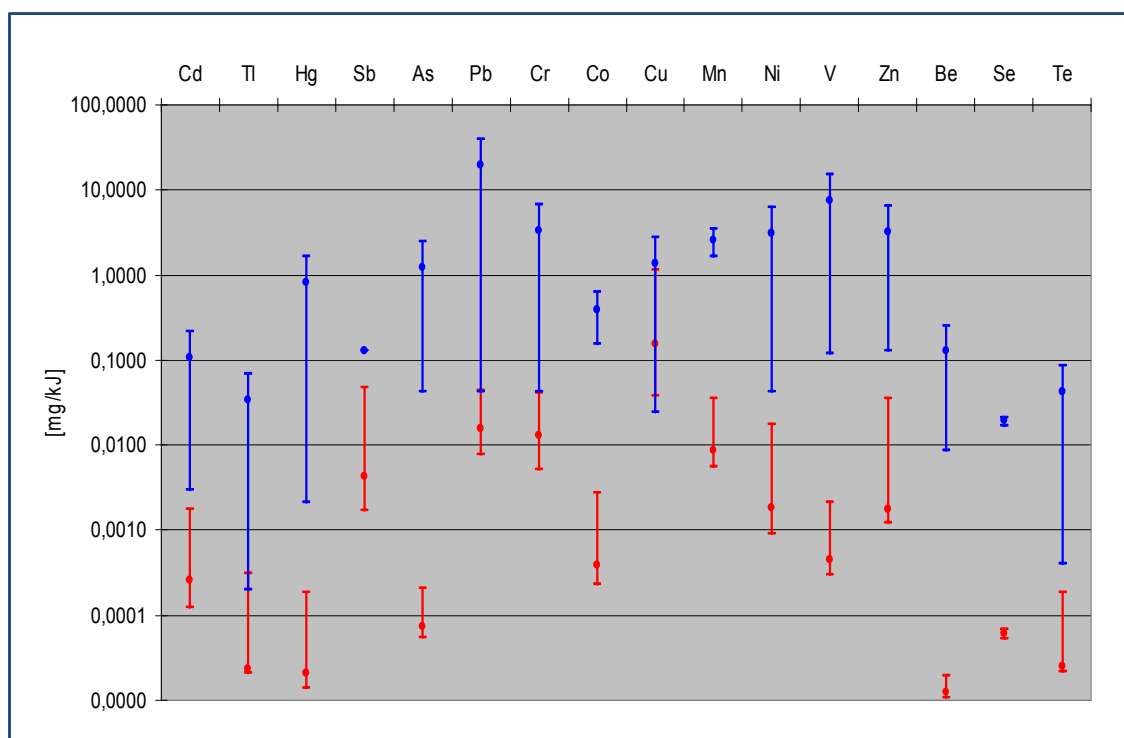


Schéma 16:

Charge en métaux lourds et en éléments traces des combustibles de substitution homologués, conformément aux spécifications techniques de la [RAL-GZ 727] (en rouge), comparée en l'occurrence avec celle due à l'utilisation de lignite (en bleu)

Comparée aux concentrations naturelles dans les matières premières et les combustibles, des concentrations élevées en métaux lourds dans les combustibles secondaires sont refusées par les producteurs de ciment en raison de la responsabilité (engagement volontaire des cimentiers) qu'ils assument en ce qui concerne le produit final (principe de la responsabilité en matière de produits)

Tenues de prendre des mesures de prévention, les autorités allemandes appliquent en général le principe de minimisation (principe pollueur/payeur) ce qui actuellement entraîne également des discussions quant au degré des émissions d'oxyde d'azote (NOx).

On sait que les cimenteries génèrent des émissions NOx en tant que NOx thermiques (combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air de combustion) ou en tant que NOx combustibles (combinaison de l'azote contenu dans le combustible et de composés azotés dans la matière première). Néanmoins, les différentes voies menant à ces émissions, et notamment ce qui se produit lors de l'incinération de déchets ou de combustibles issus de déchets reste encore inconnu ou fait encore actuellement l'objet de recherches. Les résultats actuels indiquent que l'activité catalytique de la farine de crue atteint son maximum à une température de 750°C, tandis qu'au-delà de cette température le taux de dégradation NO diminue au fur et à mesure que la température augmente pour cesser complètement à partir de 1000 C environ.

Toutefois, lors de la mise en œuvre de combustibles issus de déchets dans la pratique, force est toujours de constater un effet de refroidissement sur le processus de combustion lorsque de tels combustibles ont été insuffisamment traités et présentent une forte teneur en eau. Cela signifie que la réaction de l'oxygène et de l'azote contenus dans l'air de combustion est freinée avec, d'autre part, en supplément une inhibition de la formation d'oxydes d'azote consciemment voulue en raison de l'incinération dite étagée en procédé pyro (formation de CO par réduction de l'indice d'air).

L'émission de poussières doit être considérée en faisant totalement abstraction de l'utilisation de combustibles de substitution, étant donné que cette émission dépend seulement du type de filtre employé. Il est néanmoins recommandé d'utiliser des filtres industriels qui, d'une manière générale, présentent une meilleure capacité de rétention que les électrofiltres. Avec des filtres industriels, une quantité importante de polluants liés aux poussières peut en effet être retenue dans le système.

Lors de la mise en œuvre de combustibles secondaires homologués, il est même possible que la charge en métaux lourds et en éléments traces soit inférieure à celle présentée avec des combustibles primaires.

Synthèse: Dans la mesure où les déchets présentant un potentiel élevé en polluants ont été identifiés et éliminés du processus de traitement, l'utilisation de combustibles issus de déchets ne comporte aucun risque du point de vue de la protection contre les émissions. Par conséquent, il est recommandé de soumettre les combustibles ainsi obtenus à un contrôle qualitatif continu effectué par des tiers indépendants (autorités ou auditeurs) ayant pour mission d'assurer la surveillance des apports en polluants ainsi que celles des émissions de mercure hautement volatile, de cadmium et de thallium dans les gaz d'échappement. Les autres métaux lourds connus sont liés aux poussières, de sorte qu'une mesure continue des poussières peut également permettre une surveillance adéquate.

7.2 Protection du climat grâce à une réduction des émissions de CO₂ dans l'industrie cimentière

Potentiel en gaz à effet de serre: Depuis quelques années, la production durable de ciment dans le respect de l'environnement est devenue l'un des sujets phare de l'industrie cimentière. Depuis 2005, un système d'échange avec les émissions de gaz à effet de serre, et notamment de CO₂ a été introduit dans toute l'Europe. Dans ce contexte, la décarbonatation du calcaire et les émissions de CO₂ spécifiques de différents combustibles jouent un rôle important dans l'industrie cimentière. Les analyses correspondantes, comme une mesure directe du CO₂ au droit de la cheminée de l'usine pour pouvoir tirer des conclusions sur les rejets en carbone biogénique, ne font pas partie des opérations de routine quotidiennes et ne sont donc possibles pour certaines entreprises qu'aux prix d'efforts considérables. Des conclusions indirectes sur les rejets de CO₂ peuvent toutefois être tirées grâce à des méthodes de mesure et d'identification analytiques sur les combustibles issus de déchets.

Le potentiel en gaz à effet de serre des émissions générées par l'industrie cimentière est exclusivement dû au dioxyde de carbone. La fabrication de ciment n'entraîne pas, ou seulement dans une quantité négligeable, la production d'autres gaz à effet de serre (protocole de Kyoto), comme le méthane, l'oxyde nitreux etc.



Les émissions de CO₂ sont engendrées par réaction du carbone contenu dans le combustible en présence d'oxygène, ce qui conduit à générer la chaleur nécessaire au procédé de production:



Par ailleurs, on utilise également des gaz pour la déshydratation du sable de fonderie.

D'une manière générale, il convient de retenir que la réduction des émissions de CO₂ spécifiques du combustible utilisé est, en premier lieu, le fait des procédés très modernes qui sont appliqués. Ce n'est qu'en second lieu, que la mise en œuvre de combustibles secondaires permet une diminution de ces émissions.

Le système d'échange des quotas d'émissions introduit dans l'UE en tant qu'instrument permettant de lutter contre les changements climatiques couvre tous les combustibles fossiles ainsi que la part d'origine fossile contenue dans les combustibles issus de déchets. Seules les parts biogéniques des combustibles sont évaluées avec un facteur d'émission «0», ce qui signifie qu'elles sont neutres, vu qu'elles sont en partie susceptibles de se composer de matières renouvelables, comme la cellulose ou le caoutchouc naturel.

Une substitution des combustibles fossiles traditionnels que sont la lignite et la houille par d'autres combustibles générant des émissions de CO₂ plus faibles, comme le gaz naturel, demeurant impossible pour des raisons de coûts, et le coût des combustibles influençant de façon déterminante les coûts de production du ciment, l'industrie cimentière se concentre sur la substitution des combustibles fossiles par des combustibles secondaires où la fraction de matières biogéniques jouera un rôle de plus en plus grand lors de l'application des procédés technologiques.

La consommation en énergie électrique d'une cimenterie s'élève quant à elle à environ 10 % de sa consommation totale en énergie. Calculée en tant qu'énergie primaire externe, la part de la consommation en énergie électrique, et partant des émissions de CO₂ est toutefois plus importante. C'est pourquoi, l'autre possibilité de réduire encore plus les émissions de CO₂ spécifiques de la production, consiste en l'autogénération d'électricité à partir de la chaleur produite.

CO₂ associé aux matières premières: Pour la production de clinker, on procède à la cuisson d'un mélange spécifique de calcaire (CaO), de sable (SiO₂), de l'argile (Al₂O₃) et de minerai (Fe₂O₃) (voir aussi le chapitre 1.1, figure 1).

Or, à la suite de la carbonatation des composants de la matière première principale (carbonate de calcium dont la formule chimique est CaCO₃), cette cuisson engendre des émissions de CO₂. En fonction des conditions spécifiques localement, l'importance des émissions de CO₂ associées aux matières premières peut légèrement varier par tonne de clinker produit. Elle est en moyenne d'environ 0,53 t de CO₂/t de clinker.

Compte tenu de l'emploi de calcaire, une diminution des émissions de CO₂ associées aux matières premières reste de fait impossible. Seul le développement de systèmes entièrement innovants de liants élaborés sur la base d'autres partenaires réactifs le permettrait.

Actuellement, la seule possibilité consiste à abaisser les émissions spécifiques par tonne de ciment par addition d'agréats réactifs pouzzolaniques (comme le tuf volcanique ou le sable de fonderie, les cendres volantes ou les scories synthétiques).

CO₂ associé aux combustibles primaires: Les combustibles dits fossiles, comme le lignite, la houille et l'antracite, ainsi que le pétrole et le gaz naturel se distinguent par leur rang de carbonisation, c'est-à-dire leur densité énergétique et leur teneur en carbone élémentaire. En tant que sources énergétiques non renouvelables, ils ont ainsi une incidence de poids en ce qui concerne les émissions de CO₂.

CO₂ associé aux combustibles de substitution: Pour la détermination des émissions de CO₂ associées aux combustibles, les facteurs d'émission tiennent une place particulièrement importante puisque ce sont eux qui décrivent la quantité de CO₂ qui est dégagée lors de la combustion des combustibles. Or, tandis qu'il existe normalement des facteurs d'émission standard pour les combustibles classiques (ou combustibles primaires par opposition aux combustibles dits secondaires ou de substitution), ceux s'appliquant aux combustibles de substitution doivent être déterminés individuellement. Parmi ces combustibles contenant de la biomasse s'inscrivent par exemple le vieux bois, les boues d'épuration ou les farines animales. En fonction de leur origine et de leur composition, les vieux papiers, les textiles, les pneumatiques usagés ainsi que certains déchets industriels ou commerciaux traités peuvent présenter une forte teneur en carbone biogénique.

L'un des paramètres importants permettant de caractériser les émissions de CO₂ associées aux combustibles de substitution est constitué par la teneur de ces derniers en carbone biogénique. Par conséquent, comme dans le cadre du système d'échange des quotas d'émissions de CO₂ dues au carbone biogénique, il est par définition parti du principe d'un facteur d'émission égal à zéro, l'application de méthodes fiables permettant de définir la teneur en carbone biogénique des combustibles précités revêt un intérêt à l'échelon international.

Détermination de la teneur en biomasse des combustibles de substitution

Pour déterminer la teneur en biomasse des combustibles secondaires, il existe actuellement deux possibilités différentes en Europe.

Méthode de dissolution sélective : Cette méthode qui repose sur une analyse chimique par voie humide a désormais passé toutes les étapes de la procédure de normalisation européenne. Elle n'est toutefois appropriée que pour certains combustibles. Elle ne convient pas par exemple pour les pneus (usagés) qui contiennent une part importante de caoutchouc naturel et qui par conséquent peuvent se composer de biomasse renouvelable. La même conclusion vaut pour les combustibles fluides ainsi que pour les déchets comprenant une fraction relativement élevée de caoutchouc, de laine, de viscose ou de plastiques biodégradables.

Méthode d'analyse par détermination de la teneur en ¹⁴C: Cette méthode est depuis longtemps utilisée en archéologie. Initialement, elle sert à déterminer l'âge des matériaux organiques (datation par radiocarbone). Elle repose sur la mesure du rapport entre les isotopes de carbone C¹² et C¹⁴.

La concentration d'un élément en carbone 14 diminue de moitié tous les 5730 ans, de sorte que les combustibles fossiles ne contiennent plus de C14, tandis que les combustibles renouvelables "récents" en contiennent. La fraction relative de l'isotope C14 dans la masse biogénique est pratiquement constante; elle s'élève à 1 ng/kg.

Lors de l'application de cette méthode pour déterminer la fraction biogénique des combustibles, les gaz d'échappement contenant du CO₂ sont après combustion traités avec du baryum et le rapport isotopique spécifique du carbone qu'ils contiennent peut alors être déterminé. L'avantage de cette méthode consiste à permettre une analyse tant des combustibles solides que des combustibles liquides, et ce indépendamment de leur composition. Cette méthode permet de mesurer les émissions de ¹⁴CO₂ biogéniques associées aux combustibles directement sur la cheminée de l'usine. Le seul inconvénient est que sa sensibilité n'est pas encore tout à fait satisfaisante.

Facteurs d'émissions de CO₂ associées aux pneus usagés: Dans son rapport d'activités couvrant les années 2005 à 2007, l'association économique-politique et technico-scientifique de l'industrie cimentière allemande (wirtschaftspolitische und technisch-wissenschaftliche Vereinigung der deutschen Zementindustrie; en abrégé ci-après la « VDZ ») fait état d'analyses extrêmement complexes sur des pneus usagés aux fins de déterminer les facteurs d'émission. En référence à la quantité totale, l'écart-type n'était toutefois que de 3,7 %, de sorte que désormais un facteur d'émission standard fixe, qui a également été reconnu par les autorités nationales, a pu être défini pour les pneus usagés.

Conformément à une étude autrichienne, les pneumatiques d'automobiles se composent en moyenne de 27 % de matériaux biogéniques. Cette indication repose sur une enquête effectuée sur les formules appliquées pour la fabrication de pneus auprès des producteurs. La fraction de caoutchouc naturel dans les pneus de voitures est un peu plus faible que dans ceux des pneus de camions qui requièrent un mélange plus souple. Une teneur de 27%, en tant moyenne pondérée entre les pneus de voitures et de camions, a été admise tant en Autriche qu'en Allemagne dans le cadre de l'échange des quotas d'émissions.

Tableau 14:
Données chimiques et facteurs d'émission des pneus usagés
[VDZ - Rapport d'activités 2005-2007]

Données de la VDZ	Pneus de voitures	Pneus de camions	Pneus usagés au total
Part de métal [%]	12,9	25,3	16,8
Teneur en C [%]	70,7	61,9	68,0
Pouvoir calorifique [kJ/kg MS]	29208	25908	28177
Facteur d'émission [t CO ₂ / t de pneus]	2,59	2,27	2,49
Facteur d'émission [CO ₂ /GJ]	0,089	0,088	0,088
Part de carbone biogénique [%]	23	31	25,5

Facteur d'émission de CO₂ associés aux déchets industriels et commerciaux traités: La détermination des facteurs d'émission qui a eu lieu à grand renfort d'activités pour les pneus usagés devait se poursuivre en 2005 par celle des facteurs applicables aux combustibles de substitution issus de déchets industriels et commerciaux qui constituent la part la plus importante des déchets solides secondaires. Sur la base de 185 échantillons, il a toutefois été impossible de fixer des facteurs standard pour ces combustibles, faute de banque données statistiquement sûre et d'une distribution fiable des valeurs.

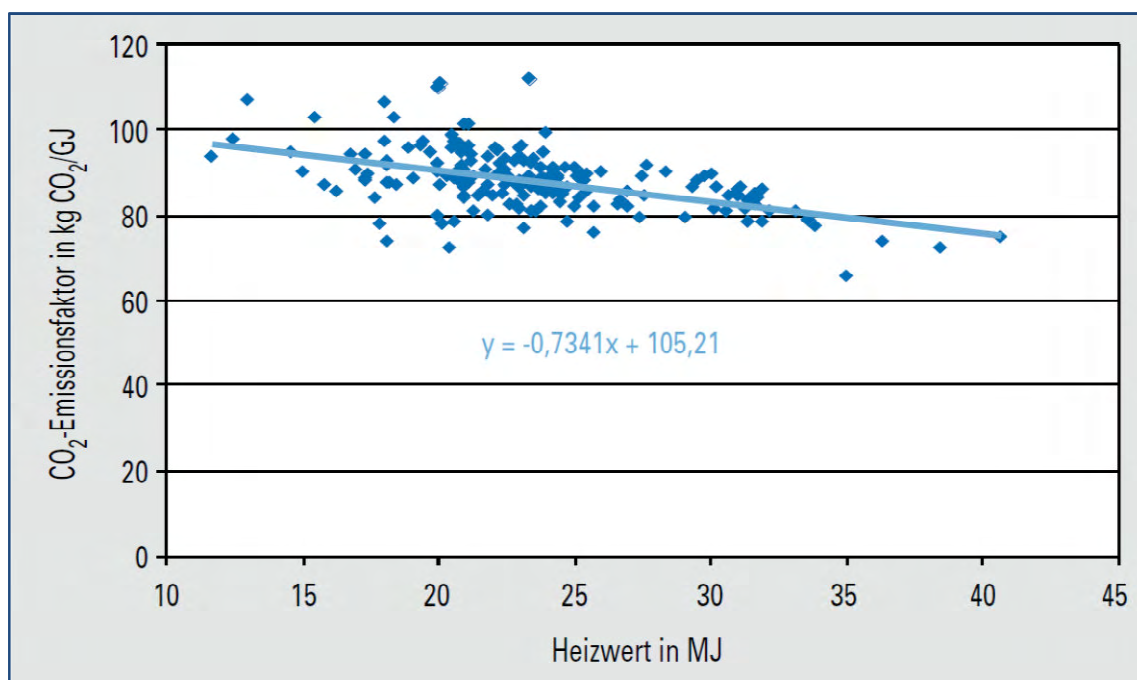


Figure 17:
Facteurs d'émission associés aux combustibles de substitution issus
de déchets industriels et commerciaux traités
[VDZ- Rapport d'activités 2005-2007]

Il a seulement été possible de constater une dépendance entre le facteur d'émission et le pouvoir calorifique. Cette interdépendance repose sur le fait que plus le pouvoir calorifique est élevé, plus la teneur en plastiques à fort pouvoir calorifique, initialement composés d'hydrocarbures, est grande, tandis que la teneur en matières carbonées organiques, renouvelables, comme le papier, le carton, les textiles et les composites diminue. Jusqu'à présent, l'expérience a montré que la teneur en C peut varier entre 5 et 50 %.

Sur la base d'un exemple, l'analyse de la VDZ a montré que 10 % environ des émissions de CO₂ générées par un four rotatif dans lequel sont utilisés des pneus usagés, entre autres combustibles secondaires, peuvent être qualifiées de « biogéniques ». Au cours de la même période, des échantillons de CO₂ ont été prélevés au droit de la cheminée de l'usine. Elles ont confirmé le résultat du bilan.

Protection des émissions grâce à une utilisation plus efficace des ressources

L'utilisation de combustibles de substitution ne permet pas seulement de réduire les besoins en ce qui concerne la capacité des décharges, mais elle permet également de ménager les sources d'énergie primaires en diminuant les activités d'extraction.

Jusqu'ici, l'expérience a montré que compte tenu du rapport d'échange énergétique, une tonne de combustible primaire peut être remplacée par 1,1 tonne environ de combustible secondaire, ce qui permet ainsi de prolonger la durabilité des ressources naturelles.

Synthèse: Au droit des fours rotatifs de l'industrie cimentière, environ deux tiers des émissions de CO₂ sont dues à la carbonatation des matières premières et sont donc à qualifier de «fossiles» tout comme les émissions de CO₂ associées au charbon. En revanche, différents combustibles secondaires présentent, en fonction de leur origine et de leur composition, des parts importantes de carbone biogénique, c'est-à-dire de carbone neutre, ce qui permet non seulement de réduire les besoins en certificats dans le cadre de l'échange des émissions de CO₂, mais contribue également à réduire les émissions de gaz à effet de serre. En outre, leur utilisation permet de prolonger la disponibilité des sources d'énergie fossiles sans augmentation supplémentaire de la teneur en CO₂ présent dans l'atmosphère.

8.1 Besoins quantitatifs en RDF compte tenu des conditions de production de clinker en co-processing

Source des valeurs spécifiques:

Le document de référence sur les meilleures techniques disponibles dans l'industrie du ciment et dans celle de la chaux illustre un échange d'informations effectué conformément à l'article 16, paragraphe 2, de la Directive Européenne [96/61/CE] du Conseil.

Besoins en combustible, calculés pour le scénario n° 3 de [l'Etude sur les fractions de déchets hautement calorifiques, Tableau 3, de ThyssenKrupp Industriel Solutions du 15/07/2013]:

65% de coke de pétrole + 20 % de pneus usés + 15% de RDF (20 % d'humidité)

Besoins en énergie	3,35	[MJ/kg clinker]
Production annuelle de clinker	1×10^6	[t/a clinker]
Besoin total en énergie	$3,35 \times 10^9$	[MJ/a]
Dédution des besoins en combustibles pour le scénario n° 3		

Tableau 12 :
Donnée de base

Type de combustible	[%]	Coke de pétrole 65	Pneus usée 20	RDF 15
Besoins en énergie	[MJ/a]	$2,1775 \times 10^9$	$0,6700 \times 10^9$	$0,5026 \times 10^9$
Pouvoir calorifique net	[kJ/kg]	33 290	30 140	21 543
Besoins en combustible	[t/a]	65 410	22 000	23 300

8.2 Profil des exigences à satisfaire par les RDF de qualité garantie obtenus à partir de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

La consistance des déchets produits peut être: solide, liquide ou pâteuse.

Le projet pilote a pour objectif la production de combustibles secondaires de substitution à partir du mélange ou du traitement de fractions de déchets *solides, non dangereux (peu pollués)* de composition uniforme en provenance des ménages, de l'industrie/artisanat et du commerce.

Seuls les combustibles secondaires (fabriqués à partir des mélanges précités) qui satisfont aux critères de qualité définis (sous forme de *valeurs de référence* énergétiques) seront admis en co-processing pour la production de ciment (en l'occurrence: soit dans le foyer principal à la sortie du clinker du four rotatif, soit dans le précalcinateur à l'entrée du cru dans le four rotatif)

En premier lieu, le projet pilote a pour objet la production de «Refuse Derived Fuel» prêt d'employer(RDF soit en français de «combustibles dérivés de déchets») présentant une granulométrie < 100 mm et un pouvoir calorifique d'au moins 16 à 18 MJ/kg.

En supplément, il convient de présenter un système de gestion de la qualité tout au long de la filière logistique, à partir du traitement poussé des déchets concernés jusqu'à la réception des RDF prêts à être utilisés en tant que combustibles de substitution (voir le schéma «Gestion du flux des matières»).

8.3 Composition et caractéristiques des fractions de déchets ménagers à haut pouvoir calorifique

Au cours de deux campagnes, il a été possible de déterminer le volume des déchets ménagers et déchets assimilés (ci-après les «DMA») en provenance de différentes zones de collecte de la ville de Témara (centre de transfert), après triage en fractions précises. La fraction présentant un haut pouvoir calorifique a ensuite été scindée en fonction de la nature des différentes matières plastiques qu'elle contenait. [Source: Etude de Caractérisation des Déchets Ménagers du Centre de Transfert de Témara en vue d'une valorisation énergétique, [Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (ENIM), Rabat/ Octobre 2013].

Afin d'évaluer les propriétés de cette fraction en tant que source potentielle de RDF, les paramètres pertinents de différents échantillons prélevés ont été déterminés dans les laboratoires de ThyssenKrupp Polysius. Au cours d'analyses complémentaires, on a ensuite recherché les sources expliquant la forte teneur en chlore et en antimoine constatée, dans le but de déterminer si et comment une réduction de ces polluants serait possible en adoptant certains procédés lors du traitement des déchets en RDF de qualité garantie.

[Source: Etude relative à la recherche de l'origine des chlorures, de l'antimoine et des taux d'humidité constatés dans les différentes fractions des déchets ménagers et assimilés lors des campagnes de caractérisation du Centre de Transfert de Témara et de la Commune Urbaine de Sidi Bouknadel. [Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (ENIM), Rabat - mars 2014],

[Observations de ThyssenKrupp Polysius, Neu- Beckum/ Mars 2014].

Fractions			pourcentage		
PARTIE COMBUSTIBLE	Plastique	PET avec bouchon	68	2%	38%
		PEHD et PP	52,5	1%	
		PEBD sacs plastiques	404	10%	
	couches bébé		336	8%	
	bois		13	1%	
	textiles		185	5%	
	divers combustibles		27	1%	
	carton tétra pack		89	2%	
	carton et papier		154	10%	
Partie fermentescible			455,5	60%	60%
METAUX	Fer		33,5	1%	1%
	Aluminium		10	0%	
verres			49	1%	1%
Chaussures et élastomère			18,5	0%	0%
Totale			4.038,5		100%
Densité			201,925		

Tas total préparées (m3)		86
Tas total tries (m3)		20
Tas restants estimés		

8.4 Profil quantitatif pour la couverture des besoins en RDF

Le volume potentiel des fractions de déchets ménagers à haut pouvoir calorifique oscille entre 10 % (cas le plus défavorable) et 25 % en poids (meilleur cas). Pour pouvoir estimer les possibilités d'approvisionnement pour la production d'environ 50 000 t/a de CSS de qualité garantie, telles que prévues à moyen terme, des études de la production de déchets ménagers dans les régions situées entre Casablanca et Marrakech ont été effectuées.

[Source: Diagnostic de l'état de gestion des déchets non dangereux et évaluation du gisement pouvant être valorisés en tant que combustibles secondaires de substitution, Enviro Consulting International, Rabat - Nov.2013].

Le bilan des déchets de Cimat - Commune de Beni Mellal - présenté ci-après montre qu'à elle seule, la région située directement à proximité de la cimenterie n'est pas en mesure d'assurer la production de la quantité de CSS nécessaire pour une première phase, à savoir 25 000 t/a. Par ailleurs, comme l'indiquent les évaluations de l'étude de marché, il sera nécessaire d'étendre la collecte de DMA présentant un haut pouvoir calorifique sur un rayon de 250 à 300 km, en fonction de la production des ménages correspondant à 665 000 habitants (EH), pour pouvoir fournir dans une seconde phase jusqu'à 50 000 t/a de RDF.

Bilan pour Beni Mellal

180 000 EH en 2004 - 0,75 kg/ hab x jour, 365 jours par an = 49.275 t/a

Le potentiel de DMA, calculé sur la base de l'analyse de leur composition, pour la production de fractions hautement calorifiques est pour le

Cas le plus défavorable: 10 % x 49.275 t/a = 4.900 t/a Matière plastiques

Meilleur cas: 25 % x 49.275 t/a = 12.250 t/a avec
couches bébés (8 %),
bois (1 %), divers /1 %),
Tetrapack (2 %),
textile (5 %=antimoine ?).
Les bouteilles PE
devraient être recyclées !

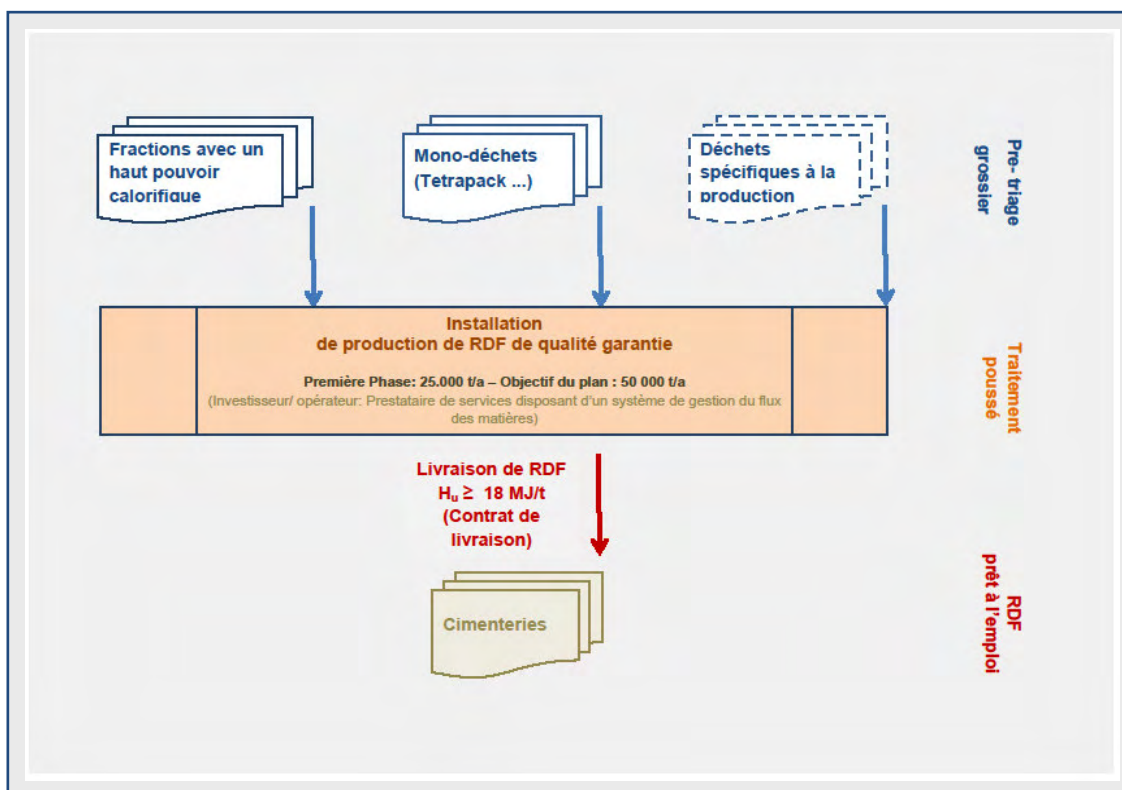


Figure 16 :
Management de flux de matière
[STOCK, Michael / GIZ - Nov. 2014]

8.5 Conception d'un procédé pour le traitement et la production de combustibles secondaires de substitution de qualité garantie à partir de fractions de déchets à haut pouvoir calorifique

Le projet prévoit d'utiliser des déchets incinérables en tant que CSS dans différentes installations industrielles: incinérateurs, centrales électriques et, en co-processing, dans des haut-fourneaux ou des cimenteries. Afin que cette utilisation soit possible, il faut toutefois que ces déchets subissent au préalable un traitement mécanique.

Le procédé de traitement appliqué pour une transformation en CSS doit par ailleurs permettre, **par le biais de moyens proportionnés**, une modification de certains des paramètres des déchets concernés, de manière à respecter strictement les exigences de qualité définies sous l'angle de leur valorisation énergétique.

L'objectif poursuivi est par conséquent la production d'une matière aussi homogène que possible, pouvant être stockée et présentant des propriétés précises et notamment un pouvoir calorifique aussi élevé que possible. Dans le même temps, la teneur en polluants du CSS doit être limitée pour respecter les conditions applicables au procédé de production (qualité des produits, protection de l'environnement) → **Valeurs de référence** (voir le model d'un contrat fourniture de combustibles solides de récupération : [Annexe-07.1](#)).

La mise en œuvre de **fractions de DMA à haut pouvoir calorifique** requiert l'application de procédés de séparation sélective et de réduction de certains polluants. Ces procédés doivent permettre en toute sécurité de maintenir en dessous des valeurs de référence adoptées le taux des polluants suivants: chlorures, antimoine. La **collecte sélective de fractions de déchets appropriées** ou leur triage préliminaire contribuera à limiter dans une marge proportionnée les moyens mis en œuvre pour la production de combustibles secondaires de substitution de qualité garantie.

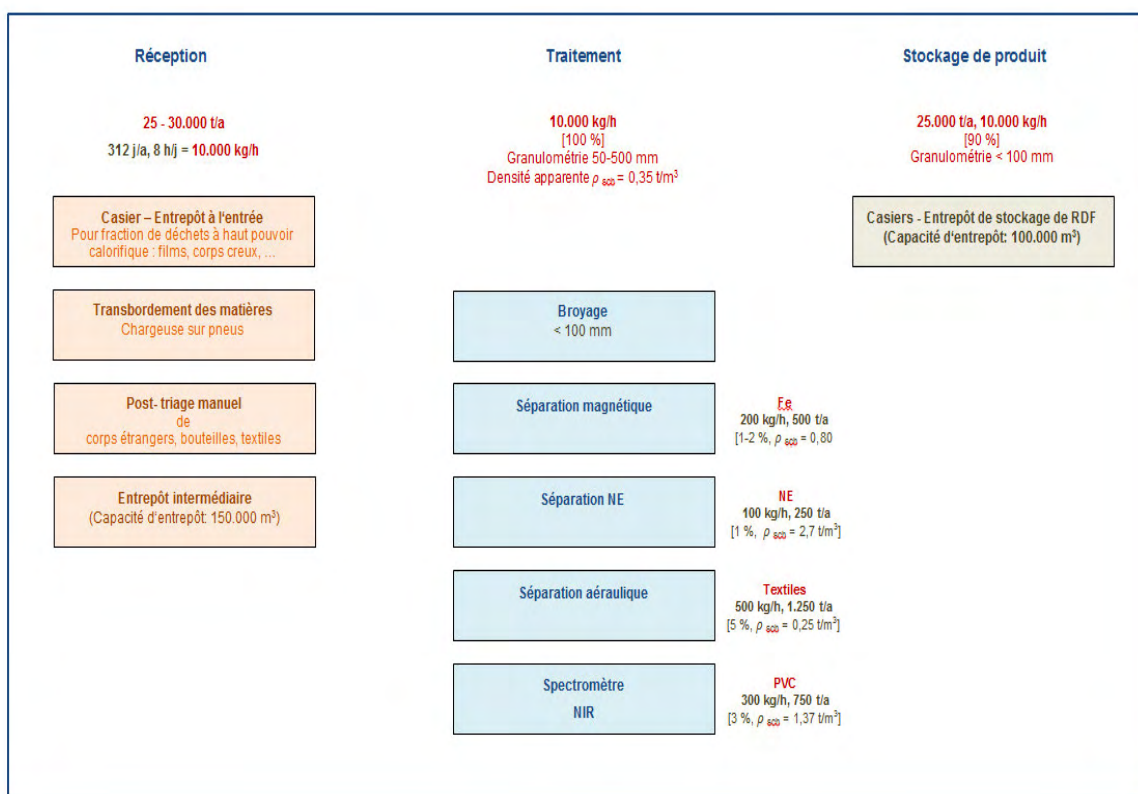


Figure 17 :
Diagramme de flux de procédé
[STOCK, Michael / GIZ - Nov. 2014]



Figure 18 :
Exemple d'une
installation de
séparation
mécanique-physique

8.6 Résumée

- 1 Dans le scénario considéré, le "bypass design rate" de 4 % n'est pas été atteint : 65% de coke de pétrole - 20% de pneus usés - 15% de RDF
- 2 Tous les déchets utilisés pour la fabrication de *RDF de qualité garantie* sont des déchets solides, non dangereux (peu polluants) en provenance de fractions dépourvues de matières plastiques récupérées dans le secteur informel, de semi-produits (rebuts de production - Tetrapack) ou déchets banals de production industrielle, de fractions de déchets ménagers (définies par contrats en coopération avec des entreprises de recyclage/élimination des déchets).
- 3 Garantie d'une gestion de la qualité tout au long de la chaîne d'approvisionnement afin de respecter les seuils/valeurs de référence applicables aux RDF.
- 4 Les matériaux de base à haut pouvoir calorifique nécessaires à la fabrication d'une quantité de RDF atteignant 50 000 t/a, devront, sur la base d'un tri sélectif et/ou prétraitement de déchets ménagers ou assimilés (DMA), être collectés dans un rayon de plus de 150 km autour de la cimenterie.
- 5 Le procédé de traitement envisagé devra en tout état de cause permettre de réduire la teneur en polluants (antimoine et chlorures), afin de garantir que la concentration de ces substances dans les RDF est inférieure au seuils max. spécifiés.
- 6 L'économie de coûts réalisée en ce qui concerne le coke de pétrole est de loin supérieure aux coûts nécessaires pour la production de RDF de qualité garantie.
- 7 La suppression des barrières à l'entrée du marché est subordonnée à la séparation systématique des DMA entre fractions humides et sèches !!!

Annexe-03.0 Types des déchets potentiels pour la valorisation matière ou énergétique selon la Catalogue Marocaine des Déchets (CMD)

03.1 Catalogue des déchets minéraux ...

03.2 ... des déchets non dangereux

03.3 ... des déchets dangereux

03.4 ... fabrication des combustibles

Annexe-07.0 Autres

07.1 Contrat de fourniture de combustibles solides de récupération (model)

Abréviations

Références

Annexe-01.1 **Catalogue des déchets minéraux ...**

Catalogue des codes des déchets minéraux entrant en ligne de compte pour la production de clinkers de ciment, soit sous la forme de correctifs, après traitement, soit pour une mise en œuvre directe en co-processing.

01 01 01	déchets provenant de l'extraction des minéraux métallifères
01 01 02	déchets provenant de l'extraction des minéraux non métallifères
01 03 05 ^{DD}	autres stériles contenant des substances dangereuses
01 03 06	stériles autres que ceux visés aux rubriques 01 03 04 et 01 03 05
01 03 07 ^{DD}	autres déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux métallifères
01 03 08	déchets de poussières et de poudres autres que ceux visés à la rubrique 01 03 07
01 03 09	boues rouges issues de la production d'alumine autres que celles visées à la rubrique 01 03 07
01 03 99	déchets non spécifiés ailleurs
01 04 07 ^{DD}	déchets contenant des substances dangereuses provenant de la transformation physique et chimique des minéraux non métallifères
01 04 08	déchets de graviers et débris de pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 09	déchets de sable et d'argile
01 04 10	déchets de poussières et de poudres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 11	déchets de la transformation de la potasse et des sels minéraux autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 04 12	stériles et autres déchets provenant du lavage et du nettoyage des minéraux, autres que ceux visés aux rubriques 01 04 07 et 01 04 11
01 04 13	déchets provenant de la taille et du sciage des pierres autres que ceux visés à la rubrique 01 04 07
01 05 04	boues et autres déchets de forage contenant de l'eau douce
01 05 05 ^{DD}	boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures
01 05 06 ^{DD}	boues et autres déchets de forage contenant des substances dangereuses
02 02 04	boues provenant du traitement in situ des effluents
02 03 05	boues provenant du traitement in situ des effluents
02 04 01	terre provenant du lavage et du nettoyage des betteraves
02 04 02	carbonate de calcium déclassé
02 04 03	boues provenant du traitement in situ des effluents
02 05 02	boues provenant du traitement in situ des effluents
02 06 03	boues provenant du traitement in situ des effluents
02 07 05	boues provenant du traitement in situ des effluents
03 03 05	boues de désencrage provenant du recyclage du papier
03 03 08	déchets provenant du tri de papier et de carton destinés au recyclage
03 03 09	déchets de boues résiduelles de chaux
03 03 11	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 03 03 10
04 02 19 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
04 02 20	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 04 02 19

Appendice

05 01 03 ^{DD}	boues de fond de cuves
05 01 06 ^{DD}	boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements
05 01 09 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
05 01 10	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 05 01 09
05 01 13	boues du traitement de l'eau d'alimentation des chaudières
05 01 15 ^{DD}	argiles de filtration usées
06 02 01 ^{DD}	hydroxyde de calcium
06 03 13 ^{DD}	sels solides et solutions contenant des métaux lourds
06 03 14	sels solides et solutions autres que ceux visés aux rubriques 06 03 11 et 06 03 13
06 03 15 ^{DD}	oxydes métalliques contenant des métaux lourds
06 03 16	oxydes métalliques autres que ceux visés à la rubrique 06 03 15
06 05 02 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
06 05 03	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 06 05 02
06 09 03 ^{DD}	déchets de réactions basées sur le calcium contenant des substances dangereuses ou contaminées par de telles substances
06 09 04	déchets de réactions basées sur le calcium autres que ceux visés à la rubrique 06 09 03
06 11 01	déchets de réactions basées sur le calcium provenant de la production de dioxyde de titane
07 01 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 01 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 01 11 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
07 01 12	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 07 01 11
07 02 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 02 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 02 11 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
07 02 12	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 07 02 11
07 02 16 ^{DD}	déchets contenant des silicones dangereuses
07 02 17	déchets contenant des silicones autres que celles visés à la rubrique 07 02 16
07 03 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 03 09 ^{DD}	gâteaux de filtration et absorbants usés halogénés
07 03 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 03 11 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
07 03 12	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 07 03 11
07 04 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation

Appendice

07 05 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 05 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 05 11 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
07 05 12	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 07 05 11
07 06 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 06 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 06 11 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
07 06 12	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 07 06 11
07 07 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 07 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 07 11 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
07 07 12	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 07 07 11
08 01 16	boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 15
08 02 01	déchets de produits de revêtement en poudre
08 02 02	boues aqueuses contenant des matériaux céramiques
08 03 07	boues aqueuses contenant de l'encre
10 01 01	mâchefers, scories et cendres sous chaudière (sauf cendres sous chaudière visées à la rubrique 10 01 04)
10 01 02	cendres volantes de charbon
10 01 03	cendres volantes de tourbe et de bois non traité
10 01 04 ^{DD}	cendres volantes et cendres sous chaudière d'hydrocarbures
10 01 05	déchets solides de réactions basées sur le calcium, provenant de la désulfuration des gaz de fumée
10 01 07	boues de réactions basées sur le calcium, provenant de la désulfuration des gaz de fumée
10 01 09 ^{DD}	acide sulfurique
10 01 13 ^{DD}	cendres volantes provenant d'hydrocarbures émulsifiés employés comme combustibles
10 01 14 ^{DD}	mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération contenant des substances dangereuses
10 01 15	mâchefers, scories et cendres sous chaudière provenant de la coïncinération autres que ceux visés à la rubrique 10 01 14
10 01 16 ^{DD}	cendres volantes provenant de la coïncinération contenant des substances dangereuses
10 01 17	cendres volantes provenant de la coïncinération autres que celles visées à la rubrique 10 01 16
10 01 18 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des gaz contenant des substances dangereuses
10 01 19	déchets provenant de l'épuration des gaz autres que ceux visés aux rubriques 10 01 05, 10 01 07 et 10 01 18

Appendice

10 01 20 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
10 01 21	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 10 01 20
10 01 24	sables provenant de lits fluidisés
10 01 26	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement
10 02 01	déchets de laitiers de hauts fourneaux et d'aciéries
10 02 02	laitiers non traités
10 02 07 ^{DD}	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 02 08	déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 02 07
10 02 10	battitures de laminoir
10 02 11 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 02 12	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 02 11
10 02 13 ^{DD}	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 02 14	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 02 13
10 02 15	autres boues et gâteaux de filtration
10 03 04 ^{DD}	scories provenant de la production primaire
10 03 05	déchets d'alumine
10 03 08 ^{DD}	scories salées de production secondaire
10 03 09 ^{DD}	crasses noires de production secondaire
10 03 15 ^{DD}	écumes inflammables ou émettant, au contact de l'eau, des gaz inflammables en quantités dangereuses
10 03 19 ^{DD}	poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
10 03 20	poussières de filtration des fumées autres que celles visées à la rubrique 10 03 19
10 03 22	autres fines et poussières (y compris fines de broyage de crasses) autres que celles visées à la rubrique 10 03 21
10 03 23 ^{DD}	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 03 24	déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 03 23
10 03 25 ^{DD}	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 03 26	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 03 25
10 03 27 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 03 28	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 03 27
10 04 01 ^{DD}	scories provenant de la production primaire et secondaire

Appendice

10 04 10	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 04 09
10 05 01	scories provenant de la production primaire et secondaire
10 06 01	scories provenant de la production primaire et secondaire
10 06 09 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 06 10	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 06 09
10 07 08	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 07 07
10 08 04	fines et poussières
10 08 09	autres scories
10 08 15 ^{DD}	poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
10 08 16	poussières de filtration des fumées autres que celles visées à la rubrique 10 08 15
10 08 17 ^{DD}	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 08 18	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 08 17
10 08 20	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement autres que ceux visés à la rubrique 10 08 19
10 09 03	laitiers de four de fonderie
10 09 05 ^{DD}	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée contenant des substances dangereuses
10 09 06	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée autres que ceux visés à la rubrique 10 09 05
10 09 07 ^{DD}	noyaux et moules de fonderie ayant subi la coulée contenant des substances dangereuses
10 09 08	noyaux et moules de fonderie ayant subi la coulée autres que ceux visés à la rubrique 10 09 07
10 09 09 ^{DD}	poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses
10 09 10	poussières de filtration des fumées autres que celles visées à la rubrique 10 09 09
10 09 11 ^{DD}	autres fines contenant des substances dangereuses
10 09 12	autres fines non visées à la rubrique 10 09 11
10 09 13 ^{DD}	déchets de liants contenant des substances dangereuses
10 09 14	déchets de liants autres que ceux visés à la rubrique 10 09 13
10 10 03	laitiers de four de fonderie
10 10 05 ^{DD}	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée contenant des substances dangereuses
10 10 06	noyaux et moules de fonderie n'ayant pas subi la coulée autres que ceux visés à la rubrique 10 10 05
10 10 07 ^{DD}	noyaux et moules de fonderie ayant subi la coulée contenant des substances dangereuses
10 10 08	noyaux et moules de fonderie ayant subi la coulée autres que ceux visés à la rubrique 10 10 07
10 10 09 ^{DD}	poussières de filtration des fumées contenant des substances dangereuses

Appendice

10 10 10	poussières de filtration des fumées autres que celles visées à la rubrique 10 10 09
10 10 11 ^{DD}	autres fines contenant des substances dangereuses
10 10 12	autres fines non visées à la rubrique 10 10 11
10 10 13 ^{DD}	déchets de liants contenant des substances dangereuses
10 10 14	déchets de liants autres que ceux visés à la rubrique 10 10 13
10 11 05	fines et poussières
10 11 09 ^{DD}	déchets de préparation avant cuisson contenant des substances dangereuses
10 11 10	déchets de préparation avant cuisson autres que ceux visés à la rubrique 10 11 09
10 11 12	déchets de verre autres que ceux visés à la rubrique 10 11 11
10 11 13 ^{DD}	boues de polissage et de meulage du verre contenant des substances dangereuses
10 11 14	boues de polissage et de meulage du verre autres que celles visées à la rubrique 10 11 13
10 11 15 ^{DD}	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 11 16	déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 11 15
10 11 17 ^{DD}	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 11 18	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 11 17
10 11 19 ^{DD}	déchets solides provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
10 11 20	déchets solides provenant du traitement in situ des effluents autres que ceux visés à la rubrique 10 11 19
10 12 01	déchets de préparation avant cuisson
10 12 03	fines et poussières
10 12 05	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
10 12 06	moules déclassés
10 12 08	déchets de produits en céramique, briques, carrelage et matériaux de construction (après cuisson)
10 12 09 ^{DD}	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses
10 12 10	déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 12 09
10 12 13	boues provenant du traitement in situ des effluents
10 13 01	déchets de préparation avant cuisson
10 13 04	déchets de calcination et d'hydratation de la chaux
10 13 06	fines et poussières (sauf rubriques 10 13 12 et 10 13 13)
10 13 07	boues et gâteaux de filtration provenant de l'épuration des fumées
10 13 11	déchets provenant de la fabrication de matériaux composites à base de ciment autres que ceux visés aux rubriques 10 13 09 et 10 13 10
10 13 12 ^{DD}	déchets solides provenant de l'épuration des fumées contenant des substances dangereuses

Appendice

10 13 13	déchets solides provenant de l'épuration des fumées autres que ceux visés à la rubrique 10 13 12
10 13 14	déchets et boues de béton
11 01 05 ^{DD}	acides de décapage
11 01 06 ^{DD}	acides non spécifiés ailleurs
11 01 07 ^{DD}	bases de décapage
11 01 08	boues de phosphatation
11 01 09 ^{DD}	boues et gâteaux de filtration contenant des substances dangereuses
11 01 10	boues et gâteaux de filtration autres que ceux visés à la rubrique 11 01 09
12 01 01	limaille et chutes de métaux ferreux
12 01 02	fines et poussières de métaux ferreux
12 01 03	limaille et chutes de métaux non ferreux
12 01 04	fines et poussières de métaux non ferreux
12 01 14 ^{DD}	boues d'usinage contenant des substances dangereuses
12 01 15	boues d'usinage autres que celles visées à la rubrique 12 01 14
12 01 16 ^{DD}	déchets de grenailage contenant des substances dangereuses
12 01 17	déchets de grenailage autres que ceux visés à la rubrique 12 01 16
12 01 18 ^{DD}	boues métalliques (provenant du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
12 01 20 ^{DD}	déchets de meulage et matériaux de meulage contenant des substances dangereuses
12 01 21	déchets de meulage et matériaux de meulage autres que ceux visés à la rubrique 12 01 20
13 05 01 ^{DD}	déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
13 05 02 ^{DD}	boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
13 05 03 ^{DD}	boues provenant de déshuileurs
13 05 08 ^{DD}	mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
15 02 02 ^{DD}	absorbants, matériaux filtrants (y compris les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses
15 02 03	absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection autres que ceux visés à la rubrique 15 02 02
16 02 13 ^{DD}	équipements mis au rebut contenant des composants dangereux autres que ceux visés aux rubriques 16 02 09 à 16 02 12
16 02 15 ^{DD}	composants dangereux retirés des équipements mis au rebut
16 07 08 ^{DD}	déchets contenant des hydrocarbures
16 07 09 ^{DD}	déchets contenant d'autres substances dangereuses
16 10 01 ^{DD}	déchets liquides aqueux contenant des substances dangereuses
16 10 02	déchets liquides aqueux autres que ceux visés à la rubrique 16 10 01
16 10 03 ^{DD}	concentrés aqueux contenant des substances dangereuses
16 10 04	concentrés aqueux autres que ceux visés à la rubrique 16 10 03
16 11 01 ^{DD}	revêtements de fours et réfractaires à base de carbone provenant de procédés métallurgiques contenant des substances dangereuses
17 01 01	béton
17 01 02	briques
17 01 03	tuiles et céramiques

Appendice

17 01 06 ^{DD}	mélanges ou fractions séparées de béton, briques, tuiles et céramiques contenant des substances dangereuses
17 01 07	mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques autres que ceux visés à la rubrique 17 01 06
17 02 02	verre
17 02 04 ^{DD}	bois, verre et matières plastiques contenant des substances dangereuses ou contaminés par de telles substances
17 03 01 ^{DD}	mélanges bitumineux contenant du goudron
17 03 02	mélanges bitumineux autres que ceux visés à la rubrique 17 03 01
17 04 01	cuivre, bronze, laiton
17 04 02	aluminium
17 04 05	fer et acier
17 05 03 ^{DD}	terres et cailloux contenant des substances dangereuses
17 05 04	terres et cailloux autres que ceux visés à la rubrique 17 05 03
17 05 05 ^{DD}	boues de dragage contenant des substances dangereuses
17 05 06	boues de dragage autres que celles visées à la rubrique 17 05 05
17 05 07 ^{DD}	ballast de voie contenant des substances dangereuses
17 05 08	ballast de voie autre que celui visé à la rubrique 17 05 07
17 08 01 ^{DD}	matériaux de construction à base de gypse contaminés par des substances dangereuses
17 08 02	matériaux de construction à base de gypse autres que ceux visés à la rubrique 17 08 01
17 09 03 ^{DD}	autres déchets de construction et de démolition (y compris en mélange) contenant des substances dangereuses
19 01 07 ^{DD}	déchets secs de l'épuration des fumées
19 01 11 ^{DD}	mâchefers contenant des substances dangereuses
19 01 12	mâchefers autres que ceux visés à la rubrique 19 01 11
19 01 13 ^{DD}	cendres volantes contenant des substances dangereuses
19 01 14	cendres volantes autres que celles visées à la rubrique 19 01 13
19 01 15 ^{DD}	cendres sous chaudière contenant des substances dangereuses
19 01 16	cendres sous chaudière autres que celles visées à la rubrique 19 01 15
19 01 17 ^{DD}	déchets de pyrolyse contenant des substances dangereuses
19 01 18	déchets de pyrolyse autres que ceux visés à la rubrique 19 01 17
19 01 19	sables provenant de lits fluidisés
19 02 03	déchets prémélangés composés seulement de déchets non dangereux
19 02 04 ^{DD}	déchets prémélangés contenant au moins un déchet dangereux
19 02 05 ^{DD}	boues provenant des traitements physico-chimiques contenant des substances dangereuses
19 02 06	boues provenant des traitements physico-chimiques autres que celles visées à la rubrique 19 02 05
19 03 04 ^{DD}	déchets catalogués comme dangereux, partiellement ⁵ stabilisés
19 03 05	déchets stabilisés autres que ceux visés à la rubrique 19 03 04
19 03 07	déchets solidifiés autres que ceux visés à la rubrique 19 03 06
19 04 01	déchets vitrifiés
19 04 02 ^{DD}	cendres volantes et autres déchets du traitement des gaz de fumée
19 04 03 ^{DD}	phase solide non vitrifiée
19 08 02	déchets de désablage

Appendice

19 08 06 ^{DD}	résines échangeuses d'ions saturées ou usées
19 08 07 ^{DD}	solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
19 08 11 ^{DD}	boues contenant des substances dangereuses provenant du traitement biologique des eaux usées industrielles
19 08 12	boues provenant du traitement biologique des eaux usées industrielles autres que celles visées à la rubrique 19 08 11
19 08 13 ^{DD}	boues contenant des substances dangereuses provenant d'autres traitements des eaux usées industrielles
19 08 14	boues provenant d'autres traitements des eaux usées industrielles autres que celles visées à la rubrique 19 08 13
19 09 01	déchets solides de première filtration et de dégrillage
19 09 02	boues de clarification de l'eau
19 09 03	boues de décarbonatation
19 09 04	charbon actif usé
19 11 01 ^{DD}	argiles de filtration usées
19 11 05 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
19 11 06	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 19 11 05
19 11 07 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des gaz de combustion
19 12 09	minéraux (par exemple, sable, cailloux)
19 12 10	déchets combustibles (combustible issu de déchets)
19 12 11 ^{DD}	autres déchets (y compris mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets contenant des substances dangereuses
19 12 12	autres déchets (y compris mélanges) provenant du traitement mécanique des déchets autres que ceux visés à la rubrique 19 12 11
19 13 01 ^{DD}	déchets solides provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
19 13 02	déchets solides provenant de la décontamination des sols autres que ceux visés à la rubrique 19 13 01
19 13 03*	boues provenant de la décontamination des sols contenant des substances dangereuses
19 13 04	boues provenant de la décontamination des sols autres que celles visées à la rubrique 19 13 03
19 13 05 ^{DD}	boues provenant de la décontamination des eaux souterraines contenant des substances dangereuses
19 13 06	boues provenant de la décontamination des eaux souterraines autres que celles visées à la rubrique 19 13 05
20 02 02	terres et pierres
20 03 03	déchets de nettoyage des rues
20 03 06	déchets provenant du nettoyage des égouts

Annexe-01.2 **Potentiel ... non dangereux**

Déchets (en l'occurrence: non dangereux) selon CMD entrant en ligne de compte pour la production de combustibles secondaires de substitution, soit directement soit indirectement c'est-à-dire après traitement

02 03 03	déchets de l'extraction aux solvants
02 07 02	déchets de la distillation de l'alcool
03 01 01	déchets d'écorce et de liège
03 01 05	sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages autres que ceux visés à la rubrique 03 01 04
03 03 01	déchets d'écorce et de bois
03 03 05	boues de désencrage provenant du recyclage du papier
03 03 07	refus séparés mécaniquement provenant du broyage de déchets de papier et de carton
03 03 08	déchets provenant du tri de papier et de carton destinés au recyclage
03 03 10	refus fibreux, boues de fibres, de charge et de couchage provenant d'une séparation mécanique
04 02 09	matériaux composites (textile imprégné, élastomère, plastomère)
04 02 10	matières organiques issues de produits naturels (par exemple, graisse, cire)
04 02 15	déchets provenant des finitions autres que ceux visés à la rubrique 04 02 14
04 02 17	teintures et pigments autres que ceux visés à la rubrique 04 02 16
04 02 21	fibres textiles non ouvrées
04 02 22	fibres textiles ouvrées
05 01 10	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 05 01 09
05 01 14	déchets provenant des colonnes de refroidissement
05 01 17	mélanges bitumineux
05 06 04	déchets provenant des colonnes de refroidissement
06 13 03	noir de carbone
07 02 13	déchets plastiques
07 02 17	déchets contenant des silicones autres que celles visés à la rubrique 07 02 16
08 01 12	déchets de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08 01 11
08 01 14	boues provenant de peintures ou vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 13
08 01 16	boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 15
08 01 18	déchets provenant du décapage de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08 01 17
08 01 20	suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 19
08 02 02	boues aqueuses contenant des matériaux céramiques
08 03 07	boues aqueuses contenant de l'encre
08 03 08	déchets liquides aqueux contenant de l'encre
08 03 13	déchets d'encres autres que ceux visés à la rubrique 08 03 12
08 03 15	boues d'encre autres que celles visées à la rubrique 08 03 14
08 03 18	déchets de <i>toner</i> d'impression autres que ceux visés à la rubrique 08 03 17
08 04 10	déchets de colles et mastics autres que ceux visés à la rubrique 08 04 09

08 04 12	boues de colles et mastics autres que celles visées à la rubrique 08 04 11
08 04 14	boues aqueuses contenant des colles et mastics autres que celles visées à la rubrique 08 04 13
08 04 16	déchets liquides aqueux contenant des colles ou mastics autres que ceux visés à la rubrique 08 04 15
11 01 14	échets de dégraissage autres que ceux visés à la rubrique 11 01 13
12 01 05	déchets de matières plastiques d'ébarbage et de tournage
19 08 09	mélanges de graisse et d'huile provenant de la séparation huile/eaux usées contenant uniquement des huiles et graisses alimentaires
20 01 25	huiles et matières grasses alimentaires
20 01 28	peinture, encres, colles et résines autres que celles visées à la rubrique 20 01 27

Annexe-01.2 **Potentiel ... non dangereux**

Déchets (en l'occurrence: non dangereux) selon CMD entrant en ligne de compte pour la production de combustibles secondaires de substitution, soit directement soit indirectement c'est-à-dire après traitement

02 03 03	déchets de l'extraction aux solvants
02 07 02	déchets de la distillation de l'alcool
03 01 01	déchets d'écorce et de liège
03 01 05	sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages autres que ceux visés à la rubrique 03 01 04
03 03 01	déchets d'écorce et de bois
03 03 05	boues de désencrage provenant du recyclage du papier
03 03 07	refus séparés mécaniquement provenant du broyage de déchets de papier et de carton
03 03 08	déchets provenant du tri de papier et de carton destinés au recyclage
03 03 10	refus fibreux, boues de fibres, de charge et de couchage provenant d'une séparation mécanique
04 02 09	matériaux composites (textile imprégné, élastomère, plastomère)
04 02 10	matières organiques issues de produits naturels (par exemple, graisse, cire)
04 02 15	déchets provenant des finitions autres que ceux visés à la rubrique 04 02 14
04 02 17	teintures et pigments autres que ceux visés à la rubrique 04 02 16
04 02 21	fibres textiles non ouvrées
04 02 22	fibres textiles ouvrées
05 01 10	boues provenant du traitement in situ des effluents autres que celles visées à la rubrique 05 01 09
05 01 14	déchets provenant des colonnes de refroidissement
05 01 17	mélanges bitumineux
05 06 04	déchets provenant des colonnes de refroidissement
06 13 03	noir de carbone
07 02 13	déchets plastiques
07 02 17	déchets contenant des silicones autres que celles visés à la rubrique 07 02 16
08 01 12	déchets de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08 01 11
08 01 14	boues provenant de peintures ou vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 13
08 01 16	boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 15
08 01 18	déchets provenant du décapage de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08 01 17
08 01 20	suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis autres que celles visées à la rubrique 08 01 19
08 02 02	boues aqueuses contenant des matériaux céramiques
08 03 07	boues aqueuses contenant de l'encre
08 03 08	déchets liquides aqueux contenant de l'encre
08 03 13	déchets d'encres autres que ceux visés à la rubrique 08 03 12
08 03 15	boues d'encre autres que celles visées à la rubrique 08 03 14
08 03 18	déchets de <i>toner</i> d'impression autres que ceux visés à la rubrique 08 03 17
08 04 10	déchets de colles et mastics autres que ceux visés à la rubrique 08 04 09

08 04 12	boues de colles et mastics autres que celles visées à la rubrique 08 04 11
08 04 14	boues aqueuses contenant des colles et mastics autres que celles visées à la rubrique 08 04 13
08 04 16	déchets liquides aqueux contenant des colles ou mastics autres que ceux visés à la rubrique 08 04 15
11 01 14	échets de dégraissage autres que ceux visés à la rubrique 11 01 13
12 01 05	déchets de matières plastiques d'ébarbage et de tournage
19 08 09	mélanges de graisse et d'huile provenant de la séparation huile/eaux usées contenant uniquement des huiles et graisses alimentaires
20 01 25	huiles et matières grasses alimentaires
20 01 28	peinture, encres, colles et résines autres que celles visées à la rubrique 20 01 27

Annexe-01.3 **Potentiel ... dangereux**

Déchets (en l'occurrence: dangereux) selon CMD entrant en ligne de compte pour la production de combustibles secondaires de substitution, soit directement soit indirectement c'est-à-dire après traitement

01 05 05 ^{DD}	boues et autres déchets de forage contenant des hydrocarbures
01 05 06 ^{DD}	boues et autres déchets de forage contenant des substances dangereuses
03 01 04 ^{DD}	sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages contenant des substances dangereuses
04 01 03 ^{DD}	déchets de dégraissage contenant des solvants sans phase liquide
04 02 14 ^{DD}	déchets provenant des finitions contenant des solvants organiques
04 02 16 ^{DD}	teintures et pigments contenant des substances dangereuses
05 01 03 ^{DD}	boues de fond de cuves
05 01 05 ^{DD}	hydrocarbures accidentellement répandus
05 01 06 ^{DD}	boues contenant des hydrocarbures provenant des opérations de maintenance de l'installation ou des équipements
05 01 07 ^{DD}	goudrons acides
05 01 08 ^{DD}	autres goudrons et bitumes
05 01 09 ^{DD}	boues provenant du traitement in situ des effluents contenant des substances dangereuses
05 01 11 ^{DD}	déchets provenant du nettoyage d'hydrocarbures avec des bases
05 01 12 ^{DD}	hydrocarbures contenant des acides
05 06 01 ^{DD}	goudrons acides
05 06 03 ^{DD}	autres goudrons
06 13 02 ^{DD}	charbon actif usé (sauf rubrique 06 07 02)
07 01 03 ^{DD}	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 01 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 01 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 01 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 02 03 ^{DD}	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 02 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 02 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 02 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 02 16 ^{DD}	déchets contenant des silicones dangereuses
07 03 03 ^{DD}	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 03 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 03 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 04 03 ^{DD}	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 04 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 04 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 04 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 05 03 ^{DD}	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 05 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 05 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 05 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés
07 06 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 06 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
07 06 10 ^{DD}	autres gâteaux de filtration et absorbants usés

07 07 03 ^{DD}	solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques halogénés
07 07 04 ^{DD}	autres solvants, liquides de lavage et liqueurs mères organiques
07 07 08 ^{DD}	autres résidus de réaction et résidus de distillation
08 01 11 ^{DD}	déchets de peintures et vernis contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
08 01 13 ^{DD}	boues provenant de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 15 ^{DD}	boues aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 17 ^{DD}	déchets provenant du décapage de peintures ou vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 19 ^{DD}	suspensions aqueuses contenant de la peinture ou du vernis contenant des solvants organiques ou autres substances dangereuses
08 01 21 ^{DD}	déchets de décapants de peintures ou vernis
08 03 12 ^{DD}	déchets d'encre contenant des substances dangereuses
08 03 14 ^{DD}	boues d'encre contenant des substances dangereuses
08 03 16 ^{DD}	déchets de solutions de morsure
08 03 17 ^{DD}	déchets de <i>toner</i> d'impression contenant des substances dangereuses
08 03 18 ^{DD}	déchets de <i>toner</i> d'impression autres que ceux visés à la rubrique 08 03 17
08 03 19 ^{DD}	huiles dispersées
08 04 09 ^{DD}	déchets de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
08 04 11 ^{DD}	boues de colles et mastics contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
08 04 13 ^{DD}	boues aqueuses contenant des colles ou mastics contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
08 04 15 ^{DD}	déchets liquides aqueux contenant des colles ou mastics contenant des solvants organiques ou d'autres substances dangereuses
08 04 17 ^{DD}	huile de résine
10 02 11 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 03 17 ^{DD}	déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes
10 03 27 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 04 09 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 05 08 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 06 09 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 07 07 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
10 08 12 ^{DD}	déchets goudronnés provenant de la fabrication des anodes
10 08 19 ^{DD}	déchets provenant de l'épuration des eaux de refroidissement contenant des hydrocarbures
11 01 13 ^{DD}	déchets de dégraissage contenant des substances dangereuses

12 01 06 ^{DD}	huiles d'usinage à base minérale contenant des halogènes (pas sous forme d'émulsions ou de solutions)
12 01 07 ^{DD}	huiles d'usinage à base minérale sans halogènes (pas sous forme d'émulsions ou de solutions)
12 01 08 ^{DD}	émulsions et solutions d'usinage contenant des halogènes
12 01 09 ^{DD}	émulsions et solutions d'usinage sans halogènes
12 01 10 ^{DD}	huiles d'usinage de synthèse
12 01 12 ^{DD}	déchets de cires et graisses
12 01 18 ^{DD}	boues métalliques (provenant du meulage et de l'affûtage) contenant des hydrocarbures
12 01 19 ^{DD}	huiles d'usinage facilement biodégradables
12 03 02 ^{DD}	déchets du dégraissage à la vapeur
13 01 01 ^{DD}	huiles hydrauliques contenant des PCB1
13 01 04 ^{DD}	autres huiles hydrauliques chlorées (émulsions)
13 01 05 ^{DD}	huiles hydrauliques non chlorées (émulsions)
13 01 10 ^{DD}	huiles hydrauliques non chlorées à base minérale
13 01 11 ^{DD}	huiles hydrauliques synthétiques
13 01 12 ^{DD}	huiles hydrauliques facilement biodégradables
13 01 13 ^{DD}	autres huiles hydrauliques
13 02 05 ^{DD}	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification non chlorées à base minérale
13 02 06 ^{DD}	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification synthétiques
13 02 07 ^{DD}	huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification facilement biodégradables
13 02 08 ^{DD}	autres huiles moteur, de boîte de vitesses et de lubrification
13 03 01 ^{DD}	huiles isolantes et fluides caloporteurs contenant des PCB
13 03 07 ^{DD}	huiles isolantes et fluides caloporteurs non chlorés à base minérale
13 03 08 ^{DD}	huiles isolantes et fluides caloporteurs synthétiques
13 03 09 ^{DD}	huiles isolantes et fluides caloporteurs facilement biodégradables
13 03 10 ^{DD}	autres huiles isolantes et fluides caloporteurs
13 04 01 ^{DD}	hydrocarbures de fond de cale provenant de la navigation fluviale
13 04 02 ^{DD}	hydrocarbures de fond de cale provenant de canalisations de mûles
13 04 03 ^{DD}	hydrocarbures de fond de cale provenant d'un autre type de navigation
13 05 01 ^{DD}	déchets solides provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
13 05 02 ^{DD}	boues provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
13 05 06 ^{DD}	hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
13 05 07 ^{DD}	eau mélangée à des hydrocarbures provenant de séparateurs eau/hydrocarbures
13 05 08 ^{DD}	mélanges de déchets provenant de dessableurs et de séparateurs eau/hydrocarbures
13 07 01 ^{DD}	fuel oil et diesel
13 07 02 ^{DD}	essence
13 07 03 ^{DD}	autres combustibles (y compris mélanges)
13 08 01 ^{DD}	boues ou émulsions de dessalage
13 08 02 ^{DD}	autres émulsions
14 06 02 ^{DD}	autres solvants et mélanges de solvants halogénés
14 06 03 ^{DD}	autres solvants et mélanges de solvants
14 06 04 ^{DD}	boues ou déchets solides contenant des solvants halogénés
14 06 05 ^{DD}	boues ou déchets solides contenant d'autres solvants

15 02 02 ^{DD}	absorbants, matériaux filtrants (y compris les filtres à huile non spécifiés ailleurs), chiffons d'essuyage et vêtements de protection contaminés par des substances dangereuses
16 01 07 ^{DD}	filtres à huile
16 07 08 ^{DD}	déchets contenant des hydrocarbures
17 03 01 ^{DD}	mélanges bitumineux contenant du goudron
17 03 03 ^{DD}	goudron et produits goudronnés
17 04 10 ^{DD}	câbles contenant des hydrocarbures, du goudron ou d'autres substances dangereuses
19 02 07 ^{DD}	hydrocarbures et concentrés provenant d'une séparation
19 08 06 ^{DD}	résines échangeuses d'ions saturées ou usées
19 08 07 ^{DD}	solutions et boues provenant de la régénération des échangeurs d'ions
19 08 10 ^{DD}	mélanges de graisse et d'huile provenant de la séparation huile/eaux usées autres que ceux visés à la rubrique 19 08 09
19 08 11 ^{DD}	boues contenant des substances dangereuses provenant du traitement biologique des eaux usées industrielles
19 11 02 ^{DD}	goudrons acides
20 01 13 ^{DD}	solvants
20 01 26 ^{DD}	huiles et matières grasses autres que celles visées à la rubrique 20 01 25
20 01 27 ^{DD}	peinture, encres, colles et résines contenant des substances dangereuses

Annexe-01.4 CSR ... homologués (c'est-à-dire pourvus d'un label de qualité)
Catalogue des codes de déchets destinés à la production de combustibles secondaires (de substitution) solides de qualité contrôlée
[guide du Land de Rhénanie du Nord-Westphalie]

02 01 03	déchets de tissus végétaux
02 01 04	déchets de matières plastiques (à l'exclusion des emballages)
02 01 07	déchets provenant de la sylviculture
02 07 01	déchets provenant du lavage, du nettoyage et de la réduction mécanique des matières premières
03 01 01	déchets d'écorce et de liège
03 01 05	sciure de bois, copeaux, chutes, bois, panneaux de particules et placages autres que ceux visés à la rubrique 03 01 04
03 03 01	déchets d'écorce et de bois
03 03 02	liqueurs vertes (provenant de la récupération de liqueur de cuisson)
03 03 07	refus séparés mécaniquement provenant du broyage de déchets de papier et de carton
03 03 08	déchets provenant du tri de papier et de carton destinés au recyclage
03 03 10	refus fibreux, boues de fibres, de charge et de couchage provenant d'une séparation mécanique
04 02 09	matériaux composites (textile imprégné, élastomère, plastomère)
04 02 10	matières organiques issues de produits naturels (par exemple, graisse, cire)
04 02 15	déchets provenant des finitions autres que ceux visés à la rubrique 04 02 14
04 02 21	fibres textiles non ouvrées
04 02 22	fibres textiles ouvrées
07 02 13	déchets plastiques
08 01 12	déchets de peintures ou vernis autres que ceux visés à la rubrique 08 01 11
08 02 01	déchets de produits de revêtement en poudre
08 03 18	déchets de <i>toner</i> d'impression autres que ceux visés à la rubrique 08 03 17
09 01 08	pellicules et papiers photographiques sans argent ni composés de l'argent
12 01 05	déchets de matières plastiques d'ébarbage et de tournage
15 01 01	emballages en papier/carton
15 01 02	emballages en matières plastiques
15 01 03	emballages en bois
15 01 05	emballages composites
15 01 06	emballages en mélange
15 01 09	emballages textiles
15 02 03	absorbants, matériaux filtrants, chiffons d'essuyage et vêtements de protection autres que ceux visés à la rubrique 15 02 02
16 01 19	matières plastiques
17 02 01	bois
17 02 03	matières plastiques
17 06 04	matériaux d'isolation autres que ceux visés aux rubriques 17 06 01 et 17 06 03
19 12 01	papier et carton
19 12 04	matières plastiques et caoutchouc
19 12 07	bois autres que ceux visés à la rubrique 19 12 06
19 12 08	textiles

19 12 10	déchets combustibles (combustible issu de déchets)
20 01 01	papier et carton
20 01 10	vêtements
20 01 11	textiles
20 01 38	bois autres que ceux visés à la rubrique 20 01 37
20 01 39	matières plastiques
.....	Des fractions avec une haute pouvoir calorifique à partir de : 17 09 04, 20 01 08, 20 02 01, 20 02 03, 20 03 02, 20 03 03, 20 03 07.

Annexe-07.1

Contrat

de

fourniture de combustibles solides de récupération

- model -

entre la société

(FOURNISSEUR, adresse)

représentée par (nom, fonction),

- ci-après désignée par le «FOURNISSEUR» -

et la société

(CLIENT, adresse)

représentée par (nom, fonction)

- ci-après désignée par le «CLIENT» -

Article 1^{er} Objet du contrat

Le présent contrat concerne la fourniture de combustibles solides de récupération (CSR) obtenus à partir de déchets non dangereux, présentant des propriétés conformes aux spécifications et à la qualité indiquées en **annexe 1**.

Article 2 Obligations de fourniture et de réception

- 2.1 Le FOURNISSEUR s'engage à livrer ... t/a de CSR dans la qualité spécifiée à l'**annexe 1** [franco domicile (installations du CLIENT)/à partir de l'usine]. L'obligation de fourniture pour l'année.... est réduite au pro rata temporis en fonction de la date de l'entrée en vigueur de la présente convention.
- 2.2 Le CLIENT s'engage à réceptionner les CSR spécifiés au paragraphe précédent et à les valoriser correctement en conformité avec les dispositions légales applicables en matière de co-incinération.
- 2.3 Les parties contractantes s'informeront réciproquement en temps voulu, mais en tout état de cause avant la fin de chaque année calendaire, en communiquant à l'autre partie respective les heures d'exploitation de leurs installations, les périodes d'arrêt des installations ainsi que les périodes prévues pour la réalisation d'inspection de ces dernières au cours de l'année suivante, afin que cela puisse être pris en considération dans le cadre des livraisons prévues.

- 2.4 Les parties s'engagent d'ores et déjà à négocier, si de besoin, une augmentation de la quantité de CSR à fournir par rapport à celle fixée au paragraphe 2.1 aux fins de répondre à l'éventualité de besoins supplémentaires se faisant durablement sentir.

Article 3 Livraisons

- 3.1 Le FOURNISSEUR s'engage à fournir les combustibles aux installations du CLIENT, en accord avec ce dernier, à savoir, autant que possible, en répartissant uniformément les différentes livraisons sur la période convenue et aux heures de réception spécifiées, cela signifie que le FOURNISSEUR devra livrer environ (... t/semaine ou. ... t/mois).
- 3.2 Le FOURNISSEUR ainsi que tout tiers mandaté par lui pour le transport des combustibles sont habilités à livrer les combustibles aux installations du CLIENT (cette précision ne vaut que si le transport est effectué par un tiers).
- 3.3 Pour concrétiser l'obligation de fourniture convenue à l'article 2, les parties contractantes élaboreront avant la fin de chaque année un échéancier prévisionnel des livraisons indiquant les quantités de CSR à fournir pour chaque mois de l'année suivante. Cet échéancier sera ajusté continuellement en fonction de l'évolution réelle de la situation. On s'efforcera de procéder à un approvisionnement continu.

Article 4 Qualité

- 4.1 L'exploitation des installations du CLIENT est soumise à une autorisation qui implique le respect obligatoire des paramètres de qualité indiqués à l'**annexe 1** pour l'utilisation des CSR concernés par le présent contrat. Les livraisons doivent être effectuées en conformité avec les conditions cadres consignées à l'**annexe 1** pour chaque paramètre.
- 4.2 Le CLIENT est en droit de refuser la réception des combustibles si, sur la base du contrôle effectué par ses soins à leur livraison, il constate une nette divergence par rapport aux spécifications admissibles mentionnées au paragraphe 4.1 et si, en raison de cette divergence, une valorisation énergétique desdits combustibles ne peut pas être autorisée. Un refus aura lieu dans le cas où la moyenne mobile des différents paramètres excède durablement le 80e percentile ou est inférieure au pouvoir calorifique inférieur.
- 4.3 Si les parties ne peuvent pas s'accorder sur la convenance du combustible, la question de savoir si le CSR répond aux paramètres spécifiés sera tranchée par un laboratoire indépendant. Les coûts entraînés par cette analyse de contrôle seront supportés par la partie qui a émis un avis contraire aux résultats d'analyse de contrôle.

Article 5 Rémunérations/ conditions de paiement/ facturation

- 5.1 En contrepartie de la réception des CSR livrés, Le CLIENT payera au FOURNISSEUR un prix s'élevant à ... MDH par tonne.
- 5.2 Le CLIENT et le FOURNISSEUR se réservent le droit de faire valoir une règle dite bonus/malus en cas de corrections (amélioration ou élimination de vices de qualité) devant être apportées aux combustibles par rapport aux spécifications convenues conformément à l'annexe 3. Cette règle, dont les dispositions sont fixées d'un commun accord à l'annexe du présent contrat, vaut notamment pour le respect de la valeur du

pouvoir calorifique inférieur, telle que convenue, et pour les tolérances quant à la teneur en chlorure des CSR.

- 5.3 En cas de reconduction du présent contrat, les parties s'engagent à vérifier tous les ans si le prix fixé au paragraphe 1 précédent est encore conforme au marché ou si ce prix doit faire l'objet d'une actualisation/révision.
- 5.4 Au quinzième jour de chaque mois, le FOURNISSEUR présentera au CLIENT un décompte mensuel des quantités livrées au cours du mois précédent. Les montants facturés seront exigibles et devront être payés dans les 30 jours suivant la réception de la facture.

Article 6 Rupture de contrat

- 6.1 En cas de force majeure, le CLIENT ou le FOURNISSEUR seront dégagés de toutes leurs obligations, s'ils ne peuvent pas satisfaire à leurs obligations contractuelles.
- 6.2 Le FOURNISSEUR sera dégagé de son obligation de livraison, s'il lui est impossible, pour des raisons qui ne lui sont pas imputables, de procéder à des livraisons de CSR durant quatre jours consécutifs.
- 6.3 En cas de non-livraison au sens du paragraphe 6.2, tout droit à dommages et intérêts du CLIENT sera exclu.

Article 7 Gestion du contrat

- 7.1 Les quantités livrées seront déterminées par pesage sur une bascule étalonnée du CLIENT. En cas de panne ou de maintenance de la bascule, les opérations de pesage pourront exceptionnellement être effectuées sur une autre bascule étalonnée.
- 7.2 Le FOURNISSEUR est tenu de tenir compte du règlement interne applicable dans les établissements du CLIENT. Le FOURNISSEUR sera informé en temps utile de toute modification apportée à ce règlement, notamment en ce qui concerne les heures d'ouverture des établissements du CLIENT. Dans la mesure de ses possibilités, Le FOURNISSEUR s'engage à contribuer à une exploitation uniforme des capacités des installations du CLIENT. À cet effet, il tiendra compte lors de ses livraisons des exigences formulées par ce dernier.

Article 8 Entrée en vigueur/ Durée / Résiliation du contrat

- 8.1 Le contrat entre en vigueur à sa signature et est conclu pour une période de (... ans).
- 8.2 Sauf résiliation à la fin de cette période, moyennant un délai de préavis de 3 mois, le contrat sera ensuite reconduit tacitement pour une nouvelle année puis chaque année. La résiliation du contrat requiert la forme écrite et doit être notifiée par lettre recommandée avec accusé de réception.
- 8.3 Le FOURNISSEUR sera en droit de résilier le contrat extraordinairement dans le cas où le CLIENT ne respecte pas les obligations qui lui incombent en vertu du présent contrat en dépit de deux rappels lui ayant été adressés par écrit.
- 8.4 Chaque partie sera en droit de résilier le présent contrat extraordinairement, si l'autre partie suspend ses paiements, si une procédure de faillite est ouverte à son encontre

ou si l'ouverture de la faillite est déboutée pour insuffisance d'actifs couvrant les coûts. La résiliation peut avoir lieu sans préavis à la date à laquelle apparaissent les circonstances fondant l'exercice du droit de résiliation. La résiliation du contrat requiert la forme écrite. Le paragraphe 8.2 s'applique mutatis mutandis.

Article 9 Clause de sauvegarde

- 9.1 Le fait que l'une des dispositions du présent contrat soit invalide ou le devienne ou qu'elle ne puisse pas être exécutée pour des motifs juridiques, sans que cela porte atteinte au sens de l'ensemble du contrat ou empêche d'atteindre le but poursuivi par ce dernier, n'a aucun effet sur la validité des autres dispositions. Cela vaut également s'il s'avère, après conclusion du contrat, que l'acte contractuel contient des lacunes nécessitant un complément de réglementation.
- 9.2 Les parties contractantes s'engagent à remplacer la disposition invalide ou inapplicable par une règle répondant au sens et au but économique de l'ensemble du contrat, tel que recherché par l'ancienne disposition.
- 9.3 Dans le cas où le contrat contiendrait une lacune nécessitant un complément de réglementation, les parties s'engagent à combler cette lacune par une règle qui correspondra le mieux possible au sens et à l'objectif économique visés par les parties contractantes, c'est-à-dire à ce qu'elles auraient voulu obtenir si elles avaient pensé à régler le point critique en question.

Article 10 Dispositions finales

- 10.1 Le présent contrat est conclu par écrit. Toute modification et avenant au présent contrat requièrent également la forme écrite. Ceci vaut également en cas de modification de la présente disposition. Aucune convention annexe n'a été conclue et, si tant est qu'il y en ait une, elle est sans effet.
- 10.2 Le lieu de juridiction pour tout litige émanant des relations contractuelles est

(Lieu, Date)

.....
FOURNISSEUR

.....
CLIENT

Annexe 1: Critères de qualité et spécifications des combustibles de substitution devant être livrés

Aux termes de l'autorisation de l'exploitant des installations...../usine....., référence.....du....., des combustibles de substitution (CSR) peuvent être utilisés dans les conditions suivantes:

- Les combustibles livrés sont prêts à l'emploi.
- Les combustibles ont été analysés avant leur livraison et les résultats des différentes analyses sont consignés dans les documents de transport joints à la marchandise.
- Les combustibles sont considérés en tant que combustibles de qualité garantie, lorsqu'à leur livraison, ils répondent aux spécifications suivantes.

Paramètres	Unité	Moyenne	80e percentile
Pouvoir calorifique (PC)	MJ/kg	>18	
Cendres	% en poids	<20	
Eau	% en poids	<10 -15	
Soufre	% en poids		
Chlorure	% en poids	0,5 - 1,0	1,000
Mercure	mg/kg (MS)	0,038	0,075
Cadmium	mg/kg (MS)	0,250	0,560
Thallium	mg/kg (MS)	0,063	0,130
Arsenic	mg/kg (MS)	0,310	0,810
Plomb	mg/kg (MS)	12,000	25,000
Chrome	mg/kg (MS)	7,800	16,000
Antimoine	mg/kg (MS)	3,100	7,500

Par ailleurs, on appliquera les règles suivantes:

- Les CSR présentent une longueur moyenne comprise entre 80-100 mm.
La granulométrie des combustibles sera contrôlée par le client sur la base d'échantillons au hasard prélevés sur les combustibles livrés. Dans ce contexte, il est convenu d'utiliser les tamis du laboratoire pour béton.
- La densité apparente moyenne des CSR est de ... kg/m³.

Les prélèvements et les analyses seront effectuées conformément aux normes européennes, et notamment au programme CEN-TC 343

Les spécifications convenues seront réputées respectées dès lors que quatre des cinq valeurs d'analyse (80e percentile) satisfont aux spécifications.

Annexe 2: Description de la procédure de surveillance de la qualité

La surveillance de la qualité s'effectue pour l'essentiel à travers les procédures décrites précédemment pour le prélèvement et l'analyse des échantillons. Ces procédures restent valables sans aucun changement.

Le critère essentiel déterminant le prix est constitué par le pouvoir calorifique inférieur (PCI) du combustible. La détermination du PCI s'effectue en continu par des mesures dans le four, en tant que mesures de contrôle. Pour le fournisseur spécifiquement concerné, la détermination du pouvoir calorifique a toutefois lieu par analyse dans le laboratoire mandaté à cet effet conformément à l'annexe précitée.

En présence de plusieurs valeurs au cours du mois de livraison, on se basera sur la valeur moyenne obtenue par calcul statistique. Cette moyenne fera alors foi pour le classement des CSR.

Toutes les procédures contractuellement pertinentes en ce qui concerne le prélèvement d'échantillons et leur analyse devront être correctement documentées et vérifiées du point de vue de leur fiabilité et de leur praticabilité par des audits correspondants.

Le client se réserve le droit de procéder tous les ans à un audit du fournisseur au cours d'une visite des installations de ce dernier, après avoir convenu avec lui d'une date. Dans le cadre de cet audit, le fournisseur mettra à disposition du client l'autorisation d'exploitation de ses installations ainsi que le journal d'exploitation et les plans des installations (diagrammes fonctionnels, organigrammes, etc..)-

Annexe 3: Exemple de décompte relatif à la livraison de combustibles solides de récupération

Prix de base: ... €/t

	Valeur calorifique			max.
	< 14 MJ/kg	18 MJ/kg	> 18 MJ/kg	21 MJ/kg
Facteur de correction:	-2,0 €/t par MJ/kg	0 €	1,0 €/t par MJ/kg	+6,0 €/t

	Teneur en chlorure			max.
Concentration	< 0,7%	0,9%	> 1,0%	1,50%
Facteur de correction:	+1,5 €/t par 0,1%	0 €	-1,5 €/t par 0,1%	-4,5 €/t

	Teneur en eau			max.
Concentration	< 15%	20%	> 25%	30%
Facteur de correction:	+1,5 €/t par %	0 €	-1,5 €/t par %	-4,5 €/t

Abréviations

VDZ	Verein Deutscher Zementwerke e.V. Düsseldorf www.vdz-online.de [chapitre 1.1]
FIZ	Forschungsinstitut der Zementindustrie GmbH Düsseldorf [chapitre 2.1]
CED	Catalogue européen des déchets [chapitre 3.2]
BGS	Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und Recyclingholz GmbH, Münster (Association la qualité des combustibles secondaires et bois de recyclage) www.bgs-ev.de [chapitre 3.1]
CITI	Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique [chapitre 4.2]
NACE	Nomenclature statistique des activités économiques dans la Communauté européenne [chapitre 4.2]
NAICS	North American Industry Classification System [chapitre 4.2]
DMD	Catalogue Marocain des Déchets [chapitre 4.2] www.gd-maroc.info
CEN	Comité Européen de normalisation [chapitre 6.1]
TMB	Traitement Mécanique Biologique [chapitre 6.3]
TALuft TALärm	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm [chapitre 7.1]

Références

VDZ

Activity Report 2005 - 2007

www.vdz-online.de

[chapitre 1.1]

CEMBUREAU

Sustainable cement production: Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials in the Cement Industry

Activity Report 2008 - Rapport d'Activité 2008

[chapitre 1.1]

<http://www.cembureau.be>

FIZ 2008 Einsatz

Optimierung der Drehofenfeuerung in Zementwerken bei von Sekundärbrennstoffen.

In: IV International Scientific Conference Energy and Environment in Technologies of Construction, Ceramic, Forschungsinstitut der Zementindustrie GmbH
Düsseldorf

[chapitre 2.1]

LAHL, Uwe ZERSCHMAR-LAHL, B.

Möglichkeiten der Kombination von mechanisch-biologischer und thermischer Behandlung von Restabfällen.

F + E- Vorhaben Nr. 1471 114 im Auftrag des BMBF/UBA, 1998

[chapitre 2.1]

RG Min StB 93

Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau Einführung der Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau

Runderlass des Ministeriums für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr, Abteilung 5 - Nr. 16/1995, 07.08.1995

Directives allemandes pour la surveillance de la qualité de la valorisation des scories d'aciérie par leur réutilisation dans les constructions routières).

[chapitre 2.3]

www.mwebwv.nrw.de

FLAMME, Sabine Pr

Stand der Europäischen Normung für Ersatzbrennstoffe.

In: M. Faulstich, A.I. Urban, B. Bilitewski: 12. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung. Zukunft in Deutschland und Europa. Schriftenreihe des Fachgebiets Abfalltechnik, Universität Gh Kassel, 2007, S. 135 ff.

[chapitre 3.4]

CEN/TC 343 6.1

Ref. No. prCEN/TS 15359:2005: E

Solid recovered fuels - Specifications and classes

Comité Européen de Normalisation

<http://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=CENWEB:6:NO>

[chapitre 6.1]

RAL-GZ 727

Bestimmung des biogenen Anteils in Sekundärbrennstoffen ...
Détermination de la fraction biogénique dans les combustibles secondaires

http://www.ral-gutezeichen.de/gutezeichen-einzelanzeige.html?&gz_id=196
www.bgs-ev.de
[chapitre 7.1]

**CSN EN 13657:
2003-01**

Characterization of waste
<http://www.beuth.de/de/norm/din-en-13657/51633626>

BREF

2013/163/EU: Commission Implementing Decision of 26 March 2013 establishing the best available techniques (BAT) conclusions under Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council on **industrial emissions for the production of cement, lime and magnesium oxide**

(notified under document C(2013) 1728)

... sur les meilleures techniques disponibles (MTD) pour la production de ciment, de chaux et d'oxyde de magnésium, au titre de la directive 2010/75/UE du Parlement européen et du Conseil relative aux émissions industrielles

http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.100.01.0001.01.ENG

**FLAMME, Sabine Pr
Bender, Jochen**

**Erfahrungen bei der Qualitätssicherung von
Ersatzbrennstoffen.**

In: ASA GmbH: *MBA Technologie - Schaltstelle für Stoffströme und Energieeffizienz*, Internationale 8. ASA-Abfalltage, 24. Februar 2010, S. 121 - 127,
[ISBN 3-935974-28-0](#)

Qualitätssicherung bei Ersatzbrennstoffen als Erfolgsgarantie

In: Rasemann, W. (Hrsg.): *Tagungsband zur 14. Freiburger Probenahmetagung*, Band 14. Freiberg, 2009,
ISBN 978-3-938390-06-1

BAIER, Hubert Dr.

Kriterien und Rahmenbedingungen für eine stoffliche und energetische Verwertung in der Zementindustrie

neovis, Münster Juli 2008
[chapitre 2.1]

Emissionsveränderungen im Zementherstellungsprozess

WhiteLabel-Tandem Projects e.U., Telgte Sept. 2015
[chapitre 7.1]

**Klimaschutz durch reduzierte CO₂-Emissionen
in der Zementindustrie**

WhiteLabel-Tandem Projects e.U., Telgte Sept. 2015
[chapitre 7.2]

STOCK, Michael E. L.

Protection des ressources et du climat grâce au traitement et à la valorisation des déchets générés localement sous forme de combustibles de substitution dans l'industrie cimentière régionale

GIZ - Facilité d'Afrique/ Nov. 2014

[chapitre 8.4]

www.gd-maroc.info

BAIER, Hubert Dr.

STOCK, Michael E. L.

Profile des exigences pour matières et combustibles secondaire

Code de bonnes pratiques

GIZ-PGPE

Münster, Rabat/ Oct. 2015